

III

## Los Coloides en Biología

Resumen de las  
Conferencias dadas en la Universidad de Valencia por el  
Dr. D. Antonio de Gregorio Rocasolano  
Catedrático de Química en la de Zaragoza  
durante la primavera de 1921

**E**NCABEZAMOS las notables Conferencias del doctor Rocasolano con las siguientes palabras que hace suyas la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valencia, para rendir con ellas público homenaje de admiración al sabio Catedrático aragonés:

*La Facultad de Ciencias a su compañero el Dr. Rocasolano*

Las nuevas disposiciones oficiales que procuran medios con que intensificar la enseñanza y no sólo intensificarla sino extenderla, para que la Universidad venga a ser la verdadera *Alma Mater*, y difunda por todo el ámbito de la ciudad donde asienta y más allá de los suburbios de la ciudad, invadiendo el campo, la semilla fructífera de una ciencia redentora, han permitido que se llevaran a la práctica y tuvieran gloriosa realidad, ideas que durante muchos años venía elaborando esta Facultad de Ciencias y que tuvieron que conformarse con el modesto nombre de ilusiones.

Al contar con aquellos medios apresuróse la Facultad de Ciencias a invitar a uno de los más gloriosos maestros y felices investigadores en el vasto campo de la Química, y propuso y obtuvo la celebración de un cursillo de fisicoquímica coloidal por el ilustre catedrático de Zaragoza doctor Rocasolano.

El nombre prestigioso y la merecida fama que en el mundo científico goza tan preclaro varón, habla de atraer la atención de todos los que se interesan por los nuevos progresos de la Ciencia y más cuando, como en el caso presente, son éstos debidos a los esfuerzos y a los talentos de un hombre de ciencia que vió la luz primera en el patrio solar.

El Dr. Rocasolano nació en Zaragoza, en cuya Universidad formó su personalidad científica, aficionado a los estudios de investigación, por el interés que en él despertaran aquellos trabajos del que fué maestro de maestros en la capital aragonesa, D. Bruno Solano, quien, quizá anticipándose a su tiempo, marchó a Dinamarca a estudiar con Hansen la fermentación alcohólica. El Dr. Rocasolano, atraído por estos estudios de la microbiología, marchó al Instituto agronómico de París para estudiar de cerca, guiado por Duclaux, los portentosos trabajos de la célula vegetal para fijar el nitrógeno del aire. Poco después seguía en Zaragoza sus trabajos, apenas interrumpidos durante más de veinte años, y de uno en otros llegaba a concentrar toda su atención en el estudio siempre fecundo de los coloides.

El Estado español y el Ayuntamiento de Zaragoza advierten la labor fecunda del Dr. Rocasolano y subvencionan sus trabajos, y el ilustre sabio corresponde con tanto entusiasmo y tanto afán y tanto desvelo a las distinciones que se le hacen, que a un hallazgo científico sigue otro y en su laborar infatigable no cesa un momento hasta punto tal, que su ciudad, no sabiendo ya cómo pagar tanta ciencia y trabajo tanto, le llama su hijo predilecto.

Los descubrimientos científicos del maestro aragonés son conocidos en el extranjero y su colaboración es solicitada y obtenida distintas veces por sabios y entidades científicas de distintas ciudades europeas, adquiriendo su nombre mayor relieve después de la notable contienda que con Sabatier sostuviera con ocasión del último congreso de biólogos de Toulouse.

El entusiasmo y la admiración que las conferencias del Dr. Rocasolano despertaron en la ciudad de Valencia han

sido tales, que compensan las esperanzas que sus organizadores tenían, y hoy, al dar a la publicidad un resumen de aquéllas, se complacen en hacer constar públicamente su gratitud al Dr. Rocasolano y al culto auditorio que le escuchó.

PRIMERA CONFERENCIA \*

*La Bioquímica y la Química biológica.—Concepto de la materia viva; su constitución químico-física.—Idea general y continuidad de los sistemas dispersos.—La materia viva es un sistema disperso muy complejo y de gran concentración.—Individualización de la materia viva.—Concepto del átomo y de la célula como unidades en Química y en Biología.*

*Palabras del Sr. Rector*

El Rector de la Universidad, Excmo. Sr. D. Rafael Pastor González, presentó al conferenciante con sentidas frases de admiración y compañerismo, haciendo constar al mismo tiempo el saludo que la primera autoridad universitaria de Zaragoza tuvo a bien enviar a nuestro Claustro.

*El Dr. Rocasolano. Gratitudes y antecedentes*

El Dr. Rocasolano comenzó agradeciendo las frases del Sr. Rector y dedicólas a Zaragoza. «Mucho me ha honrado la invitación que esta ilustre Universidad me hizo, para que viniera a exponer algunos de mis modestos trabajos de Bioquímica. No encontré medio más adecuado para corresponder a este honor que aceptar con toda mi buena voluntad tan amable invitación, con lo cual se han de apretar los lazos de confraternidad espiritual entre nuestras dos Universidades».

*Intercambio científico*

Habló del intercambio científico entre ambas Universidades, que viene existiendo desde su fundación y ha venido sucediéndose hasta nuestros días en que hijos de Zaragoza o de su Universidad son hoy maestros en Valencia, citando

---

\* Tuvo lugar el día 14 de Abril de 1921 en el Paraninfo de la Universidad.

los nombres de los Doctores Riba, Bermejo, Araujo, Cámara, Cabrera, Gómez y González, Jordana, De Benito. Y recordó que maestros que ejercieron en Zaragoza se formaron intelectualmente en Valencia; así Cerbuna; también estudió en Valencia el célebre matemático del siglo XVI Gaspar Sa, cuyos restos se conservan en la Iglesia del Sepulcro de Zaragoza y allí fué maestro de Matemáticas en 1570.

Contó la emoción sentida al descender ayer del tren y ser objeto de tan cariñoso recibimiento, y refirió la que sintiera este verano cuando en Montpellier tropezó con unos documentos relativos al Rey D. Jaime I de Aragón, en quien se unieron las coronas de Aragón y Cataluña y Valencia, y Mallorca, a las que conquistó.

«No debemos silenciar los descubrimientos científicos de los españoles, ni juzgarlos con tanta severidad como lo hacemos, cuando en cambio somos benévolos para todo lo que se importa. Es preciso producir ciencia. No hay cosa que pague un país a más alto precio que la importación de la ciencia.»

Luego anunció que sus trabajos eran en parte inéditos y comenzó a desarrollar su primera conferencia.

«En el desarrollo de los estudios bioquímicos hay una época gloriosa para España en la que la Microbiología y la Histología florecen brillantemente haciendo posible, por los conocimientos adquiridos, nuevas ideas que son las que hoy orientan las investigaciones biológicas.»

*Epoca gloriosa  
para España*

Citó a Cajal, que en esta Facultad de Medicina realizó trabajos de investigación, continuados por su discípulo el Dr. Bartual, que hoy desempeña la cátedra de Histología y Anatomía Patológica.

«En los procesos vitales se manifiestan una serie de fenómenos que constituyen la vida, durante los cuales evolucionan los seres, adquiriendo en el transcurso de esta evolución una individualidad y una forma, renovándose al mismo tiempo su materia y conservándose el sér idéntico a sí mismo; es decir, adaptándose al medio, siendo todo esto la característica de un organismo. Pero la forma se conserva

*Característica  
de un organismo*

en todo el período evolutivo del sér y por ello nada tiene de particular que, sorprendido el observador ante la contemplación de la vida, con la formación de organismos, tejidos y aparatos, entendieran algunos la vida como un mecanismo de forma y de estructura, que también es forma. Y de aquí que se concediera gran importancia al estudio de la forma en el período descriptivo, por el que todas las ciencias comienzan a constituirse.

*Objeto  
de la conferencia*

»No pretendemos exponer los estudios hechos sobre el origen de la vida, ni siquiera decir algo de lo mucho que puede decirse en el terreno experimental o en el filosófico, en los que se han colocado con mayor o menor número de razones, ilustres biólogos y filósofos, no; nuestro objeto en estas conferencias ha de ser daros cuenta de algunas propiedades que en los sistemas coloidales hemos estudiado, y relacionarlas con fenómenos vitales con que guardan relaciones de analogía de mucho interés para las investigaciones biológicas.

»La condición fundamental de la vida consiste en un ciclo continuo de transformaciones, desequilibrio próximo a equilibrio, al que si se llega, la vida cesa.

»Hay que sustituir el concepto estático del sistema viviente por el dinámico, con lo cual la Química Biológica ya no es algo accidental: es el estudio sistemático de los procesos químicos correlativos a los procesos vitales. En Bioquímica se va más allá: se clasifican los hechos, se hace un estudio metódico y sistemático de los cambios materiales que se verifican en el interior de los plasmas, y algunos queriendo ahondar más, pretenden llegar a lo más íntimo de la materia organizada, examinar su composición, conocer las energías que se desenvuelven en su seno, surgiendo entonces no ya la Química Biológica sino la Bioquímica, para deducir de todo ello que las propiedades de la materia viviente, son el resultado de su constitución química y químico-física.

*El citoplasma y el  
núcleo de las células*

»Como a los estudios de cirugía preceden los de anatomía, los citológicos tuvieron como lógica consecuencia los

estudios de merotomía celular, de microdissección del protoplasma. Es un hecho comprobado por las experiencias de Balbiani sobre merotomía celular, efectuadas en 1853, que separados el citoplasma y el núcleo, componentes de la célula, siguen viviendo aun cuando su vida se extingue pronto. Para que la evolución vital siga su curso es preciso que esos dos componentes permanezcan asociados; pero para regenerar el proceso vital basta con que partículas del uno y del otro permanezcan juntas, probándose con ello, que la célula, más que asociación de partes de fundamental estructura, es conjunto químico de partículas recíprocamente activas, es decir, está formada por asociaciones de componentes citoplásmicos y nucleares. También Pfeiffer ha realizado la microdissección de la célula, de igual modo que se efectúa en los organismos pluricelulares, deduciendo que una célula mutilada de algún modo, esto es, que su forma haya cambiado, no es obstáculo para que la vida continúe a condición de que se encuentren juntos núcleo y citoplasma.

»La complejidad del citoplasma en sí no es suficiente para el sostenimiento de la vida, precisa la existencia de la substancia nuclear; pero una explicación fundamental de los fenómenos vitales no la tendremos hasta después de conocer las transformaciones químicas que tienen lugar en ese sistema complejo que se llama materia viva. Hay, pues, que buscar el estudio de la vida no por el camino de la arquitectura de la organización, no en el campo de la morfología, sino en el solar de la Química, o mejor dicho, en el de la Químico-física. Desde este punto de vista la Bioquímica no es un aspecto de los estudios biológicos, sino su fundamento racional. La materia viva debe estudiarse en sí misma: la estructura y la composición química de aquélla, no de las células, es el problema primordial de la Biología.

»Hay que buscar la causa de los fenómenos vitales en un conjunto de cuerpos químicamente heterogéneos que al reunirse dichos fenómenos vitales se verifican.

»Dice Minot que el problema fundamental de la Biología es el conocimiento de la estructura química de la materia

*El estudio de la vida debe fundamentarse en el solar de la Química*

viva, no la forma de la célula, si bien es preciso conocerla de algún modo, constituyendo su estudio el periodo descriptivo de la ciencia, seguido luego de la investigación del analítico y del sintético.

*Concepto de la  
materia viva*

»La materia viva es un sistema disperso muy complejo y viscoso, en el que todo proceso vital tiene su asiento. Desde el punto de vista químico-físico, el sistema presenta varios grados de dispersión, y desde el punto de vista químico es un sistema en constante periodo de transformación, en estado dinámico permanente constituido de partes cuya estructura o composición química es distinta. Tales diferencias existen en un mismo organismo, acentuándose en el orden químico en los productos que aquélla elabora y que retiene o elimina según la estructura peculiar de cada organismo, separándolos de la circulación vital.

*Constituyente  
químico-físico más  
importante de la  
materia viva*

»De entre los constituyentes químico-físicos de la materia viva, el más importante es el sistema coloidal, del que forman parte las unidades físicas llamadas *micelas* transformables en los procesos vitales, pero persistiendo en ellas un conjunto de caracteres que las definen. Estos caracteres permiten, por aplicación a las sencillas dispersiones coloidales, extender lazos de unión o de relación entre la compleja materia viva y los sistemas coloidales, pudiendo ver en éstos una representación elemental de algunos fenómenos vitales.

»Conceptuada, pues, la materia viva como un líquido más o menos viscoso formado por el agua, medio de dispersión en el que la vida es posible, se encuentran conjuntamente algunos cuerpos disueltos, desmenuzados otros, hasta el tamaño de las partículas que caracterizan el estado coloidal, y todavía aparecen algunos en estado de gruesos gránulos, formando emulsiones o suspensiones visibles con ayuda del microscopio ordinario. Interesa mucho estudiar las particulares propiedades que presenta la materia en el sistema formado por un líquido (medio de dispersión) donde se dispersa otro cuerpo (sustancia dispersa), dividiéndose en partículas más o menos gruesas (grados de dispersión). Las propiedades que nos interesa conocer son las que de-

penden no de la naturaleza química de los cuerpos que forman el sistema, sino del mayor o menor grado de dispersión que adopte el cuerpo disperso.

»El estudio de las disoluciones y el de los fenómenos que se realizan cuando dos disoluciones distintas se ponen en contacto, sepárense o no por tabiques permeables o semipermeables, es el preliminar obligado para el estudio de los fenómenos biológicos.

»La materia tiene acumulada cantidades enormes de energía, que parcialmente viene a estar representada por las velocidades con que las moléculas se mueven, constituyendo así el estado de constante agitación en que las supone la teoría cinético-atómico-molecular. En los gases, las moléculas (partículas física y mecánicamente indivisibles) supuestas perfectamente elásticas y en movimiento, chocan las unas con las otras y con las paredes de las vasijas, resultando una presión en cada punto de la masa gaseosa y sobre las paredes de la vasija que la teoría cinética calcula, dependiente de dicha masa, de la velocidad de las moléculas y del número de choques que cada una verifique en la unidad de tiempo. En los líquidos, las moléculas están mucho más próximas entre sí; sus choques mutuos tienen lugar con gran frecuencia y, por lo tanto, se encontrarán a una gran presión parcial equilibrada con la atracción mutua de las moléculas; por esta presión parcial tenderán las moléculas a separarse unas de otras, y de ella será consecuencia la tensión de vapor del líquido y el fenómeno de la evaporación; interesa llegar a este concepto de que las moléculas de los líquidos unitarios se encuentran en estado de constante movimiento, con una velocidad que para un líquido dado viene representada por su temperatura.

