Este carácter recibe el nombre de *anticodon:* está formado, como el codon, por tres bases (tripletes) escogidas entre el uracilo, la guanina, la citosina y la adenina.

Con cuatro bases se pueden obtener cuatro tercios o sesenta y cuatro codones diferentes, lo que es suficiente para marcar con una señal de reconocimiento cada aminoácido (Fig. 90).

El ARNt que transporta al aminoácido posee la estructura siguiente:

— en un extremo el anticodon: este anticodon es el que por complementariedad estérica se adapta al codon del ARNm;
— en el otro extremo se encuentran igualmente tres bases, CCA, que se presentan siempre en este orden, sea cual sea el ARNt considerado;
— el aminoácido transportado está ligado a la adenina por un enlace covalente.

Este ARNt portador de un aminoácido va a dirigirse hacia un ribosoma en cuya hendidura está introducida una molécula de ARNm.

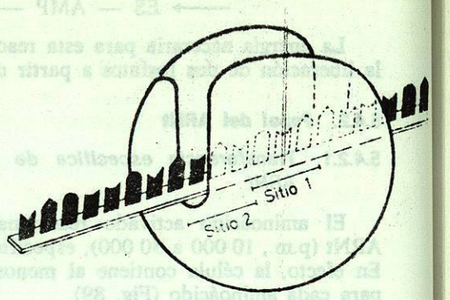


Fig. 91. *Papel del ribosoma y del ARNm en la síntesis de proteínas.*

5.5. COLOCACION DEL AMINOACIDO Y ENLACE EN UNA SECUENCIA ESPECIFICA

5.5.1. Es aquí donde interviene el ARNm

Recordemos:

— que hay una clase de ARNm para cada molécula sintetizada;
— que el ARNm tiene una estructura complementaria de la de la cadena de ADN que ha inducido su síntesis;
— que el orden de sus bases y, por tanto, de sus codones ha sido determinado por la molécula de ADN (es decir, por los tripletes de esta molécula).

5.5.2. Relación entre el ARNm y el ribosoma

La subunidad 30 S del ribosoma es la que va a intervenir en las operaciones siguientes y la que permitirá la asociación de los ac. NH_2 en el orden predeterminado (Fig. 91).

El ARNm se coloca en la hendidura que presenta una de las caras del ribosoma: se puede comparar el ARNm con una banda magnética que contenga, bajo la forma de señales, un mensaje, estando el ribosoma a la cabeza de la lectura.

El ribosoma, al comienzo de la lectura del mensaje, se coloca en el origen de la molécula de ARNm.

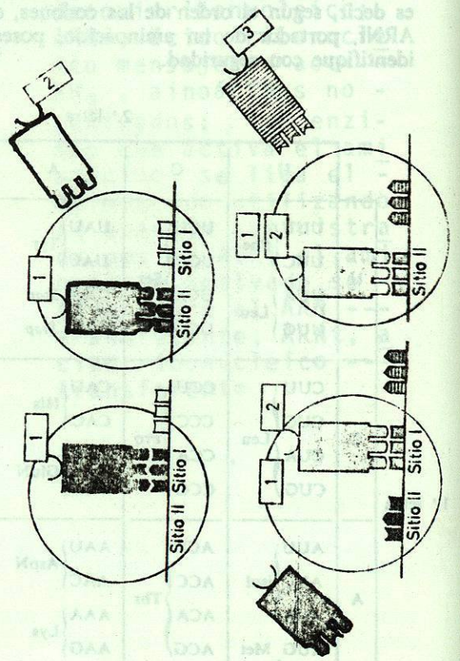


Fig. 92. *Mecanismo de la síntesis de proteínas.*

El ribosoma posee dos lugares específicos para el ARNt (Fig. 92):

— un lugar 1, donde el *anticodon* del ARNt se liga por complementariedad estérica a tres bases vecinas (tripletes o codones) del ARNm.
— un lugar 2, donde el ARNt se une, por medio del aminoácido que transporta, a otro aminoácido anteriormente colocado.

Este sistema funcionaría así: el ARNt portador de un aminoácido I va a fijarse por su anticodon sobre el codon del ARNm situado en el fondo de la hendidura, a condición de que el anticodon y el codon tengan una forma complementaria: esto ocurre en el lugar 1.

