

Este conjunto de reacciones coloreadas constituye la reacción de la *murexide*.

Reacción de Pettenkofer. — Llámase también reacción *de las sales ó de los ácidos biliares*. Si á una disolución de sales ó de ácidos biliares se añade en pequeñas cantidades, á una temperatura que no exceda de 70°, los dos tercios de su volumen de ácido sulfúrico concentrado, y después algunas gotas de una disolución de azúcar de caña, al 10 por 100, se ve que el líquido toma un hermoso color rojo púrpura obscuro. Esta reacción se produce con mucha limpieza con soluciones que no contengan más del 4 por 1000 de sales biliares.

Líquido de Brücke. — Es una solución acuosa de yoduro doble de mercurio y de potasio. Se prepara de la manera siguiente: Se disuelve á saturación en el agua destilada, el cloruro mercúrico, y se vierte sobre este líquido una disolución saturada de yoduro de potasio.

Inmediatamente se forma un precipitado rojo de yoduro de mercurio, soluble en un exceso de yoduro de potasio; entonces se añade la solución de yoduro de potasio gota á gota, hasta la disolución total del precipitado rojo de yoduro de mercurio.

Reactivo de Tauret. — A 20 centímetros cúbicos de ácido acético cristalizante se añaden 3'32 gr. de yoduro de potasio puro, y 1'35 gr. de bicloruro de mercurio, vertiendo después sobre la mezcla agua destilada hasta obtener 60 cc. del líquido.

Este reactivo precipita las sustancias albuminoides de sus soluciones, y el precipitado es insoluble; en frío ó en caliente, en un exceso de reactivo, é igualmente en el alcohol y en el éter.

Reacción de Uffelmann. — El ácido láctico posee la propiedad de decolorar el líquido violeta que resulta de mezclar una solución dilatada de percloruro de hierro, y una solución dilatada de fenol. A esta reacción se le da el nombre indicado arriba.

Líquido de Gram. — En 200 gramos de agua destilada se disuelven 2 gramos de yoduro de potasio y un gramo de yodo. Este líquido, llamado también *solución de yodo en el yoduro de potasio*, tiene la propiedad de comunicar un hermoso color azul intenso á las disoluciones de engrudo de almidón.

Constitutivos de los cuerpos orgánicos. — Aquí, como en Química general, las operaciones fundamentales consisten en conocer *cualitativa y cuantitativamente* los elementos que entran en la formación de un compuesto. La manera de aislarlos y conocer sus proporciones constituye, por tanto, el más importante de los trabajos de laboratorio.

Es sabido que es muy corto el número de cuerpos elementales que constituyen el reino orgánico. Generalmente son: el *carbono*, *hidrógeno*, *oxígeno* y *nitrógeno*, y menos generalmente el *cloro*, el *bromo*, el *yodo*, el *azufre* y el *fósforo*.

Carbono. — Para conocer si un cuerpo es orgánico se coloca

una pequeña parte de él sobre una lámina de platino, calentando ésta. Los compuestos orgánicos, por regla general, son combustibles. Si el cuerpo calentado se inflama, será una prueba de que es orgánico.

Pero, no siendo general esta reacción, se puede operar por medio del óxido de cobre, cuyo reactivo es seguro. Bajo su influencia

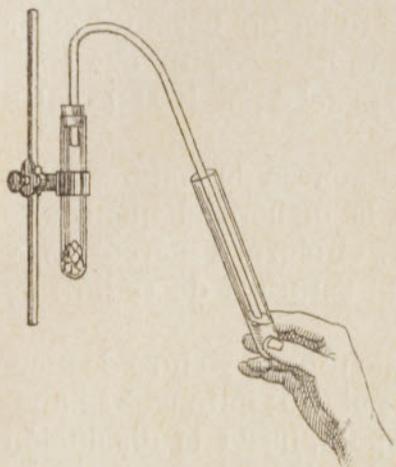


FIG. 1.^a

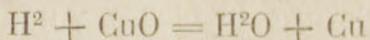
Aparato para buscar el carbono y el hidrógeno en los cuerpos orgánicos.

los cuerpos orgánicos arden y el carbono se transforma en ácido carbónico. Este último es fácil de reconocer por el precipitado blanco soluble que da con el agua de cal.

La marcha del procedimiento es sencilla. Se introduce en un pequeño tubo de ensayo, dos gramos de óxido de cobre y 0'05 á 0'10 gramos de la sustancia que se ha de ensayar; se adapta un tubo doblemente encorvado, sumergiendo la extremidad abierta en otro tubo que contenga agua de cal y se calienta el óxido de cobre hasta el rojo. (Fig. 1.^a)

Entonces se produce la reacción, y, si el cuerpo es orgánico, se desprende el ácido carbónico enturbiando el agua de cal.

Hidrógeno. — Por el mismo procedimiento se reconoce si la sustancia que se analiza contiene hidrógeno. Es sabido que el óxido de cobre reacciona sobre el hidrógeno contenido en los cuerpos orgánicos, dando agua y cobre metálico, según la ecuación

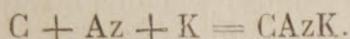


Oxígeno. — Al tratar más adelante del análisis cuantitativo veremos cómo se reconoce su presencia.

Nitrógeno. — Este cuerpo puede encontrarse en la molécula orgánica en estado de sal amoniacal ó en cualquiera otra forma de combinación. En el primer caso basta con poner en un tubo de ensayo una pequeña parte del cuerpo en cuestión, añadiendo una pequeña cantidad de lejía de sosa dilatada. Se calienta el tubo ligeramente y se aproxima á su extremidad abierta un papel de tornasol rojo. Si hay nitrógeno, el papel se colora de azul.

Hay otro procedimiento más general, aplicable á todos los casos. Se introduce en el tubo de ensayo 0'05 á 0'06 gramos de la sustancia, y se añade otro tanto de sodio ó de potasio. Se calienta fuertemente, y después de dejar enfriar se pone en el tubo y se proyecta con precaución, dentro del mismo, agua destilada. De esta manera queda destruído el resto de sodio ó de potasio; después se calienta de nuevo un poco y se filtra.

En este caso los metales alcalinos, reaccionando sobre el carbono, en presencia del nitrógeno, han dado un cianuro alcalino:



Para demostrar la presencia del nitrógeno en la nueva molécula, se transforma el cianuro en azul de Prusia, lo cual se consigue añadiendo una gota de una solución de sal ferrosa y otra gota de una solución de sal férrica. Se eleva la temperatura durante un minuto, hasta 50 ó 60°, se añade un exceso de potasa y de ácido clorhídrico, hasta conseguir la disolución de los óxidos de hierro y se obtiene de este modo la coloración azul propia del ferrocianuro férrico que demuestra la presencia del cianuro y por consiguiente la del nitrógeno.

Azufre. — Para aislar el azufre se destruye la substancia orgánica, transformándola en sulfuro ó en ácido sulfúrico.

Transfórmase el azufre contenido en una substancia orgánica, en sulfuro, calentando una parte de aquélla con el sodio ó el potasio, como en el caso anterior, añadiendo agua de igual manera. Trátase después la disolución por el ácido clorhídrico; se calienta el contenido del tubo de ensayo y se presenta á su abertura un papel impregnado de acetato de plomo. Si existe el sulfuro, se produce sobre el papel una coloración negra.

Fósforo. — Para reconocer su presencia en el estado de ácido fosfórico, se opera con el nitrato de potasio, y terminada la reacción se disuelve en el agua; se acidula con el ácido nítrico y se añade el molibdato de amoniaco en solución nítrica. Si se forma un precipitado amarillo, quedará demostrada la presencia del fósforo.

Como puede observarse, lo que dejamos dicho se refiere á los procedimientos más sencillos para conocer la presencia de los elementos más importantes en las substancias orgánicas. Pero por regla general, además del análisis cualitativo, conviene también determinar por medio del análisis cuantitativo las proporciones en que estos cuerpos figuran en la composición de la molécula orgánica. Para conseguirla, pueden seguirse diferentes procedimientos, pero sólo nos ocuparemos de los más usuales y sencillos.

Dosificación del carbono y del hidrógeno. — Todos los procedimientos empleados para conseguirlo, ó por lo menos, su mayor parte, se funda en los principios siguientes. (Fig. 2.^a)

1.º El óxido de cobre obrando en caliente sobre un compuesto orgánico que contenga carbono é hidrógeno ó carbono, hidrógeno y oxígeno, lo transforma en agua y en ácido carbónico.

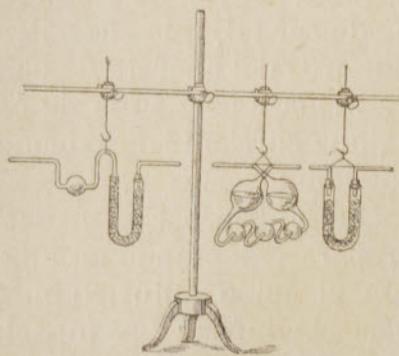


FIG. 2.^a

Serie de tubos para la absorción de los productos gaseosos de la combustión.

2.º El agua es absorbida por el ácido sulfúrico, no siéndolo el ácido carbónico.

3.º Una disolución acuosa y concentrada de potasa, absorbe completamente el ácido carbónico.

4.º Sabiendo que 9 gramos de agua contienen 8 gramos de oxígeno y 1 de hidrógeno, se puede calcular el peso de éste por el de aquélla. Dividiendo por 9 el peso del agua, se tendrá el del hidrógeno.

5.º Sabiendo que el ácido carbónico contiene 3 gramos de carbono por 8 de oxígeno, será preciso, conocido el peso del ácido carbónico, multiplicarlo por $\frac{3}{11}$ para que resulte el peso del carbono contenido en la substancia que se analiza.



FIG. 3.ª
Extremidad del tubo de combustión en forma de bayoneta.

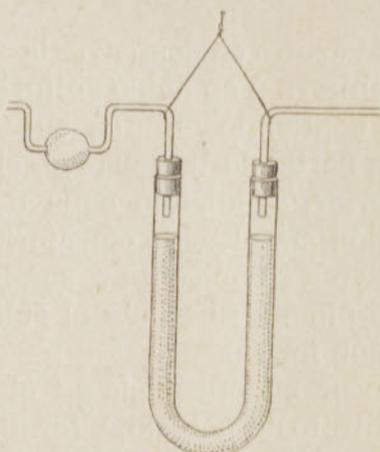


FIG. 4.ª
Tubo con piedra pómez sulfúrica para absorber el agua.

