

CONSIDERACIONES

SOBRE

LA FOSILIZACIÓN DE LAS MEDUSAS

POR

ENRIQUE FOSSA-MANCINI



BUENOS AIRES

IMPRENTA Y CASA EDITORA « CONI »

684, CALLE PERÚ, 684

—
1938

INSTITUTO DEL MUSEO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

NOTAS DEL MUSEO DE LA PLATA

TOMO III

Paleontología, N° 13

CONSIDERACIONES

SOBRE

LA FOSILIZACIÓN DE LAS MEDUSAS

POR

ENRIQUE FOSSA-MANCINI



BUENOS AIRES

IMPRENTA Y CASA EDITORA « CONI »

684, CALLE PERÚ, 684

—
1938

CONSIDERACIONES SOBRE LA FOSILIZACIÓN DE LAS MEDUSAS

POR ENRIQUE FOSSA-MANCINI

I. FINALIDAD DE LA PRESENTE NOTA

Acabo de leer una nota del profesor Norman E. A. Hinds, del Departamento de Ciencias Geológicas de la Universidad de California, sobre el hallazgo de una nítida impresión de medusa en una arenisca del Algonquiano ¹ y, precisamente, de un nivel estratigráfico relativamente bajo de la serie Algonquiana que aflora en el Gran Cañón del Colorado. Este fósil ha sido descubierto por C. E. Van Guñdy (entonces alumno del profesor Hinds y actualmente su ayudante) durante una campaña de exploración metódica con fines eminentemente geológicos; y ha sido identificado como una impresión de medusa por el doctor Ray Smith Bassler, jefe del departamento de Geología del Museo Nacional de Washington. Sobre la posición estratigráfica exacta de la capa fosilífera se ha pronunciado de una manera terminante el propio profesor Hinds, afirmando que ella se encuentra en la parte más alta de la sección inferior (grupo de Unkar) de la serie algonquiana del Gran Cañón. Ello es muy notable, pues anteriormente nunca habían sido señalados fósiles en estratos más antiguos que el Algonquiano Superior (grupo de Chuar), siendo además discutible la verdadera naturaleza

¹ N. E. A. HINDS, *An Algonkian Jellyfish from the Grand Canyon of the Colorado*, en *Science N. S.*, LXXXVIII, págs. 146-147, New York, 26 de agosto de 1938.

de muchos de los supuestos fósiles del mismo Algonquiano Superior.

Ahora bien : sabemos que las medusas actuales están constituidas únicamente por un conjunto de tejidos blandos excepcionalmente rico en agua, que sólo contiene unas pocas partes por ciento de sales minerales y aun mucho menos de sustancias orgánicas ; también sabemos que en los tiempos actuales el mar arroja a la playa miles y miles de medusas cuyos cadáveres suelen descomponerse y desaparecer en cortísimo tiempo sin dejar vestigio alguno. Nos hallamos pues frente a la paradoja de que el fósil más antiguo que actualmente conocemos documenta la existencia, en un pasado remotísimo (algo así como seiscientos millones de años atrás, o aun más), de uno de los organismos que parecen más inapropiados para dejar restos, o rastros, duraderos. A este propósito Hinds dice que, compartiendo ciertas opiniones expresadas con anterioridad por W. K. Brooks y P. E. Raymond, considera probable que los seres vivos abundasen en los mares del Algonquiano, no pudiendo la mayor parte de los animales dejar vestigios permanentes por estar constituidos tan sólo por tejidos blandos ; y pone de relieve el hecho curioso de que justamente una medusa, o sea uno de los animales menos durables, ha dejado la única impresión descubierta hasta la fecha en rocas de tan alta antigüedad.

El asunto aparece aún más notable si se considera que ya conocíamos un número considerable de medusas fósiles, identificadas con toda seguridad (sin contar muchos fósiles más o menos problemáticos que uno u otro paleontólogo ha interpretado como moldes, impresiones o rastros de medusas sin poderlo probar de una manera definitiva) mientras que no tengo noticia alguna de restos fósiles de otros celenterados que tampoco poseen esqueleto pero que están constituidos por tejidos incomparablemente más sólidos que los de las medusas ; me refiero especialmente a las actinias, tan abundantes en todos los mares actuales. Igualmente sorprendente es la falta de todo vestigio fósil de los moluscos nudibranquios, que son tan comunes cerca de las costas y que, por la relativa firmeza de sus cuerpos, parecerían más apropiados que las medusas para dejar sus impresiones en sedimentos de grano fino.

Para el estudioso de las ciencias naturales lo sorprendente no representa una barrera que retiene sino un estímulo que invita a nuevos estudios, pues hay que tratar de descubrir la causa de las divergencias entre lo que efectivamente acontece y lo que habría debido ocurrir si los principios generalmente aceptados fueran rigurosamente exactos.

En el caso de las impresiones de medusas observadas en rocas de distinta edad, es razonable admitir que las medusas de los tiempos pasados estaban constituidas en su mayor parte por un tejido conjuntivo gelatinoso, ni más ni menos como las que viven actualmente; por consiguiente debemos considerar cada uno de aquellos fósiles como la impresión de una membrana periférica que contenía una masa gelatinosa. Para obtener una impresión se necesita una presión. Nuestra mente no está dispuesta a admitir que una masa gelatinosa de modestísima magnitud (calculo que la medusa del Algonquiano, cuya impresión tiene un diámetro máximo algo mayor que 18 centímetros, podía pesar, a lo sumo, un par de kilos) sea capaz de ejercer una presión suficiente para dejar una impresión neta, pues sólo pensamos en la acción del peso. Tratemos de hallar otras causas capaces de generar presiones fuertes que puedan ser transmitidas por masas gelatinosas encerradas dentro de una membrana continua, elástica y resistente, siendo ésta la representación, esquematizada y reducida a la más simple expresión, del cadáver indescompuesto de una medusa. Probablemente, procediendo de esta manera, llegaríamos a sospechar que la presión osmótica tiene algo que ver con la fosilización de las medusas; en otras palabras, en lugar de extrañarnos de que las medusas han dejado impresiones *a pesar* de su naturaleza gelatinosa, nos preguntaríamos si acaso las han dejado justamente *en virtud* de tal naturaleza gelatinosa. Y si se demostrara que esta hipótesis es aceptable, quedaría explicada la falta de impresiones de actinias y de gastrópodos nudibranquios, pues en estos animales el tejido gelatinoso no adquiere desarrollo apreciable.

II. ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS MEDUSAS FÓSILES

Setenta años atrás ya se había observado un número no despreciable de impresiones de medusas en las calizas litográficas de Franconia y Ernesto Haeckel ya había publicado varias notas sobre la interpretación y la posición sistemática de estos curiosos fósiles. Los resultados de estos estudios fueron incorporados, posteriormente, a una obra de carácter esencialmente zoológico ¹.

En 1898 fué publicada la extensa memoria de Walcott sobre las medusas fósiles ² que comprende, además de descripciones originales de formas nuevas, una reseña crítica de los fósiles que habían sido interpretados hasta entonces como restos, o rastros, de medusas. En esta obra figuran catorce géneros de medusas fósiles y precisamente dos géneros del Cámbrico inferior, dos del Cámbrico medio, seis del Jurásico, tres del Cretácico y uno común al Cámbrico inferior, al Pérmico y al Jurásico (es éste el género *Medusina* Walcott). La posición sistemática de algunas de las formas descritas y reproducidas en esta obra de Walcott es discutible; pero las formas referidas a los géneros *Medusina* Walcott, *Hexarhizites* Haeckel, *Rhizostomites* Haeckel y *Semaeostomites* Haeckel son seguramente impresiones del exterior de medusas bastante parecidas a las que viven actualmente. En 1911 Walcott publicó otro importantísimo trabajo, ilustrando ciertos restos de invertebrados desprovistos de esqueleto hallados en el Cámbrico medio de la Columbia Británica (Canadá) en un estado de conservación maravilloso ³. Entre tales restos, hay excelentes impresiones de medusas.

Algunos de los géneros aceptados por Walcott no han resistido a la crítica y nuevos géneros han sido instituidos posteriormente, cuando nuevos hallazgos así lo requerían.

¹ E. HAECKEL, *System der Medusen*, Jena, 1880-1881.

² C. D. WALCOTT, *Fossil Medusae*, en *U. S. Geological Survey Monograph XXX*, Washington, 1898.

³ C. D. WALCOTT, *Middle Cambrian Holothurians and Medusae*, en *Smithsonian Misc. Coll.*, LIX, n° 3, Washington, 1911.

Resultaría muy importante e instructiva una reseña ordenada y completa de los fósiles, o supuestos fósiles, que han sido interpretados como moldes, impresiones o rastros de medusas; ello requeriría minuciosas investigaciones bibliográficas y, por consiguiente, mucho tiempo. Mis ocupaciones normales sólo me dejan breves horas para estudios de índole no utilitaria, así que me veo obligado a dejar para otros el interesante trabajo.

Para dar una idea de los cambios de concepto y de los nuevos descubrimientos que se han producido después de la publicación de la monografía de Walcott (año 1898), puede servir la lista de géneros fósiles de medusas que se encuentra en la última edición alemana de los *Principios de Paleontología* de Zittel¹ donde sólo figuran nueve géneros, de los cuales uno es del Cámbrico medio, otro es del Jurásico medio y un tercero es del Cretácico inferior, mientras que los seis restantes son del Jurásico superior y proceden de las calizas litográficas de Franconia. En la lista a que me refiero hallamos tan sólo tres de los catorce géneros aceptados por Walcott en 1898 (*Medusina*, *Rhizostomites* y *Semaeostomites*, ya mencionados en la presente nota) juntamente con otros instituidos posteriormente, de manera que en conjunto las diferencias son considerables. Sin embargo se mantiene el hecho notable de que la mayor parte de los géneros fundados sobre impresiones externas proceden del Jurásico superior y precisamente de las calizas litográficas de Franconia.

En los manuales de paleontología no he encontrado noticias sobre medusas fósiles del Terciario, aunque me consta que han sido señaladas. Yo mismo noté, en 1925, en las arcillas margosas de la Farnesina, cerca de Roma, una impresión delicada y nítida que, a primera vista, me pareció de un celenterado. La enseñé al profesor Antonio Neviani, quien logró aislar el trozo de roca que contenía el supuesto fósil y lo estudió minuciosamente, llegando a la conclusión de que aquella impresión ha sido dejada por la cara cóncava del disco de una medusa. Neviani expuso esta conclusión

¹ K. A. VON ZITTEL y F. BROILI, *Grundzüge der Paläontologie*, I. Abt., *Invertebrata*, 6ª edición, págs. 155 y 156, Munich y Berlín, 1924.

en dos publicaciones ¹ y volvió a sostenerla en una tercera ², corroborándola con nuevos argumentos para rebatir la opinión, manifestada por el profesor Sacco ³, de que la supuesta impresión de medusa fuera tan sólo el resultado de un « fenómeno de concentración » de substancias minerales en el seno de la roca. En realidad, nunca han sido notadas concentraciones semejantes, aunque las arcillas de la Farnesina han sido exploradas pacientemente durante varias generaciones de estudiosos.

Neviani había referido el raro fósil al grupo *Aequoridae* de las medusas craspedotas o hidromedusas, sin poderlo ubicar en alguno de los géneros vivientes conocidos; por consiguiente, tuvo que instituir un género nuevo que llamó *Aequorfossa* para recordar el grupo zoológico y el descubridor del fósil. Hubo quien se extrañó de que la única medusa pliocénica conocida perteneciera a un género extinguido mientras que casi todos los demás celenterados fósiles del Plioceno son referidos a géneros representados en los mares actuales; pero tampoco esta consideración es suficiente para invalidar las conclusiones de Neviani.