El ARNm se desplaza luego ligeramente, de tal forma que el aminoácido I fijado sobre el codon venga a situarse en el lugar 2. El ARNt se libera del aminoácido I, que queda colocado, fijado sobre el ribosoma, y es expulsado del lugar 2.

En este momento, otro ARNt portador de un aminoácido II se fija sobre el codon del ARNm situado en el lugar 1; el ARNm se desplaza luego de forma que el aminoácido II fijado sobre su codón viene a situarse en el lugar 2. El ARNt se libera del aminoácido II, que queda colocado fijándose por un enlace peptídico al aminoácido I, mientras que el ARNt es expulsado del lugar 2.

Se reproducirá la misma operación para las centenas o millares de aminoácidos que van a formar una proteína.

2.2.3. Clasificación de los aminoácidos

2.2.3.1. *Aminoácidos alifáticos*

A. *Aminoácidos monocarboxílicos* ($H_2N—R—COOH$):

glicocola . . . . . $H_2N—CH_2—COOH$

alanina . . . . . $CH_3—CH(NH_2)—COOH$

valina . . . . . $(CH_3)_2CH—CH(NH_2)—COOH$

leucina . . . . . $(CH_3)_2CH—CH_2—CH(NH_2)—COOH$

isoleucina . . . . . $CH_3—CH_2—CH(CH_3)—CH(NH_2)—COOH$

B. *Aminoácidos con grupos oxidrilo* [$H_2N—R(OH)—COOH$]

serina . . . . . $CH_2OH—CH(NH_2)—COOH$

treonina . . . . . $CH_3—CHOH—CH(NH_2)—COOH$

C. *Aminoácidos con azufre:*

cisteína . . . . . $HS—CH_2—CH(NH_2)—COOH$

metionina . . . . . $CH_3—S—CH_2—CH_2—CH(NH_2)—COOH$

CAPILLA ALFONSINA

D. *Aminoácidos dicarboxílicos* [$H_2N—R=(COOH)_2$]

ácido aspártico . . . . . $HOOC—CH_2—CH(NH_2)—COOH$

ácido glutámico . . . . . $HOOC—CH_2—CH_2—CH(NH_2)—COOH$

E. *Diaminoácidos* [$(H_2N)_2=R—COOH$]

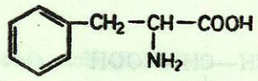
lisina . . . . . $H_2N—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH(NH_2)—COOH$

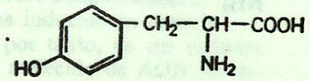
hidroxilisina . $H_2N—CH_2—CHOH—CH_2—CH_2—CH(NH_2)—COOH$

arginina . . . $H_2N—C(=NH)—NH—CH_2—CH_2—CH_2—CH(NH_2)—COOH$

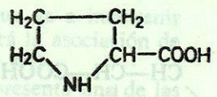
2.2.3.2. *Aminoácidos cíclicos*

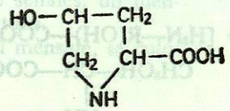
A. *Aminoácidos aromáticos:*

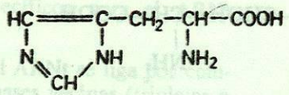
fenilalanina . . . . . 

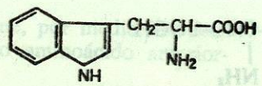
tirosina . . . . . 

B. *Aminoácidos heterocíclicos:*

prolina . . . . . 

oxiprolina . . . . . 

histidina . . . . . 

triptófano . . . . . 

En total son veinte aminoácidos.

Caracteres exclusivos de la célula vegetal

PARED CELULAR. Ésta, es una de las características más sobresalientes de la célula vegetal. Consiste de una envoltura moderadamente rígida de material inerte (colocada por fuera de la membrana celular), que rodea a cada uno de los protoplastos Aunque es sintetizada y secretada por el citoplasma de la célula vegetal, estrictamente hablando no puede considerarse esta pared celular como un componente de la célula, sino como un depósito extracelular. En la mayoría de las plantas verdes, está compuesta principalmente de un carbohidrato muy complejo llamado *celulosa* y según el tipo de célula vegetal de que se trate, además de la celulosa, puede tener varias sustancias, incluyendo sales, lignina (material orgánico complejo responsable de la propiedad leñosa de ciertas plantas), sustancias parecidas a las grasas repelentes al agua tales como *ceras* y *suberina*