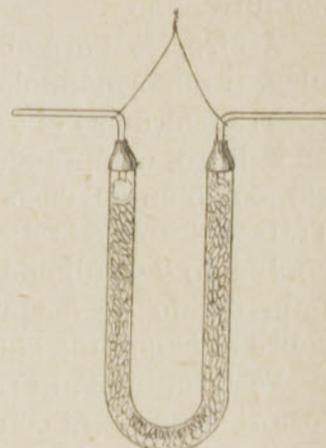


FIG. 5.ª
Tubo con potasa y cloruro de calcio.

El aparato que sirve para aplicar estos principios analíticos, se compone de un tubo de combustión, de vidrio fuerte, de 12 á 13 milímetros de diámetro, encorvado en una de sus extremidades en forma de bayoneta y abierto por la otra. La longitud de este tubo ha de ser tal, que sus extremidades sobresalgan como unos 3 centímetros del aparato de combustión. (Fig. 3.ª)

Llénase este tubo de óxido de cobre, calentándolo lentamente en una corriente de oxígeno, dejándolo después enfriar en la misma corriente.

Para absorber el agua, se emplea el cloruro de calcio, que se prepara calentando en una cápsula de porcelana dicha substancia con el ácido sulfúrico puro, hasta que la masa quede casi seca. Déjasela enfriar y se introduce en un tubo en forma de U (Fig. 4.ª); se limpian las extremidades de este tubo, poniendo en una de ellas un tapón que lleva otro tubo encorvado en ángulo recto, y en la otra, un tubo recurvo, también en ángulo recto, y que en su parte horizontal lleva una bola destinada á condensar el agua, al fin de la operación. Se cierra herméticamente las extremidades del tubo por medio de una capa de lacre.

Para la absorción del ácido carbónico, puede servir un tubo de Liebig ú otro, como representa la figura adjunta.

Empléase generalmente una disolución concentrada de potasa; se llena el tubo por aspiración, de modo que quede ocupada la mitad de su volumen. (Fig. 5.^a)

Empléase además otro tubo destinado á comprobar la precisión del análisis. Consiste en un tubo en U, en el cual se introduce una espiral de cobre, y en una de sus ramas un poco de algodón de cristal y después el cloruro de calcio, según hemos dicho.

En la otra rama se coloca potasa en trozos. Ciérranse las dos extremidades con tapones, que llevan dos tubos de menor diámetro, encorvados en ángulo recto.

Para operar con este aparato, el procedimiento es diferente, según que la substancia sea sólida, líquida ó gaseosa. En el primer caso se coloca la substancia seca y pulverizada en un pequeño tubo, cuyo diámetro es inferior al del tubo de combustión. Además, en la extremidad del tubo, en forma de bayoneta, se coloca un rodete de cobre, que consiste en una lámina rollada al rededor de un alambre del mismo cobre, cuyas dos extremidades se han encorvado en espiral.

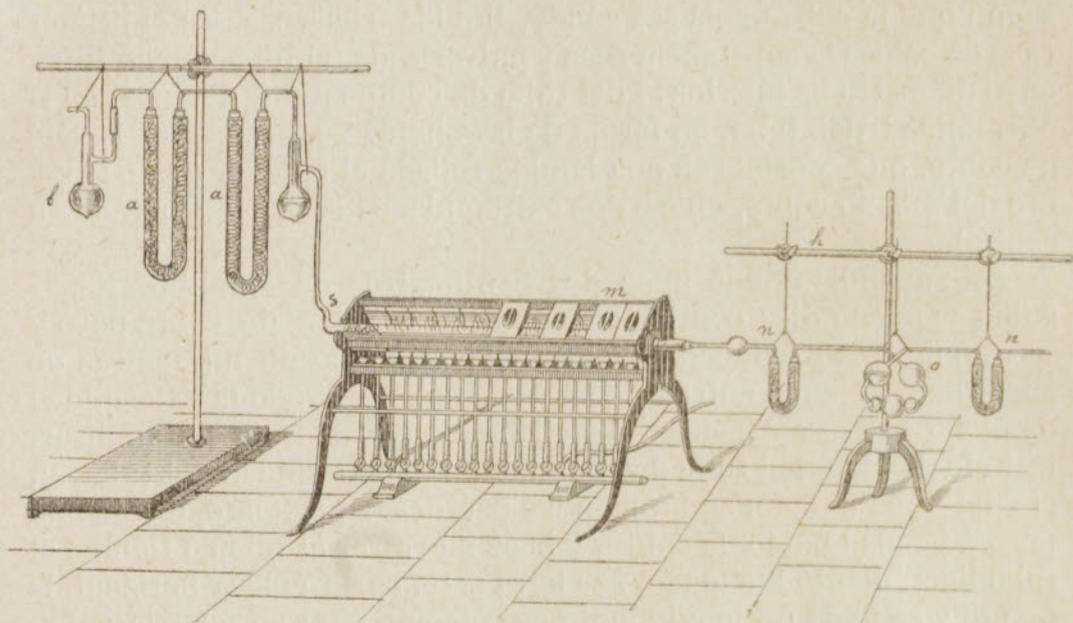
Este apéndice tiene unos dos centímetros de longitud. Enseguida se añade diez centímetros cúbicos de óxido de cobre puro y seco, que se introducen en el tubo por medio de un matraz de ensayador, dejando enfriar después de haber cerrado la extremidad de dicho matraz. Añádese la substancia que se trata de analizar, introduciendo en el tubo de combustión la extremidad del tubo, en el cual se ha pesado; se limpian las paredes del primero, añadiendo poco á poco el óxido de cobre, y haciendo girar al mismo tiempo el tubo ligeramente inclinado; se cierra éste, se le coloca horizontalmente y se le da un movimiento de rotación para mezclar la substancia con el óxido de cobre. Se añade de nuevo una cantidad de éste, hasta que el tubo quede ocupado á 3 centímetros de su extremidad. Entonces se adapta el tubo de absorción del agua por medio de un tapón de cauchuc y se sostiene por medio de un mecanismo especial, como puede verse en el aparato. Después se coloca el tubo de absorción del ácido carbónico que se relaciona por medio de otro tubo de cauchuc, colocando la esfera más gruesa á la parte del tubo de combustión, y por último se adapta el tubo terminal. (Fig. 6.^a)

En tales condiciones el aparato está emplazado, procurando que el tubo de combustión descansa sobre una canal provista de tela de amianto.

Enseguida se calienta la parte más cercana de los tubos condensadores y, cuando se ha calentado en una longitud de unos 40 centímetros, se lleva el fuego hacia atrás, hasta que poco á poco se llega á calentar el espacio donde se encuentra la substancia orgánica. La operación debe verificarse de modo que se puedan con-

tar las burbujas de gas que se desprenden á través de la solución de potasa.

Cuando el fuego se ha establecido sobre toda la longitud del hornillo, se consigue una posición de equilibrio, de modo que no se desprende ninguna burbuja de gas; pero después, estando lleno de ácido carbónico el tubo de combustión, la potasa lo absorbe poco á poco, lo cual determina una especie de vacío y la entrada del aire por el tubo testigo. Entonces se rompe la extremidad del tubo bayoneta y se coloca un tubo de cauchuc que trae una corriente de oxígeno puro y seco. Se deja pasar esta corriente de gas, hasta que en la extremidad del tubo testigo aviva la combustión de una cerilla que presenta algunos puntos en ignición.

FIG. 6.^a

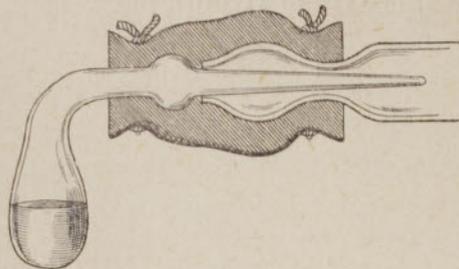
Aparato de combustión (disposición general).

Se desmontan los tubos, se les deja enfriar media hora próximamente y se les pesa, después de haberlos llenado de aire por aspiración. El aumento de peso del tubo de absorción del agua, dará el peso de la que ha sido condensada, averiguando por el cálculo la cantidad de hidrógeno contenido. Se pesan en conjunto el tubo de la potasa y el tubo testigo; su aumento de peso da el del ácido carbónico formado, de donde se deduce el peso del carbono, y como se conoce además el peso de la substancia introducida, se tienen todos los elementos necesarios para el análisis cuantitativo.

Si el cuerpo es líquido, se le pesa en una pequeña bola de cristal, que se cierra y se introduce en el tubo con la extremidad abierta hacia adelante. Cuando se detiene sobre el óxido de cobre,

se deja caer un pedazo de agitador, que lo rompe, continuando la operación como hemos dicho.

Cuando se trata de un líquido muy volátil, se le pesa en un tubo especial resistente, el cual se cierra; se introduce su extremidad en el tubo bayoneta, previamente abierto, y se unen las dos extremidades por medio de cauchuc. (Fig. 7.^a) Se calienta el tubo de combustión, se rompe la extremidad del primer tubo y se calienta poco á poco para producir la destilación lenta del líquido.

FIG. 7.^a

Retorta para la combustión de sustancias muy volátiles. La extremidad de esta retorta se introduce en el tubo de combustión.

El análisis de los gases se hace generalmente por el método eudiométrico; pero también se puede hacer pasar al tubo de combustión por medio de un gasómetro de mercurio, un volumen conocido del gas cuya temperatura y presión sean conocidas.

Dosificación del nitrógeno. — Puede realizarse, ó bien operando con este cuerpo en estado gaseoso, ó bien tomándolo en forma de amoníaco. En el primer caso se sigue el procedimiento de Dumas, que se apoya en los siguientes principios:

- 1.º El óxido de cobre quema los cuerpos orgánicos oxigenados, produciendo ácido carbónico, agua y nitrógeno ó uno de sus óxidos;
- 2.º El cobre metálico reduce los óxidos de nitrógeno al estado de nitrógeno libre;
- 3.º El ácido carbónico es absorbido por la potasa y el vapor de agua condensado bajo la forma líquida. (Fig. 8.^a)

Partiendo de estos principios se emplea un aparato compuesto de un tubo de combustión, de otro tubo productor de ácido carbónico, y de un receptor del gas nitrogenado, destinado á la vez á la absorción del ácido carbónico.