Vemos, pues, que (sin necesidad de profundizar mayormente las investigaciones bibliográficas) es razonable admitir que las medusas han dejado impresiones reconocibles en rocas de diversísima edad; la medusa del Gran Cañón del Colorado quedó sepultada en la arena fina del Algonquiano por lo menos seiscientos millones de años antes de que los fangos arcillosos del Plioceno se acumularan sobre los restos de la medusa de la Farnesina.

En comparación a este enorme plazo, es insignificante el intervalo de tiempo en que se depositaron los fangos calcáreos que luego se transformaron en las calizas litográficas de Franconia, pues estu-

¹ A. NEVIANI, *Di una nuova medusa fossile appartenente alle Aequorideae (Craspedotae) rinvenuta nelle argille classiche della Farnesina presso Roma*, en *Atti Pont. Accad. Nuovi Lincei*, LXXVIII (VI) págs. 148-156, Roma, 1925. — *I fossili del territorio romano*, en *Revista Roma*, III, págs. 465-472, Roma, 1925.

² A. NEVIANI, *Poche parole sull' Aequorfossa farnesinae Nev.*, en *Boll. Soc. Geol. Italiana*, XLV, págs. 145-148, Roma, 1925.

³ E. CLERICI, *Adunanza generale ordinaria tenuta in Roma il 17 de gennaio 1926*, en *Boll. Soc. Geol. Italiana*, XLV, págs. XVII-XXVI, Roma, 1926.

dios diligentes de los pormenores de la estratificación en Solnhofen han indicado que dicho intervalo muy probablemente no llegó a sesenta mil años.

Comparando estas cifras y teniendo presente la relativa abundancia de impresiones de medusas en aquellas calizas litográficas, se llega necesariamente a la conclusión de que su naturaleza litológica excepcional tiene algo que ver con la conservación de las impresiones de organismos esencialmente gelatinosos. De otra manera resultaría muy difícil explicar cómo una buena mitad de los géneros seguramente conocidos ha sido hallada en un conjunto de estratos que se ha formado en menos de la decimilésima parte del tiempo que ha pasado entre la fosilización de la primera medusa de que tengo noticia y la de la última.

Nótese que me refiero a las medusas en el sentido más general de la palabra, sin hacer distinción entre las Escifomedusas y las Craspedotas, pues, a los fines del presente estudio, tiene suma importancia la existencia de un disco gelatinoso y de un anillo circumoral rico en elementos histológicos bien diferenciados, cosas que ambos grupos poseen y que (a mi modo de ver) hacen posible la formación de impresiones persistentes; en cambio no nos importa nada de la ontogenia, en la cual se encuentran las diferencias más conspicuas entre ambos tipos de medusas.

III. HIPÓTESIS DE BRANDT, WALCOTT Y OTROS SOBRE LA FOSILIZACIÓN DE LAS MEDUSAS

La existencia de impresiones de medusas ha sido señalada como algo sorprendente por la mayor parte de los paleontólogos que han tenido oportunidades de mencionar restos fósiles atribuidos a estos animales. Pero no son muchos los autores que han intentado explicar el mecanismo de la fosilización de las medusas.

Sin la menor pretensión de efectuar una reseña general de las opiniones vertidas al respecto, y sólo a título de ejemplo, referiré los conceptos de algunos paleontólogos eminentes,

En 1871, A. Brandt trató de explicar la formación de impresiones

de *Rhizostomites* suponiendo que el cadáver de la medusa se habría ido achatando progresivamente a medida que se acumulaban los sedimentos; en breve tiempo, sólo habría quedado un disco delgado intercalado entre dos superficies contiguas de estratificación ¹. De una figura de Brandt se desprende que él se imaginaba la umbrela del *Rhizostomites* como una especie de campana o, más propiamente, como una superficie comparable a un segmento de paraboloide de revolución. Una superficie de este tipo no es aplicable sobre un plano; por consiguiente, habrían debido formarse pliegues más o menos acentuados en la parte central de la umbrela, en lugar de producirse, por achatamiento gradual, la transformación de la campana en un disco delgadísimo que se vuelve filoso hacia el borde.

Walcott, en 1898, después de haber discutido las opiniones de autores anteriores, manifestó la opinión de que las medusas del Cámbrico acostumbraban pasar la mayor parte de su vida, cuando adultas, yaciendo en el fondo fangoso del mar, apoyándose en la umbrela y teniendo los brazos extendidos hacia arriba, así como lo hace la *Polyclonia fronsosa* Ag., que había sido observada repetidamente en dicha posición en ciertos manglares de Honduras y de Jamaica. Una vez atribuida esta manera de vivir a las medusas del pasado, Walcott creyó que repentinas deposiciones de fango pueden matar las medusas que descansan, con la boca hacia arriba, en el fondo marino, donde quedarían sepultadas y tendrían alguna posibilidad de dejar la impresión de su superficie exterior en los sedimentos que las sostienen y que las cubren; y así estaría explicada la fosilización de las medusas ².

Antes de llegar a esta conclusión, Walcott cita la opinión de Luis Agassiz sobre el posible origen de las impresiones de medusas de las calizas litográficas de Solnhofen, en Franconia. Agassiz había observado que en cierta especie de medusa (*Aurelia flavidula*) común en el golfo de Massachusetts, el disco, después del

¹ A. BRANDT, *Ueber fossile Medusen*, en *Mem. Acad. Imp. Sciences St. Petersburg*, serie 7^a, XVI, n° 11, págs. 1-18, lám. I, San Petersburgo, 1871.

² C. D. WALCOTT, *Fossil Medusae*, págs. 6 y 7.

período de la reproducción, se vuelve delgado, más elástico y casi coriáceo. A menudo muchas de estas medusas, en tales condiciones, encalladas en las playas durante días calurosos y de viento seco, quedan cubiertas por arenas movedizas. Ello explicaría, según Agassiz, la posibilidad de que las impresiones de las medusas se conserven en el estado fósil y, proporcionaría la clave de la presencia de varias medusas en las calizas litográficas de Francia ¹.