La pared celular varía considerablemente en grosor dependiendo del tipo de tejido vegetal y de las condiciones de crecimiento. En células vegetales maduras consiste, por lo regular, de tres capas y casi siempre es mucho más gruesa que la membrana celular adyacente. A diferencia de la membrana celular, es permeable a la mayoría de las moléculas y no controla el paso de materiales hacia dentro y hacia afuera de la célula. En efecto, la pared celular es una especie de armazón que le sirve a la célula vegetal para proteger, mantener y servir de apoyo a la célula y a la planta en general. Se cree que estas paredes celulares son atravesadas por filamentos de citoplasma estableciéndose así un sistema protoplásmico conectivo continuo que permite las uniones celulares y de las diferentes porciones del vegetal. La presencia en las bacterias y hongos de esta pared celular, aunque de composición aparentemente diferente a la de las plantas superiores, ha sido utilizada por algunos biólogos como criterio para designar a estos organismos dentro del grupo de los vegetales. Así, la aparición de esta pared celular en un solo estado del ciclo de vida de los hongos mucosos ha servido para clasificarlos dentro del reino vegetal.

Muchas células animales también depositan materiales extracelulares alrededor de la superficie externa de sus membranas celulares. Estos depósitos no contienen celulosa o cera, varían considerablemente en su composición y se les llama *sustancias intersticiales*. A diferencia de esta pared celulósica, estas sustancias no tienen una organización definida y no dan el efecto de una estructura a manera de una pared. En la mayoría de los tejidos vegetales, la sustancia intersticial actúa como un cemento que mantiene unidas a las células; se extiende al hincharse la célula, ofreciendo poca o ninguna protección contra las rupturas del protoplasto. Cuando la célula pierde agua se adapta a la forma que toma al contraerse. Por el contrario, las membranas celulósicas o paredes celulares de las plantas superiores, bacterias y hongos, mantienen más o menos su forma y tamaño, a pesar de los cambios en volumen del protoplasto debido a los cambios en contenido de agua, evitando así la ruptura del protoplasto.

En los huesos, la sustancia intersticial está constituida en su mayor parte de una matriz amorfa con carbonato de calcio (sales), junto con materiales orgánicos secretados por las células óseas, formando así la masa del tejido. En otros tejidos, tales como el cartílago, la piel de los insectos de los mamíferos y en tejidos de cicatrización, esta sustancia intersticial varía en composición y propiedades. En ciertos animales unicelulares, la matriz secretada toma la forma de una cubierta elástica protectora llamada *película*.

PLASTOS. Son estructuras citoplásmicas únicas que se encuentran en las células de las plantas superiores y en ciertos organismos unicelulares pero nunca en las células de animales superiores. Aunque su tamaño, forma y color pueden variar de manera considerable, según el tejido de que se trate, del organismo y de las condiciones de desarrollo, a menudo se presentan en forma de cuerpecillos discoidales o esféricos que se encuentran libremente en el citoplasma.

Los plastos están agrupados generalmente en dos clases: los incoloros o *leucoplastos* y los pigmentados o *cromoplastos*. Los primeros se encuentran a menudo en las plantas que no están expuestas a la luz e intervienen en la formación y almacenamiento de gránulos de almidón y gotas de grasa. Los plastos más importantes llamados *cloroplastos*, Fig. 3-10 los cuales contienen el pigmento verde llamado *clorofila* que da el color característico a las plantas. Los cloroplastos, como la mayoría de los otros plastos, son arrastrados por las corrientes celulares del interior de la célula; su tamaño varía de 3 a 7 micras. Varias formas de vegetales inferiores tales como las algas verdes pueden presentar un cloroplasto único y grande en cada una de sus células, mientras que las algas azules primitivas carecen de una estructura dispersa en el protoplasma. Otros tipos de cromoplastos se presentan a menudo en frutos y flores conteniendo pigmentos diferentes a la clorofila, los cuales les dan el color característico a sus tejidos.