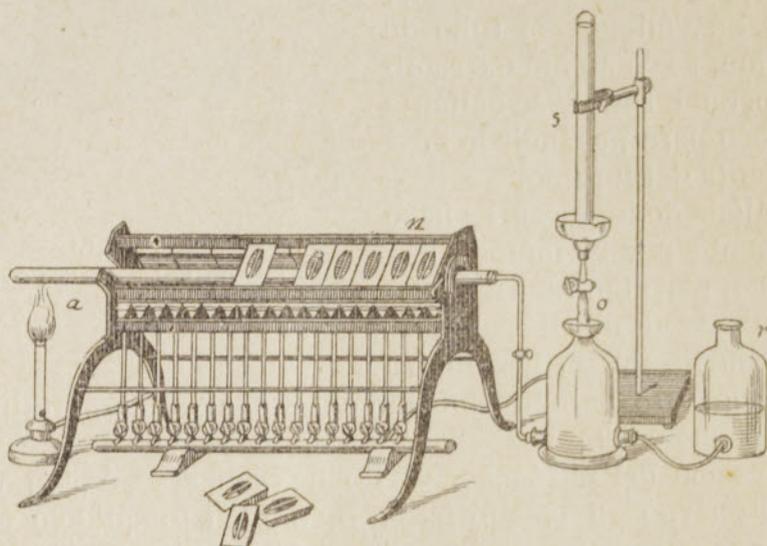
El cuerpo que sirve para producir ácido carbónico es el bicarbonato de sosa ó el carbonato de magnesio. La combustión se verifica en un tubo parecido al que sirve para dosificar el carbono y el hidrógeno en presencia del nitrógeno.

Se suprime el tubo bayoneta, y el primer tubo se cierra, poniendo en la parte posterior bicarbonato de sosa en un espacio de unos 10 centímetros.

Estando dispuesto el aparato, se introduce la substancia que se ha de analizar como se ha hecho para la dosificación del carbono; á la extremidad del tubo colocado en el hornillo se adapta, por medio de cauchuc, otro tubo de tres ramas; una horizontal comunica con el tubo de combustión; la segunda, igualmente horizontal y formando ángulo recto con ella, comunica con una trompa provista de una llave sobre el tubo de aspiración; la tercera, vertical, de una

longitud de 80 centímetros, tiene su extremidad sumergida en mercurio.

Dispuesto así el aparato se hace funcionar la trompa; se produce el vacío y el mercurio sube en el tubo vertical á una altura sensiblemente igual á la de la columna barométrica. Entonces se cierra la llave de la trompa.

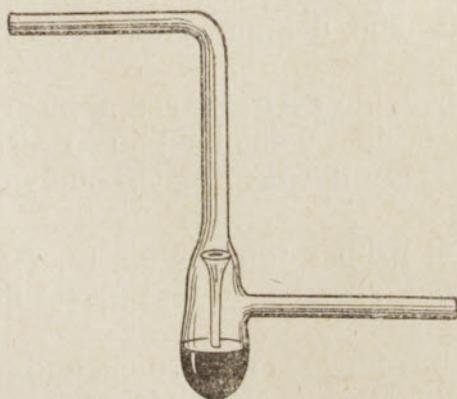
FIG. 8.^a

Aparato para dosificar el nitrógeno

En seguida se calienta ligeramente el tubo que contiene el bicarbonato; se descompone éste y el gas carbónico arroja del aparato el aire que no ha hecho salir la trompa. Se sostiene el fuego hasta que el gas salga por la extremidad inferior del tubo que sirve de manómetro; entonces se disminuye el fuego, se empieza nueva-

mente á operar con la trompa, continuando con este procedimiento hasta hacer tres veces el vacío en el tubo de combustión.

Terminadas estas operaciones se adapta á la extremidad del tubo de combustión, mientras pasa el ácido carbónico, un aparato Maquenne (Fig. 9.^a) que contiene una pequeña cantidad de mercurio, en la cual se introduce la extremidad del tubo del ácido carbónico. Este aparato se pone en comunicación con el que ha de servir de absorbente para el áci-

FIG. 9.^a

Tubo en forma de pato, de MAQUENNE.

do carbónico y de colector para el nitrógeno, como puede verse en la figura 8.^a

Método de Will y Varrentropp. — Este procedimiento se funda en los principios siguientes:

1.º La sosa al rojo oscuro obra sobre las materias orgánicas nitrogenadas y transforma su nitrógeno en amoniaco;

2.º El amoniaco posee propiedades básicas y se puede deducir su peso por la cantidad de ácido que neutraliza;

3.º Por un cálculo sencillo se puede deducir del peso del amoniaco el del nitrógeno.

En la práctica se toma un tubo de cristal duro, cerrado por un extremo y cuyo diámetro interior sea de 12 á 14 milímetros. Se introduce en el fondo del tubo, en un espacio de 5 á 6 centímetros, una mezcla de oxalato de calcio y de sal sódica, y después un poco de esta última y la mezcla de la substancia orgánica con 20 veces su peso de la misma sal sódica. La mezcla se hace en un mortero bien limpio. Por último se introduce en el tubo más sal sódica pura, colocando encima un tapón de amianto para impedir las proyecciones de la sal sobre el líquido ácido.

A la extremidad del aparato se adapta un tubo de bolas en el cual se ha puesto un volumen determinado de una disolución valorada de ácido sulfúrico ó clorhídrico, y se eleva la temperatura hasta llegar al rojo oscuro sin pasar de este grado.

Después se extrae el líquido ácido y se hace la valoración acidimétrica. De este modo se obtiene la cantidad de amoniaco formado y, conociendo el peso de la substancia empleada, se deduce fácilmente el nitrógeno que contiene.

Sirvan estas ideas generales para facilitar la inteligencia de otros detalles de aplicación, que iremos acomodando á la exposición de los hechos en el lugar que les corresponda.

SECCIÓN PRIMERA

NOCIONES GENERALES

I

Definición de la Química biológica. — Definición de la vida. — Leyes biológicas y leyes químicas. — División de esta ciencia. — Sus relaciones con la Histología, con la Higiene y la Patología. — Sus aplicaciones. — Importancia práctica. — Su futuro desarrollo. — Consecuencias.

Definición de la Química biológica. — La verdad es una é indivisible; pero el entendimiento humano es impotente para abarcar el conjunto de la verdad *única*. De aquí la división de los procedimientos de investigación, llamados *ciencias*, cada una de las cuales estudia *un* aspecto de la verdad *única*. La Química estudia, á su vez, uno de esos aspectos, al ocuparse en las leyes que presiden á la agregación y disgregación de los elementos de la materia. Llega hasta el *átomo* y la *molécula*, investiga las condiciones en que se *mueven* bajo la influencia de la energía (*fuerza*), para producir fenómenos mecánicos y apreciables, y variando y repitiendo, en los trabajos de experimentación, las condiciones en que se suceden aquellos movimientos, consigna las leyes según las cuales se realizan los fenómenos.

Tal es el trabajo que cumple la Química en su indagación científica. Sus procedimientos que, por ser científicos, son generales, se refieren á toda transformación de la materia bajo la acción de la energía, sea cual fuere el nombre de ésta, y, por lo tanto, presenta en sí misma la unidad de plan y el conjunto sistemático de relaciones, característico y peculiar de todo conocimiento ordenado.

En tal concepto la Química constituye únicamente un *capítulo* de la Ciencia universal, y la QUÍMICA BIOLÓGICA es sólo un *período* de ese capítulo, en el cual se agrupan diferentes hechos que, aunque contenidos en el concepto general de la ciencia, merecen especial

estudio, por el interés que encierran su interpretación y aplicaciones.

Pero sucede en este género de investigaciones lo que es común á todos los trabajos de nuestras facultades; la limitación de éstas necesita dividir y subdividir los objetos para acomodarlos á su capacidad. El progreso del conocimiento encuentra nuevos aspectos de la verdad universal y marca derroteros nuevos para llegar hasta ellos.

De aquí nace naturalmente la división de las ciencias en clases, órdenes y familias, adaptándolas á una especie de taxonomía ordenada é impuesta por la misma naturaleza de las cosas, hasta que los progresos sucesivos van relacionando más íntimamente las verdades parciales, borrando límites entre ellas y acortando distancias.

La Química obedece también á esta ley de evolución. Hasta hace poco tiempo se creía que el animal y la planta constituyen dos organismos opuestos, hasta que el estudio de la termogénesis, de la respiración y de la nutrición de los vegetales han demostrado que viven de manera análoga á los animales.

La llamada *Química orgánica*, partiendo del protoplasma y de la célula, se ha encontrado al principio de su camino con los últimos hechos de la llamada *Química mineral*, viéndose obligada á reconocer que las barreras que la separaban de ésta eran más convencionales y ficticias que reales y con fundamento en la naturaleza de las cosas. La tradición (que también hay quienes la admiten en la ciencia), se ha empeñado en invocar, por ejemplo, la estabilidad de los productos minerales oponiéndola al continuo movimiento de los orgánicos; se ha querido hacer valer las isomerías tan frecuentes en los compuestos de carbono y tan raras en los compuestos minerales. Pero estas divergencias exageradas por espíritu de escuela, han ido poco á poco deshaciéndose á la luz de una crítica imparcial. En cuanto á las isomerías, es decir, á la posibilidad de obtener gran número de derivados que posean la misma composición química, se explican en química orgánica por la facultad que posee el carbono de combinarse consigo mismo. Tratándose de un cuerpo que contenga muchos átomos de carbono, pueden seguirse multitud de acomodamientos moleculares que modifiquen la estructura del edificio químico, obedeciendo á las leyes generales que presiden invariablemente las combinaciones de la materia.

Estudiando el modo de reaccionar, la manera como funciona la molécula química, las relaciones que median entre ella y la materia ambiente, se ha venido á comprender que la *organización*, en sentido exacto y científico, empieza en el átomo. Los diversos modos según los cuales cada molécula sensibiliza su actividad dependen de las agrupaciones específicas que entran en su construcción y de las relaciones de estos grupos con el resto del edificio. La actividad de la célula, las reacciones que en ella se verifican, los fenómenos de

osmosis, las oxidaciones y reducciones que tienen lugar en su seno, no son en último término otra cosa que acciones moleculares pertenecientes á un orden determinado, nuevos aspectos en la realización de la ley universal.

La química biológica, por consiguiente, puede definirse diciendo que es: *La química en cuanto estudia los fenómenos que MÁS DIRECTAMENTE afectan á la vida de los seres.*

Para comprender el significado y alcance de esta definición es preciso insistir un poco más sobre el concepto general de la *vida*. Para formarse idea clara de las cosas es indispensable precisar y fijar el significado de las palabras, sin lo cual nos exponemos á interminables divagaciones y á errores de concepto que hacen imposible la adquisición de la verdad. Examinemos, pues, y procuremos fijar el concepto general de la vida.

Definición de la vida. — Littré ha dicho: «La vida es estado de actividad de la substancia organizada». En tal sentido la vida queda circunscrita á los seres que convencionalmente se llaman orgánicos. Pero ¿viven éstos solamente? ¿Acaso el átomo de oxígeno que se combina con el fósforo ó con el hierro no vive? ¿No vive la molécula de carbono en las múltiples reacciones en las cuales se transforma en presencia del mismo oxígeno, del nitrógeno y del hidrógeno?