*Teoría cinético-atómico-molecular*

»De igual modo, cuando un cuerpo sólido, soluble en un líquido, elegido convenientemente de manera que no tenga acción química con el líquido, se ponen en contacto (sean el sólido azúcar de caña, el líquido agua) las moléculas del disolvente, por su chocar incesante contra la superficie del azúcar (un verdadero bombardeo molecular), pro-



ducirán un desprendimiento de partículas de éste, que, libres de las atracciones mutuas a que cuando formaban el sistema sólido estaban sujetas, se compenetran con el líquido recorriendo los espacios intermoleculares de éste, hasta el momento del equilibrio dinámico, que llega cuando la concentración del sistema obtenido (disolución) es igual en todos los puntos de su masa. Sensación de tales hechos puede tenerse a simple vista operando con sólidos coloreados, cuyos iones de color, en penachos diversos (estriás), se entrecruzan con las diferentes capas del líquido hasta obtenerse una masa de homogénea densidad e igual concentración en todos sus puntos.

*Iones*      »La disgregación en sí, aparte el ejemplo de que nos hemos servido, tiene lugar entre límites muy distanciados, según sean el cuerpo que se dispersa y el disolvente empleado. Si el cuerpo disuelto posee la función ácido, base o sal, y el disolvente es el agua, la disolución será un electrolito, alcanzando la disgregación un límite máximo, pues las moléculas unitarias del cuerpo disperso se fraccionan en iones; esta forma de dispersión representa el grado de desmenuzamiento más elevado.

*Moléculas unitarias*      »Otras veces, la disgregación llega hasta la molécula unitaria del cuerpo disuelto (disoluciones moleculares), como ocurre en el caso de la sacarosa y en la mayoría de las disoluciones que no son electrolitos. En diferentes casos las partículas dispersas en el disolvente tienen una magnitud que corresponde a la molécula polimerizada, y aún se observa que un mismo cuerpo se dispersa en grados diferentes, según sea la naturaleza del disolvente; así, por ejemplo, el ácido acético puede presentarse ionizado en el agua, disperso en moléculas unitarias en el éter ordinario y en moléculas dobles en el benceno.

»A las formas de disolución citadas se les llama *verdaderas* o *solutoides*, y en todos los casos considerados, el sistema formado es una mezcla física, es decir, que es física y químicamente homogéneo en todos los puntos de su masa.

»Además de estos modos de dispersión, existen otros en los que los disolventes realizan dispersiones de menor grado, o sea que producen partículas de mayor tamaño, pero aún no el suficiente para ser vistas por los medios ordinarios, aunque sí el preciso para darnos cuenta de su existencia por el fenómeno de Tyndall, y ser visibles al ultramicroscopio. Las partículas así dispersas en un medio, forman un conjunto que aparece como un sistema homogéneo, aunque no lo es por estar constituido en el concepto químico-físico por dos fases: el medio de dispersión y el cuerpo disperso. Al sistema en conjunto se le denomina *pseudodisolución* o, impropriamente, *disolución coloidal*.

*Pseudodisoluciones*

»Y todavía puede ser mayor el tamaño de las partículas dispersas en un líquido, formando, cuando el tamaño de la partícula dispersa llega al límite de visibilidad, líquidos turbios, que son *suspensiones* o *emulsiones*, donde la viscosidad del medio equilibra la acción de la gravedad, o sea el peso de la partícula, y así queda ésta sometida a las acciones dinámicas que la energía cinética del medio de dispersión ejerce sobre ella.

*Suspensiones o emulsiones*

»En la sistemática de Ostwald se estudian los sistemas dispersos tomando como idea fundamental, que un cuerpo cualquiera, sólido o líquido, puede ser dividido en ciertas condiciones, en partículas pequeñísimas hasta el tamaño de la molécula o del ion. Las propiedades del sistema disperso varían según el tamaño de la partícula dispersa y el grado de dispersión viene dado por el cociente entre  $S$ , superficie total de la fase dispersa y  $V$ , su volumen.

*Sistemática de Ostwald*

»En tres grandes grupos distribuye Ostwald los diferentes sistemas dispersos, que en orden decreciente en tamaño de partículas dispersas o creciente en grado de dispersión, son:

*División de los sistemas dispersos*

»*Dispersiones* o sistemas en los que el diámetro de la partícula dispersa es mayor de  $0.1 \mu$  ( $\mu$  representa una milésima de milímetro: micra); se dividen en *suspensiones* y *emulsiones*, según que la materia dispersa sea respectivamente sólida o líquida.

»*Dispersoides* o *disoluciones coloidales*, sistemas en los que

el desmenuzamiento de la fase dispersa alcanza tamaños comprendidos entre  $0'1 \mu$  y  $0'001 \mu$ : en este grupo están comprendidos los sistemas coloidales.

»*Solutoides* o grupo de disoluciones verdaderas en las cuales alcanza su máximo el grado de dispersión. El tamaño de la partícula dispersa es menor de  $0'001 \mu$ .

»El menor grado de dispersión que corresponde a las disoluciones verdaderas, es la forma de disolución, en la cual las partículas dispersas alcanzan un grado de desmenuzamiento o condensación molecular definible por la crioscopia o por la ebulloimetria. Pero por el camino de la polimerización ya enunciado, fácilmente se comprende que llegaremos a partículas cada vez mayores y que podrán resultar o de una verdadera polimerización de la molécula unitaria del cuerpo disperso o de un fenómeno de *adsorción* entre las moléculas de éste, con el disolvente o con moléculas de otros cuerpos dispersos en la misma disolución. El estado coloide, pues, que adoptan los cuerpos, no depende tan sólo del tamaño de la partícula dispersa, sino de su naturaleza, resultando ser ésta la de un sistema complejo químico-físico llamado micela, que posee caracteres bien definidos.

»Las emulsiones y suspensiones presentan propiedades tanto más próximas a los sistemas coloidales cuanto menor sea el tamaño de sus partículas; los gránulos gruesos de almidón dispersos en el agua son poco sensibles a las acciones iónicas; en cambio los pequeños gránulos se aglomeran fácilmente, coagulando de un modo semejante a como lo hacen los coloides.

»El estudio de las suspensiones y emulsiones relacionando sus propiedades con las de las otras formas de sistemas dispersos, se hace con base firme después de la orientación dada por Ostwald y por las admirables experiencias de Perrin.

»La constitución de las disoluciones verdaderas, fué definida por Van t'Hoff principalmente al aplicar a los cuerpos disueltos, las leyes que rigen el estado gaseoso. Reconocidas las analogías de constitución entre los cuerpos disueltos y

los gases, se establece la igualdad entre las presiones osmótica y gaseosa y se deduce que la ecuación de los gases perfectos de Clapeyron  $PV = RT$  se aplica a los cuerpos disueltos, sin necesidad de modificar la constante  $R$  siempre que las disoluciones se consideren diluidas en grado suficiente.

»Las dispersiones coloidales poseen, como las disoluciones verdaderas, una presión osmótica, pero mucho menor. La pequeña velocidad de difusión en los sistemas coloidales, indica su pequeña presión osmótica y la gran resistencia de frotamiento que tienen que vencer sus partículas para moverse en su medio de dispersión. Si de estos sistemas pasamos a las «suspensiones y emulsiones», nos encontramos como consecuencia de los notables trabajos de Perrin, que: *las leyes de los gases se cumplen en las emulsiones diluidas.*

»La ley de rarefacción de Laplace, por la que se conoce la altitud de un lugar por observaciones barométricas, nos enseña que los gases en columnas de enorme longitud, se comprimen en la parte inferior, a consecuencia de su propio peso: de ella se deduce que en el aire a 5.500 metros de altura sobre el nivel medio del mar, la presión es de media atmósfera; pero si ésta fuese de hidrógeno, gas que pesa 14'44 veces menos que el aire, la presión mitad la encontraríamos a una altura de 80 kms. y si fuera la atmósfera de vapor de yodo, que pesa 8 veces más que el aire, la presión mitad estaría a 700 metros de altura. En general  $P_m(D-D') =$  constante, se verifica.

*Ley de rarefacción  
de Laplace*

»Demostrando que en las emulsiones ocurre esto mismo, podría deducirse que sus gránulos están dispuestos en capas horizontales como las moléculas de los gases. Y esto lo ha conseguido Perrin operando con una gota de emulsión uniforme, dispuesta en preparación vertical, en la que observa un régimen de concentración que disminuye con la altura, después que cesa la agitación producida por la colocación del sistema (poco más de una hora). La relación entre el número de gránulos que existen a dos alturas distintas para hacer las correspondientes comparaciones con los gases, es constante y esta constancia sigue observándose

*Trabajos de  
Perrin*

aun pasados 15 días después de hecha la preparación. Cuenta Perrin las partículas a diferentes alturas y resulta

A . . . . .	5 $\mu$	15 $\mu$	65 $\mu$	95 $\mu$
respectivamente los números				
	100	47	22	12
sensiblemente iguales a				
	100	48	23	11

que forman una progresión geométrica decreciente.

»La ley de la rarefacción se cumple, pues, en las emulsiones diluidas.

*Consecuencias*

»Si consideramos gránulos que a una diferencia de altura de 6  $\mu$  produzcan en la emulsión una concentración mitad, obteniéndose en el aire esta misma rarefacción a 6 kms., tendremos dos sistemas en los que se llega a rarefacciones iguales en las alturas, que para el uno es mil millones de veces más grande que para el otro, y si la teoría es cierta, el peso de una molécula de gas del aire será mil millones de veces menor que lo que pesa en el agua uno de los gránulos de la emulsión escogida. Estudiando Perrin distintas emulsiones de gránulos diferentes y distinto medio de dispersión, determina en cada caso el valor de la constante de Avogadro,  $N$ , y llega como consecuencia a deducir, que una emulsión es una atmósfera en miniatura, en la cual la rarefacción es enormemente rápida.

»Todos los sistemas dispersos cumplen leyes análogas (las de los gases); hay, pues, en todos ellos analogías de constitución y se pasa de unos a otros sin solución de continuidad.

*Analogías de constitución entre los sistemas dispersos y la materia viva*

»Tratando ahora de analogías de constitución entre los sistemas dispersos y la materia viva, citó algunas experiencias originales. Las partículas dispersas en un sistema coloidal, pueden compararse con las abejas de un enjambre encerrado en una vasija de grandes dimensiones que se mueven en grandes espacios, chocando entre sí y con las paredes de la vasija.

»Esas abejas las podemos considerar como la represen-

tación de las moléculas gaseosas que se desplazan dentro de la vasija que contiene el gas, o como la representación de las micelas que se agitan en el coloide. Pero supongamos que la vasija que le contiene puede hacerse más pequeña, o sea que el recipiente que contiene el gas disminuye de volumen, aumentando éste su presión, o que el coloide encerrado en la vasija con el líquido-medio de dispersión experimente una disminución en la cantidad del medio dispersante (concentración), permaneciendo constante el número de las partículas dispersas. Entonces, las abejas resbalarán unas sobre las otras, el gas estará sometido a una gran presión, la solución concentrada poseerá una enorme presión interior y un gran frotamiento interno y las micelas del coloide se moverán las unas sobre las otras. Pues bien; todo eso puede ocurrir en la materia viva, pues en ella existen, como partes integrantes, coloides a gran concentración. Pero si por un momento suponemos que una piedra se lanza contra la vasija y la rompe, las abejas allí contenidas saldrán al exterior, lo cual es lo mismo que si en el recipiente que contiene el gas a presión abrimos su llave, pues entonces el gas saldrá silbando, sufriendo una gran expansión, o que si con el auxilio del ultramicroscopio observamos cómo atacan las envolturas celulares de una ameba o de un paramecium, los iones OH de las disoluciones alcalinas en presencia, vertiéndose al exterior el contenido celular y obteniéndose en el campo ultramicroscópico un sistema coloidal en el que las micelas se agitan con movimiento browniano, análogo por su intensidad al que en los coloides ordinariamente se observa.

»Para la materia viva hay, pues, unidad de constitución químico-física; a esta conclusión se ha llegado por el camino experimental. La materia viva constituye las células, de las que se dice son la unidad biológica, de igual modo que el átomo ha sido considerado como unidad y el límite a que podía llegarse en el análisis químico, supuestas ambas unidades como barreras infranqueables; pero hoy se ha llegado a dividir el átomo en otras partículas mucho más pequeñas,

*Unidades biológica y química*

dotadas de energía, y estableciéndose su verdadero concepto como elemento de construcción, definido como la parte más pequeña de un cuerpo que puede entrar en reacción.

*Atomo y célula*

»Queda, pues, demostrado que el átomo es un sistema complejo y divisible. Igualmente la célula comienza a considerarse como un individuo biológico de constitución compleja, formada por unidades vivientes de constitución muy sencilla.

»Los plasmas celulares jóvenes, por ejemplo, del «sacaro-mices cerevisiæ», aparecen homogéneos a la observación microscópica; pero valiéndonos del ultramicroscopio puede observarse su constitución heterogénea y los movimientos plasmáticos que presentan, en cierto orden de ideas, un gran interés.

*Estabilidad de las micelas*

»Las micelas o partículas dispersas en los coloides, no tienen la estabilidad que poseen las moléculas químicas al estar dispersas en el agua, pues varían constantemente de composición, de carga eléctrica, de viscosidad, de poder catalítico, etc., siendo el fenómeno de difícil interpretación que recuerda variaciones análogas que se observan en las células. Se ve cómo el estudio de la Biología, está en íntima relación con el de la Química física.

*Dificultades en el progreso de la Biología*

»Las dificultades actuales en el progreso de la Biología provienen de la mala orientación que se dió en un principio a los estudios biológicos, pues se empezaba por el estudio del organismo humano, en primer término, luego se descendía en la escala zoológica, procediendo en orden inverso, pues lo lógico es comenzar por la investigación de los seres sencillos y pasar después al estudio de los organismos superiores.

*Papel de los coloides*

»Los coloides ejercen un papel tan preponderante en los seres vivos, que la vida sólo es posible cuando el estado coloide es compatible con las condiciones del medio; si pierde su estabilidad, o sea si el coloide se precipita en su medio de dispersión, muere la materia viva por cambiarse la energía actual del coloide en la potencial que posee un sistema coagulado.

## ESTUDIOS DE BIOQUÍMICA

»Resulta que en la materia viva están todos los sistemas dispersos representados. Su constitución físico-química es la de un sistema disperso en el agua—único medio de dispersión en los plasmas vivos—, cuya fase dispersa está formada por iones, moléculas, micelas, gránulos, etc., cada uno con su papel y su influencia modificadora de los fenómenos vitales.

*Constitución físico-química de la materia viva*

»Se tiene que empezar, pues, por tener una idea precisa del estado coloidal para poder estudiar los fenómenos vitales.»