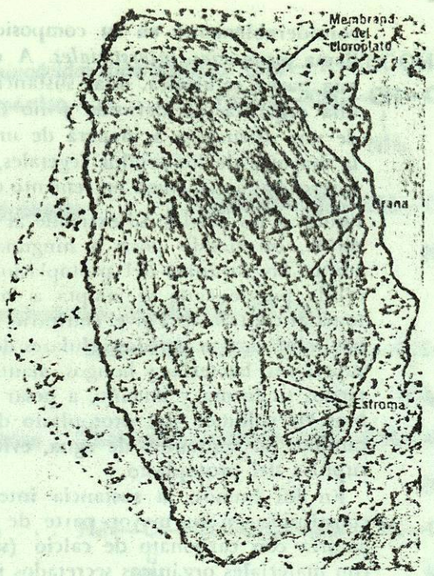


Fig. 3-10 Micrografía electrónica de un cloroplasto en una célula del maíz. Amplificación 40,000X (Cortesía del Dr. A. E. Vatter, Scient. Amer.)

Los diversos tipos de plastos están relacionados unos con otros, desde el momento en que un tipo de ellos puede transformarse en otro. Al exponer a la luz tejidos incoloros de plantas, tales como raíces o las células del tubérculo de la papa, se tornan verdes debido a la formación de clorofila en los leucoplastos, los cuales más tarde se transforman en cloroplastos funcionales. Aunque los cloroplastos y otros tipos de plastos se multiplican por simple división, ésto no tiene necesariamente relación con la división celular. La naturaleza del origen de los plastos a partir del citoplasma aún se desconoce. Algunos investigadores consideran a los plastos íntimamente relacionados con las mitocondrias en vista de su relativa similitud en composición química y enzimática. Los cloroplastos se parecen a las mitocondrias por su riqueza proteínica y su composición grasa, en su pequeño, pero definido contenido de DNA y menos por su composición enzimática. La ausencia virtual de ácido ribonucleico en los cloroplastos, contrasta notablemente con la riqueza que presentan las mitocondrias (y ribosomas).

La clorofila se presenta en la mayor parte de las plantas superiores en forma de dos pigmentos verdes ligeramente diferentes en su estructura química y que se designan como clorofila *a* y clorofila *b* . Se localizan exclusivamente en los cloroplastos (excepto en las algas azules) y es un material necesario para el importantísimo proceso de la fotosíntesis, donde la energía luminosa solar se transforma en energía almacenada en los enlaces químicos de sustancias orgánicas. Estas sustancias a su vez sirven como la última fuente energética para todas las plantas y animales de nuestro planeta. El microscopio electrónico ha demostrado ser un instrumento indispensable para desentrañar la fina estructura del cloroplasto, de las mitocondrias y del retículo endoplásmico. Los cloroplastos de las plantas superiores, al igual que otros plastos, están rodeados por una membrana con propiedades semipermeables. Cada cloroplasto está constituido internamente de: *a*) áreas granulares no verdes que reciben el nombre de *estroma* y b) unidades discoidales diminutas llamadas *grana* constituidas de laminillas paralelas empotradas en el estroma. En apariencia, la clorofila, las proteínas y los lípidos, incluyendo los *carotenoides* se colocan en capas precisas para constituir los grana. Los estudios con el microscopio electrónico han revelado recientemente que las laminillas contienen repetidamente una unidad estructural llamada *quantosoma* , la cual se cree representa la unidad fotosintética fisiológica.

VACÚOLAS. Son características del citoplasma de las células vegetales maduras y se encuentran menos difundidas en ciertos animales unicelulares. Esencialmente están formadas de una fina cubierta o bolsa citoplásmica llamada *membrana vacuolar*, la cual está llena de un flúido o *jugo celular*. El jugo celular en su mayor parte está formado de agua y de una variedad de sustancias disueltas incluyendo sales, azúcares, ácidos orgánicos y pigmentos. Las vacuolas están ausentes o bien son muy pequeñas en aquellas células en división, metabólicamente activas, así como en las células jóvenes. En la mayoría de las células vegetales maduras la vacuola a menudo ocupa la mayor parte del volumen de la célula, confinando al núcleo y al protoplasma a la periferia celular, junto a la membrana celular. Algunas veces parece como si el núcleo estuviera confinado dentro de la vacuola, impresión errónea, debido al hecho de que el núcleo está suspendido totalmente en la periferia del citoplasma, adentrándose en la membrana vacuolar. Muchos tipos de células animales, especialmente en secciones fijas, muestran pequeñas vacuolas o vesículas que ocupan un volumen muy pequeño de la célula y que tienen una existencia efímera, pues aparecen y desaparecen de manera constante.