Walcott, en 1893, observó un gran número de individuos de *Aurelia* encallados en las playas arenosas de New Jersey, en las condiciones descritas por Agassiz; pero notó que después de haber estado expuestos por pocas horas al sol y al viento, se encogían y se deshacían ². Probablemente es ésta la causa de que no se adhirió a la hipótesis de Agassiz y buscó una nueva explicación en las costumbres singulares de la *Polyclonia frondosa*.

La opinión de Agassiz ha sido compartida por varios geólogos y paleontólogos eminentes.

Johannes Walther, después de haber recordado que las marejadas pueden arrojar sobre las costas una gran cantidad de medusas, dice que ellas se hunden en las arenas finas de las playas, dejando impresiones que reproducen muchos detalles; y agrega que, si durante la bajamar el sol seca la arena, el disco se contrae reduciéndose a una delgada película cartilaginosa que, mediando circunstancias favorables, puede ser cubierta por la arena y conservarse por larguísimo tiempo ³.

Stromer afirma que en las medusas la espesa masa gelatinosa a veces presenta consistencia cartilaginosa y que entonces, con el concurso de circunstancias particularmente favorables, ellas pueden dejar impresiones de carácter permanentes en los sedimentos o aun moldes de la cavidad gástrica ⁴.

¹ C. D. WALCOTT, *Fossil Medusae*, pág. 5.

² C. D. WALCOTT, *Fossil Medusae*, pág. 5.

³ JOHANNES WALTHER, *Einführung in die Geologie als historische Wissenschaft*, pág. 854, Jena 1893, 1894.

⁴ ERNST STROMER VON REICHENBACH, *Lehrbuch der Paläozoologie*, I, pág. 76 y 77, Leipzig y Berlín, 1909.

Abel dice que cuando las medusas han sido arrojadas por las olas sobre la playa y expuestas a la acción del sol se vuelven tan secas y duras que, de ser cubiertas en seguida por sedimentos de grano fino, pueden dejar en ellos impresiones reconocibles, a pesar de cierta contracción que necesariamente han padecido ¹.

Dacqué, refiriéndose a una hermosa impresión de la parte inferior de un *Rhizostomites* de las calizas litográficas de Franconia, pone de relieve la rareza de reproducciones fósiles de organismos tan delicados, agregando que las medusas lanzadas por las olas sobre playas secas se transforman, dentro de un tiempo cortísimo, en una película mucilaginoso delgada parecida a celuloide ².

Estos ejemplos me parecen suficientes para demostrar que varios hombres de ciencia han admitido que la campana gelatinosa de las medusas, expuesta a la acción del sol y del viento, se contrae solamente en una dirección, que es la del eje de simetría del animal, produciéndose así la transformación, gradual y rápida, de un cuerpo comparable a un casquete esférico o a un menisco espeso en una lente delgadísima o en un disco sumamente chato.

Una transformación de este tipo, por simple desecamiento, sería difícil de explicar con consideraciones físicas o mecánicas. Por otra parte, Agassiz ha aludido sí a la posibilidad de que se conserven impresiones de medusas desecadas por el sol (por lo menos cuando estas medusas habían adquirido anteriormente una consistencia casi coriácea) pero no ha dicho que una medusa desecada tome la forma de un disco delgado; ni me consta que tal transformación haya sido observada por otro. En cambio, he visto restos de medusas desecadas naturalmente en playas secas y al principio no me ha sido fácil reconocerlas, por estar encogidas y arrugadas en extremo, formando bultos informes.

Por estas razones, creo que corresponde buscar nuevos caminos, si se quiere explicar cómo pueden haberse originado las impresiones reconocibles de medusas que han sido halladas en las rocas.

¹ OTHENIO ABEL, *Lehrbuch der Paläozoologie*, págs. 72 y 73, Jena, 1920.

² EDGAR DACQUÉ, *Versteinertes Leben*, págs. 42, 43 y 123, Jena 1920.

IV. OBSERVACIONES SOBRE MEDUSAS ENCALLADAS EN LA PLAYA
DE MARINA DI PISA

En los años 1912 y 1913 yo residía en Marina di Pisa, en Toscana, alojándome en una casita sobre la playa. La playa de Marina di Pisa empieza en la desembocadura del río Arno (que en su último trecho corre aproximadamente de este a oeste) y se continúa por varios kilómetros en dirección al sudsudeste, casi en línea recta; está constituida por pura arena cuarzosa, en la que se hallan a menudo restos de conchillas *fósiles* (del Plioceno) acarreadas por el río Arno hasta el mar y luego distribuidas por las corrientes y las olas. En aquel tiempo, me parecía importante el estudio del desgaste padecido por dichas conchillas del Plioceno porque esperaba que me proporcionara algún criterio seguro para distinguir los fósiles removidos (*fossiles remaniés*) de los fósiles cuya edad corresponde exactamente a la de los sedimentos que los envuelven; por esta razón me interesaba examinar la playa, especialmente después de las marejadas que, en aquellas costas, se producen bajo la acción de un viento fuerte de sudoeste (el *libeccio*) que suele soplar por varios días seguidos. Una vez, durante una de estas recorridas por la playa, observé un gran número de medusas, en seco, y noté que algunas de ellas tenían la umbrela mucho más convexa y abultada que otras, aunque era evidente que todas pertenecían a una misma especie de *Rhizostoma*, muy común en el mar Tirreno. Comunicué mi observación a un amigo zoólogo y le pregunté si tan marcada diferencia de forma dependía de dimorfismo sexual; el amigo me explicó minuciosamente cómo se puede reconocer el sexo de aquellas medusas (por leves particularidades en el contorno y en el color de ciertos órganos) y agregó que nunca había tenido noticia de diferencias importantes en la forma general.