Todo vive en el universo, porque todo se mueve, se transforma y reacciona como dejamos indicado. La muerte, única negación de la vida, es un concepto puramente metafísico, al cual nada responde en el mundo de lo real. La muerte no existe para la ciencia, y por tanto, los límites de la vida son tan amplios y dilatados cuanto lo son el incansable flujo y reflujo, el armónico vaivén de la materia y la energía en los insondables abismos del espacio.

En el estado actual de la ciencia se puede afirmar que se ha borrado el límite que separaba el llamado reino mineral del llamado reino orgánico, y que las leyes de la vida, generales, absolutas é indeclinables se realizan en todos los órdenes con la escrupulosa precisión del más delicado cálculo matemático.

Considerada la cuestión desde este punto de vista, que es el verdadero y científico, toda investigación química es necesariamente biológica. Pero aquí, como en otros muchos casos, hemos de pagar tributo á los convencionalismos admitidos, muchas veces con el recto propósito de clasificar y sistematizar una serie de conocimientos, á fin de que en ellos se fije con preferencia la atención del que investiga.

En tal concepto, pues, aceptamos la definición del eminente Littré, con la cual queda explicada la de la Química biológica. Pero no se pierda de vista la importancia de las consideraciones que dejamos apuntadas.

Leyes biológicas y leyes químicas. — Todo fenómeno, todo hecho en la serie infinita de las transformaciones de la materia, se repite

siempre que se realizan ciertas condiciones, conocidas ó no por el observador. Cuando estas condiciones han sido estudiadas y se ha comprobado que son indispensables para que el fenómeno se realice, ó el hecho se cumpla, decimos que se ha encontrado la ley del fenómeno.

Los principios constitutivos de la sangre, por ejemplo, se modifican según el régimen alimenticio, el ejercicio, el estado de salud ó de enfermedad, etc. Buscando la relación existente entre aquellas modificaciones y los agentes que las producen, encontraremos la ley biológica del hecho, que en todos los casos y en igualdad de condiciones, se realizará de idéntica manera.

Pero profundizando más en el estudio del fenómeno, nos convenceremos de que en él sólo se ha realizado otra ley que nos era conocida; la de las afinidades químicas, por ejemplo, que se ha cumplido con la precisión que pudiera haberse observado en un trabajo escrupuloso de laboratorio.

No existe, pues, la intervención del pretendido agente *vida*, tan ensalzado por la antigua escuela; la ley biológica es rigurosamente la ley química que preside á la realización del fenómeno. La *vida* no es una energía, no es causa, ni agente; es el *resultado* de acciones y reacciones mecánicas; es conjunto de fenómenos producidos por fuerzas físicas y químicas que afectan á las combinaciones de los átomos. Por consiguiente, en tesis general, toda ley biológica no es otra cosa que un aspecto especial bajo el cual es considerada la ley química que preside á la producción del fenómeno, así como la ley química no es otra cosa que ley mecánica bajo la cual se realiza el movimiento ó el equilibrio entre las moléculas, como podría realizarse entre las inmensas moles del mundo planetario.

Es esta doctrina consecuencia natural y lógica de la constitución de la materia, conocida para nosotros por sus propiedades. La molécula no existiría sin la presencia de la energía que le es consubstancial y que convive en ella. Esta energía obra en diferentes sentidos y con determinaciones acomodadas para producir el conveniente movimiento de la masa material.

Por esta razón se ha dicho, y tiene hoy la importancia de un postulado, que toda función de la materia es una forma del movimiento. He aquí el centro luminoso al cual convergen y al rededor del cual se desarrollan todas las leyes, múltiples en apariencia, que dirigen el proceso de la vida universal.

Todo fenómeno no es otra cosa que la manifestación mecánica, física y sensible de una energía que del estado potencial ha pasado al actual, bajo la influencia de ciertas causas que no siempre están al alcance de nuestros medios de conocer.

El entendimiento observa estos fenómenos, los compara con otros y los diferencia, clasificándolos según las familias y especies en que ha ido ordenando sus conocimientos. Pero este trabajo de selección y de análisis es una función puramente especulativa y

racional, una especie de *cuenta corriente* abierta por la razón humana á las operaciones que ella misma realiza, pero sin virtualidad para modificar en su esencia lo que en el orden real, fatal y necesariamente se realiza.

La ley biológica según la cual se producen los fenómenos entre las moléculas que constituyen los seres llamados vivientes, no es ni puede ser, según lo expuesto, otra cosa que un aspecto particular, un *caso* determinado, en la aplicación de la ley mecánica, general y eterna que preside á las evoluciones de la materia.

División de esta ciencia. — Admitida la definición que dejamos consignada, la Química biológica puede dividirse en *normal* y *patológica*, es decir, en cuanto la primera estudia los fenómenos químicos que se realizan en los seres organizados y en estado de salud; ó en cuanto la segunda estudia esos fenómenos modificados por el estado de enfermedad de los órganos.

También bajo la denominación de *Química biológica aplicada*, se entiende el estudio de esta ciencia relacionada con otro género de conocimientos, como la Higiene, la Histología, la Terapéutica, etc.

Pero desde luego se puede observar que la Química, como todos los conocimientos humanos, resultaría ociosa, ó cuando menos infecunda, si no tuviera siempre un imprescindible carácter de aplicación. Porque ¿qué resultado práctico conseguiría el biólogo que empleara toda su vida en conocer cómo reaccionan en nuestro organismo los diversos elementos químicos que entran en su composición; ó cómo se realizan los fenómenos de asimilación y desasimilación, si después de conocidos los hechos y las leyes bajo las cuales se realizan, no procurase sacar partido de este conocimiento en beneficio de la humanidad?

El espíritu humano que anduvo largos siglos preocupado por teorías meramente especulativas, ha conocido, por fin, que todo conocimiento ha de tener una finalidad, ha de ser aplicable al bienestar humano. Por esta razón la Química biológica, que es una ciencia positiva y de hechos, tiene como finalidad racional y bienhechora, la aplicación de sus teorías para mejorar las condiciones biológicas de la humanidad.

Sus relaciones con la Histología, con la Higiene y la Patología. — Es tan estrecho el parentesco entre la Histología y la Química biológica, que ocurre con frecuencia que una de ellas penetra lógicamente y naturalmente en el terreno de la otra. Si la primera estudia la estructura y enlace que existe entre las partes del edificio orgánico, la segunda se propone también ese mismo estudio, aunque de una manera más íntima y detallada.

La Histología describe y clasifica los organismos elementales que entran en la composición de construcciones orgánicas superiores, pero realiza su misión sin preocuparse de las relaciones moleculares y de los cambios originados por ellas. En su trabajo de investigación encuentra ya preparadas y labradas las piedras angu-

lares que han de servir en la edificación orgánica. La Química le ha dicho precisamente cuáles son los materiales que entran en el tejido finísimo de las membranas, de los filamentos, de los núcleos y agrupaciones, de las películas envolventes, de todo aquello en fin que constituye el conjunto sobre el cual la Histología experimenta y razona. La Histología, por consiguiente, y la Química están naturalmente enlazadas, sin que la una pueda prescindir de la otra, encontrándose á cada paso y prestándose apoyo en el camino que siguen.

En cuanto á la Higiene y á la Patología, es evidente que una y otra necesitan á cada paso relacionarse con la Química, si la primera ha de poder atender al estado normal de la vida, llamado *salud*, y la segunda quiere restablecer el equilibrio de esa misma vida, perturbado por la enfermedad. Y así como es muy difícil adquirir medianos conocimientos en Química biológica sin haber hecho serios estudios de Histología, así también el higienista y el patólogo que no posean suficientes conocimientos en aquella ciencia, difícilmente cumplirán con la delicada misión que han de desempeñar.

Tratando especialmente de la Patología, hay que confesar que las deficiencias y los empirismos del mundo clásico se explican casi siempre por la deficiencia en los conocimientos químicos.

Cuando leemos los libros de los ilustres pensadores que en tiempos pasados llevaron torrentes de luz sobre la Patología y la Terapéutica, mezclada con el religioso respeto que inspiran las grandezas del genio, sentimos penosa impresión al ver cómo malgastan sus colosales energías en vanas disquisiciones etiológicas, que degeneran casi siempre en interminables disputas escolásticas.

Fué preciso que la Química, descubriendo primeramente los *alcaloides* y después las *leucomainas*, las *ptomainas* y las *toxinas*, echara los cimientos de una nueva patología y pusiera las bases de la Terapéutica racional que ha de concluir en día afortunadamente cercano con el empirismo inconsciente y con la polifarmacia que durante siglos ha engañado á médicos y enfermos.

Es permitido esperar que en época no lejana las ciencias médicas penetren decididamente por el ancho y luminoso camino que hoy les ofrecen los progresos de la QUÍMICA BIOLÓGICA, por el cual marcha ya decididamente la gloriosa falange de médicos imbuidos en las modernas teorías.

El estudio químico de los seres inferiores, de los *bacilos* y de las *toxinas* fabricadas por ellos; el conocimiento de los medios de defensa puestos en juego por el organismo contra los venenos que se elaboran en su seno; la noción de las *antitoxinas* y de los procedimientos según la cual pueden aplicarse ventajosamente, en terapéutica racional, todo este conjunto de hechos nuevos, tan discutidos aún por algunos, tan contradichos por los que no se han tomado la molestia de estudiarlos, constituye un inmenso capital

de hipótesis, de ensayos, de teorías y en muchos casos de verdades demostradas y comprobadas, que la Química ofrece á la patología y á la terapéutica, como base de una completa y fecunda renovación científica.

La observación y las experimentaciones *in vitro* irán poco á poco abriendo nuevos horizontes, no sólo para las investigaciones del diagnóstico, sino también para las indicaciones de un tratamiento racional.

El médico que aun en muchos casos y por desgracia de la ciencia, ha de vacilar, andando á tientas y adoptando las tristes moratorias de una expectación peligrosa, encontrará en el *microscopio* y en el *matraz* del laboratorio indicaciones seguras. puntos de partida determinados con precisión matemática, desde los cuales, sin pérdida de tiempo ni peligro de funestos errores, podrá llegar á la consecución de los nobles propósitos propios de quien desea minorar los padecimientos de sus semejantes.

La Química creará una nueva Terapéutica, libre de rutinas y de empirismos, que tanto han afeado hasta hoy esta importantísima rama de las ciencias médicas. Constituirá todo esto una prueba más palpitante y viviente del estrecho parentesco, de la unión natural y fecunda en que deben convivir todas las manifestaciones de la razón, todas las construcciones del entendimiento.

Porque si bien en el conjunto general de los conocimientos humanos existen íntimas relaciones entre todos ellos, hay además ciertas agrupaciones de aquellos conocimientos, entre los cuales las afinidades son tan estrechas y tan próximo el parentesco, que es imposible adquirir las nociones más elementales de los unos, sin estar previamente iniciados en los otros.