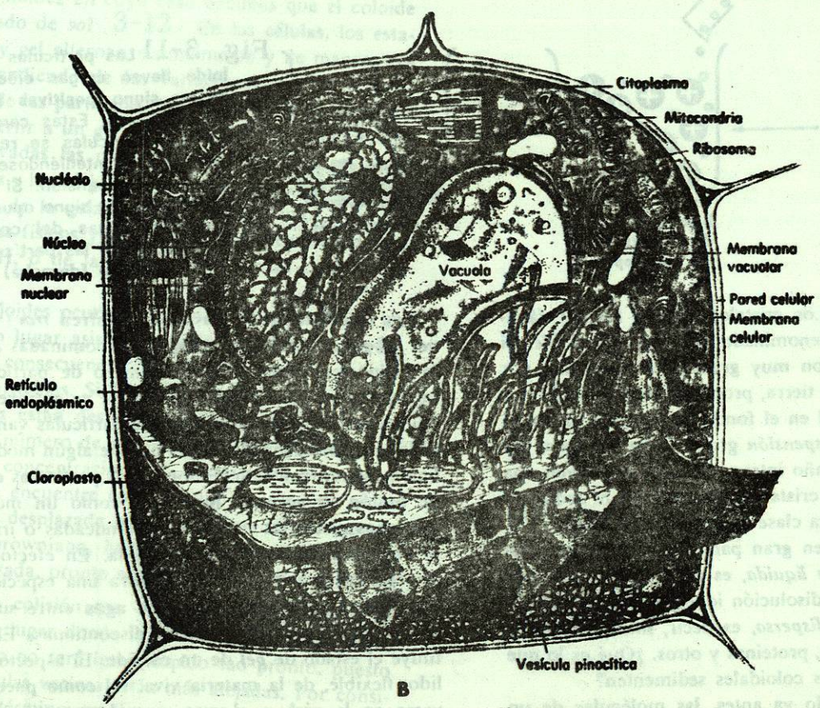
Los pigmentos del jugo celular, así como los cromoplastos, son a menudo los determinantes de la coloración de las partes toscas de los vegetales; en las plantas superiores, el rojo, azul y el color púrpura de hojas, flores, frutos y tallos se debe a una clase de pigmento determinado genéticamente, las *antocianinas*, las cuales están disueltas en el flúido vacuolar. Aunque las vacúolas de las plantas mantienen el turgor de la célula y sirven para almacenar diversas sustancias de reserva y de desecho, es posible que desempeñen otra función aún no bien determinada.

En los animales unicelulares, las vacuolas son de tipo diferente a las de plantas superiores, puesto que desempeñan cierto número de funciones muy importantes y totalmente definidas. En *Amoeba*, por ejemplo, hay cuando menos dos tipos de vacuolas funcionales especializadas; las *alimenticias* o *digestivas* y las vacuolas *contráctiles* que se describirán en el capítulo siguiente.

OTRAS INCLUSIONES CITOPLÁSMICAS. Dependiendo de la condición metabólica, edad y especialización de las células vegetales, se pueden acumular en el citoplasma ciertos depósitos, en su mayoría de naturaleza orgánica; por ejemplo: granos de almidón, constituidos por capas concéntricas; algunas veces son tan grandes como un leucoplasto, del cual se originan. Estos granos algunas veces son muy abundantes en las células vegetales, por ejemplo, en el tubérculo de papa.

El citoplasma también puede tener glóbulos de grasa dispersos, cristales de sales orgánicas e inorgánicas, resinas y otras sustancias, incluyendo gránulos de secreción observados en células secretoras; siendo estos últimos muy frecuentes en tejidos animales glandulares. Las diversas inclusiones citoplásmicas generalmente son productos o subproductos del metabolismo celular. Al acumularse pueden servir como medio de excreción o de reserva y se les considera entonces como un indicio de senectud en ciertas células.

En resumen, las dos características más significativas de la célula vegetal son la presencia de la pared celular y del pigmento fotosintético llamado clorofila, siendo el primer carácter el más básico. Los hongos y las bacterias, por ejemplo, poseen pared celular y en la mayoría de los casos carecen de clorofila. Estos organismos están colocados en la mayoría de los sistemas de clasificación en el reino vegetal; mientras que ciertos organismos unicelulares (por ejemplo, *Euglena*, , los que poseen clorofila y efectúan la fotosíntesis, están clasificados frecuentemente en el reino animal, debido a la carencia de esta pared celular. Un hecho estructural que se asocia comúnmente con los animales es el centrosoma, aunque también está presente en ciertas plantas inferiores. La presencia de pared celular en células vegetales, clorofila y centrosoma en las células animales, constituyen las bases fundamentales para distinguir a las células vegetales de las animales.