Posteriormente, tuve nuevas ocasiones de observar el mismo fenómeno y entonces noté que las medusas de umbrela abultada sólo se hallaban cerca del extremo septentrional de la playa, es decir, cerca de la desembocadura del río, faltando completamente

más al sur. Entonces pensé que ellas estaban simplemente hinchadas por efecto del agua dulce, o sea, que la masa gelatinosa de la mesoglea había aumentado de volumen por endosmosis. En algunas de las medusas más abultadas la superficie de la umbrela presentaba pequeños relieves regularmente dispuestos, recordando el aspecto del involucro de un globo aerostático que, bien inflado, sobresale entre las mallas de la red que sostiene la barquilla. Interpreté esta particularidad como una consecuencia de la escasa extensibilidad (en comparación con la del ectoderma) de fibras o cordones conjuntivos que atravesarían la mesoglea, insertándose, con uno a ambos de sus extremos, en ciertos puntos de la umbrela. Entonces, al aumentar de volumen la mesoglea, la pared exterior del disco sobresaldría algo más en los trechos entre los puntos de inserción de las fibras, o de los cordones conjuntivos.

En la playa los individuos abultados yacían a menudo con la umbrela abajo y con los brazos hacia arriba, mientras que los ejemplares normales estaban más frecuentemente apoyados sobre un costado, con el disco más o menos torcido. Ello se explica en primer lugar con la relativa rigidez de los discos hinchados, que entonces no se deformaban de una manera apreciable bajo su propio peso, y en segundo lugar con la forma especial que el disco adquiría por efecto del aumento de volumen. En efecto, a pesar del abultamiento general, la parte central de la umbrela resultaba chata mientras que se exageraba la convexidad de la parte periférica y la subumbrela perdía su forma cóncava y se volvía marcadamente convexa en la parte circumoral, quedando, a veces, una zona anular ligeramente cóncava cerca del borde de la subumbrela. En conjunto, la forma del cuerpo de la medusa hinchada era parecida a la de los recipientes que contienen el combustible en las más comunes estufas de kerosén (me refiero a las de aspecto columnar). Apoyándose en la playa con la parte central, chata, de la umbrela, la medusa se encontraba en equilibrio estable. En las medusas que se hallaban en esta posición, se observaba a menudo que les faltaban brazos; es posible que los hubiesen perdido en los choques contra la playa, antes de encallar definitivamente, pero también que se hayan separado del disco durante la expan-

sión de los tejidos determinada por la absorción de agua dulce. Recuerdo que una vez, en la propia desembocadura del río Arno, frente al « Fortino », he visto una medusa relativamente grande que, a pesar de estar abultada de una manera marcadísima, aun trataba de nadar, siendo visibles sus pulsaciones rítmicas; pescada con todo cuidado, se observó que le faltaban tres brazos y que el cuarto parecía desproporcionadamente pequeño y torcido de una manera rara. Ignoro si esta deformación era imputable a la acción del agua dulce, pero estoy seguro de que la mutilación se había producido antes de la captura del animal.

Igualmente ignoro lo que ocurre cuando una medusa adaptada a aguas marinas de salinidad normal queda expuesta largo tiempo a la acción del agua dulce. Si es verdad (según creo) que la superficie exterior de la medusa se comporta normalmente como una membrana semipermeable, el aumento de volumen de la mesoglea debe llevar a uno de los resultados siguientes: o la membrana, después de haberse extendido hasta cierto límite, se vuelve verdaderamente permeable (por lo menos en un trecho) y entonces se produce una comunicación fácil entre los líquidos interior y exterior, así que el abultamiento no puede continuarse; o bien la membrana se mantiene semipermeable y entonces puede llegar un momento en que, no resistiendo más a la presión interior, la membrana se rompe y la medusa revienta.

En la playa de Marina di Pisa he observado, algunas veces, medusas con la umbrella desgarrada; pero no he podido comprobar si ello procedía del fenómeno a que acabo de aludir, o al choque contra objetos cortantes, o a picotazos de aves.

Cuando mis observaciones casuales ya me habían proporcionado motivos para suponer que las medusas aumentaban de volumen por efecto del agua dulce, se me ocurrió que esta dilatación de los tejidos podía haber contribuido a la formación de las impresiones netas de las medusas jurásicas de Franconia. Mi argumentación era la siguiente:

Supongamos que una medusa que vivía en un mar de salinidad normal sea arrojada por las olas sobre la playa y luego quede cubierta rápidamente por cierto espesor de sedimentos permeables;

y supongamos que luego llueva, empapándose aquellos sedimentos de agua dulce. Entonces la masa gelatinosa del disco aumentaría de volumen, venciendo la resistencia opuesta por los sedimentos que rodean y cubren el cadáver de la medusa; no pudiendo desplazarlos lateralmente, tendería a empujarlos hacia arriba, y lo lograría no bien la presión producida por la dilatación de la mesoglea superara el peso de los sedimentos que yacen encima de ella. En estas condiciones sería menos difícil la formación de una impresión neta, pues la superficie exterior de la medusa estaría bien extendida y el efecto de la expansión de sus tejidos se sumaría al de la gravedad.

Estos razonamientos me sugirieron un experimento, que efectué de la manera siguiente: sobre una superficie horizontal de arena bien seca, apoyé un pedazo de tejido metálico con un agujero circular, de unos veinticinco centímetros de diámetro, en el centro; en el medio del agujero, en inmediato contacto con la arena, puse una medusa de forma normal, no abultada, cubrí todo con arena pura lavada (la arena que empleaban los albañiles para su mezcla), y continué agregando arena hasta llegar a una altura de aproximadamente treinta centímetros sobre el nivel del tejido de alambre. Algunas horas después regué abundantemente la arena. Después de un mes (durante el cual llovió varias veces) quité cuidadosamente la arena hasta descubrir el tejido de alambre. No hallé impresión alguna y tampoco el menor resto del cuerpo del animal.

El resultado de este experimento (que no tuve ocasión de repetir) fué un fracaso, pero no demuestra que estuviesen equivocados los criterios que lo habían motivado. Debe considerarse que el experimento pretendía reproducir un fenómeno que en la naturaleza ha ocurrido en casos absolutamente excepcionales; además, algunas condiciones eran desfavorables. Así por ejemplo, para representar el sedimento que sepulta las medusas, he empleado un material muy permeable y de grano relativamente grueso, y por consiguiente, poco apropiado para retener el agua durante mucho tiempo como también para recibir y conservar la impresión del cuerpo de una medusa. Seguramente, habría sido mejor emplear alguna

substancia mucho más fina y menos permeable, como sería el polvo de talco, por lo menos para la capa que envolvía a la medusa. También es posible que en el momento en que el agua dulce llegó hasta la medusa, ésta estuviera ya desecada por efecto de la arena seca que la rodeaba.