Esto explica las deficiencias tristísimas que á diario se observan en el ejercicio de las profesiones científicas. Por regla general la cultura intelectual ha quedado manca y defectuosa por falta de método, ó de dirección ó de constancia en el desarrollo de un sistema de educación del entendimiento.

Los que desean saber no deben perder de vista estas estrechas afinidades que existen entre ciertas ramas del conocimiento, si quieren que les sean provechosos sus trabajos científicos.

Sus aplicaciones. — Las numerosas aplicaciones que tienen estas investigaciones científicas á las funciones de la vida real son consecuencia natural de la misma índole de aquéllas. Si todo lo que existe vive, y si la Química biológica tiene por objeto estudiar y determinar gran número de las leyes que presiden al desarrollo y modificaciones de esa vida, es evidente la necesidad de consultar sus enseñanzas á cada momento y de aplicar sus teorías en multitud de circunstancias. Ya dijo la antigüedad clásica que *primero es ser, que ser de manera determinada*. Y como quiera que *ser es vivir*, se comprende fácilmente que el problema que más de cerca interesa á la humanidad es el que afecta á su manera de ser en el

tiempo y en el espacio, y á las relaciones que enlazan su vida con la de todo cuanto existe.

De aquí la constante aplicación de los principios químico-biológicos á importantísimos ramos del saber humano. Una sola de estas aplicaciones bastaría para hacer indispensable su estudio. Nos referimos á los progresos que actualmente realiza la bacteriología, basados todos ellos en las teorías químico-biológicas, desde cuya base se levanta el colosal edificio que nos hace concebir la esperanza de una transformación radical de la clásica terapéutica antigua, como ya dejamos indicado.

Importancia práctica. — La nota característica de este grupo de conocimientos consiste en referirse siempre á hechos relacionados con la vida real, huyendo de los idealismos de una metafísica estéril y encontrando soluciones á las cuales se puede aplicar el *más* y el *menos* matemáticos.

Tomando como punto de partida la existencia del *hecho* indubitable y comprobado, procede por severa gradación recorriendo los términos de la serie que enlaza unas verdades con otras; y cuando llega á lo desconocido, lejos de aventurar hipótesis hijas de la imaginación, prefiere consignar los datos que ha obtenido, esperando que nuevos progresos en la investigación faciliten la clave del anhelado descubrimiento.

Este carácter esencialmente positivo de la Química es, sin duda, el que constituye su mejor título á las simpatías del mundo sabio. No se trata en este género de investigaciones, de divagar por los espacios de una abstracción indeterminada, sino de llamar la atención de la humanidad sobre hechos que de suprema manera la interesan, toda vez que afectan inmediatamente á las condiciones de su existencia.

Esta importancia práctica de los estudios biológicos empieza á vislumbrarse ya, teniendo aplicación inmediata á diferentes órdenes científicos. Además de los servicios que prestan en la esfera de las ciencias médicas y sus derivaciones, la antropología funda en ellos sus más interesantes elucubraciones, y los partidarios de la novísima escuela de Derecho penal, como los que estudian las evoluciones del *hipnotismo* y de la *sugestión*, han de preguntar á aquella Ciencia la explicación de fenómenos que sin ella quedarían en el misterio de lo desconocido.

Su futuro desarrollo. — Sin ser profeta se puede asegurar algo de lo que el porvenir tiene reservado á esta rama de la Química. Si «no hay ningún producto de la vida que no pueda ser hecho por la mano del hombre, ninguno de los fenómenos materiales que tienen origen en nuestros órganos, que no esté sometido á las leyes inmutables que se realizan en los cuerpos brutos» (A. Gautier); si está á nuestro alcance determinar los movimientos moleculares en determinado sentido; si conocemos el *más* y el *menos* en las combinaciones que se realizan en los órganos de los seres, según las condi-

ciones mecánicas, físicas ó químicas en que se encuentra, ¿quién se atreverá á negar la posibilidad de una renovación gradual de esos órganos hasta conseguir la eterna juventud de todo lo que vive?

No es esto un sueño desprovisto de realidad científica. En el llamado reino orgánico la ciencia química no es otra cosa que el estudio de las combinaciones del carbono con un número reducido de otros elementos químicos. ¿Por qué no ha de llegar un día en que la ciencia sepa, mediante esas transformaciones, *hacer* los órganos, así como hoy sabe ya hacer que se reproduzcan los fenómenos?

Hace muy pocos años que la existencia del mundo microorgánico era aún casi desconocida, hasta el punto de que pocos sospecharan siquiera su posibilidad.

Pero llegó un día en que los sabios, estudiando los caminos que sigue la célula en sus evoluciones biológicas, encontraron clases, órdenes y familias de muchos seres, habitantes de un mundo desconocido hasta entonces.

Klebs, Löffler, Hoffman, Roux, Wurtz, Chamberland, Straus, Behring, Pasteur, Gautier, y una serie interminable de sabios no menos ilustres, han constituido la falange inmortal de genios que, penetrando en ese mundo tan desconocido por los antiguos, han arrancado y arrancan cada día nuevos secretos á la fecunda Naturaleza. Ellos nos han dicho cómo el *esporo*, el *vibrión*, el *bacilo*, la *bacteria*, el *microbio* en general evolucionan y se transforman, viviendo dentro y fuera del aire, reproduciéndose, destruyendo unas sustancias y produciendo otras á costa de los organismos sobre los cuales viven. Nos han enseñado que lo infinitamente pequeño, agrupándose, sumando energías, acumulando acciones específicas, produce una resultante colosal, enorme, capaz de minar y destruir las más robustas existencias.

Los sabios que han trabajado y trabajan para enriquecer la ciencia con nuevos descubrimientos, no sólo nos han explicado los misterios de la morfología de lo infinitamente pequeño, sino que nos han descrito minuciosamente el ciclo biológico de esos mismos seres, diciéndonos las condiciones favorables á su desarrollo y crecimiento, como también las que son eficaces para su exterminio.

¡Cuántas sorpresas, cuántos inesperados fenómenos! La difteria, el tifus, el cólera morbo, la tuberculosis, la lepra, todas las enfermedades de origen zimótico, todas las infecciones, todos los envenenamientos de origen orgánico, todas aquellas enfermedades ante las cuales la antigua terapéutica se cruzaba de brazos, confesando su impotencia; todos aquellos desconsoladores procesos morbosos que fatal y necesariamente terminaban en el sepulcro, se detienen ya, se modifican, se estacionan en su terrible curso, y es posible, es probable, es *seguro*, nos atrevemos á decir, que está cercano el día en que la incansable investigación química ponga de manifiesto el consolador secreto de la curación de tales procesos.

La palabra *imposible* ha de emplearse muy sobriamente en la ciencia. Confesemos que *hoy* ignoramos la manera y el procedimiento para llegar á ciertos resultados; pero no por eso neguemos que *mañana* pueda pronunciarse el entusiasta *eureka* que ha sorprendido á la humanidad en todos los grandes descubrimientos.

Consecuencias. — De las consideraciones que sintéticamente quedan expuestas, se deduce:

1.º Que la ciencia biológica, partiendo de una concepción fecunda y práctica de la vida, lleva en su seno los gérmenes de una renovación, de un esplendoroso renacimiento para todos los ramos del saber humano, y especialmente para aquella labor científica que más de cerca se relaciona con las evoluciones de la materia, bajo la influencia de la energía universal.

2.º Que la *unidad*, centro al cual se dirige todo conocimiento, es á la vez carácter esencial de todas las leyes cósmicas, no siendo las diferencias que encontramos en esas leyes sino un efecto de la limitación de nuestros medios de conocer.

Las leyes biológicas y las leyes químicas que presiden á las evoluciones de la materia, son idénticas entre sí, y las mismas en todos los órdenes de la vida.

3.º Que el carácter positivo y práctico de la ciencia biológica determina su utilidad é importancia en el conjunto de los conocimientos humanos, toda vez que facilita medios eficaces para mejorar la condición de la humanidad, llevando sus aplicaciones á todas las esferas en que puede manifestarse la actividad individual ó colectiva.

4.º Que la *vida* no es un agente, ni una energía, ni una causa de fenómenos; es, por el contrario, un efecto de acciones y reacciones mecánicas, físicas y químicas, resultantes de las evoluciones de la materia bajo la influencia de la fuerza. Y

5.º Que partiendo del principio de que no existe fenómeno alguno de los que se realizan en nuestro organismo que no esté sometido á leyes inmutables, que son las leyes generales que rigen el mundo de la materia, es lícito esperar que el conocimiento gradual y positivo de esas leyes ha de conducir al entendimiento humano á la resolución de los más altos problemas relacionados con la vida de los seres en particular y generalmente con la vida de la humanidad.

II

Principios constitutivos de los seres vivos. — Protoplasma. — Estudio químico de la célula. — Vida celular. — Cuerpos orgánicos. — Materias proteicas. — Acción de la temperatura — del agua — de los ácidos diluatos — de los álcalis — del ácido nítrico — de otros reactivos oxidantes — de los fermentos.

Principios constitutivos de los seres vivos. — La vida es un *estado* de la materia, que se hace sensible por medio de fenómenos. El organismo, vegetal ó animal, mono ó policelular, constituye el instrumento, mediante el cual se realiza ese estado. Importa, por tanto, conocer los principios orgánicos que constituyen aquel instrumento.

En las plantas pueden esos principios reducirse á seis agrupaciones generales:

- 1.^a Alcoholes, azúcares y otros hidratos de carbono.
- 2.^a Cuerpos grasos y principios análogos.
- 3.^a Hidrocarburos.
- 4.^a Ácidos no nitrogenados.
- 5.^a Cuerpos *amidas*, *aminas* y otros nitrogenados, no albuminoides.
- 6.^a Materias proteicas.

Estos principios orgánicos están casi siempre constituidos esencialmente por elementos químicos, unidos en varias proporciones. El *carbono*, el *hidrógeno*, el *nitrógeno*, el *oxígeno*, el *azufre* y el *fósforo*, he aquí los materiales que entran en la disposición del edificio orgánico.

El más indispensable de todos ellos, el *carbono*, se encuentra necesariamente en todas estas combinaciones.

Las sustancias comprendidas en el primer grupo contienen *carbono é hidrógeno*, á excepción de los azúcares que contienen también *oxígeno*, lo cual les es común con los compuestos amiláceos, ácidos, grasas, etc.

En los compuestos nitrogenados, no albuminoides, se encuentran el *carbono*, el *hidrógeno*, el *oxígeno* y el *nitrógeno*.

Los albuminoides están constituidos por estos mismos cuatro cuerpos, y además por el *azufre*, y en algunas ocasiones por el *fósforo*.