### SEGUNDA CONFERENCIA \*

*Estabilidad de los sistemas coloidales: sus factores.—Concepto de la coagulación.—Importancia biológica de este fenómeno.—Coloides protectores.—Estabilización de los coloides.—Coagulación y cristalización.—Algunas ideas sobre la estructura de los coágulos.*

Comenzó el Dr. Rocasolano haciendo un brillante resumen de la lección de ayer y diciendo lo siguiente:

«A pesar de la complejidad de los plasmas vivientes puede con buena base plantearse su estudio, porque bajo el punto de vista de su constitución químico-física, son análogos todos los complejos sistemas dispersos que integran la materia viva, y aun cuando el proceso fisiológico que se desarrolla se asienta en todos ellos, se distinguen, sin embargo, unos componentes que pudiéramos llamar fundamentales y otros de menor importancia, perteneciendo a los primeros los sistemas coloidales, verificándose que mientras los organismos se encuentren en condiciones tales que la estabilidad del sistema coloide sea posible, la vida se manifiesta, mientras que, cuando el coloide pierde aquella esta-

*Estabilidad de los sistemas coloidales*

\* Tuvo lugar el día 15 de Abril de 1921 en el Paraninfo de la Universidad.



bilidad, la vida cesa, porque los fenómenos vitales no se producen.

*Albúminas vivas  
y muertas*

»En los plasmas vivos se puede observar el tránsito de un hidrosol a hidrogel, o sea la conversión de un coloide vivo en coágulo y estos cambios se realizan, gracias a un proceso químico-físico, porque no ha podido demostrarse el que exista una diferencia de orden químico entre la albúmina viva y la muerta; de manera que es imposible llegar a distinguir químicamente lo que ha venido llamándose albúminas vivas, de las albúminas muertas, debido a lo poco que se conoce de su constitución; por eso algunos establecieron esa división, pero esto no ha ocurrido con las grasas y con los polisacáridos, cuyo estudio químico está más adelantado.

*Idea de la micela*

»Vamos a entrar en el estudio de la estabilidad de los coloides. El sistema coloidal, decíamos en la conferencia anterior, está constituido por partículas, dispersas en un medio, estando el diámetro de las partículas, según la sistemática de Ostwald, comprendido entre una décima y una milésima de micra; pero no basta este concepto mecánico para establecer la idea del sistema coloidal; las partículas dispersas, no son esencialmente porciones del cuerpo que se dispersó divididas hasta un cierto límite, sino complejos químicos formados por esas partículas que se tienen por adsorción iones que estaban en presencia y en muchos casos, moléculas del medio de dispersión.

*La micela no es  
un fragmento sólido  
en suspensión*

»Si las partículas coloidales dispersas en el medio y animadas de movimiento browniano, no perdiesen su estabilidad más que por su propio peso, tendríamos entonces que, según la ley de Stokes, deduciríamos cuál era el límite a que podía llegar la estabilidad de un coloide y sabríamos con gran sencillez determinarla; pero este método no puede aplicarse: la micela no es un fragmento sólido, material, que se encuentra en suspensión, sino que es otra cosa.

*La micela es un  
complejo de ad-  
sorción*

»Si disolvemos azúcar en el agua, las partículas de orden molecular dispersas, se moverán en su disolvente con una velocidad variable que dependerá de la temperatura; pero la

## ESTUDIOS DE BIOQUÍMICA

micela colocada en el seno del medio dispersante es algo más que un fragmento material disperso, es un complejo químico que tiene la particularidad de poseer propiedades características, porque es un complejo de adsorción del que forman parte los iones en presencia: en el caso de la materia viva, los correspondientes a los compuestos minerales que entran en su constitución y el agua, medio de dispersión.

»Y estos fenómenos de adsorción los presentan las micelas mientras conservan su individualidad, esto es, mientras tengan su carga eléctrica. Luego la estabilidad depende fundamentalmente de que la micela es un complejo químico que, entre otras cosas, posee una carga eléctrica y mientras ésta se sostenga y nada externo o interno la varíe, la estabilidad se mantendrá.

*Carga eléctrica  
de las micelas*

»Vamos a estudiar el sistema de estabilización, tomando para experimentar, no plasmas vivos de «sacromices» o de «paramecios», sino sistemas coloidales preparados a una gran dilución. Coagularse el coloide significa que perdió su estabilidad, que el cuerpo disperso se separa del medio de dispersión. Los medios que destruyen la estabilidad del coloide son agentes de coagulación.

*Sistema de  
estabilización*

»Muchas veces al tratar de la coagulación la diferencian de la precipitación; pero es preciso unificar estos dos hechos, pues a veces se expresan falsos conceptos de la coagulación; la unificación puede hacerse si se tiene en cuenta que coagular un cuerpo no es más que separar las partículas dispersas de su medio de dispersión, sea cualquiera el sistema de que se parta.

*Coagulación  
y precipitación*

»Ordinariamente, se dice que se coagula la sangre al separarse una masa sólida que antes permanecía en suspensión o que se coagula la caseína de la leche cuando en este líquido se forman ciertas espumas y sedimentos.

»En general, si tenemos un líquido en el que aparecen partículas tan gruesas que son visibles por el enturbiamiento que comunican al líquido y luego incrementan hasta depositarse, tal cosa es hacerse visible la coagulación, que se realiza en medios líquidos.

*Característica de  
la coagulación*

»Al coagular pierde el coloide sus características, las micelas su movimiento browniano y por medio del ultramicroscopio se ve entonces que coloides, aún transparentes de aspecto, están coagulados, y esto, llevado a la materia viva, quiere decir que la vida cesa, pudiendo observarse cómo los movimientos brownianos de las micelas se hacen más lentos y acaban por extinguirse, perdiendo simultáneamente las micelas su carga eléctrica. Esta característica, de perder las partículas dispersas su movimiento browniano, constituye un medio experimental, seguro para reconocer, con ayuda del ultramicroscopio, si un sistema coloidal ha coagulado total o parcialmente.

»Mediante un dispositivo de grandes aumentos se observa la vida de un plasma vivo; pero si por medio de un tóxico matamos aquel sér, se paraliza el movimiento browniano de que estaban dotadas las partículas del plasma, objeto de la experimentación.»

Luego, el Dr. Rocasolano comienza a exponer una serie de diapositivas que constituyen la parte documental de la conferencia.

*Documentación*

Primero, un sistema perfectamente transparente; después, un coloide, en el que las partículas brillantes que representan las micelas se destacan patentes; más tarde, un coloide coagulado. Y pasan ante el espectador las micelas refulgentes sobre un campo que, mediante un dispositivo que le cuadrícula, permite su recuento. Otras inmovilizadas, presentando anillos de difracción, mediante los cuales será posible—a semejanza de lo que ocurre con las estrellas—hallar sus diámetros. Termina esta serie de diapositivas, una en que se representan los coágulos que comienzan a formarse en la albúmina por unas nebulosidades.

«Algunos de los sistemas que así observamos coagulados parecerían a nuestra vista como líquidos perfectamente transparentes, ya que las micelas tienen un diámetro máximo de una décima de micra, y para ser visibles necesitarían alcanzar un tercio de micra.

*Coloides  
protectores*

»Estabilizar un coloide significa añadir a éste otro

coloide que retarde la coagulación, que asegure su permanencia: el que se añade, se llama coloide *protector*; la gelatina, disoluciones de goma arábica, el estabilizador de Paal, las exosas, los polisacáridos, etc., son cuerpos protectores. De manera que la estabilidad retarda la coagulación del coloide, porque el estabilizador obra aumentando la carga eléctrica de la micela, como demostraremos; pero, además, los estabilizadores modifican otras propiedades de los coloides, principalmente aquellas que tomamos como características de lo que puede llamarse vejez del coloide.

»Estabilizadores en los coloides que constituyen los plasmas vivos hay muchos, y una modificación que experimenten dichos estabilizadores hace que se coagule el plasma vivo más o menos aprisa, viniendo entonces la vejez o proceso que precede a la muerte natural. Su estudio, pues, es de la mayor importancia.

»La leche de la mujer es para el niño de más fácil digestión que la de vaca, porque hay en aquélla un estabilizador que dificulta la coagulación de la caseína y, por tanto, la hace más digerible. Así hay también estabilizadores en determinados jugos vegetales, como los de la cereza, grosella, etc., que mantienen su estabilidad hasta cierto tiempo y una diastasa coagulante, la peptosa, que obra en sentido contrario.

*Ejemplos*

»En el sistema coloide, una vez formado se realizan una serie de fenómenos, con los cuales camina a su coagulación, que es el límite. Esta coagulación se acelera por ciertas causas o puede retardarse mediante el concurso de un estabilizador.

*Fenómenos que aceleran o retardan la coagulación*

»Aceleramos la coagulación, o sea que disminuimos la estabilidad de un coloide empleando agentes de coagulación, como lo son: el calor, las acciones iónicas, la radioactividad, los campos eléctricos, la presencia de otros coloides, etc. La coagulación producida por el calor no es siempre total, porque el fenómeno se debe a la disociación del complejo que forma la micela, estando aquélla limitada por una cierta tensión de disociación, llegándose a un equilibrio si la operación se realiza en vasijas cerradas.

*Coagulación por el calor*

»El Dr. Rocasolano ha estudiado la acción del calor sobre los coloides entre 191° bajo cero (aire líquido) y la temperatura de ebullición. Las bajas temperaturas inmovilizan la micela por variación de estado del medio de dispersión, cuando se solidifica; pero si a los cuatro o cinco días se saca al ambiente, recobran las partículas su movimiento browniano, vuelve a tener el sistema el mismo poder catalítico, manteniendo sus características. Las temperaturas elevadas determinan la coagulación.

*Experiencia de  
Buchner*

»Buchner inició la conversión de los fenómenos que parecen vitales, en fenómenos químicos del grupo de los catalíticos. La experiencia de Buchner consiste en pulverizar la levadura alcohólica, para obtener el jugo de la levadura; pero como esta operación no puede hacerse directamente, porque la célula de levadura es muy pequeña y elástica, descortezas las células, mezclando la levadura lavada y seca, con arena de cuarzo muy fina y tierra de infusorios; tritura la mezcla en un mortero y la exprime después con ayuda de una prensa hidráulica. El jugo obtenido, es un líquido amarillento que, observado al microscopio, no contiene traza de elemento figurado; es el contenido celular que se puso en libertad, cuando los granos de arena desgarraban las células.

»Unas gotas de este líquido añadidas a caldos esterilizados, cuya composición química es la conveniente para transformarse por fermentación alcohólica, producen el desdoblamiento de la glucosa, de manera análoga a como le producen las células de levadura, transformando algunas gotas de ese jugo, masas de glucosa, sin que en el líquido aparezca célula viva alguna.

*Generalización de  
la experiencia anterior*

»Esta célebre experiencia de Buchner, es perfectamente general y de cada microorganismo productor de fermentaciones diversas (láctica, acética, etc.), pueden extraerse materias solubles que ellos producen, y que son capaces de provocar las reacciones, que para los microorganismos de que se parte son específicas. A estas sustancias producidas y segregadas por las células vivas, ya formen parte de tejidos, ya posean vida autónoma, que son capaces de producir

por acción catalítica procesos químicos, se las denomina *diastasas*. La citada diastasa alcohólica, llamada también *cymasa* o *alcoholasa*, es una de ellas, pero se conocen muchas y se clasifican, atendiendo al género de reacciones que provocan y después a la transformación específica que son capaces de producir. De modo que hay muchos fenómenos vitales que no son más que fenómenos catalíticos.

»Cuando organismos monocelulares se someten a un gran descenso de temperatura se encuentran, por decirlo así, en vida latente, no dando muestras de su existencia; pero si cesa el descenso de temperatura y vuelven a las condiciones de ambiente ordinarias, aparece de nuevo la vida, indicando ésto que no se habrá coagulado en el plasma, sino que sólo estaban inmovilizadas las partículas. Prueba esto las experiencias que Pictet realizó sometiendo bacilos y ascomicetos a la acción del éter y anhídrido carbónico líquido a temperatura de 90° bajo cero; otras muchas experiencias han sido hechas en esta orientación, llegando en unas (Becquerel) a someter esporos de mucoráceas a la temperatura de 253° bajo cero, obteniéndose siempre el mismo resultado; al volver la célula a su ambiente normal reanudan los fenómenos vitales.

*Los organismos celulares y las bajas temperaturas*

Trata después de la cristalización de los coloides y plantea la tesis de que la cristalización es un caso particular de la coagulación, y en este orden de ideas llega a la afirmación de que, para que un cuerpo cristalice, es preciso que antes sea coloide.

*Cristalización de coloides*

Este aserto lo demuestra valiéndose de una serie de diapositivas en que aparece el proceso porque pasa la edestina, desde que se encuentra dispersa en una disolución acuosa de cloruro sódico al 10 por 100, hasta que aparecen cristales de caras triangulares perfectamente constituidos. Siguen cristales de ovoalbúmina coagulada por el ácido acético y otros de ovoglobulina, varios de metales que de coloide pasan a estado cristalino, y muchos de sales cristalizadas, habiendo partido de las mismas sales en estado coloidal.

*Experiencias*

Se refiere después a otro orden de investigaciones en las

que obtuvo coágulos de forma globular que crecen por yuxtaposición, constituyendo medios isótropos y formando verdaderas emulsiones, hasta que por cristalización, en algunos casos, cambia la naturaleza del sistema.

Continuó afirmando que todo núcleo cristalino es una micela.

Expone una serie de diapositivas en la que se ve formarse los cristales alrededor de las micelas, según ciertas líneas de fuerzas que determinan verdaderos campos de cristalización.

Afirmó que el cristal es la forma más estable, mientras que el coloide es la más inestable químicamente, y de aquí que intervenga tan eficazmente en los fenómenos vitales.

### TERCERA CONFERENCIA \*

*La carga eléctrica de los coloides.—Transporte eléctrico de las micelas: su observación macroscópica y ultramicroscópica.—  
La carga eléctrica como factor de estabilidad.*

Comienza su tercera conferencia el Dr. Rocasolano resumiendo la anterior e insistiendo sobre el concepto de que la carga eléctrica es el factor preponderante de la estabilidad de un sistema coloidal.

*Programa*

«Las materias que han de ser objeto de esta conferencia son las siguientes:

- a) Estudio de la carga eléctrica que poseen las micelas en los sistemas coloidales.
- b) Cómo se puede observar el transporte eléctrico de las micelas, lo cual no es más que un reflejo del fenómeno de la electrolisis.
- c) La transformación que experimenta un sistema coloidal cuando se establece un campo eléctrico.

---

\* Se celebró el día 16 de Abril de 1921 en el Paraninfo de la Universidad.

d) Estudio de la evolución de los coloides al modificarse la carga eléctrica y su camino hacia la coagulación.

»Para darnos cuenta de que las micelas o partículas dispersas en un sistema coloide poseen una carga eléctrica, es suficiente establecer un campo eléctrico en dicho coloide. Introducimos unas láminas de platino en el vaso que contiene el sistema, y las ponemos en relación con un generador eléctrico; el campo se establece: si se produce la corriente, vemos que alrededor de las láminas de platino aparecen masas del cuerpo disperso.»