B, esquema de una célula vegetal típica.

CARACTERISTICAS FISICAS DE LA CELULA

Sabemos, además, que la materia viva consta de numerosos materiales que no se disuelven en el agua sino que permanecen en suspensión. Entre estos materiales están, por ejemplo, las grasas y gran número de moléculas tales como algunos polisacáridos, proteínas y los ácidos nucleicos. Por constar parcialmente de componentes disueltos y parcialmente de componentes en suspensión, la sustancia viva presenta una organización *física* particular sobrepuesta y resultante de la organización química. Dirigiremos ahora nuestra atención hacia esas características físicas de la materia viva.

Organización física

COLOIDES

Cualquier sistema líquido en el que se encuentran partículas de otro material puede considerarse como perteneciente a una de tres categorías distintas, dependiendo del tamaño de las partículas sólidas. Si todas estas partículas son muy pequeñas, como, por ejemplo, pequeños iones o moléculas, entonces el sistema es una

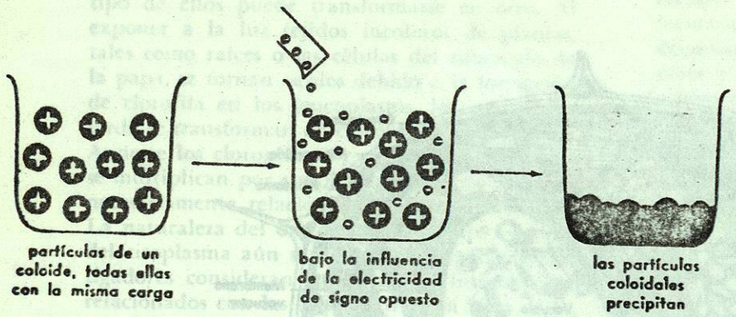


Fig. 3-11 Las partículas de un coloide llevan cargas eléctricas del mismo signo, positivas (izquierda) en este caso. Estas cargas hacen que las partículas se repelan mutuamente, manteniéndose de este modo en suspensión. Si se añade electricidad de signo opuesto (centro), las cargas del coloide son neutralizadas y las partículas precipitan (derecha)

solución verdadera. Los cristales pueden formar fácilmente este sistema, denominado por ello *cristaloide*. Si todas las partículas son muy grandes, del tamaño, por ejemplo, de granos de tierra, pronto se sedimentarán por acción de la gravedad en el fondo de un vaso, denominándose el sistema *suspensión* grosera. Pero si todas las partículas son de tamaño intermedio no constituyen una solución, es decir, no cristalizan fácilmente, ni sedimentan. Un sistema de esta clase se denomina *coloide*.

El protoplasma es en gran parte un sistema coloidal constando de una *fase líquida*, es decir, constituida por agua que contiene en disolución iones y pequeñas moléculas, y de una *fase dispersa*, es decir, macromoléculas insolubles como grasas, proteínas y otros. ¿Qué es lo que evita que las partículas coloidales sedimenten?

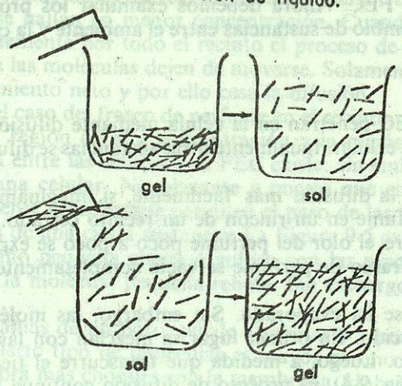
Según se ha indicado ya antes, las moléculas de un líquido vibran continuamente, tanto más cuanto más elevada sea su temperatura Cuando se congela el líquido, este movimiento molecular se reduce intensamente, mientras que por encima de un punto de ebullición, las moléculas se mueven con tanta rapidez que muchas de ellas se escapan, es decir, el líquido se vaporiza muy rápidamente. Si se hallan presentes en un líquido partículas dispersas estarán sacudidas y bombardeadas constantemente por las moléculas del líquido en movimiento. Las partículas muy grandes no están afectadas por estas débiles fuerzas y caen al fondo del vaso, pero las partículas coloidales, más pequeñas, son empujadas hacia adelante y hacia atrás, hacia arriba y hacia abajo. Debido a ello la fuerza de la gravedad puede ser contrarrestada parcial o totalmente, quedando de este modo las partículas en suspenso. Este movimiento al azar de pequeñas partículas se denomina ***movimiento browniano***, siendo fácilmente visible al microscopio.