El *carbono*, el hidrógeno y el oxígeno de las plantas se derivan inmediatamente de la *circumfusa*; es decir, el carbono proviene de la descomposición del ácido carbónico contenido en el aire y en el suelo.

El *hidrógeno* es recogido inmediatamente del agua, bien en su estado natural, bien descomponiéndola, según ha demostrado Bous-singault.

El *oxígeno* está tomado del ácido carbónico contenido en el agua y en el aire respirado por las plantas.

En cuanto al *nitrógeno*, proviene de dos orígenes diferentes. O bien lo recogen las plantas, por medio de sus raíces, tomándolo de las sustancias nitrogenadas, animales ó vegetales, que constituyen los abonos; ó bien fijan por medio de las hojas, y en determinadas condiciones, el nitrógeno libre de la atmósfera, según ha demostrado M. Berthelot en una serie de bellísimas comprobaciones.

El *azufre* que se encuentra en la composición de los cuerpos proteicos proviene de la reducción de los sulfatos minerales, así como el *fósforo* se origina en la reducción de los fosfatos que se opera en el protoplasma de las hojas.

Veamos ahora cómo se forman esas agrupaciones llamadas *especies orgánicas* que entran en la composición de las plantas, y que pertenecen á las mismas familias que los principios orgánicos definidos componentes de los tejidos en los animales.

En cuanto al origen de los *azúcares* y los *alcoholes* está comprobado que provienen de la polimerización del aldehído, CH_2O , y por fenómenos de hidrogenación realizados en los tejidos del parénquima foliáceo.

Las reacciones sintéticas que se realizan en las plantas, no solamente producen los azúcares y los alcoholes, sino que en determinadas condiciones son origen de los fenoles, glucósidos, etc. Pero hasta hoy el mecanismo preciso de estas transformaciones escapa á las investigaciones de la ciencia.

Los ácidos y las grasas que se encuentran en los vegetales provienen de la oxidación de los principios aldehídos por la acción de los fermentos especiales, que son verdaderos agentes de oxidación, llamados *oxidases*, entre los cuales se encuentra la *lacasa*, estudiada en el *árbol de la laca*, del Japón. (G. Bertrand.)

Pasteur ha comprobado que la célula del fermento de la cerveza es un agente que produce gran cantidad de grasas.

Intimamente relacionados con los hidratos de carbono y las grasas existen en los vegetales varios hidrocarburos de la fórmula $\text{C}^{10} \text{H}^{16}$.

Los *amidos* y *substancias proteicas* [*albuminoides*] forman el conjunto viviente del protoplasma celular. Son comunes á todos estos principios, tanto en las plantas como en los animales, el *carbono*, el *nitrógeno*, el *hidrógeno*, el *oxígeno* y el *fósforo*.

Brunner ha demostrado que la introducción del nitrógeno en los vegetales es debida á la reducción de los nitratos, bajo la forma de ácido cianhídrico, ó de su hidrato, el formiamido.

Protoplasma. — En los párrafos anteriores hemos procurado fijar los primeros elementos que constituyen la base y punto de partida del edificio orgánico; pero se necesitan relaciones sintéticas ó de conjunto entre ellos para iniciar los fenómenos complejos de la vida orgánica. Esta síntesis natural que por misteriosos caminos elabora la construcción de los llamados seres orgánicos, produce una substancia compuesta de diversos principios albuminoides, de extraordinaria movilidad atómica y que puede sufrir incesantes cambios sin destruirse.

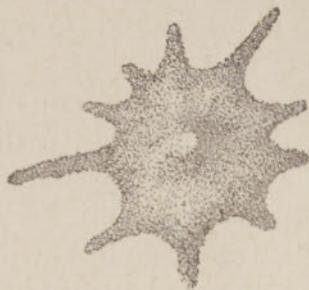


FIG. 10

Arenistella agglutinans P. FISCHER
(Masa protoplásmica con pseudópodos sencillos)

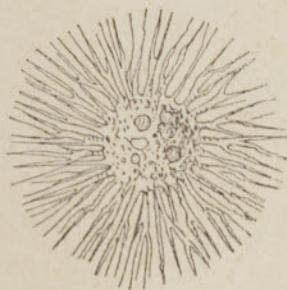


FIG. 11

Protomixa aurantiaca
(Masa protoplásmica con pseudópodos anastomosados)

A este conjunto de principios, de energías y de movimientos, se le ha llamado *protoplasma*.

El protoplasma constituye la base de todos los organismos así vegetales como animales, y vive manifestándose su actividad en dos hechos capitales.

- 1.º Por su incesante actividad biológica;
- 2.º Por los movimientos de absorción y transformación de nuevas substancias para reparar las pérdidas que experimenta.

La contractilidad es una de las cualidades más notables del protoplasma, la cual determina en él cambios continuos de forma, produciendo prolongaciones llamadas *seudópodos*, como puede verse en las figuras 10 y 11.

Las masas elementales del protoplasma se diferencian en una parte externa llamada *ectoplasma* y otra interna, el *endoplasma*.

En el protoplasma adquiere la vida una expresión más gráfica y sensible que en las gradaciones inferiores de la serie química general. Nuevos fenómenos se desarrollan en presencia de substancias atómicas ya conocidas; sobrevienen hechos de composición y de descomposición de las substancias, desarrollándose fenómenos hasta entonces desconocidos, como la *asimilación*, función correlativa de un poder absorbente y una facultad digestiva desarrolladas en el conjunto. Al mismo tiempo se produce un movimiento con-

trario, el de *desasimilación*, especie de fuerza centrífuga que sostiene el equilibrio inicial en oposición con la fuerza centrípeta, que acumula y transforma las substancias sometidas á su esfera de acción.

El crecimiento del protoplasma es una consecuencia del desequilibrio entre estas dos fuerzas; cuando la de asimilación es superior á la de desasimilación, hay un exceso á favor de la primera, una *resultante* que puede medirse como se mide en mecánica la de dos fuerzas desiguales y contrarias.

Cuando esta diferencia, por ser demasiado grande, aumenta el trabajo de asimilación más allá de los límites de la energía protoplasmática, perjudicando á las funciones absorbentes del conjunto,

éste se divide en dos masas, realizándose el fenómeno de *reproducción*. (Fig 12.)



FIG. 12

División de una masa protoplásmica

Obsérvase también en el protoplasma una tendencia á dirigirse en sus movimientos hacia el espacio dotado de condiciones favorables á su existencia, de donde se deduce que en el protoplasma no

sólo hay movilidad, sino también que aparece ya en él una *sensibilidad* inicial.

Hay, pues, en el protoplasma, de una manera elemental y sencillísima, la aparición de nuevos fenómenos no observados en otras combinaciones de substancias minerales; se presentan funciones desconocidas, cambios y transformaciones que no se encuentran en los términos inferiores de la serie biológica, ó que no han podido ser observados por carencia de medios á propósito para ello. Es, por tanto, el protoplasma, en el estado actual de los conocimientos humanos, el principio, base y punto de partida de la vida orgánica.

Estudio químico de la célula. — En el estado actual de los conocimientos humanos hay que admitir aún el estado de *materia organizada* que se diferencia de la llamada *materia bruta* por los fenómenos de *asimilación*, *desasimilación* y *reproducción*. Como primer elemento de ese estado de la materia encontramos el protoplasma. Ahora vamos á estudiar la *célula*.

La vida que existe en la más pequeña masa del protoplasma, se hace sensible de una manera especial por medio de un trabajo de individualización, trabajo meramente fisico-químico, que se desarrolla en determinadas condiciones de temperatura, de electricidad, de humedad, ó bien según el medio ácido, neutro ó alcalino en que se realizan los fenómenos. «Es preciso buscar el origen de los fenómenos elementales de la vida en la estructura y organización de las moléculas químicas últimas que componen los protoplasmas y en su modo físico de asociación». (A. Gautier.)

Hemos dicho que el protoplasma se diferencia desde luego en un *ectoplasma* y en *endoplasma*. El primero puede formar una cubierta protectora del segundo, en cuyo caso aparece una masa protoplasmática limitada por una membrana, originándose así la forma intermedia entre el *protoplasma* y la *célula*, llamada *citodo*.

La célula (*plástide*) es el primer elemento que sirve de base á la serie de oxidaciones, reducciones, hidrataciones y desdoblamientos, desarrollados en el protoplasma por las condiciones físico-químicas en que se encuentra.

Casi siempre está constituida la *célula* por una envoltura de materia, albuminosa en el animal, celulosa en la planta, que contiene una masa semi-líquida, *protoplasma*, y un *núcleo*, que ocupa el centro de la masa total.

El nuevo protoorganismo tiene ya una vida individual, y se encuentra en condiciones de relación con otros individuos de la misma especie.

En la substancia de la *célula* se encuentra una materia contráctil, coherente y extensible, que contiene próximamente el 75 por 100 de agua, cuya materia se condensa generalmente al rededor del núcleo. Las diferentes partes del protoplasma celular están contenidas en una red formada por filamentos de una substancia parecida á la albúmina del huevo (*plastina*). Esta especie de membrana envolvente contiene el *citoquimo*, materia rica en principios solubles albuminoideos, diferentes en cada especie de células.

La célula vegetal presenta sumamente visibles al microscopio muchos detalles de su constitución íntima. Se observa en ella la membrana celulósica envolvente, el núcleo, los *vacuolos* de formas variables que contienen un líquido casi transparente y ácido, mientras que la masa protoplasmática es siempre alcalina. Obsérvase por último las granulaciones ó plastídulos del protoplasma (*microsommas, bioblastos*), organismos más complejos productores de nuevos seres químicos, según veremos más adelante.

Entre las granulaciones del protoplasma se encuentran grasas proteicas y minerales. Sin embargo, en algunas de ellas se observa una organización propia, como en las células de las hojas de los vegetales, en las de la mucosa del estómago, y en las células rojas de la médula de los huesos.

Constituyen otros tantos seres complejos, que producen, según su especie, nuevos seres químicos. Respecto á la finalidad orgánica de los materiales provenientes de estos plastídulos, obedecen á la vida general de la célula, y están sometidos á la acción química del núcleo.

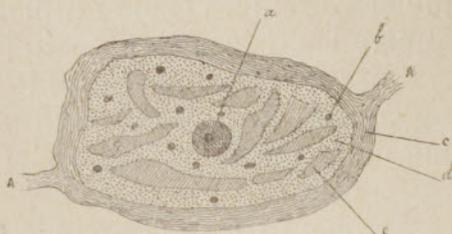


FIG. 13

Célula vegetal. — a, núcleo. — b, granulaciones protoplasmáticas. — c, cubierta de celulosa. — e, vacuolos. — d, protoplasma celular.