*Campo eléctrico*

Cita los trabajos de Cotton y Moutón realizados para observar, con ayuda del ultramicroscopio, el transporte eléctrico, y da cuenta del dispositivo por él empleado, que consiste en colocar en el porta-objetos una gota del sistema coloide y laminitas de platino, y el cobre. Mientras observa, se hace pasar la corriente: los electrodos desprenden gases, que si quedan en la preparación desvían la dirección de los rayos luminosos y desaparece el fondo negro del ultramicroscopio; mientras que si se logra que los gases no se recojan en el campo, aparece éste como un cielo intensamente estrellado.

*Trabajos de  
Cotton y Montón*

El dispositivo con que trabaja el Dr. Rocasolano es el mismo que empleó en su laboratorio el Dr. Maynar al investigar sobre las hemoconias de la sangre. Un esquema de dicho dispositivo fué proyectado sobre la pantalla.

*Dispositivo del  
Dr. Rocasolano*

«Sobre el porta-objetos se asegura un trozo de cartón de amianto, unido fuertemente con lacre; los electrodos se establecen con unos hilos de platino que terminan en unas laminillas de la misma naturaleza; se coloca una gota de preparación en el porta-objetos; el líquido que sobra moja la lámina de platino, y por eso, al establecerse la corriente, los gases se producen fuera, marchando el oxígeno y el hidrógeno al anodo y catodo, respectivamente, y no se produce fulguración que deslumbren, por acumulación de burbujas, el campo de observación.»

Con este dispositivo realiza el Dr. Rocasolano su trabajo de investigación del transporte eléctrico de las micelas,



fenómeno que es de una belleza insuperable. El sistema semeja un mar oscuro, sobre cuya superficie aparecen agi-tándose las micelas dotadas del movimiento browniano, y cuando se someten a la acción de un campo eléctrico se orientan hacia el electrodo de nombre contrario a su carga, de un modo tranquilo. Pasa un poco de tiempo, y las micelas se agitan en forma de torbellinos cada vez más violentamente. La causa de esta agitación—dice el Dr. Rocasolano—es debida a los gases que en el fenómeno electrolítico se producen.

«Puede completarse el dispositivo usado haciendo las paredes permeables a la corriente eléctrica y al medio de dispersión, e impermeables a la micela, valiéndose de una capa de colodión; así se puede observar con toda normalidad cómo las micelas van a descargar su carga en el electrodo correspondiente. La teoría dada por S. Arrhenius sobre la electrolisis, ensancha sus horizontes con estos estudios.

»Eso es en su realidad el transporte eléctrico, en virtud del cual el coloide deja de serlo, pues han perdido las micelas su individualidad y, aglomerándose, forman coágulos. Así, pues, el estudio del transporte eléctrico puede hacerse en el caso de los coloides, utilizando medios de trabajo bastante seguros.

*Origen de la  
carga eléctrica*

»En un principio se atribuyó el origen de la carga eléctrica al movimiento de las micelas en el medio de dispersión y a los choques y rozamientos que este movimiento determinaba; este caso de frotamiento constituía la *teoría mecánica*. Después se habló de ósmosis eléctricas, de superficies heterogéneas en contacto, las cuales originaban electricidad. Si las micelas llevan carga eléctrica, es porque en virtud de los fenómenos de adsorción, a las partículas dispersas se adhieren iones que aportan su poder eléctrico. Las variaciones de riqueza en iones determinan variaciones de la carga eléctrica.

»En los casos que más nos interesan no es posible prescindir de la influencia iónica, pues los plasmas vivos nunca están desprovistos de iones.»

Cita los trabajos de sus discípulos Armisén y Bastero sobre transporte eléctrico en los coloides. Cuando las micelas pierden la carga eléctrica, se disocian.

El Dr. Bastero plantea así un medio para investigar sobre la composición química de las micelas, operando con paladiosoles.

*Composición química de las micelas. Estudios del Dr. Bastero*

«Es preciso operar con un dispositivo apropiado. Este es un voltámetro modificado. Los electrodos son unas láminas de platino; los tubos están graduados con mucha precisión y para poder apreciar volúmenes pequeñísimos.

»El coloide, que es el paladiosol obtenido, reduciendo el cloruro paladioso por el sulfato de hidracina (Método de Paal) se coloca en el tubo, se hace pasar la corriente y se ve como todo el color del coloide se condensa en el polo negativo, quedando el líquido transparente. Entonces comienzan a desprenderse gases, procedentes de la electrolisis del agua: los volúmenes de estos gases no están en la relación que corresponde a la fórmula  $H_2O$ , ni se desprenden en iguales relaciones de volumen en el transcurso de la operación. Estudiando cuantitativamente este fenómeno, se llega a conocer la constitución química de la micela dispersa en el hidrosol de paladio de que se parte. Proyectó algunas gráficas y varias series de valores numéricos, dando así a conocer el resultado de estas experiencias.

»Si en un coloide establecemos un campo eléctrico, el sistema coloidal coagula. Este método es muy racional, el más sencillo y el que menos se ha explorado. El calor, al actuar como agente coagulante, proporciona coagulaciones incompletas, porque la operación está limitada por varias causas, entre otras, la tensión del disolvente.

»La coagulación se estudia produciéndola por una corriente de algunas diezmilésimas de amperio. Para ello se trabaja en placas Petri cuando los factores de corriente son pequeños, o en cámaras húmedas de las empleadas en Microbiología cuando los factores son grandes.»

*Curiosas experiencias del doctor Rocasolano*

El Dr. Rocasolano opera con albúmina vegetal dispersa en agua, recogiendo los coágulos en el polo positivo; si

opera con plasmas vivos, generalmente con paramecios, los cuerpos de los infusorios, orientados por su carga eléctrica hacia el electrodo, revientan al llegar a él, y se constituye un coágulo semejante al de la albúmina, el cual está formado por coágulos procedentes de los plasmas vivos.

Estos coágulos son fáciles de observar, porque no son reversibles, como los de la gelatina, esto es, que no se vuelven ya a dispersar. Sin embargo, ha podido recoger y fotografiar magníficos coágulos de gelatina, sosteniéndoles irreversibles mediante el paso constante de una corriente.

Muestra coágulos de platino obtenidos en campo eléctrico y su transformación en agujas, que son pequeños cristales, y aún en masas cristalinas mayores. Es el cristal que se perfecciona; a medida que se diluye el coloide, cristaliza mejor.

Sometiendo un electrosol de plata a la acción de una corriente eléctrica sobreviene un coágulo, amorfo; pero si la disolución coloidal está diluida, esto es, empobrecida en micelas, entonces los coágulos adquieren la forma de cristales pequeños en forma de agujas; a veces aparecen dendritas de plata. Proyecta varias diapositivas con coágulos amorfos o cristalinos de platino, oro y plata, para documentar estas ideas. Resulta que primero se obtienen cristales imperfectos, pero que a medida que continúa pasando la corriente eléctrica se hacen más pequeños y perfeccionan, pudiéndose, por lo tanto, regular la formación de los cristales.

*Interés de dichos trabajos*

»Estos trabajos tienen un interés práctico, ya que permiten obtener pequeñas cristalizaciones y seguir la formación de un cristal al ultramicroscopio.

»Añadiendo a un hidrosol de oro el hidrato de hidracina (reductor), obtenemos su coagulación en las disoluciones de cloruro aúrico al 5 por 100.000; si hacemos la coagulación lentamente, el coágulo es filamentosos y menos denso que el anterior, apareciendo al microscopio polarizante como isótropo, sin estructura cristalina; pero al cabo de unos cuantos días se advierte que el coloide evoluciona, y aparecen, por último, coágulos filamentosos y cilíndricos

## ESTUDIOS DE BIOQUÍMICA

sobre los coágulos, que no son más que los primeros cristales que se forman espontáneamente.» (Este proceso se demostró en la pantalla.)

Citó sus observaciones sobre las variaciones de carga eléctrica en los coloides. Todas las sales, al disolverse en el agua, se convierten en electrolito, o sea un sistema que tiene una conductibilidad eléctrica determinada. En una disolución decinormal o centinormal de cloruro sódico, por ejemplo, se determina la conductibilidad y resistividad (que es la inversa de la anterior) por el método de Kolsrhausch, que es constante a igualdad de concentración y temperatura. Si se disuelven en exceso de reactivo se forman iones complejos, que, según los trabajos de Hittorff, tienen una conductibilidad constante. Operando a temperatura fija de 18 grados y sobre coloides cuya masa no varía, midiendo diariamente la resistencia del coloide, se llegan a obtener cifras diferentes y, por tanto, también lo es la carga. Esta aumenta primero, y luego desciende con sacudidas, con oscilaciones.

*Variaciones de carga eléctrica en los coloides*

Se proyectan distintas gráficas, demostrativas de dicho aserto y resultado de sus investigaciones, con paladiosoles, aurosoles y platinsoles.

«El coloide estabilizado tiene mayor carga eléctrica que el que se encuentra sin estabilizar, deduciéndose de aquí que el estabilizador aumenta la carga eléctrica del sistema. La carga eléctrica es consecuencia de la composición química, y tiene gran aplicación en biología su estudio.

»Si nosotros vivimos en un campo eléctrico intensísimo, como es el aire, cuya conductibilidad varía porque cambia la ionización del aire constantemente por varias causas, los procesos vitales han de estar refrenados por esas cargas. Ved, pues, qué importante es ese estudio en la Biología, y cómo es preciso orientarlo en relación con otras cargas eléctricas, las de los plasmas vivos, en los que se realizan los complejos fenómenos del metabolismo celular.»

*Los procesos vitales refrenados por las cargas eléctricas de los coloides*

CUARTA CONFERENCIA \*

*Los coloides como catalizadores.—Idea de los catalizadores bioquímicos.—Dónde reside el poder catalítico de los coloides.—Influencia de la temperatura y de la masa del catalizador.—Acción del estabilizador en el poder catalítico de los coloides.—Variaciones de la constante de equilibrio.—Orden de las reacciones catalíticas accionadas por los coloides.*

*Los coloides considerados como catalizadores*

«La evolución que experimentan los sistemas coloidales es el punto fundamental de las ideas que estamos exponiendo en esta serie de conferencias y frente a problema tan importante nos incumbe estudiar los coloides considerados como catalizadores, viendo al mismo tiempo el mecanismo, en virtud del cual se realizan las acciones catalíticas en los seres vivos, cuestión de capital importancia en Química Biológica. Dedicaremos, por lo tanto, la conferencia de hoy al estudio de la catalisis en los sistemas llamados *microheterogéneos*, aunque aparentemente se nos presenten como homogéneos, teniendo en cuenta, que es tan interesante el estudio de la catalisis en estos sistemas, que con las conclusiones que establezcamos podremos abordar el estudio de los fenómenos catalíticos, que se verifican en el interior de los organismos mediante el concurso de los catalizadores llamados *diastasas*.

*Velocidad de la reacción*

»En un sistema en reacción se estudia el concepto de la *velocidad de la reacción*: a unidad de volumen y en unidad de tiempo el número de moléculas-gramo que en él se transforman dará idea de la velocidad con que se está verificando la reacción.

*Modificadores de la velocidad. Temperatura*

»Como modificadores de la velocidad de la reacción se cita en primer término la temperatura: según Swarts, dife-

\* Dada el 18 de Abril de 1921 en el Paraninfo de la Universidad.

## ESTUDIOS DE BIOQUÍMICA

rencias de 10° modifican la velocidad entre los términos 2 a 7. Así, reacciones que a la temperatura ordinaria se verifican con una pequeña velocidad como ocurre con el oxígeno y el hidrógeno puestos en presencia en estas condiciones, pues no se combinan casi, si aumentamos la temperatura a unos 130° se combinan violentamente y con manifestaciones mecánicas.

»La concentración modifica la velocidad; la ley de las masas, de Guldberg y Waage regula este fenómeno, lo mismo que la presión, pues cuando en un sistema en equilibrio químico se modifica la presión, el equilibrio se desplaza, previendo el principio de Le Chatelier el sentido de esta variación.

*Concentración*

»En todos los organismos vivos se verifican reacciones químicas y de las velocidades con que se realizan, depende la intensidad de los fenómenos químicos; pero las causas modificadoras de la velocidad no pueden aplicarse a las reacciones químicas de los organismos, porque la coagulación de sus albúminas le convertiría en un sistema inerte; si varía la concentración del plasma vivo o las tensiones, mueren las células; tampoco se pueden modificar en los seres vivos las presiones como las de los grandes fondos de mar o las de la superficie de la tierra, etc., todo lo cual viene a demostrar lo que dijimos, de que las causas que modifican la velocidad en las reacciones no pueden aplicarse a las químicas que tienen lugar en los organismos. Por esto es conveniente estudiar las reacciones en las fábricas y en los laboratorios, porque se ha dicho que en Biología los organismos tienen un cierto modo de reaccionar parecido al quimismo de la industria o del laboratorio, para después investigar las que realiza la naturaleza en los organismos vivientes.

*Intensidad de los fenómenos químicos*

»Se hidrolisan o sacarifican los almidones y se les convierte en glucosa trabajando a la temperatura de 50 ó 60 grados en medios ácidos; también sabemos que las grasas se saponifican en medio ácido o alcalino; que a temperaturas elevadas y en medio ácido se desarticulan las moléculas.

*Fenómenos in vitro*

las de albúmina y se llega a las peptonas; a temperatura elevada, la industria fija el nitrógeno atmosférico convirtiéndolo en apto para su utilización en la Agricultura. Así, en Notodden (Noruega) se opera empleando el horno eléctrico Birkeland-Eyde, en el que se alcanza la temperatura considerable de 2.800 grados, a cuya temperatura aproximadamente el cinco por ciento de nitrógeno y oxígeno puestos en presencia reaccionan dando óxido nítrico, el cual con el oxígeno se convierte en peróxido de nitrógeno y en óxido nitroso-nítrico, capaces de dar en una ulterior reacción nitrato cálcico fertilizante para las plantas; que el amoníaco se oxida en la industria; pero lo más adelantado en este sentido son los trabajos realizados por los químicos de los imperios centrales, cuando obligados por el bloqueo de la guerra tuvieron que hacer por síntesis amoníaco y éste oxidarlo, para sustituir de esta suerte la falta del nitrato de Chile; pero se necesitaban temperaturas de más de 700 grados, aparte de trabajar en presencia de ciertos cuerpos que realizaban la oxidación del álcali volátil, habiendo químicos que para tener un rendimiento mayor han realizado esta operación aumentando considerablemente la presión a que se encontraban los cuerpos reaccionantes.

Fenómenos  
in vivo

»La naturaleza en los organismos vivientes realiza todas esas reacciones que acabamos de citar y que se verifican en la industria y tienen lugar, por ejemplo, dentro de nuestro organismo, a una temperatura de treinta y tantos grados y con unas masas activas en presencia muy pequeñas.

