

# Bioquímica, Paleobioquímica y Evolución (\*)

Prof. M. CRUSAFONT

En los últimos lustros, las investigaciones científicas llevadas a cabo dentro del dominio de la Bioquímica, han abarcado el campo de la *Bioquímica comparada* que, como en la Anatomía comparada, debía darnos luces orientadoras acerca de las cuestiones relacionadas con la filogenia y, por lo tanto, servirnos de base para la interpretación de la evolución.

Pero esta *Bioquímica comparada* no se ha realizado solamente en los seres actuales, sino que en la actualidad, gracias a los esfuerzos llevados a cabo por un buen número de ilustres bioquímicos de diversas nacionalidades, se están estudiando por métodos micro-cromatográficos los indicios de sustancias orgánicas todavía detectables en fósiles, incluso de épocas muy antiguas. Con el objeto de ver cómo ya desde ahora y mucho más en el futuro, esta disciplina ayudará a descifrar problemas filogenéticos y evolutivos de gran interés, como un elemento más, o una metodología más a añadir, a aquellos de que hemos hablado, expondremos algunas de las adquisiciones más modernas.

\* \* \*

Para empezar, encontraremos enseñanzas interesantes en lo que se refiere a la naturaleza y a la economía de los ecosistemas fósiles dentro del llamado *continuum bioquímico* de cada época; es decir, de los intercambios entre sustancias químicas del medio y de los organismos que en él vivieron, mediante la posible detección de *ecomonas* (factores moleculares ambientales, influenciando sobre los organismos) y de las *coactonas* (ecomonas de interacción entre organismos de especies diferentes). También será interesante conocer las *cadena tróficas* que pueden haber dado lugar por sus cambios, en momentos de alteración de equilibrio, a mutaciones, fuente de evolución.

Se está hablando actualmente de la «filogenia de las proteínas». De acuerdo con estudios llevados a cabo por ACHER, se considera que de una molécula ancestral común, encontraríamos las dos cadenas de péptidos neurohipofisarios de los vertebrados, dando cada una de ellas: A) En los Peces óseos *isotocina* y *vasotocina*. B) En

los Anfibios *mesotocina* y *vasotocina*. C) En las Aves *ocitocina* y *vasotocina*. D) En los Mamíferos *ocitocina* y *arginina-vasopresina* o *lisina-vasopresina*.

Uno de los componentes en los cuales se ha estudiado mejor la posible filogenia es la hemoglobina. Si se conocieran las diferencias que presentan las estructuras primarias de dos proteínas homólogas de Vertebrados —dice FLORKIN— y los tiempos que separan en el orden paleontológico la época de la divergencia al nivel de las ramas filéticas, se podría calcular el tiempo que ha transcurrido entre las dos mutaciones de las cadenas de los ácidos aminados. Según se ve, pues, podemos hablar también aquí de tendencias evolutivas en el campo paleobioquímico.

De acuerdo con el estudio de la estructura primaria de los fibrinopéptidos A y B de diversos Mamíferos se han podido establecer las relaciones filéticas entre los grupos que ellas representan, lo que, por lo menos, *grosso modo*, está de acuerdo con los datos paleontológicos.

Además, de acuerdo con el estudio comparativo de las estructuras primarias de los fibrinopéptidos en un gran número de Mamíferos, se puede concluir que los péptidos B se han modificado en la evolución más rápidamente que los péptidos A.

SMITH y MARGOLIASH, 1964, han estimado el tiempo de transformación de los últimos ácidos aminados de los citocromos entre representantes de varios grupos. Así del Prosimio al Hombre ha cambiado solamente uno de ellos, lo que representa en años  $50-60 \times 10^6$ . De un Pez Osteictio a un Mamífero  $40 \times 10^6$ . De una Levadura a los primeros Vertebrados  $1-2 \times 10^9$ . En resumen, tendríamos por este método de Bioquímica comparada, que de un organismo celular, ya relativamente evolucionado como una levadura, hasta el hombre habrían transcurrido 2.460 millones de años, lo que está de acuerdo con los datos ya conocidos por otros conductos.

(\*) El texto íntegro de esta conferencia, pronunciada por el Prof. M. Crusafont en uno de los coloquios del curso 1966-67, ilustrado con interesantes gráficos y esquemas, se publicará en la serie de «Trabajos del Departamento de Paleontología».

Otros estudios nos demuestran que la evolución de las proteínas va al par con la de las cadenas enzimáticas homólogas de los metabolismos, que se van modificando a través de la evolución por adición de enzimas, produciendo funciones cada vez más complejas de los organismos y que cada cadena enzimática se halla bajo la dependencia próxima de uno o de un pequeño número de genes específicos.