Puede éste ser considerado como una pequeña célula incluida en el conjunto de la célula total, rodeado por una membrana hialina, y que contiene un jugo alcalino, llamado *jugo nuclear*. Las pequeñas granulaciones diseminadas en este jugo acompañan á otra de mayor tamaño llamada *nucleolo*.

No todos los corpúsculos existentes en el núcleo pueden considerarse como nucleolos. Para diferenciarlos es preciso observar que el verdadero tiene propiedades químicas que le son peculiares, y entre las físicas se nota en gran refringencia.

Durante el primer período de desarrollo de la célula flotan en el jugo nucleolar unos filamentos llamados *cromáticos*, compuestos de una materia ácida rica en fósforo, llamada *nucleína*. Los corpúsculos de esta materia están separados entre sí por el *hialoplasma*.

El agente transformador de la materia bruta es la plastidula protoplasmática; entre tanto el núcleo es el centro de actividad vital que dirige todos los movimientos que se realizan en el seno de la célula.

Puede asegurarse (Gautier) que la célula, vegetal ó animal, está constituida por dos elementos vivientes y activos; el protoplasma trabaja, asimila la materia ambiente y fabrica diferentes materias, formando el almidón, las diastasas, las grasas, la clorófila, los cuer-

pos colorantes, la materia contráctil, las sustancias ósea, cartilaginosa, etc. etc.; mientras el núcleo ordena la armonía de las funciones de la célula, contribuyendo á su conservación y reproducción. (Fig. 14.)

Las modificaciones de la materia inerte en las granulaciones específicas del protoplasma se realizan dando lugar á fenómenos físicos y químicos, así como las reac-

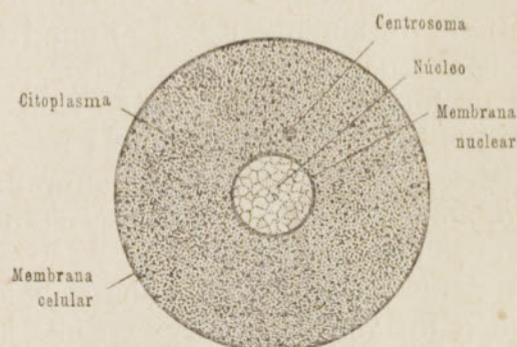


FIG. 14
Una célula típica (esquema)

ciones químicas que se realizan á través de la membrana protoplasmática dan lugar á fenómenos mecánicos, á cambios de forma, relacionados con la vida celular.

Se observa en ésta un incesante trabajo de transformación y de cambio de energías fisico-químicas, según las leyes de un plan uniforme é invariable en todos los casos. El organismo más complicado del grupo vegetal ó animal se desarrollará siempre obedeciendo á la ley general que preside á la evolución del elemento protobiológico. Los principios químicos constitutivos del protoplasma, variando continuamente, determinan la variación en las funciones vitales de la célula, de la cual se origina después la variación de las razas y de las especies.

En este movimiento constante, en este conflicto directo é inmediato de energías y de elementos materiales, figura en primera línea el *agua*, sin la cual no existe la vida en los organismos inferiores, y que sirve de medio ambiente para todas las reacciones químicas que se realizan en los seres vivientes.

Toda disolución de un cuerpo sólido en un líquido produce un desprendimiento de calórico, que corresponde al trabajo necesario para destruir la cohesión de las moléculas del sólido. He aquí un hecho físico vulgar y conocido, del cual ha deducido Sainte-Claire Deville importantes consecuencias para la vida celular. La energía interior de los cuerpos así disueltos aumenta proporcionalmente al calor transformado en afinidad, y este potencial almacenado de cierta manera, contribuye al desdoblamiento de la molécula, produciendo agregaciones, derivados, hidratos, más apropiados que la molécula primitiva para las nuevas combinaciones que han de producir la serie de transformaciones sucesivas.

Los plasmas intracelulares, tanto en la planta como en el animal, hasta cierto punto, son disoluciones poco concentradas de sales y de diferentes materiales orgánicos, que se modifican continuamente, ya lo hemos dicho, según los fenómenos de osmosis, la cantidad relativa de los principios contenidos en la célula, la naturaleza de las membranas dialisantes, etc.

En virtud de las propiedades del agua para facilitar los fenómenos de unión y desunión de los elementos constitutivos de la célula, aparecen en las células animales algunos derivados, más ó menos directos, de los albuminoides, ácidos grasos debidos á la hidratación de las grasas.

Las proporciones, pues, en las cuales entra el agua en la constitución de los seres vivientes, están comprendidas entre ciertos límites, fuera de los cuales es imposible la vida. Este hecho importantísimo, y que no admite excepciones, está comprobado á partir del primer elemento del protoplasma.

En el mecanismo de la vida química de la célula desempeñan también papel importante las sales, por la variedad de fenómenos á que dan lugar, modificando los elementos protoplasmáticos, ó uniéndose á los compuestos intracelulares á los cuales comunican nuevas propiedades.

Las substancias que constituyen el plasma intracelular se encuentran generalmente unidas á la potasa, así como en el líquido extracelular predomina la sosa. De aquí la necesidad de proporcionar continuamente al animal una gran cantidad de sales de sosa, para equilibrar los fenómenos de dialisación de los productos de la actividad vital de la célula, unidas á la potasa, hacia el plasma extracelular.

La acción de las sales en la vida celular influye también favoreciendo las oxidaciones, fijando en las células ciertos principios inmediatos, y obrando en muchos casos como *agentes de compensa-*

ción. Cuando en un plasma se produce un *vacío*, un *hueco molecular*, las sales, atravesando las membranas, llenan este vacío. Y como el vacío molecular no es más que una falta de desarrollo y de actividad del plasma, ó de la célula, se deduce que *la actividad funcional de un órgano, es para una concentración inicial dada, inversamente proporcional á la cantidad de sales solubles del plasma celular correspondiente.* (Winter.)

Más adelante estudiaremos con la debida detención la influencia de los fermentos y las diastasas en la vida celular. Veamos ahora los hechos á que dan lugar las hidrataciones y deshidrataciones, las oxidaciones y reducciones.

M. Berthelot ha demostrado que al hidratarse y transformarse en alcoholes, ácidos, sales amoniacales, etc., los éteres, cuerpos grasos y albuminoides, desprenden grandes cantidades de calor. He aquí cómo estos fenómenos de hidratación proporcionan al organismo una gran cantidad de energía en estado de aplicación inmediata.

La transformación de los albuminoides del protoplasma en grasas, hidratos de carbono, etc., no constituye, pues, una serie de fenómenos de oxidación, sino de fenómenos debidos á la hidratación, comparables á las fermentaciones putrefactas bacteriogenas, no interviniendo el oxígeno en uno ni en otro caso. Por consiguiente, la célula, animal ó vegetal, sin excitación alguna producida por el oxígeno, puede funcionar como célula bacteriica anaerobia; cuya conclusión es de suma importancia para los progresos de la moderna bacteriología.

Análoga importancia tienen para la vida de la célula los trabajos de deshidratación que en ella se realizan. Estos fenómenos se verifican siempre en el seno mismo de la célula y nunca fuera de ella, y en general puede asegurarse que no dependen de los fermentos solubles.

En las plantas es donde pueden ser observados de una manera más sensible estos importantes hechos. La glucosa producida en la hoja aislada se transforma rápidamente en almidón soluble, que se localiza en el tallo, y en almidón insoluble, ó celulosa, probablemente mediante fenómenos de polimerización.

Por el mismo mecanismo se forman en los vegetales los cuerpos aromáticos. (Gautier.)

Según hemos visto, casi todos los fenómenos de hidratación se realizan mediante pérdida de calor. Por el contrario, los de deshidratación recogen la energía calorífica de las transformaciones químicas que se verifican cerca de ellos. Así es como el conjunto de la célula contribuye á los hechos de deshidratación, verdaderos hechos sintéticos, en los cuales entran numerosos elementos químicos.

De la destrucción por oxidación directa y rápida de los hidratos de carbono y grasas, proviene una cantidad de energía calorífica,

que se observa por la elevación de temperatura, independiente del medio exterior, allí donde viven aeróbicamente un animal ó una planta. En éstas la elevación de temperatura es proporcional á la absorción del oxígeno, que vivifica la célula. Tanto en la vida celular de los animales como en la de las plantas, mientras el calor aumenta sensiblemente por el rápido consumo de los cuerpos grasos, de los hidrocarburos ó de los hidratos de carbono, aumentan la proliferación celular y el movimiento vital de la célula, en favor de la estructura de los órganos.

Pero esta oxidación vital se realiza gradualmente, y en una serie indefinida, cuyo término va progresivamente creciendo en pequeñas cantidades.

Paralelamente á los fenómenos de oxidación se observan en la vida celular los no menos notables de reducción, que continuamente se realizan en la planta y en el animal. La ley química de las afinidades que domina por manera universal y absoluta en todo el mundo de la materia, se aplica y se cumple aquí con la admirable generalidad de todas sus manifestaciones.

La acción clorofiliana transforma el ácido carbónico y el agua en sustancias azucaradas ó fenólicas combustibles, y los cuerpos reductores así producidos actúan sobre los nitratos para dar origen á principios nitrogenados cuaternarios y materiales proteicos.

El trabajo mecánico que se realiza en el organismo animal provoca casi idénticos fenómenos de reducción, si bien la energía indispensable para éstos procede de los de oxidación que se realizan en series correlativas.

En todo este conjunto de hechos que afectan á los tejidos vivientes se observa la realización más acabada de las leyes físicas que preceden á las relaciones existentes entre el calor y el trabajo mecánico. ¿«No podrían compararse los tejidos orgánicos á pilas electro-capilares, donde el oxígeno y el hidrógeno se desarrollarían á través de las membranas celulares, gracias á la acción recíproca de las materias activas de la sangre y de las células?» (Gautier.)

Vida celular. — La célula *vive*, es decir, *nace, crece, se desarrolla, se reproduce* y *se transforma*. Los fenómenos de asimilación y desasimilación que constituyen propiamente una serie de funciones digestivas, van acompañados, especialmente en los vegetales, de una serie de transformaciones indispensables para la nutrición del nuevo ser. En los fenómenos de asimilación existe una verdadera reducción de la materia asimilada, así como en la desasimilación se realiza una oxidación de los materiales de la célula.

Además, en la célula se pueden estudiar diversos movimientos interiores en el momento en que se verifica la división celular y de *rotación* y *circulación* en el citoplasma. Otro modo de movimiento celular es el llamado *browniano*, que consiste en una especie de vibración á la cual están sometidas todas las partículas microscópicas de un diámetro inferior á 1μ y que flotan en líquidos de poca densidad.