»La oxidación del amoníaco que se desprende de las materias orgánicas para convertirle en ácido nítrico la realizan ciertas bacterias que viven en el suelo, lo mismo que las llamadas *bacterias nitrificantes* a la temperatura del ambiente fabrican el ácido nítrico tomando el nitrógeno del aire, cuyo ácido reaccionando sobre el carbonato cálcico de los terrenos, da origen a la formación de nitrato. Se puede afirmar que todo el nitrógeno que las plantas asimilan procede del aire, cuyo nitrógeno, en virtud de trabajos bioquímicos, pasa a formar parte integrante de los plasmas vivien-

tes y a constituir los depósitos de reserva que el hombre utiliza luego para su alimentación. En virtud de todo lo dicho se deduce, que el valor de los abonos orgánicos depende no sólo de la calidad de la materia fertilizante, sino también de la flora bacteriana que contengan. La naturaleza, pues, realiza bien las reacciones brutales (valga la frase) que se verifican en los laboratorios; teniendo una gran seguridad en los productos que proporciona.

»Esto hace presumir que en los organismos vivientes hay una fuerza que reside en ellos, en virtud de la cual se realizan esas transformaciones. A esa fuerza se la consideraba como misteriosa, y no tiene más misterio que como otros tantos misterios que no conocemos ni desciframos por nuestra ignorancia. Así, Augusto Compte consideraba como un imposible hacer el análisis químico de las estrellas, y unos años más tarde, en el año 60, Bunsen y Kirchow realizaban su análisis espectral.

»Vamos a poner, si es posible, un poco en claro ese misterio. Tenemos oxígeno e hidrógeno mezclados durante años y años, y es tan pequeña la velocidad de la reacción, que no la percibimos. Lo mismo ocurre con el agua oxigenada, que tarda meses en descomponerse dentro de la vasija en que se conserva. Se tiene igualmente hidrógeno y óxido de carbono en presencia y la reacción aparentemente no tiene lugar. Para descomponer el metanoico es preciso la acción del calor y del ácido sulfúrico. Pero basta la presencia del electrosol de platino en los dos primeros casos, del níquel dividido en el tercero o del negro de sodio en el cuarto, para que estas reacciones tengan lugar, y el oxígeno se combina con el hidrógeno, originando la formación de agua; el agua oxigenada se descompone rápidamente en agua y oxígeno; el ácido fórmico da agua y óxido de carbono, etc. Ved que ya nos vamos aproximando a la solución del problema. Estamos, pues, frente a sistemas que aparentemente no reaccionan; pero basta la presencia de un cierto cuerpo para que la reacción se active: este cuerpo activador recibe el nombre de *catalizador*, la reacción activada se la

*¿Existe alguna fuerza misteriosa en los organismos vivos?*

*Desaparece el misterio*

*Catalisis*



llama *reacción catalítica* y el conjunto de fenómenos que tienen lugar en ella constituyen la *catalisis*.

»La catalisis supone la presencia de un catalizador, de un cuerpo que se descompone por la acción de aquél y de un medio adecuado en que la descomposición se verifique.

Los catalizadores  
son producidos  
por las células

»En las condiciones normales de vida estos fenómenos catalíticos tienen lugar en los plasmas de los seres vivos, porque los catalizadores son producidos por las células y era preciso estar en presencia de la célula viva para que dichos fenómenos se llevaran a efecto; pero vino Buchner y nos dijo que podían descortezarse las células y pasar los productos procedentes de la operación a través de los filtros, cuyos líquidos observados con el microscopio ordinario no presentaban nada de particular, pero que vistos con el auxilio del ultramicroscopio se comprobó que eran verdaderos coloidales capaces de realizar reacciones catalíticas como las que verifica la célula viva. La *zimasa*, que se extrae de algunos hongos, es capaz de producir la fermentación alcohólica, y la *invertasa*, procedente de la levadura de cerveza, puede ocasionar el desdoblamiento de la sacarosa. Diremos, pues, que estas diastasas están producidas por las células vivas y que, por el descortezamiento de éstas, se obtienen líquidos diastásicos que atraviesan con mayor o menor facilidad los filtros. Esos son los caracteres del catalizador bioquímico llamado diastasa, el cual se ha de tener muy en cuenta al realizar el estudio de la catalisis bioquímica.

Poder catalítico  
de las diastasas

»¿Dónde reside el poder catalítico de las diastasas? ¿Cuál es el trabajo que realizan? La diastasa es un coloide y respecto a su constitución físico-química podemos decir que está formado por la micela dispersa que retiene por adsorción iones. Lo activo es el ión adsorbido, pues es el que verifica la acción catalítica, y lo pasivo es la partícula orgánica dispersa que constituye el pedestal.

Trabajos de  
Bertrand

»Bertrand opera con *oxidadas* que transforman el látex o jugo lechoso, claro, que produce el árbol de la laca *Rhus vernicifera*, en una especie de barniz negro que se denomina *laca*. Diluyendo el látex en una gran cantidad de alcohol,

encontró Bertrand dos productos: el uno, que se precipita, y el otro, que queda disuelto en el líquido. El cuerpo precipitado, lavado en alcohol, disuelto después en agua y vuelto a precipitar, repitiendo esta operación varias veces para obtenerlo en estado de pureza, tiene propiedades diastásicas; es una oxidasa a la que se denomina *lacasa*.

»Los trabajos de Bertrand sobre la lacasa, continuaron, analizando varias muestras de esta oxidasa, en la que encontró hasta el 5,15 por 100 de cenizas, que por el análisis comprobó que eran ricas en manganeso; pero conteniendo de este cuerpo cantidades variables de 0,098 a 0,159 por 100 y estudiando la oxidación de la hidroquinona con diferentes muestras de oxidasa que contenían distinta cantidad de manganeso, pudo comprobar, que la velocidad de la oxidación era mayor en aquellas que contenían mayor cantidad de manganeso, y estos resultados sugieren a Bertrand la idea, de que el principio activo de la lacasa, era el manganeso.

»Esto puede considerarse como consecuencia de los trabajos de Bertrand. En efecto, ni siquiera son las partículas del cuerpo disperso en las que asienta la fuerza misteriosa de la catalisis; son los iones, mucho más pequeñísimos que aquéllas, los que por adsorción con ellas constituyen la micela, y a la micela aportan su poder.

*Consecuencias*

»En una de sus obras, Wells, el célebre novelista inglés, cuenta cómo vienen los marcianos (habitantes de Marte), con sus músculos fuertes como el acero, sobre la tierra y caen sobre Inglaterra, y son más fuertes y parece que van a destruir al ejército inglés; pero como no están inmunizados contra los microorganismos patógenos, son atacados por todas las enfermedades infecciosas y son vencidos; siendo los infinitamente pequeños, los más pequeños y los más humildes, los que defienden la independencia de la tierra; también aquí, en la micela, son los más pequeños, los infinitamente pequeños químicos, los iones, los que engloban la máxima energía en el fenómeno diastásico.

*Hermoso simil*

»En la fijación del nitrógeno del aire en la tierra inter-

*Casos prácticos*

vienen una porción de bacterias, las cuales actúan en presencia de pequeñas cantidades de hierro o de manganeso, siendo el concurso que prestan tan necesario, que si faltan dichos metales, las bacterias se convierten en desnitrificantes.

*Constitución  
de la micela*

»Partamos del sistema microheterogéneo más sencillo, por ejemplo, de un electrosol de platino y dispongamos como materia a catalizar el agua oxigenada. ¿Qué es el catalizador? ¿Qué cosa es la micela de platino? ¿Cuál es la constitución de la micela del coloide más sencillo? A propósito de esto, declame en París este verano, el profesor Cotton, que se habla puesto este asunto a discusión y, efectivamente, no se conoce trabajo alguno que explique cuál es la constitución química de la micela, porque a veces el químico podrá hacer la disección de la molécula, pero al llegar a las albúminas, por ejemplo, nos encontramos con fragmentos que ya no sabemos cómo articularlos; ejemplo: algunos amino-ácidos.

*Análisis y síntesis  
de la micela*

«Cuando en el agua bidestilada pulverizamos eléctricamente platino vemos que se desprenden constantemente gases al producirse las descargas en arco, mediante las cuales llegamos al coloide. Recogemos estos gases con objeto de analizarlos: para ello dispongo un tubo graduado, en el que los gases que se producen entran por la parte superior, cuyo tubo está atravesado por unos alambres de platino y, al llegar la corriente eléctrica, en el momento que salta la chispa, si los gases allí contenidos fueran oxígeno e hidrógeno, producto de la descomposición del agua, ésta se sintetizaría. Hago saltar la chispa y no se verifica la síntesis, no cambia de volumen aquella masa gaseosa, no constituye mezcla detonante, es solo oxígeno o hidrógeno el gas que la constituye. Un análisis detenido de aquellos gases me demuestra que están constituidos por hidrógeno. ¿Dónde está el oxígeno? Pienso que está en el platino y creo que la micela de platino es un *sistema platino-oxigenado*. Obtengo el electroplatinsol y después de coagulado y desecado espontáneamente en un exicator lo coloco en un tubo horizontal, en comunicación con un aparato que desprende anhídrido

carbónico. Durante cinco horas, una corriente de este gas se encarga de desalojar todo el aire que pueda haber en el aparato; entonces caliente el coágulo colocado en el tubo horizontal, a unos cuatrocientos grados, hasta que se disocie y obtengo un gas que es oxígeno y queda en el tubo el platino. Hemos realizado el análisis y la síntesis; queda demostrado que la micela es un sistema platino-oxigenado.»

A continuación demostró el Dr. Rocasolano cómo ha podido obtener electrosoles de platino, en que las micelas tenían cantidades distintas de oxígeno adsorbido, habiendo visto que para 1 en volumen de platino, la cantidad de oxígeno adsorbido oscila entre los valores 76 como minimum y 368 volúmenes como maximum, y que a medida que la cantidad de oxígeno es mayor, a igualdad de tiempo y temperatura, va disminuyendo la cantidad de agua oxigenada y que el oxígeno es el que cataliza. Luego el platino es el soporte y el oxígeno, que es el ión adherido, el átomo activo, el catalizador.

*Oxígeno  
adsorbido*

»La velocidad de la catalisis está sujeta, por lo tanto, a la siguiente ley: *existe proporcionalidad entre la cantidad de oxígeno que absorbe la micela y su poder catalítico.*

*Ley sobre el poder  
catalítico*

»Para convencerme que el platino no es el que cataliza, recojo un coágulo de platino y otro de electrosol; un coágulo de electrosol desecado a la temperatura ordinaria se siembra en agua oxigenada y otro coágulo igual calentado previamente a la temperatura del rojo sombra, esto es, a unos 450 grados, se le siembra también en agua oxigenada; el coágulo primero retiene el oxígeno adsorbido mientras que el segundo no, porque por el calor se disoció el sistema platino-oxígeno; se observará entonces que donde no hay oxígeno no se verifica catalisis, luego el activo es el oxígeno. En general, lo activo en las diastasas son las materias que adsorben.

*El platino no es  
el que cataliza*

»Vamos a estudiar la influencia que ejerce la temperatura en la marcha de las reacciones catalíticas. Circula por cuantas obras tratan estos asuntos, la afirmación de que la velocidad con que los catalizadores (fermentos metálicos

*Influencia  
de la temperatura*

hidrosol de paladio, hidrosol de platino, etc.) actúan en los fenómenos catalíticos, aumenta con la temperatura hasta llegar a los 75 grados; pero que si se hierve el sistema, desaparece el poder catalítico. La temperatura de 75 grados recibe el nombre de *temperatura óptima*».

*Experiencias numerosas. Gráficas y cuadros estadísticos*

El Dr. Rocasolano se valió de numerosas gráficas y cuadros estadísticos, resumen de sus trabajos con los paladiosoles y con los electroplatinsoles para demostrar que el poder catalizador aumenta con la temperatura, y dijo que en el caso de los paladiosoles, si la temperatura va recorriendo desde cero grados, los 10, 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85 y 95 grados, la velocidad de la reacción catalítica y la cantidad de agua oxigenada descompuesta al cabo de diez horas de experiencia, van aumentando proporcionalmente, alcanzándose el máximo de velocidad hacia los 85 grados; que en el caso de los electroplatinsoles, si la temperatura recorre los valores sucesivos de 10, 25.... etc., hasta 95 grados, se ve que aumenta la velocidad de la reacción a medida que crece la temperatura, teniendo, hacia los 95 grados, lugar el máximo de poder catalítico, y que en la ebullición ocurre que, colocado un electrosol o paladiosol a 100 grados, la velocidad de la reacción es mayor que a temperaturas más bajas.

«A medida que aumenta la masa del catalizador crece también el trabajo que desarrolla, aunque esta ley a grandes concentraciones no se verifica de un modo riguroso.

*Papel del estabilizador*

»El estabilizador retarda el poder catalítico de los coloides, o sea que si existe un medio de estabilizar o defender a la micela, ese medio rebaja el poder catalítico.» El conferenciante presentó numerosos trabajos para demostrar que el coloide protector disminuye el poder catalítico, y más, cuanto más protector es.

»En casos de excepción, como con el protalbinato sódico, el protector aumenta el poder catalítico, porque es básico, y por tanto, aumenta el ión oxhidrilo. Si lo variamos por el lysalbinato sódico disminuye entonces el poder catalítico.

*Importancia del estabilizador*

»Antes se creía que en la actividad del coloide no inter-

venía para nada la calidad del estabilizador y se descuidaban todas estas cosas; pero hoy no deben descuidarse, porque si se modifica la calidad del estabilizador, se alteran las propiedades catalíticas del coloide. Y este es el secreto de por qué unos coloides preparados en determinada fábrica poseen un distinto poder catalítico y una diferente acción bioquímica que los confeccionados en otro centro industrial diferente, secreto que descubrimos al suponer que serán distintos los estabilizadores que se les agrega.

»A medida que se estabiliza el coloide, es más perfecto. Si un cuerpo cataliza porque es coloide, claro está que, cuanto más coloide sea, será más catalizador; pero ocurre que a medida que aumenta la estabilidad, disminuye el poder catalítico. Luego no hay que ir a buscar, ni en la carga eléctrica, ni en la constitución física del coloide, la causa del fenómeno; es dentro del terreno químico donde hay que estudiarla.

*Causa del fenómeno estudiado*

»Dice Breiding que en el sistema no se descompone más que agua oxigenada, y que la reacción, por tanto, es de primer orden, o sea que constituye un sistema monomolecular, en que los valores de K (constante de equilibrio) son siempre los mismos; pero yo—dice el Dr. Rocasolano—he podido deducir que estos valores de K van decreciendo; luego no sólo se descompone el agua, sino también la micela de platino.

*Constante de equilibrio*

»Multiplicando por  $10^5$  los valores de K para tener números manejables en los cálculos, nos encontramos con un período en que la reacción no es monomolecular, pero luego viene un momento en que ya es monomolecular, lo cual indica que la reacción está terminando, o refiriéndonos al ejemplo anterior, que casi toda la cantidad de agua oxigenada se descompuso.