Otro caso del máximo interés dentro del marco de la Bioquímica comparada es el de la evolución y filogenia de la quitina y de la quitinólisis, estudio éste que da valor en sentido póstumo a los árboles genealógicos de la evolución animal propuestos por autores modernos como CUENOT, 1952, y MARCUS, 1958.

Sabemos que la capa protectora del cuerpo, está constituida en los Artrópodos por complejos quitino-proteicos. A los fermentos que catalizan la hidrólisis de la quitina se les llama quitinasas. La biosíntesis de la quitina aparece como un carácter bioquímico primitivo de la célula animal, existente también en estado secretante; presente en los vegetales inferiores; presente al nivel del tronco básico monocelular de los Metazoarios, al nivel de la rama de los Poríferos, de los Cnidarios y de los Celomados y a lo largo de la evolución de las formas ancestrales de los diferentes clados de los Protostomios. Dicho de otro modo la síntesis de la quitina, carácter primitivo, se pierde definitivamente a partir del nacimiento de la rama de los Deuterostomios.

Hay que decir, que algunos grupos basales y otros pertenecientes a la ramificación protostomia la han perdido también, lo que significará una especialización: entre los primeros los Esporozoos, los Infusorios, los Ctenoforos y parte de los Cnidarios; entre los segundos, los Platelminetos, los Nemertinos, los Equinodermos, los Rotíferos, los Briozoos endoproctos, los Sipunculoideos y los Tardígrados; muchos de ellos parásitos. Valga decir que la quitina no es en todos los casos protectora en el estado adulto, sino que a veces forma parte solamente de la envoltura de los huevos; otras veces de los órganos locomotores; otras órganos de flotación; otras órganos de fijación; otras en la edificación de estructuras que aseguren la toma de alimentos y su masticación: mandíbulas y rádulas de los Moluscos Gasterópodos y Cefalópodos; el bucle gástrico de los Lamebranquios, la protección de la mucosa del mesenterón en los Artrópodos, etc.

Paralelamente, podemos seguir a lo largo del árbol evolutivo de los animales la evolución del sistema quitinolítico (quitinasa + quitobiasa) y entonces constatamos fenómenos de enzimoforesis, o sea, de pérdida de fermento que lleva sobre uno u otro, o sobre los dos miembros del sistema quitinolítico. Así, puede verse cómo en los animales quitinófagos, la biosíntesis de la quitinasa se intensifica mientras que desaparece en los que no lo son. En los Artrópodos y en los Vertebrados la quitinasa ya no se encuentra más que en las especies cuyo régimen es parcialmente insectívoro o frugívoro. En cuanto a la quitobiasa se conserva en los tejidos endodérmico de todos los Protostomios, mientras que en los Deuterostomios se observa una pérdida progresiva.

Interesante es también el análisis de los aspectos filogenéticos que resultan del estudio de los productos terminales del metabolismo nitrogenado en los animales. Es interesante seguir el curso de la evolución de los Vertebrados en relación con el sistema purinolítico en el que el término del catabolismo de los ácidos aminados es la urogénesis. Encontramos esta vía desde los *Crossopterigios* por los *Labirintodontos* a los *Anfibios*, a los *Cotilosaurios*, a los *Ambulátiles* y a los *Maníferos*, aunque algunos términos fósiles sean sólo inducidos, mientras que grupos de pisciformes no situados en la ancestralidad de la línea ortogenética de fondo (los diversos grupos de *Actinopterigios*), los *Reptiles s.st.* y las *Aves*, tienden a perder la referencia ureogenética. Curioso es por lo demás el hecho de que los *Primates*, con el *Hombre* incluido, acorten la vía catabólica nitrogenada y sean uricotélicos.

Otro caso importante a señalar es la relación Na/K en la hemolinfa de los Insectos, así como la concentración en Mg en relación con la citofagia de los mismos, habida cuenta de que la evolución de los *Lepidópteros*, *Coleópteros* y los *Himenópteros* se ha desarrollado paralelamente a la de las *Angiospermas*.

Un estudio interesante es el de las Paleoproteínas. ABEISON había dicho que las conchas antiguas de más de 100.000 años no contendrían ya proteínas sino unas mezclas de ácidos aminados y de cadenas polipeptídicas cortas, y que después de 25 millones de años ya no podían subsistir los ácidos aminados libres; sin embargo, se han puesto en evidencia ácidos aminados libres y aun indicios de proteínas en fósiles incluso paleozoicos, por FOUCAIT,