Cuando la célula está llena de citoplasma, el núcleo ocupa el centro, partiendo de él numerosos filamentos hacia la membrana envolvente, en cuyo caso el movimiento citoplásmico constituye una verdadera circulación celular, á la cual se da el nombre de *cicrosis*. La figura 15 representa diversas fases del movimiento amiboide observadas en los leucocitos de la rana. (Ramón y Cajal.)



FIG. 15

Transformaciones de dos leucocitos de rana (1 y 1) en diez minutos

Los mismos movimientos han sido observados en el núcleo de algunas células vegetales. (Hanstein.)

Los movimientos de traslación, oscilatorios y de contracción, se

observan también en muchas células libres, tanto en los protozoos y protofitos, como en los órganos reproductores. Las bacterias, zoosporos y anterocoides que tienen cirros vibrátiles, son muy móviles. (Figura 16.)

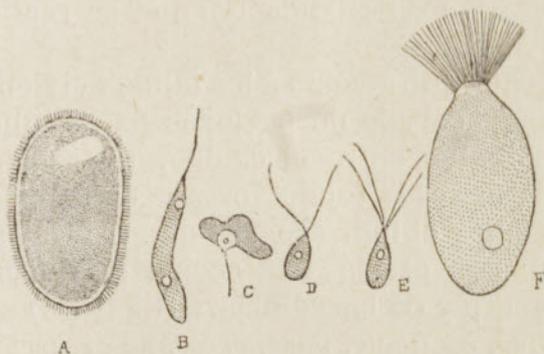


FIG. 16

Órganos reproductores (zoosporas) de diversas criptógamas, provistas de cirro ó cirros vibrátiles

La reproducción de las células es una consecuencia de su nutrición y desarrollo. El procedimiento

natural para la formación de las nuevas células es la *división* ó la *conjugación*.

La primera puede considerarse:

- 1.º División directa [*amitosis*].
- 2.º — indirecta [*mitosis*].

La primera es la más sencilla; en ella el núcleo se alarga, se estira y se rompe por la mitad, sucediendo lo mismo al citoplasma. En este momento se unen los bordes lacerados, apareciendo y completándose la membrana de separación, lo cual da origen á la individualización de los dos nuevos protoorganismos.

La división indirecta (*mitosis* ó *carioquinesis*) se realiza en dos tiempos.

- 1.º División del núcleo.
- 2.º División del cuerpo celular.

En el primero se verifican varios fenómenos en el núcleo y en el protoplasma. Modificase la red de filamentos acromáticos, se deshace ésta y se transforma en un filamento continuo, delgado, largo, con nódulos irregulares, sobre el cual se deposita la *cromatina* (Fig. 17 A.)

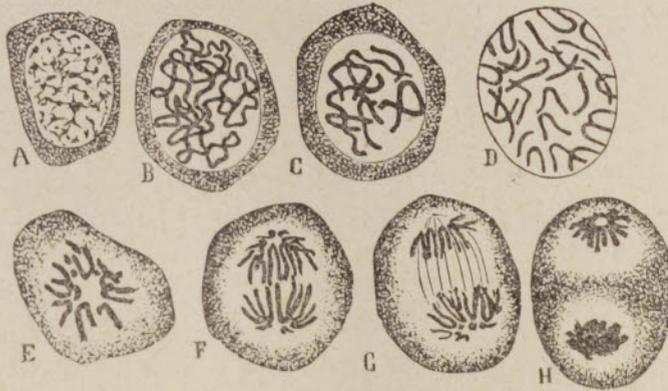


FIG. 17

Fases distintas de la carioquinesis observadas en las larvas de *Salamandra maculosa* (según RAMÓN Y CAJAL)

Después este filamento se acorta, engruesa y forma un cordón (B), desapareciendo las granulaciones. El cordón reticular se fracciona después en varios segmentos C y D, á los cuales se da el nombre de *horquillas nucleares* (*cromosomas*).

Durante este movimiento evolutivo disminuye gradualmente el volumen de los nucleolos, que por último desaparecen, como también la membrana nucleolar, quedando en contacto el líquido nucleolar y el citoplasma. E. F. G. H.

Formado el nodo nucleolar al derredor del centrosoma, se desarrollan finísimas radiaciones (*áster*), y pronto el centrosoma se divide en dos gránulos, que se van separando, pero continuando relacionados por filamentos que forman el *huso central*, *h. e.* (Fig. 18.)

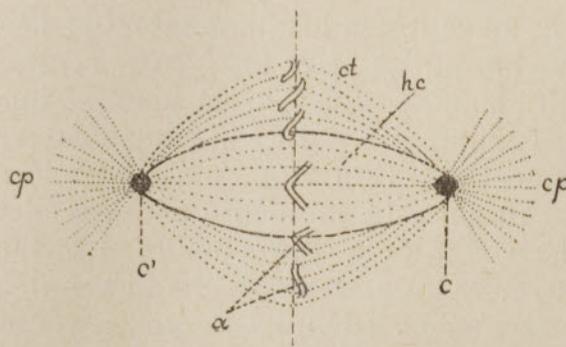


FIG. 18

Metafasis, figura esquemática de DELAGE)
c, c' centrosomas. — *cp*, conos antipodas. — *hc*, huso central. — *ct*, conos atractivos. — *a*, horquillas cromáticas.

Este queda transformado en dos conos (*conos antipodas*) *c p*. Al mismo tiempo aparecen filamentos radiales desde los centroso-

mas al interior del núcleo, los cuales se proyectan sobre las horquillas cromáticas dobles *a*. Estos filamentos radiales *c t* se llaman *conos atractivos*.

Todos estos fenómenos se realizan en el primer periodo de la división nuclear, llamado *profasis*.

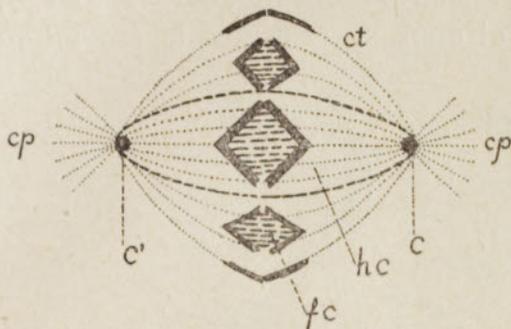


FIG. 19
Anafasis (esquema de DELAGE)

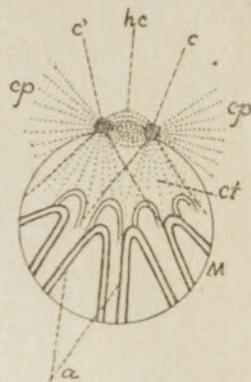


FIG. 20
El centrosoma, el huso central, los conos antipodas y atractivos y las horquillas en la profasis. Esquema de DELAGE)

Después la forma nuclear se presenta compuesta de cuatro elementos esenciales: (Fig. 19.)

- 1.^a Los polos, en los cuales se observa un centrosoma, una esfera atractiva, un áster ó cono antípoda;
- 2.^a El huso central, constituido por los filamentos que van de polo á polo;
- 3.^a Las horquillas cromáticas (cromosomas) colocadas en el ecuador del huso central;
- 4.^a Los conos atractivos cuyo vértice está en los polos, proyectándose sobre las horquillas.

Este segundo periodo de la mitosis se llama *metafasis*.

En el tercer periodo de este desarrollo orgánico, llamado *anafasis*, se contraen los filamentos de los conos atractivos arrastrando las horquillas hacia los polos; sepáranse los dos filamentos de ellas, dirigiéndose uno á cada polo, y quedan las dos partes de cada horquilla, al separarse, relacionadas por medio de los filamentos conectivos. (Fig. 20.)

Desde este momento empieza el desarrollo de los dos núcleos derivados de la célula madre. Las horquillas se deforman, constituyendo un nodo segmentado y uniéndose después los fragmentos en un solo cordón, hasta que, por último, separándose los elementos de éste, se forma en los dos núcleos la red primitiva como en la célula originaria. Queda reconstruida la membrana nuclear y vense de nuevo los nucleolos; va desapareciendo el huso central como también el áster y las esferas atractivas.

La división del cuerpo de la célula es muy sencilla. Tiene su origen en el periodo 3.^o de la división nucleolar. En este momento se forma en la superficie de la célula y sobre el plan ecuatorial del

huso una hendidura que poco á poco va creciendo hasta que divide la célula primitiva en dos de ellas con sus correspondientes núcleos.

Obsérvase, según lo expuesto, que la división del núcleo es muy compleja y supone una serie de evoluciones encaminadas á un solo fin, esto es, dividir la *cromatina* de la célula madre, distribuyéndola por igual entre los núcleos de las células hijas. Y como también se divide de manera análoga el citoplasma, es evidente que á las células segundas pasan los gérmenes contenidos en los elementos orgánicos de las primeras, transmitiéndose así de unos á otros los elementos biológicos necesarios para su existencia individual y colectiva.

La *conjugación* es el procedimiento contrario á la división, según el cual, de dos células se forma una. Las que se unen ó conjugan se llaman *gametas*, y la unión puede ser total ó parcial según que se fundan por completo ó se unan sólo temporalmente las dos gametas.

En el primer caso, la célula resultante es menor que la suma de las componentes, cuyos volúmenes se contraen en el momento de la unión.

Cuando ésta se verifica entre elementos iguales, se llama *isogamia*, y en el caso contrario *heterogamia*.

La conjugación parcial se verifica solamente entre células animales, dando como resultado rejuvenecer y comunicar nueva vida á las células degeneradas por la vejez ó por otras causas. (Delage.)

Cuerpos orgánicos. — Hemos visto que la célula tiene vida individual y propia, pero esta vida no tiene su finalidad en el aislamiento y en la soledad. La vida individual de la célula es inseparable de su vida de relación, mediante la cual se asocia y suma sus energías con las de otras células que, como la primera, viven, se desarrollan y reproducen.

La vida orgánica, resultado de esta asociación de energías individuales, la vida de los seres organizados (ya que hemos de admitir esta clasificación), no es otra cosa que un conjunto de funciones debidas á las modificaciones incesantes de los elementos que componen su organismo. Es la transformación de una energía potencial que se manifiesta mediante cambios en la temperatura, y en el movimiento, y por las modificaciones de los principios químicos compuestos. Así es que la vida de los seres orgánicos sólo se nos manifiesta mediante fenómenos mecánicos, físicos ó químicos, que ponen en juego fuerzas susceptibles de medida, ó mediante la disposición ó el *plan* de los fenómenos que en ellos se realizan.

El animal ó el vegetal son seres *organizados*, esto es, «constituídos por una agrupación de materiales unidos entre sí, según el *plan* que cada ser ha recibido de un ser semejante á él, y que él mismo transmite al ser procreado por la materia de la generación.» (Gautier.)