»En una reacción que ha sido al final monomolecular, se recoge el catalizador y se le guarda hasta tenerle en cantidad conveniente, y una vez coagulado se observa que tiene ya distinta estructura, viéndose que el cuerpo que actuó como tal catalizador es más esponjoso, tiene menos opa-

cidad. Una dosis conveniente de este coágulo se le siembra, dispersándola en agua, y luego se añade el conjunto a una cierta cantidad de agua oxigenada, observándose que aquel coloide que antes actuó como catalizador, continúa ahora catalizando de nuevo, viéndose además que los valores de  $K$  son constantes. Luego cuando la reacción catalítica comienza, tiene lugar una disminución en la cantidad de oxígeno adsorbido por la micela, llegándose a un momento de equilibrio en que la cantidad de oxígeno se mantiene constante, demostrando entonces la constante de equilibrio que la reacción es unimolecular. Venimos en consecuencia de que aquel decrecimiento de  $K$  es debido a que la micela cambia de composición.

*Conclusión*      »Breding vive y continúa trabajando, pero asienta los fenómenos catalíticos sobre un terreno físico; creo—dice el conferenciante—que así no es posible adelantar un solo paso. Ese poder catalizador de los electrosoles de platino, ese misterio, es porque se trata de unas variaciones de masa que pasan para nosotros desapercibidas, como tantas otras cosas.»

#### QUINTA CONFERENCIA \*

*La evolución de los coloides.—El sistema coloidal no es un sistema estable.—Inestabilidad del complejo químico-físico que constituye la micela.—Estudio de las variaciones de viscosidad en estos sistemas.—Variaciones de diámetro, de tensión superficial y de energía de superficie en las micelas.—Variaciones de poder catalítico.—Influencia de la edad del coloide y del estabilizador en estas variaciones.*

*Dedicatoria*      Esta conferencia fué dedicada al Ateneo Científico. Presidió la sesión el Catedrático de la Facultad de Ciencias de esta Universidad, Dr. D. Luis Bermejo, el cual dió las gracias en nombre de nuestro Ateneo, de cuya sección de

---

\* Pronunciada el 19 de Abril de 1921 en el Paraninfo de la Universidad.

Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, es Presidente, al ilustre conferenciante.

El Dr. Rocasolano, después de saludar a la corporación científica, comenzó su conferencia, diciendo:

«El compuesto químico o complejo molecular se caracteriza, porque sus propiedades permanecen constantes mientras no se excinda la molécula, estando regulado por leyes estequiométricas sencillas como lo es, por ejemplo, la Ley de Proust, de la que se infiere una constancia en la composición química, estableciéndose así el concepto de especie química, la cual se caracterizaría por la constancia en sus propiedades, ocurriendo esto en todos los compuestos químicos, aun en los de mayor complejidad, lo mismo que en el caso de los iones complejos, verificándose en las dispersiones de todos estos cuerpos que la carga eléctrica, la viscosidad, etc., es siempre constante para una determinada especie química, si es constante la concentración y la temperatura. Pero en el sistema coloidal, la micela es un complejo químico inestable, cuya composición sufre incesantes variaciones; para poder llegar al conocimiento de esa variación es preciso comenzar por investigar sobre su constitución química.

*Evolución  
de los coloides*

»La velocidad con que evolucionan los sistemas coloidales está regulada por la acción de la temperatura, de la presión, de los campos eléctricos a que se encuentran sometidos, de los iones en presencia, etc., pues el sistema coloidal está situado sobre un medio en el que todos los factores citados influyen constantemente sobre él.

»La evolución del coloide es indudable que se verifica y, en virtud de ella, el coloide tiende a coagular, perdiendo así las características del estado coloidal, necesitándose para llegar a realizarse este fenómeno, en unos casos, un espacio de tiempo corto, y en otros, un lapso de tiempo grande. En esta evolución el coloide guarda más analogía con las masas de composición química compleja que intervienen en los procesos vitales que con la materia inerte, característica del reino inorgánico.

*Tendencia  
a coagular*



»Fácilmente podemos darnos cuenta de este proceso evolutivo, obteniendo por reducción de una solución acuosa de cloruro aúrico al 5 por 100.000, mediante el hidrato de hidracina, el hidrosol de oro rojo rubí, que con el transcurso del tiempo pasa espontáneamente al hidrosol violeta, y después al hidrosol azul.

*Observaciones*

»Estudiados estos hidrosoles al ultramicroscopio, observamos que la diferencia de color depende del distinto tamaño de las micelas, que era mayor para el azul que para el violeta, y mayor para éste que para el rojo.

»Era lógico pensar que se formaría un hidrosol u otro, según las condiciones del medio, y así, agitando fuertemente el medio, se obtenía el hidrosol rojo; agitando menos violentamente, el violeta, y estando el medio en reposo, esto es, echando el reductor sobre la disolución de cloruro aúrico tranquila, resultaba el azul.

»El fenómeno que nos interesa recoger aquí es que el hidrosol rojo, al cabo de uno, dos o tres días de obtenido, vira al violeta. Éste, al cabo de 16 a 25 días, es azul; y éste, después de 30, 40 o 50 días, según las condiciones, se convierte en verdoso. El sistema, pues, espontáneamente evoluciona y cambia de coloración él solo, debiéndose esta variación de color al aumento que experimenta el tamaño de la micela, a medida que el tiempo pasa. El sistema es transparente al principio; pero ya en el color azul, comienza a conglomerarse, el líquido se enturbia, y al fin obtenemos un coágulo filamentosos, que en último término se convierte en un cuerpo cristalino, fácil de observar con auxilio del microscopio polarizante. Ved un caso de evolución que vamos a estudiar.

*Tiempo transcurrido de una a otra fase*

»El estudio de la evolución lo hacemos atendiendo primero al tiempo que necesita cada fase para llegar a la siguiente, y así tenemos que en condiciones normales cuesta pasar del rojo al violeta unos 3 días; del violeta al azul 14, 15 o 16 días; del azul al verde 75, 80 u 82 días. Añadiendo protalbinato sódico como estabilizador, obtenemos que para virar del rojo al violeta cuesta de 8 a 9 días, en presencia

de medio centímetro cúbico del estabilizador; 14 días en presencia de un centímetro cúbico, y de 20 a 22 días en presencia de uno y medio. Se deduce de aquí que el estabilizador no sólo retarda la evolución del coloide, sino que además la retarda proporcionalmente a la cantidad que de aquél se emplee. En estas nuevas condiciones, para pasar del violeta al azul, se necesitan de 64 a 160 días, y para que se verifique el tránsito del azul al verde son necesarios unos 520 días. El lysalbinato de sosa también refrena la evolución, aunque con menos intensidad; pero la gelatina llega a refrenarla tanto, que para pasar de rojo al violeta se necesitan unos 6.140 días en unos casos, unos 9.000 en otros, y en los demás, números intermedios a éstos; para pasar del violeta al azul son necesarios unos 49.000 días, y para que el azul se convierta en verde son precisos unos 143.000 días; es decir, que la presencia del estabilizador retrasa el proceso de la evolución del coloide. No he de advertir que a estos números se llega mediante el cálculo, conociendo por experiencias previas el poder protector de cada uno de los estabilizadores empleados.

»Se deduce el poder protector de un estabilizador, por el tiempo que tarda en coagular el sistema al cual se agrega y se considera como mejor estabilizador, aquel en cuya presencia tarda más en coagular el sistema, experimentando en iguales condiciones de concentración y temperatura. La evolución de un sistema coloidal se encuentra, pues, refrenada por la presencia del estabilizador y según cual sea el poder de éste, el retardo en la coagulación será mayor.

*Poder protector de  
un estabilizador*

»Disponemos, pues, de un freno para retardar la evolución de los sistemas coloidales; así como también puede aumentarse la velocidad del proceso evolutivo si operamos de modo que existan en presencia del sistema determinados iones: en el caso del oro, hidrogeniones. Si se opera en un medio ácido, el paso del rojo al violeta y del violeta al azul se verifica en segundos. Hay ácidos como el clorhídrico que cambian pronto el color de los hidrosoles y el tamaño del diámetro micelar, mientras que otros como los ácidos orgá-

nicos ejercen poca influencia, pues su grado de ionización, como sabemos, es pequeño.

*Variaciones en el  
metabolismo ce-  
lular*

»Si la alcalinidad o acidez de un medio es en cantidad tal que no puede ponerse de manifiesto por el análisis químico, el hidrosol puede ponerla en evidencia. Comprenderéis como puede influir tan extraordinariamente la acidez o la basicidad del medio, y por tanto, la importancia que esto tiene cuando ocurre en los organismos vivientes, pudiendo determinar trastornos fisiológicos de importancia, como por ejemplo, modificación de la velocidad con que se desarticula la molécula albuminoidea, viniendo como consecuencia de ello variaciones en el metabolismo celular. Si los hidrosoles, en presencia de hidrógenos iónicos y de los oxhidrilos reaccionan del modo tan sensible como hemos visto, los constituidos por materias albuminoideas, ¿no reaccionarán más sensiblemente aún?

*Estudio  
de la viscosidad*

»Disueltos los compuestos químicos en agua bidestilada, tienen una viscosidad que es un factor constante. La viscosidad implica cierta adherencia entre las partículas del sistema, como si las moléculas del líquido estuviesen unidas y resbalando unas sobre otras, en virtud de un frotamiento interno que impide el que se muevan libremente y que partículas de otros cuerpos se interpongan entre ellas. Para el estudio de la viscosidad hemos empleado el viscosímetro de Beaumé.

»Si se trata de la disolución de una sal cualquiera o de otro compuesto químico, el valor de la viscosidad es una cantidad constante mientras la temperatura y la concentración no varíe; pero en los hidrosoles de oro, de gelatina, de paladio, etc., recién hecha su dispersión, se observa que presentan una cierta viscosidad,  $x$ ; pero si luego se verifican observaciones cada seis horas, se verá que va variando, tendiendo la viscosidad a aumentar con el tiempo.

Mediante detalles experimentales—que cita—pueden obtenerse hidrosoles rojos de oro muy estables, aun sin estabilizar, y otros muy poco estables; estudiando en los dos casos las variaciones de viscosidad, observa que la curva que

representa la viscosidad del hidrosol estable, primero sube, luego baja y después vuelve a ascender, mientras que la curva representativa del inestable presenta un rápido crecimiento de su viscosidad, pues el hidrosol en este caso evoluciona muy pronto.

Insiste el Dr. Rocasolano en hacer constar que opera con un sistema de una dilución extremada, pues parte de una disolución al 5 por 100.000, y añade: «calculad lo que ocurrirá en la célula viva, cuyos coloides en los plasmas tienen una concentración y viscosidad muy grande, siendo su variación de la mayor importancia, pudiéndose tener un concepto de la viscosidad mediante la observación ultramicroscópica del movimiento browniano modificado, que se observa en las partículas de grado coloidal dispersas en los plasmas vivos.

«Las micelas albuminoides están compuestas por moléculas de albúmina que retienen hasta un 90 por 100 de agua por adsorción; este es un caso de hidrofilia (se conocen ejemplos de hidrofobia). La micela con el agua adsorbida forma un sistema disperso, en el que la cantidad de agua varía. Cuando estas micelas se deshidratan, disminuyen de masa; por consecuencia disminuyen de radio; como consecuencia de todo esto viene un descenso de la energía de superficie, que interviene eficazmente en los fenómenos vitales.

*Hidrofilia para el agua medio*

»Las micelas albuminoides fijan agua, mediante procesos de adsorción reversibles; pero si se somete el sistema a la acción del calor hasta un cierto límite, la reversibilidad no aparece (esterilización por el calor).

*Esterilización por el calor*

»Si conseguimos desecar un rotífero a temperatura moderada, y una vez desecado le colocamos en un medio que pueda absorber agua, entonces el rotífero revive, porque su plasma sólo se desecó, no se coaguló; pero si ese rotífero lo desecamos mediante el empleo de una temperatura muy grande, como entonces los plasmas quedan coagulados, aunque le pongamos en el agua ya no volverá a manifestarse la vida.

*Variaciones del  
poder catalítico*

»Entre todos los fenómenos que se verifican en la evolución de los sistemas coloidales, el que tiene más interés su estudio es el que se refiere a las variaciones del poder catalítico en los coloides. Decíamos que los coloides son catalizadores y que éstos tienen tanto interés, que la Química Biológica no es otra cosa que Química Catalítica, y que, para conocer cómo un proceso químico vital se verifica, es el punto de partida, aislar y estudiar lo que en ese proceso actúa.

»El poder catalítico en los catalizadores sólidos, dice Sabatier que no es constante, sino que primero tiene un cierto valor, pero que luego disminuye descendiendo como por un plano inclinado progresivamente. Hemos estudiado experimentalmente este asunto en los catalizadores coloidales (microheterogéneos), encontrando en su modo de acción algunas diferencias con los catalizadores sólidos. El poder catalítico tiene cierto valor en cuanto se forma el coloide; pasa cierto tiempo, y aumenta; pero pasa más tiempo, y disminuye.»

Presenta numerosos cuadros estadísticos y gráficos que demuestran este aserto, como consecuencia de sus numerosísimos trabajos sobre electrosoles de platino y paladiosoles.

*Actividad  
y decrecimiento*

«En definitiva: el poder catalítico oscila, aumenta una vez hecho el coloide y disminuye después; esto asemeja al coloide, por sus propiedades, a las que parecían exclusivas del ser vivo, pues éste pasa primero por un periodo de acomodación, luego por uno de rendimiento máximo y después por otro de decrecimiento, y es indudable que el periodo del crecimiento del organismo, así como el de su degeneración, está relacionado con estos periodos de actividad máxima y decrecimiento que en el poder catalítico de los coloides se observa.»

El Dr. Rocasolano advierte que, el que se forme un coloide, llegue el poder catalítico a su máximo y luego decrezca, se observa en todos los coloides, estén o no estabilizados, aunque las variaciones son mucho más intensas en los sistemas no estabilizados.

«He operado con la invertasa extraída de las células de levadura de cerveza, sembrada en un líquido que contiene una disolución de sacarosa al 10 por 100, acidulada con ácido acético. Sembramos en distintos días el mismo volumen de líquido diastásico en la misma disolución de sacarosa (un centímetro cúbico de líquido diastásico en 200 centímetros cúbicos de agua con sacarosa), y se ve que va aumentando la cantidad de sacarosa invertida en el mismo espacio de tiempo, variando con las fechas las constantes de equilibrio hasta llegar a un máximo, viniendo, a partir de él, un decrecimiento en el poder catalítico. Proyecta series de valores numéricos y unas gráficas, que demuestran estas afirmaciones.

»Para estudiar el proceso evolutivo del electrosol de platino, detalla, entre otras experiencias, unas en que opera en series de 30 matraces que contiene cada uno 100 c. c. de agua oxigenada, y siembra en cada uno de ellos 25 centímetros cúbicos de electrosol de platino cada hora. Para una de las series, es conservado el catalizador en el hielo, y en la otra a 35 grados en la estufa, observándose que el poder catalítico del coloide conservado en el hielo es mayor que el del colocado en la estufa, siendo además en cada hora el poder catalítico distinto.