El movimiento browniano contribuye a evitar la sedimentación de las partículas coloidales, pero éstas no pueden permanecer en suspensión debido únicamente a esta fuerza. Los coloides se mantienen dispersos debido a sus *cargas eléctricas*. Todas las partículas sólidas de un sistema coloidal determinado son electropositivas o electronegativas y, puesto que las cargas del mismo signo se repelen, las partículas permanecen separadas. Si la carga de las partículas es neutralizada por electricidad de signo opuesto entonces las partículas coloidales se precipitan

Fig. 3-11

Los coloidales protoplasmáticos sufren *transformaciones sol-gel* de carácter reversible, denominadas asimismo *inversiones de fase*. Si gran número de partículas son incorporadas a un coloide, o bien se va extrayendo gradualmente el agua del mismo, las partículas van estando cada vez más agrupadas hasta que de algún modo entran finalmente en contacto. Entonces las partículas en forma de bastón se agrupan formando como un montón de pequeños palos; las partículas redondeadas o irregulares se engarzan de manera complicada. En efecto, la fase dispersa originaria constituye ahora una especie de red esponjosa continua que contiene agua entre sus mallas en forma de pequeñas gotitas discontinuas. Ello constituye el estado de *gel* de un coloide. El aspecto casi sólido, flexible, de la materia viva, tal como puede observarse en la piel, o el que generalmente presentan las

Fig. 3-12 Inversiones de fases. Un gel puede transformarse en sol por adición de más líquido (parte superior) o por extracción de partículas sólidas. Un sol puede transformarse en gel por adición de nuevas partículas sólidas (parte inferior) o por extracción de líquido.



proteínas coloidales, como la gelatina, es debida a su condición de gel. Podemos comprender ahora en virtud de ello cómo incluso organismos como las medusas, que contienen hasta un 90 por ciento o más de agua pueden conservar una forma y configuración muy definidas.

Inversamente, la adición de agua a un sistema coloidal, o la extracción de partículas dispersas, determina una mayor fluidez en cuyo caso decimos que el coloide está en estado de *sol* 3-12 En las células, los estados de sol y gel alternan normalmente y de manera repetida, dependiendo de las variaciones locales de concentración de las partículas. Un aumento de temperatura puede convertir a un gel en un sol, ya que a temperaturas más elevadas las partículas coloidales del gel están más agitadas y la red gelatinosa se destruye (por ejemplo, licuefacción de la gelatina por calentamiento). Muchos otros factores físicos y químicos, como elevación o descenso del pH, o de la presión, afectan las condiciones de sol-gel.

En los coloides ocurren *movimientos migratorios*, los cuales tienen lugar asimismo en las disoluciones verdaderas, como consecuencia directa del movimiento térmico de las partículas. Si los iones, moléculas, o partículas coloidales están desigualmente distribuidas, tendrán lugar mayor número de colisiones en las regiones donde mayor sea la concentración. Así, por ejemplo, si una partícula que se encuentre en el círculo superpuesto en la 3-13 es desplazada por movimiento térmico, o por bombardeo browniano, *hacia* una región de concentración más elevada, pronto será detenida en su trayectoria por entrar en colisión con otras partículas. Pero si es *alejada* de un lugar donde la concentración es elevada, su movimiento no será interrumpido tan pronto, puesto que las partículas vecinas están más alejadas. Por consiguiente, por término medio es desplazado un mayor número de partículas en las regiones más diluidas que en las más concentradas; hasta que con el tiempo, las partículas quedan distribuidas homogéneamente en todo el sistema. Esta homogenización resultante de la emigración de las partículas, recibe el nombre de *difusión*.

La difusión juega un papel importante en la materia viva. Así, por ejemplo, ocurre con frecuencia dentro de una célula que las partículas estén distribuidas heterogéneamente. La difusión tenderá a igualar la distribución. Evidentemente, éste es el único medio por el que los materiales del protoplasma pueden efectuar migraciones.

Una propiedad importante del protoplasma, debida a su constitución coloidal es la de que, como veremos a continuación, tiende a formar *membranas*.