En el experimento que he relatado, el cuerpo de la medusa desapareció, sin dejar rastros visibles en la arena. Igualmente solían desaparecer sin dejar resto o rastro alguno las medusas arrojadas sobre la playa.

Sin embargo, en dos ocasiones he observado los restos desecados a que se refieren algunos de los autores citados en páginas anteriores. Efectivamente, los que he visto pueden compararse a hojas de celuloide o de papel de calcar, arrugadas, dobladas y torcidas irregularmente, pero no se asemejaban ni a las medusas, ni a las impresiones de medusas reproducidas en las obras de paleontología; para reconocer lo que eran, se necesitaba darles vuelta en todos los sentidos y reconstruir mentalmente la forma que adquirirían aquellas películas informe si fueran ablandadas, ampliadas, extendidas y llenadas. Cada medusa desecada estaba transformada en un bultito de forma irregular que, empujado por el viento, rodaba por el suelo con un ruido comparable al que hacen, en iguales condiciones, las hojas secas.

Algunos pescadores me dijeron que, en aquellas costas, las medusas se « derriten como hielo » bajo los rayos del sol y que se desecan gradualmente, de noche o en los días nublados, por la sola acción del viento. Otros afirmaban que se desecan cuando quedan cubiertas por arena que luego el sol calienta; según ellos, las medusas desecadas aparecerían sólo cuando el viento ha removido la arena que las cubría. El único punto en que todos estaban de acuerdo es que en aquellas costas las medusas desecadas sólo aparecen en días de viento y que siempre se presentan tan encogidas y arrugadas como las que tuve ocasión de ver.

La impresión de una de estas medusas desecadas constituiría seguramente un fósil indescifrable y no se asemejaría ni remotamente a las hermosas formas geométricas que se admiran en las calizas litográficas de Franconia.

Mis observaciones en Marina di Pisa pueden resumirse de esta manera : cuando las medusas se encuentran en agua dulce (o por lo menos en agua mucho menos salada que la del mar en que suelen vivir) su disco gelatinoso se hincha y, por consiguiente, la medusa adquiere una forma abultada ; cuando las medusas, hinchadas o no, quedan encalladas en la playa, por lo general se descomponen y desaparecen sin dejar restos visibles, pero en circunstancias especiales (que se presentan en días de viento) pueden transformarse en bultitos informes constituidos por una especie de película arrugada, doblada y torcida ; estos bultitos no pueden dejar impresiones semejantes a los fósiles que los paleontólogos han determinado como medusas.

Por consiguiente podemos dar por descontado que las medusas que ha dejado sus impresiones en las rocas no han padecido un desecamiento comparable al que he observado en Marina di Pisa.

V. EL AGUA EN LOS TEJIDOS DE LAS MEDUSAS

Las observaciones que hice sobre la forma del disco de las medusas encalladas en las playa de Marina di Pisa son bastante numerosas como para darme la seguridad de que el disco de los ejemplares hinchados había aumentado considerablemente de volumen por efecto del agua del río, o sea por un fenómeno de osmosis.

Los ejemplares examinados pertenecían a cierta especie de *Rhizostoma* ; es razonable admitir que todos los individuos de aquella especie presenten la misma propiedad de aumentar de volumen cuando disminuye rápidamente la salinidad del agua que los rodea.

No me consta que hayan sido observadas diferencias histológicas notables entre distintas especies de medusas, y tampoco entre géneros y familias. Por consiguiente, creo legítimo admitir que las variaciones de salinidad del agua determinan efectos análogos sobre la mayor parte de las medusas y posiblemente sobre todas las medusas verdaderamente planctónicas ; pueden constituir

excepciones las medusas que suelen yacer sobre el fondo del mar en posición invertida (como los individuos adultos de la *Polyclo-nia frondosa* Ag., citados por Walcott), pues deben poseer discos de mayor densidad y, por consiguiente, constituidos de una manera especial.

Sería interesante, y resultaría relativamente fácil, comprobar, por medio de una serie de experimentos, si y cómo se efectúa el aumento de volumen en distintas especies de medusas, por efecto del agua dulce. En todas las estaciones zoológicas marinas se presentan, con mayor o menor frecuencia, ocasiones favorables para esta clase de experimentos.

Habiendo admitido, como hecho de observación, que el disco de ciertas medusas aumenta de volumen por osmosis, también debo admitir :

1º, que la pared exterior del cuerpo de las medusas se comporta, por lo menos en ciertos trechos, como una membrana semipermeable ;

2º, que en el interior de disco hay tejidos capaces de absorber fácilmente los líquidos.

Veamos lo que hay de cierto.

Sobre el primer punto tenemos la afirmación explícita de Johnstone ¹ quien dice que no sólo en las medusas sino también en muchos otros invertebrados marinos la pared exterior del cuerpo actúa como una membrana semipermeable, permitiendo el pronto equilibrio entre la concentración de los líquidos vitales y la del agua que rodea el animal.

Referente al segundo punto, conviene considerar el significado que debe darse a la expresión « tejido gelatinoso » aplicada a la mesoglea de las medusas. Es evidente que el adjetivo « gelatinoso » puede aplicarse tanto a un objeto constituido principalmente por gelatina como a cualquier cosa que se asemeje a gelatina, o sea que presente « aspecto gelatinoso ». Por consiguiente hay que preguntarse si el disco de las medusas realmente contiene mucha gelatina (o bien una cantidad considerable de otra substancia afín

¹ JAMES JOHNSTONE, *Condition of life in the sea*, pág. 245, Cambridge, 1908.

a la gelatina) o si, al contrario, está constituido por un tejido que por su transparencia, consistencia y densidad se asemeja a la gelatina sin que esta substancia (o alguna substancia afín) esté presente en proporción apreciable.