»El poder catalítico de los coloides estabilizados es más pequeño que en los no estabilizados: así se ve que la estabilización regula el poder catalítico. He podido ver que en coloides más de un año hechos, su poder catalítico crecía porque estaban estabilizados.

»Hemos dicho ya, que en el coloide de platino sin estabilizar se observan sacudidas bruscas en el gráfico, que corresponden a las variaciones del poder catalítico, mientras en el coloide estabilizado la gráfica es mucho más regular. Tal vez observando con más detenimiento y coleccionando mayor número de datos experimentales, pueda llegarse a establecer la ley del proceso de variación del poder catalítico.»

Terminó exponiendo las siguientes conclusiones:

*Conclusiones*

«El poder catalítico del coloide no es constante, sino que sufre variaciones; su intensidad se incrementa primero y después decrece, no como se desciende en un plano inclinado, sino con sacudidas a veces muy intensas.

»El estabilizador regula estas variaciones y el poder catalítico del sistema estabilizado es menor que en el sistema sin estabilizar.

»El poder catalítico varía con la edad del coloide, esto es, con el tiempo que hace que está preparado. Si nosotros al adquirir un coloide metálico sabemos la fecha en que fué obtenido, podremos tener idea de cuál será su poder catalítico, pues será diferente en el recientemente preparado que en el que se obtuvo hace mucho tiempo y es ya viejo.

»Hay que interpretar estas variaciones del poder catalítico en relación a los electrosoles. El electrosol de platino presenta variaciones en su poder catalítico, y creemos, fundados en trabajos realizados, a que ahora no nos hemos referido, que si cambia el poder catalítico del coloide, es porque varía la cantidad de oxígeno contenida en su micela, que es un sistema platino-oxígeno. Si se tiene una suspensión de hidróxido cúprico que, como sabemos, es azul y la sometemos a la temperatura de unos 90 grados, el color se convierte en negro, debido a que el hidróxido cúprico se ha transformado en anhídrido, que es negro; luego el que la micela pueda perder su oxígeno en el seno del agua que posee el oxígeno del aire disuelto no tiene nada de particular, y nos recuerda el hecho de que en presencia del agua el hidróxido cúprico por el calor se deshidrata y se convierte en anhídrido negro.

»Detener el proceso de transformación de este coloide quiere decir soldar el oxígeno al platino.

»El estabilizador rebaja el poder catalítico del coloide, refrenando al mismo tiempo el proceso de su evolución.

»En el caso de los catalizadores bioquímicos, en los que su poder catalítico reside en los iones adsorbidos, diremos, que todo lo que se haga para que la micela retenga más iones, se hará para conservar el poder catalizador de la dias-

tasa. Así, cuando por dialisis la invertasa elimina iones, rebaja su poder catalítico.

»La evolución del coloide llega a su límite en la coagulación y la velocidad de este proceso podemos modificarla, como lo hemos visto en los hidrosoles de oro, a medida que vayamos conociendo la constitución de las micelas dispersas en los sistemas coloidales.

»La micela es un complejo químico que evoluciona y cuyas propiedades no permanecen constantes, a diferencia de lo que ocurre en las especies químicas, poseyendo rudimentos de propiedades que recuerdan los fenómenos vitales, pudiéndose considerar los sistemas coloidales como un estado intermedio entre la materia inerte y la materia viva; a medida que se avanza en el conocimiento de los coloides aparece esta idea con más intensos caracteres de verosimilitud.»

#### SEXTA CONFERENCIA \*

*Hipótesis químico-física de la vejez.—Ideas generales sobre algunas hipótesis, las más importantes que se han dado para explicar los fenómenos de vejez.—La endocrinología en el estudio de este problema.—Longevidad y mortalidad.—¿Será posible alargar la vida humana?—Trabajos de Metschnikoff, de Steinach y de Benedict.—La vejez prematura; errores en la manera de vivir.—El contenido moral de la vida del hombre: su influencia en la longevidad.*

Esta conferencia estaba dedicada al Instituto Médico Valenciano. Presidió el joven y sabio maestro de la Facultad de Medicina, Dr. D. Juan Peset, que agradeció al ilustre conferenciante la distinción que hacía a la corporación que preside, y en nombre de ella le ofreció el título de Socio de Mérito.

*Dedicatoria*

\* Fué dada el día 20 de Abril de 1921 en el Paraninfo de la Universidad.



El Dr. Rocasolano comenzó su conferencia contestando al Sr. Presidente:

*Saludo al  
Instituto Médico*

«Es para mí un alto honor ocupar esta tarde la tribuna del Instituto Médico Valenciano. No hay proporción entre la modesta colaboración que yo presto, y la espléndida manera como corresponde este Instituto, nombrándome Socio de Mérito: es un lazo más que me une a esta ciudad.

»Es la primera vez que tengo el honor de ocupar esta tribuna; pero no es la primera vez que mis trabajos son expuestos en este Instituto Médico Valenciano. Recuerdo que hace cuatro años, un Maestro eminente de la Universidad de Zaragoza, el Dr. Iranzo y Simón, vino a Valencia y tuvo la bondad de exponer, en una de sus lecciones, mis trabajos sobre movimiento browniano; entonces, mucho más que ahora, mis modestos trabajos parecía que tenían más importancia, porque estaban expuestos por aquel Maestro que se forjó en la Universidad de Valencia y fué honra de la Universidad de Zaragoza. (Descanse en paz.)»

*Orientación*

Luego pasó a desarrollar su conferencia, indicando que expondría exclusivamente trabajos personales, que explicarían el modo como ha orientado el asunto, y con los cuales se puede constituir una base para el estudio de este problema.

*Definición  
de vejez*

El proceso de degeneración que termina en la muerte natural, es lo que llamamos vejez, y fenómenos de vejez a los que durante este proceso se verifican.

Dastre, en su libro «La vida y la muerte», se pregunta si el proceso de vejez es fundamental o accesorio, si los fenómenos de vejez deben ser considerados como producidos por una alteración progresiva del medio, cuyo carácter sería accidental, aunque frecuente, o si son esenciales, como una consecuencia inherente de la vida misma. Por su parte, Metschnikoff, en sus «Ensayos optimistas», dice: «No se ha demostrado que la materia orgánica debe inevitablemente envejecer, aunque la vejez se observa siempre en el hombre y en otros organismos.»

*Teoría de  
Metschnikoff*

Conocida es la teoría de Metschnikoff, admitiendo una



EL DR. ROCASOLANO EXPLICANDO LA SEXTA LECCIÓN DE BIOQUÍMICA EN EL PARANINFO DE LA UNIVERSIDAD DE VALENCIA

fagocitosis que acaba por vencer a las defensas de las células: los fagocitos atacan las células del organismo, que a su vez se defienden segregando sustancias solubles que los rechazan; a los fagocitos devoradores de células del organismo, los llama Metschnikoff *macrófagos*, y supone que las reacciones fagocitarias se realizan durante toda la vida; pero, al envejecer, los macrófagos atacan con mayor éxito a las células, por lo cual, muchos de los órganos tienden a atrofiarse, apareciendo la vejez como consecuencia del desequilibrio en las relaciones normales de los elementos entre sí; el envejecimiento se traduce por una proliferación del tejido conjuntivo y, así, llega la esclerosis, que representa la vejez de los órganos. Metschnikoff cree que, modificando la flora intestinal, puede atenuarse la vejez, y la medicación anti-pútrida a base de kefir, de yahourt, de leche agria, daría como resultado la longevidad.

Estas ideas estudian la vejez con criterio histológico; pero la vejez y la muerte, según afirma Marinesco, no deben considerarse como accidentes unidos a tal o cual causa, porque se trata de fenómenos inherentes a la materia viva.

Los trabajos de más importancia son los que se refieren a la endocrinología. El tiroides desempeña un papel importantísimo en el crecimiento y desarrollo del individuo, y es natural que se atribuyera la vejez a la degeneración del tiroides; es indudable que existe esa degeneración, pero no sabemos si es causa o efecto. Por la sola degeneración del tiroides, no se debe explicar el fenómeno de la vejez; es más lógico contar con una teoría pluriglandular.

Análogamente, los trabajos de Steinach se refieren a estudios de hormonas, de la que llama glándula de la pubertad, y estudia los fenómenos y accidentes de estos trastornos en esta edad. Estos trabajos van bien para el profesionalismo médico; pero se ha querido residenciar en esa sola glándula la explicación de los fenómenos de la vejez, y esto no debe ser.

Litman Fich plantea en Norte-América el problema con esta tesis: «La vejez no es función del tiempo (como la

*Trabajos de  
endocrinología*

*La vejez y el  
tiempo*

altura no es función de la cinta métrica con que se mide); lo que hay es que en el transcurso de esta entidad se verifican fenómenos de envejecimiento, pero no es la causa de éste.» Este autor estudia el problema dentro del campo endocrino, pero aplica al hombre unos conceptos que se refieren a su constitución física, a su modo de vivir, etc., y atribuye a inadaptación al medio, la causa de la vejez, sacando como resultado que ésta puede combatirse, en el sentido de que puede desterrarse. Pero esto es un error, y vamos a tratar de ello en la conferencia de esta tarde. Todas esas pretendidas causas son, más bien que tales causas, efectos de la vejez.

*Error de método* Es cierto, como dice Marañón, que la vejez es uno de los aspectos de la vida humana que más han resistido a las tentativas de la investigación científica. Y, en efecto, llama la atención que en este problema se haya progresado tan poco; pero no creo que ello sea debido solamente a las dificultades propias del problema, sino más bien a un error de método que se repite con mucha frecuencia en los estudios biológicos; se ha querido estudiar la vejez partiendo del caso del hombre, y esto es comenzar por el caso más difícil.

*La vejez en los organismos monocelulares*

En los organismos monocelulares, estudió Maupas, en 1888, la multiplicación y conjugación de los infusorios, deduciendo que perecen inevitablemente, si no es que por la conjugación se preservan de la vejez y de la muerte natural. Unos años después, Calkins y sus discípulos, disponiendo de mejores métodos experimentales, demuestran que sin conjugación puede prolongarse la vida de los infusorios, mediante ciertos estimulantes; pero al cabo de 700 generaciones perecieron por inanición. Dedujo de estas experiencias su autor, que en los protozoos se observa una cierta *depresión*, durante la cual se nutren mal y se dividen con mucha lentitud; esta depresión la considera Calkins como vejez, y si persiste durante mucho tiempo, el organismo puede morir. Ch. Sedgwick Minot no admite que la depresión observada por Calkins represente la vejez, y deduce la conclusión de que la muerte natural no sobreviene en los

organismos monocelulares, y que no apareció en la tierra hasta que se desarrollaron los animales y las plantas multicelulares.

Sobre este interesante asunto, las más recientes investigaciones son, sin duda, las de Metalnikoff, que fueron comenzadas en 1908, operando con el *Paramæcium caudatum*, y en las que obtuvo, durante siete años, 2.483 generaciones sin conjugación; experiencias éstas, cuyos resultados están conformes con los que separadamente obtuvo el biólogo americano Woodruff, el cual llegó en 1914, al cabo de siete años de trabajo con un mismo infusorio, a 4.500 generaciones, sin conjugación.

*Investigaciones  
de Metalnikoff*

Metalnikoff cultiva el *paramæcium* en un líquido que prepara con infusión de heno o con una solución diluida de extracto de carne Liebig; y, hecha la reproducción, separa los infusorios, de modo que no deja más que uno por cultivo y, así, la conjugación no se produce. Gráficamente, el autor ha representado, por medio de una curva, la multiplicación del infusorio, con observaciones tomadas durante seis años y medio, y termina su trabajo afirmando que los infusorios capaces de reproducirse por división, poseen, probablemente, una inmortalidad potencial y, en ciertas condiciones, pueden reproducirse indefinidamente sin necesidad de conjugación.

En opinión de Dastre, para los seres menos diferenciados no hay ley alguna que limite su vida. Al mismo resultado de la inmortalidad de los organismos monocelulares, llegó Weissmann en sus trabajos.

*Dastre y  
Weissmann*

Yo he encontrado seres vivos en botellas de vino añejo; fermentos que luego, en cultivos sucesivos, han adquirido plena vitalidad, y que allí existían, a pesar de estar tanto tiempo en presencia de cuerpos que el mismo microorganismo elabora. Pero mis trabajos sobre este asunto, no me permiten afirmar estas conclusiones de la inmortalidad de esos seres. La vida de los organismos monocelulares llega tal vez a centenares de años; pero de esto a la inmortalidad hay gran distancia. Estudiando el sistema coloidal se llega lógi-

*Trabajos de  
Rocasolano*

camente a la conclusión, de que el proceso de degeneración que constituye la vejez es necesario; y que no puede variar más que la velocidad con que se lleve a cabo.

*La vejez de la materia viva tiene que ser un capítulo del concepto físico-químico que de ella se ha dado anteriormente*

Y esto es así, porque la materia viva es, fundamentalmente, un sistema coloidal, y a las variaciones de los coloides se refieren los fenómenos vitales que en la materia viva se estudian. Por eso el problema de la vejez lo iniciamos en el sistema coloidal, porque tenemos la creencia de que la base de la Biología no está en la forma viviente, sino en la asociación de sustancias que constituyen la materia viva, siendo un problema biológico fundamental el estudio de la estructura y de la constitución química y químico-física de la materia viva.

En su concepto químico-físico, la materia viva es un líquido viscoso, un sistema disperso muy complejo que contiene dispersas en el agua, materias a diferentes grados de dispersión, comprendidos entre las disoluciones iónicas, como límite máximo, y los gruesos gránulos que representan el más pequeño grado de dispersión.

Aun cuando en los procesos vitales, todos los componentes de la materia viva tienen interés, porque sobre todos ellos se asienta el proceso fisiológico, el estudio de las propiedades que presentan los que se encuentran disgregados hasta el grado coloidal es, sin duda, el de mayor importancia, pues entre los coloides de la materia viva y la vida misma existe una tan íntima conexión, que bien puede afirmarse que, cuando los coloides pierden su estabilidad, la vida cesa, siendo, en el concepto químico-físico, la transformación de un hidrosol en hidrogel, el tránsito de la vida a la muerte.

Y los coloides no constituyen sistemas estables; la micela dispersa, mientras posee las propiedades que por su estado coloidal le corresponden, es un complejo químico inestable, lugar de incesantes transformaciones, activadas por la acción del calor, de la luz, de un campo eléctrico, por radiaciones de corta longitud de onda, por los iones en presencia y todavía, en algunos casos, por la acción de las

*Algunas conclusiones de las conferencias anteriores*

## ESTUDIOS DE BIOQUÍMICA

moléculas del medio de dispersión. Todos estos fenómenos de inestabilidad y de evolución de los coloides, los hemos analizado en las conferencias anteriores. Hemos visto que resultan, de esas acciones, variaciones del diámetro y de la densidad de las partículas dispersas; se modifica la acción eficaz de la viscosidad del medio; el poder catalítico del coloide varía como consecuencia de la variación química y químico-física del sistema, resultando de todos estos hechos que con velocidades muy diferentes los sistemas se transforman, y la fase dispersa tiende a perder las propiedades que la caracterizan.

Vimos ayer un caso de evolución de los más sencillos: el caso de los aurosoles; reduciendo con hidrato de hidracina la solución de cloruro áurico, se obtienen, a voluntad del operador, hidrosoles rojos, violetas o azules, cuya diferencia de color es debida al diferente diámetro de las micelas; obtenido el aerosol rojo, este sistema evoluciona, y por progresivo incremento en el diámetro de sus micelas, cambia a los pocos días su color, pasando a violeta, y más tarde a azul, luego a verde, y, por último, el coloide coagula, formando un coágulo filamentosamente amorfo que, con el tiempo, se transforma espontáneamente en cristalino. Este proceso evolutivo del coloide de oro obtenido es su envejecimiento, perdiendo el sistema sus propiedades características cuando coagula, ya que la aparición del fenómeno de la coagulación es el final de este proceso de transformación.

*Final del período evolutivo*

Estabilizado el sistema coloidal con que operamos el tiempo necesario para que se sucedan las fases que hemos descrito, aumenta más o menos, según la naturaleza del estabilizador empleado, pero en todos los casos se retarda el proceso evolutivo.

No creemos que haya inconveniente en decir que el hidrosol de oro envejece, ya que de un modo espontáneo, mientras el tiempo transcurre, él se transforma, llegando hasta perder su carácter coloidal, y que este envejecimiento se retarda por los estabilizadores, así como también se acelera por la presencia de determinados iones; el proceso de

*Envejecimiento de coloides*

envejecimiento es debido a una transformación en la constitución química de la micela, que va seguida, como natural consecuencia, de variaciones en la viscosidad, en la carga eléctrica, en el diámetro micelar y en el color del sistema.

*Otros recuerdos  
sobre coagulación*

En los coloides orgánicos, como en los minerales, la transformación se verifica en el mismo sentido, o sea tendiendo hacia la coagulación; son unos y otros sistemas inestables, pero el proceso evolutivo se realiza de modo distinto. Casi siempre consiste en una deshidratación con el tiempo; así, los cristaloides se difunden mejor en la gelatina coagulada de su disolución reciente, que en la obtenida de viejas dispersiones, fenómeno relacionado con el grado de hidrofilia micelar, o de otro modo, con la edad del coloide. En las dispersiones acuosas de albuminoides, las micelas poseen un elevado grado de hidrofilia, siendo un compuesto de adsorción formado por el agua y las moléculas albuminoideas dispersas, y como en el coágulo la cantidad de agua adsorbida es menor que la retenida por las micelas, mientras el sistema es coloide, el proceso de coagulación de estas albúminas hidrófilas es una deshidratación, siendo análogo al observado en las dispersiones de almidón, según se deduce de los trabajos de Samec, confirmados por Zsigmoudy y por Bachmann, en sus experimentos sobre el palmitato de sodio.

*La vejez y la des-  
hidratación de la  
materia viva*

Estos coloides albuminoideos son los más análogos a los que forman la materia viva, y si, en efecto, se deshidrata el sistema a medida que envejece, debe disminuir el tanto por ciento de agua en los organismos a medida que el tiempo pasa, y esto es lo que ocurre; en el caso del hombre, por ejemplo, tenemos estos datos: el feto humano, en su tercer mes de vida uterina, contiene el 94 por 100 de agua; en el sexto, 90'3 por 100; en el séptimo, 86; en el octavo, 83; descendiendo en el adulto, hasta el 67 por 100. Luego, a medida que el tiempo pasa, nuestro organismo pierde agua. En este punto tenemos un hecho, cuya comprobación se puede verificar en cualquier clase de organismo: los tejidos más duros, como el óseo, son los que manifiestan menos vida, y vice-



versa. El leucocito, que posee gran vitalidad, tiene gran cantidad de agua; en cambio, el eritrocito, a quien se ha llamado momia celular, tiene escasa cantidad de agua.

Las mismas conclusiones se deducen de los trabajos de Donaldson, estudiando el cerebro de la rata, pues encuentra una disminución progresiva de agua con la edad, al mismo tiempo que la materia orgánica aumenta de 6'2 a 17'3 por 100.

Otros muchos hechos podrían citarse, que confirman esta acción amortiguadora de la deshidratación del organismo. Así, por ejemplo, el cloroformo, actúa de anestésico, porque obra como deshidratante de células nerviosas.

Un organismo celular se deshidrata, porque se deshidratan sus micelas; con lo cual se origina un aumento en la viscosidad del sistema, que refrena la velocidad de difusión y la velocidad de las transformaciones químicas que se verifican en la intimidad de los tejidos, todo lo cual produce modificaciones en el metabolismo celular, que son otros tantos síntomas de vejez. En las células jóvenes, menos viscosas, las materias necesarias para sus cambios de nutrición, penetran y se eliminan más fácilmente; en las células viejas, de viscosidad creciente, estos cambios se dificultan, se opone una mayor resistencia a los movimientos del ión y de la micela (mucho más de ésta que de aquél, por ser de un tamaño mucho mayor), las toxinas se van acumulando, debido a la lentitud creciente con que se eliminan, resultando de todos estos fenómenos diferencias de origen físico-químico que, con la edad, determinan variaciones de intensidad en las transformaciones químicas que en los fenómenos vitales se producen. Además, la deshidratación progresiva de las micelas produce también, como inmediata consecuencia, una disminución de diámetro, o sea una disminución de superficie relativamente mayor que la disminución de masa que simultáneamente sufren, con lo cual disminuye uno de los factores de la energía de superficie, energía que interviene en las funciones celulares.

*Correlativas transformaciones de los sistemas coloidales con los fenómenos de deshidratación*

Exponíamos estos días trabajos en los que demostrába-

mos cómo la estabilidad de los coloides y su carga eléctrica se encuentran en íntima relación; que con la evolución varía la carga eléctrica del coloide, y que, cuando la carga llega al mínimo, el coloide no es posible, por ser la carga eléctrica de las micelas el mayor factor de estabilidad del sistema, porque origina una repulsión mutua de origen electrostático, que se opone a la coagulación. Pues bien: como los procesos vitales se verifican dentro de unos campos eléctricos, las micelas constitutivas de la materia viva pierden carga eléctrica por la acción del tiempo, y esto, como la deshidratación, es vejez, puesto que significa, dentro de las ideas actuales, una pérdida de iones en el complejo iónico micelar que constituye la micela, iones que son los que determinan fundamentalmente la actividad bioquímica de los plasmas vivos. En la aparición y desarrollo de esta pérdida de energía ocasionada por la pérdida de iones, influyen, acelerándola, las causas que facilitan la descarga eléctrica de las micelas y, retardándola, los estabilizadores, por cuya acción se sostiene durante más tiempo la carga eléctrica de las partículas de grado coloidal.

*Variaciones que los catalizadores microheterogéneos experimentan con el tiempo*

Pero no es esto todo. Un objeto de estudio de mucho interés, en el problema que estamos tratando, se refiere a las variaciones que con el tiempo experimentan los catalizadores microheterogéneos, entre los que se encuentran los catalizadores bioquímicos.

La mayoría de las reacciones bioquímicas se producen interviniendo como catalizadores las diastasas, que son los catalizadores bioquímicos por excelencia; estos catalizadores lo son mientras son coloides, pues no ocurre aquí como en el terreno inorgánico, en que los catalizadores pueden serlo sin tener el estado coloidal. En el estudio que hicimos en otra conferencia, de los catalizadores bioquímicos, vimos que el agente activo de la catalisis estaba formado por los iones adsorbidos. Así que podemos decir que las diastasas, una vez perdida su carga, son inactivas. Vimos, también, que el poder catalítico de los coloides no es constante; sufre incremento y, después de llegar a un grado óptimo, dismi-

nuye con rapidez muy diferente, según una porción de circunstancias; pero, en definitiva, disminuye; así es que las reacciones catalíticas en los organismos se verificarán, pasado el periodo de incremento de poder catalítico, con mayor lentitud, y esto es vejez; pues, por ejemplo, los alimentos que ingerimos han de transformarse en materia de nuestro propio sér, y para que lleguen a formar parte de nuestros plasmas, sufren antes una serie de transformaciones que no son sino reacciones catalíticas; siendo así que los catalizadores pierden con el tiempo actividad catalítica, resulta que esas transformaciones se realizan en un tiempo más largo, hay retraso en las funciones, acumulación de materias extrañas al organismo, etc., y estos trastornos o defectos de nutrición, por no tener velocidad suficiente las reacciones catalíticas interorgánicas, traen como consecuencia el artrismo, el reuma, el arteroma, etc., que son caracteres de vejez.

Un ejemplo curioso de envejecimiento de coloides lo tenemos en los trabajos de Douvris sobre el envejecimiento del suero normal extraído del organismo: recoge suero normal y lo guarda en tubos; toma cada día de estos tubos y lo observa, y, al cabo de veinte a veinticinco días, el suero normal tiene la reacción del suero sifilitico. Y ved que un niño heredosifilitico no es más que un viejo en miniatura.

*Ejemplo curioso de envejecimiento*

De modo que el proceso que lleva hacia la coagulación al coloide, es representativo de la vejez, y, en definitiva, esta vejez no es más que una coagulación progresiva, que reconoce sus causas en la deshidratación, aumento de viscosidad, disminución de carga eléctrica y de poder catalítico, causas que a su vez están íntimamente relacionadas, pudiendo decirse que se deducen unas de otras. Mientras el complejo sistema coloidal que compone la materia viva presenta menor viscosidad, la vida se manifiesta con un metabolismo más intenso, las reacciones vitales tienen más velocidad. Pero tarde o temprano, el envejecimiento llega indefectiblemente.

*La vejez es una coagulación progresiva*

La gran resistencia que los organismos oponen a la acción del frío, comparada con la facilidad con que mueren por el calor, sería otro hecho en apoyo de esta teoría.

Confieso que, cuando investigaba sobre el problema de la vejez, no pensé en si podría modificarse en su velocidad; no había meditado sobre esto; pero es lógico pensar que si pudiéramos modificar a voluntad la velocidad en el proceso de la coagulación de los coloides, como lo habíamos conseguido con el electrosol de oro, estas modificaciones influirían sobre el desarrollo de los fenómenos de la vejez.

*Otros trabajos* La labor que ha hecho el hombre por disminuir la mortalidad tiene un valor positivo, extraordinario, así en la paz como en la guerra; sin embargo, cuanto ha intentado el hombre para aumentar la longevidad, ha fracasado.

En la paz, Noguchi ha sido altamente festejado en El Ecuador, por haber extirpado de allí un díptero que producía fiebres malignas. Algo de esto es lo que nos hace falta en Fernando Póo; pero aquí no se les da importancia a estos problemas. Se ha conseguido reducir, gracias a los trabajos de Langham, la mortalidad contra la peste. En este sentido, el Dr. Peset ha realizado en Valencia una labor meritísima.

En la guerra, ya tenéis noticias, por la última y monstruosa que hemos presenciado, cómo cada combatiente se esforzaba en matar más y, no obstante, en aquellos heridos, la mortalidad fué muy reducida, no llegó al 2 por 100.

En cambio, la longevidad no sólo no ha mejorado, sino que la vida media del hombre parece que se acorta.

*Recetas para  
alargar la vida* Se han dado, para alargar la vida, infinidad de recetas. Metschnikoff pretendía, mediante la modificación de la flora intestinal, aumentar la longevidad humana. Como procedimiento no tiene valor ninguno; pero ha quedado de este intento un hecho de positivo valor, el empleo de los fermentos lácticos en terapéutica. Los medios de trasplatación de glándulas, empleados por Steinach, están, a nuestro juicio, mal orientados, porque, como hemos dicho antes, no es una sola glándula la que interviene en el proceso de la

vejez; hay que ahondar más. Y, además, esto es algo que se presta a tremendas inmoralidades.

Insistiendo en el asunto a que estamos refiriéndonos, cabe el pensar de qué manera será posible alargar la vida; os puedo decir que, para pensar en serio sobre materia tan debatida, hoy por hoy, hay que sacarlo de las ciencias experimentales. Esto que pudiera parecer un fracaso para estas ciencias, yo no lo creo así, porque la vida del hombre es muy compleja; muchos factores influyen en su desarrollo y en su duración.

El hombre vive actualmente en un estado de miseria física que no encontraríamos en otros animales de organización inferior, que son físicamente más aptos, y tienen menos defectos que el hombre, que, a medida que avanza la historia, es cada vez más pobre.

Es difícil encontrar un individuo físicamente perfecto: con boca aséptica, nariz aséptica, aparato digestivo perfecto, sin enfermedades de la piel, sin variaciones de estructura orgánica. Y es que hemos acertado a disponer de tal modo nuestra vida, que, lo que debiera ser camino de progresión hacia un ideal, lo hemos convertido en retorno, o, por lo menos, estancamiento. Si leemos a Homero y a los autores de los tiempos más remotos, pronto nos convenceremos de que en aquellos tiempos se vivía muchísimo mejor: aquella plenitud de vida que alcanzaron los griegos, no ha vuelto a igualarse nunca.

*Actual estado físico y moral de los individuos*

Todo el derecho internacional ha quedado reducido a la ley natural del más fuerte; por unos, al comenzar la guerra, y por otros, al terminar: la impone el que puede. No interesaba la vida del hermano; lo que interesaba era satisfacer la propia avaricia. Y, evidentemente, imposibilitar la vida a los demás no es un signo de perfección.

Es cierto que se ha mejorado mucho en el medio de criar a los niños; pero, en cuanto el hombre crece, se entrega a cometer una serie de errores, en la alimentación, en el ejercicio físico, en el modo de vivir, en una palabra; y agotamos nuestras defensas naturales, si no es que llegan ya

agotadas de nuestros padres; viejos en miniatura son muchos niños y luego se desarrollan de un modo imperfecto. Verdaderamente, la mejor receta para hacerse más pronto viejo, es la de seguir por este camino que vamos: ni experimentalmente, buscado de intento, se ha visto nada mejor para envejecer...

Incrementar nuestros valores morales es cosa difícil, porque es dirigir la corriente en un sentido opuesto al que, por desgracia de la humanidad, lleva. No obstante, este es el problema; hay que plantearlo en este terreno. En las ciencias experimentales, hoy por hoy, no se encuentra la solución (1).

---

(1) Estas conferencias, de las que sólo un extracto publicamos, han sido redactadas con datos y períodos tomados al oído. Los alumnos de 4.º curso de la Sección de Ciencias químicas, Sres. Blasco y Segura, prestaron valiosa ayuda a dicha labor.