Este problema podría formularse también de la manera siguiente: determinar en qué proporción intervienen proteínas afines a la gelatina en la constitución del disco de las medusas.

La solución del problema debe buscarse en los laboratorios de biología; sin embargo, un sencillo razonamiento es suficiente para una primera orientación.

En los tejidos conjuntivos de los vertebrados se hallan ciertas substancias albuminoideas que han sido llamadas collágenos. Estos collágenos, que abundan en los huesos y en la piel, se transforman, por ebullición, en gelatina. Por consiguiente, lo que se llama gelatina, tanto en el lenguaje corriente como en el de la tecnología, es un producto artificial; no hay gelatina en los tejidos vivientes de los animales de cuyos cadáveres se la extrae. La gelatina siempre contiene cierta cantidad de agua; la llamamos seca cuando la proporción de agua es mínima (alrededor de 17 por ciento). En presencia de más agua, la gelatina la absorbe y se hincha, hasta llegar a un volumen varias veces mayor que el originario. A temperaturas de 35°C, o más, la gelatina hinchada pasa en solución en el exceso de agua: de otra manera es insoluble. Estas propiedades estarían perfectamente de acuerdo con lo que he observado y oído en Marina di Pisa.

Consideremos ahora la composición global de las medusas y, especialmente, su contenido en agua. Sobre este argumento ha proporcionado datos interesantísimos L. H. Hyman, del Laboratorio de Biología Experimental del American Museum of Natural History¹. Estos datos proceden en parte de una reseña crítica de la literatura y en parte de investigaciones experimentales efectuadas en el laboratorio biológico de Mount Desert Island, en el estado de Maine.

¹ L. H. HYMAN, *The water content of medusae*, en *Science*, LXXXVII, n° 2251, págs. 166-167, New York, 18 de febrero de 1938.

Los resultados de mayor interés, para nosotros, son los siguientes:

Medusas del género *Aurelia* pescadas en las aguas de Mount Desert Island, de salinidad entre 31,5 y 32,6 por mil, contenían entre 95,9 y 96,6 por ciento de agua; en medusas del mismo género pescadas en la bahía de Kiel (salinidad 17 a 18 por mil) y en cierto trecho del mar Báltico (salinidad 7,3 por mil) se halló el 97,9 y el 98 por ciento de agua respectivamente.

En otros géneros de medusas (*Carmarina*, *Chrysaora* y *Rhizostoma*) se han observado proporciones de agua comprendidas entre 95 y 96,5 por ciento.

En el género *Cassiopea*, que, según Walcott ¹ es uno de los que se apoyan en el fondo, se ha hallado sólo 94,1 por ciento de agua.

Las cifras que anteceden se refieren al agua pura; además hay que tomar en cuenta la sales que ella tiene en solución, pues es sabido que los líquidos orgánicos de muchos invertebrados marinos tienen la misma salinidad como el agua en que viven ². En una *Carmarina* se halló que el agua, las sales y las sustancias orgánicas constituían el 95,3, el 4,3 y el 0,4 por ciento, respectivamente; proporciones parecidas se observaron en una *Rhizostoma* que resultó estar compuesta por el 95,2 por ciento de agua, por el 4,3 por ciento de sales y por 0,5 por ciento de sustancias orgánicas.

La proporción de agua es mayor en la mesoglea del disco, en comparación con el porcentaje global.

Medusas del género *Aurelia* que Hyman había expuesto al aire libre para que se desecaran, se descompusieron en una masa líquida; las que secaron gradualmente en estufa dejaron una película amarillenta llena de cristales de sal.

De estos datos puede sacarse, con toda seguridad, la conclusión de que en la mesoglea del disco de las medusas la sustancia orgánica constituye menos que el cinco por mil del volumen total. Para tener una idea de lo que ello significa, basta pensar que en la san-

¹ C. D. WALCOTT, *Fossil Medusae*, pág. 4.

² J. JOHNSTONE, *Condition of life in the sea*, pág. 245.

gre humana (que solemos considerar como un líquido) la substancia orgánica es por lo menos veinte veces más abundante que en el cuerpo de las medusas.

En obras de zoología he visto representada la mesoglea de medusas comunes (por ejemplo, de *Rhizostoma*) como un sistema de fibras conjuntivas que atravesaría la masa gelatinosa ; esta masa, además, estaría poblada por un número más o menos considerable de células amiboideas. Si consideramos que en las fibras conjuntivas y en las células amiboideas la proporción de agua no puede ser muy elevada, debemos forzosamente sospechar que la substancia amorfa de la mesoglea sea comparable más bien a una solución salina que a una verdadera gelatina ; en otras palabras, nos imaginamos la mesoglea como una especie de esponja sumamente tenue empapada por una masa más acuosa que un caldo común, aunque más salada.

En este caso, al aumentar la cantidad del líquido por endosmosis, se dilataría aquella especie de esponja constituida por las fibras conjuntivas y se produciría la hinchazón del disco.

En el caso de que la mesoglea estuviera efectivamente constituida en su mayor parte por una substancia físicamente análoga a la gelatina, la penetración de agua, por endosmosis, igualmente determinaría el aumento de volumen de la mesoglea y, por consiguiente, el abultamiento del disco.

En ambos casos el abultamiento del disco, en sus distintos trechos, sería aproximadamente proporcional a su espesor originario, justamente como lo he observado en las medusas hinchadas de Marina di Pisa. Nótese que si la absorción de agua, por el disco, no fuera tan uniforme, la deformación de la medusa se efectuaría de una manera muy diferente, pues la presión hidrostática interior tendería a transformar el disco en una masa esferoidal.

Mis observaciones de Marina di Pisa y las consideraciones que acabo de exponer concuerdan en indicar que la masa « gelatinosa » del disco de las medusas es capaz de dilatarse uniformemente cada vez que dichos animales están rodeados por agua de salinidad inferior a la normal. Ignoro qué tiempo requiere la penetración del agua a través de la pared exterior y su distribución uniforme en la

mesoglea, pero recuerdo indicios de que estos fenómenos son relativamente lentos. Me refiero a la medusa abultada *viva* que observé cerca del Fortino de Bocca d'Arno (me imagino que un aumento de volumen repentino resultaría letal) y al hecho de que uno de los nueve individuos de *Aurelia* examinados por Hyman fué lavado en agua dulce antes de desecarlo y luego resultó que contenía el 96,3 por ciento de agua, mientras que otro, no lavado, contenía el 96,6 por ciento y en los demás, que tampoco habían sido lavados, el porcentaje de agua variaba entre un mínimo de 95,9 y un máximo de 96,2 ¹.

En un laboratorio apropiado, la determinación de esta « velocidad de imbibición » no presentaría dificultad alguna.

VI. NUEVA HIPÓTESIS SOBRE LA FORMACIÓN DE IMPRESIONES PERMANENTES DE MEDUSAS

De lo expuesto en las páginas que anteceden puede inferirse que una impresión capaz de mantenerse al estado fósil podría producirse durante la serie de acontecimientos que indico a continuación :

1° Por efecto de una marea excepcionalmente alta o de una marejada, una medusa queda encallada, boca arriba, en un trecho de la playa que normalmente no está cubierto por el mar ;

2° La medusa, antes de descomponerse por acción del sol o desecarse por acción del viento, queda recubierta por cierto espesor de sedimentos de grano fino, bastante porosos pero poco permeables, acarreados por una corriente efímera de agua dulce ; en otras palabras, la medusa queda sepultada en un estrato de fango, o de limo, no salado ;

3° Una vez sedimentado el fango, o limo, el exceso de agua desaparece, por infiltración ; el sedimento empieza a secarse en la parte superior y tiende a contraerse ; la medusa absorbe agua en

¹ L. H. HYMAN, *The water content of medusae*, pág. 167.

la parte más profunda del estrato, y tiende a hincharse. Se crean así tensiones antagónicas en el sedimento y en la medusa. La subumbrela, relativamente rica en elementos musculares, y la zona circumoral, notablemente diferenciada, dejan una impresión neta en el sedimento, amoldándose éste a las pequeñas diferencias de relieve ;

4º Luego, de perdurar el buen tiempo, el sedimento se seca por completo, el aire penetra en los poros, el cuerpo de la medusa se descompone en una masa líquida que se difunde gradualmente, por capilaridad, todo alrededor ; es posible que, por evaporación del agua, las sales se depositen en los poros del sedimento, contribuyendo a su consolidación ;

5º Pasan millones de años, durante los cuales la región se hunde y nuevos sedimentos se acumulan sobre los sedimentos anteriores. La diagénesis cumple lentamente su obra y transforma el fango y el limo en rocas resistentes. Ya antes de llegar a este punto el peso, siempre creciente, de los sedimentos hace desaparecer todos los huecos de cierta magnitud ; desaparece la cavidad dejada, en un primer tiempo, por el cuerpo de la medusa, pero la impresión de los pormenores de la subumbrela se mantiene, justamente por lo delicado de su relieve. La superficie sobre la cual, al retirarse el mar, se quedó la medusa, correspondía en aquel momento a la superficie del terreno ; luego representó la superficie de separación entre dos depósitos de edad diferente, por poca que fuera esta diferencia de edad ; con el tiempo, la misma superficie se transforma en una superficie de estratificación más o menos neta, o por lo menos en una superficie de fisilidad ;

6º Pasan otros millones de años ; ahora la región se levanta y la erosión destruye, en gran parte, los estratos más recientes, hasta que aquel que contiene la impresión de nuestra medusa llega a aflorar en uno o más lugares. Si el fango, o limo, que enterró la medusa se ha transformado en una roca de aplicación, es posible que la impresión aparezca en alguna cantera ; ello es más probable si el comercio demanda lajas de aquella roca y no trozos macizos, pues en el primer caso, en igualdad de volumen de roca extraído de la cantera, es mucho mayor la superficie expuesta a la observación

y, además, esta superficie corresponde en su máxima parte a las caras de los estratos. Si, en cambio, la roca no sirve para la construcción o para la industria, es ínfima la probabilidad de que la impresión sea descubierta, porque para ello se requiere el concurso de dos circunstancias infrecuentes, o sea que la impresión ya se halle en la superficie del terreno (o tan cerca de ella como para aparecer por efecto de un martillazo afortunado) y que a un geólogo se le ocurra inspeccionar justamente el lugar donde se encuentra la impresión.

VII. CONCLUSIONES

Una serie de observaciones y consideraciones, expuestas en la presente nota, parecen justificar las suposiciones siguientes :

1ª Las impresiones fósiles de medusas se han formado a lo largo de las costas de los mares donde ellas habían vivido, pero en el seno de sedimentos acarreados por agua dulce y empapados de la misma ;

2ª Los sedimentos que han resultado aquellas medusas eran porosos, pero poco permeables ;

3ª La formación de impresiones ha sido favorecida por la presión osmótica interna de las medusas (absorción de agua dulce por parte del tejido gelatinoso) como también por la contracción de los sedimentos al secarse ;

4ª Las impresiones de medusas han podido formarse y mantenerse sólo donde la costa del mar estaba expuesta a alternancias de sumersión y emersión, pero cuando predominaba la tendencia al hundimiento y, por consiguiente, a la acumulación de sedimentos ;

5ª Las impresiones de la subumbrela se han formado, de preferencia, en la cara inferior de los estratos ;

6ª La abundancia de las impresiones de medusas en las calizas litográficas de Franconia depende en parte de la naturaleza favorable de los fangos calcáreos de los que dichas calizas proceden y de la oportuna sucesión de acontecimientos geológicos en la última

parte del Jurásico, pero tiene su causa principal en la enorme área de superficies de estratificación que ha sido posible examinar en las canteras de piedra litográfica ;

7ª La falta de impresiones fósiles de actinias y de gasterópodos nudibranquios (que también a veces son arrojados sobre la playa) se explica con el desarrollo escaso, o nulo, del tejido gelatinoso.