

## CARIOQUINESIS PLURIPOLAR

En las células gigantes ó mieloplaxias de la médula ósea (Denys), en las células de los tejidos patológicos (Arnold, Hanse-mann, Cornil, Schottländer, Denys, Cajal, etc.), en las células gigantes del hígado embrionario (Kostanecki), en los óvulos del *strongylocentrotus* tratados por la quinina (O. Hertwig), etc., se advierte que el reparto de las asas cromáticas en la fase de ovillo, en vez de conducir á la formación de dos estrellas hijas, puede abocar á la construcción de tres, cuatro ó más de estas figuras, cada una de las cuales se transformará en un núcleo en descanso.

Este fenómeno se debe probablemente á la multiplicación excesiva de las esferas atractivas, seguida de la construcción de dos, tres ó cuatro husos acromáticos, en torno de cuyos ecuadores se reparten los cromosomas. En la fase de estrella madre, los cromosomas forman una figura complicada, pues se continúan las que rodean un huso con las que dependen de los otros, y al ocurrir la excisión longitudinal de los cromosomas, engén-dranse cuatro, seis ó más estrellas hijas, es decir, un número doble del de los husos acromáticos.

**Relación entre la mitosis y las esferas atractivas.** — Hasta ahora no hemos estudiado la esfera atractiva en sus relaciones con el acto mitótico; lo haremos más adelante al tratar de la conjugación.

Por el momento, conviene hacer constar que muchos histólogos (van Beneden, Rabl, Flemming, Heidenhain) estiman que la esfera atractiva representa un órgano constante del protoplasma, cuya misión es iniciar el movimiento carioquinético. Al efecto, y antes que la cromatina nuclear sufra cambios importantes, la esfera atractiva se segmentaría, y las dos esférulas resultantes se apartarían, corriéndose por fuera de la membrana nuclear; una vez formado el huso acromático y desaparecida dicha membrana, estos granitos vendrían á constituir los dos puntos brillantes que destacan en los polos de aquél. Si semejante división de las esferas atractivas no puede sorprenderse en la mayor parte de los elementos en vías de mitosis, ello dependería de la pequeñez de las mismas. Por el contrario, los óvulos de los invertebrados (*asteria*, *vermes*), cuyas esferas son gruesas, y, por tanto, bien perceptibles, permitían seguir el fenómeno con toda facilidad. En muchas células, la esfera atractiva es doble, y no es, en consecuencia, necesaria una división preliminar de la misma.

**Esquema de Rabl sobre la segmentación mitótica.** — La influencia de la división de las esferas atractivas sobre la formación de las figuras cromáticas es difícil de comprender, así como la construcción del huso que tanta influencia parece tener en la posición y movimientos de las asas cromáticas. Para dar alguna idea de este mecanismo, Rabl ha imaginado el adjunto esquema del núcleo en descanso (fig. 78). Los hilos primarios ó gruesos del armazón nuclear aparecen formando horquillas, cuyos codos miran á la zona polar, en la cual, y sobre la membrana, descansa la esfera atractiva. Los ángulos de las horquillas únense mediante finos hilos al grano polar ó esfera atractiva que recibe por el opuesto lado la inserción del retículo protoplásmico. Con estos antecedentes, veamos cómo se realiza el fenómeno quinético.

Bajo la provocación de un estímulo exterior, el retículo protoplásmico reacciona, contrayéndose y tirando en dirección opuesta de la esfera atractiva; ésta se duplica, y acto seguido se dividen á lo largo los hilos acromáticos que la enlazan á las horquillas. En tal situación, las esferas atractivas se han apartado mucho, colocándose casi en puntos opuestos del núcleo; y los dos haces producidos por la división de los hilos acromáticos se han convertido en el huso ó fascículo de fibras pálidas, á cuyo alrededor se establecerá la estrella madre. Por último, los ángulos de las asas, de los que tiran los dos medios husos recién formados, acaban por excindirse también longitudinalmente, de donde la formación de la placa ecuatorial, estrellas hijas, etc.

No todos los autores están de acuerdo con el esquema de Rabl. Flemming, sobre todo, lo combate con argumentos de fuerza, entre los cuales el más importante nos parece ser la frecuente producción de la excisión longitudinal en estadio de ovillo, es decir, antes de que los medios husos acromáticos aparezcan y puedan tirar de los cromosomas. También se duda por algunos de la contractilidad de los filamentos del huso. Así, Reinke se inclina á atribuir la dislocación de los cromosomas en las distintas figuras mitóticas á los movimientos libres, amiboides, de los mismos.

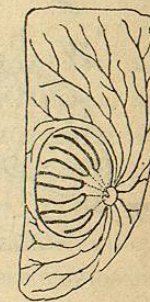


Fig. 78. — Esquema de Rabl, que muestra la estructura hipotética de la célula y núcleo en descanso.

## CONJUGACIÓN

La formación celular por conjugación, ocurre solamente en la producción de la primera célula del embrión, tanto de los animales como de las plantas.

En la conjugación hay que distinguir tres actos sucesivos : 1.º, reducción cromática ó expulsión de una parte de los filamentos del núcleo del zoospermo y del óvulo ; 2.º, penetración del zoospermo en el protoplasma del óvulo y construcción de una figura cromática conjugada ; 3.º, carioquinesis subsiguiente.

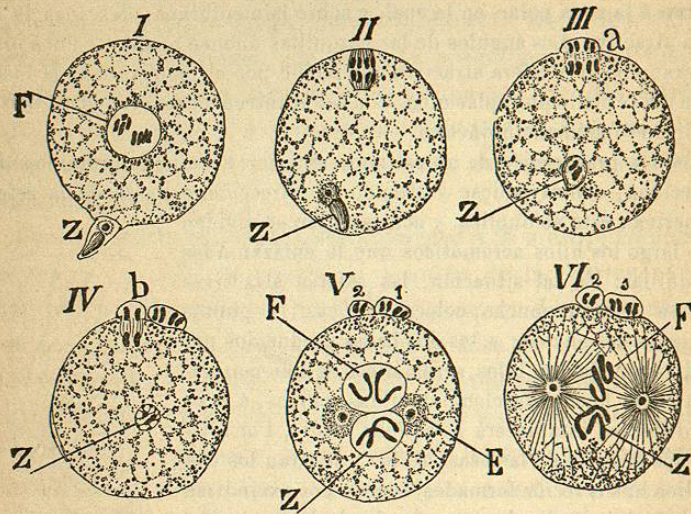


Fig. 79. — Fases del proceso de la conjugación y del de la eliminación de los corpúsculos polares en el óvulo del *ascaris megaloccephala*, según O. Hertwig.

F, núcleo femenino ; Z, zoospermo ó núcleo derivado del zoospermo ; E, esfera atractiva ; a, formación del primer corpúsculo polar ; b, formación del segundo corpúsculo polar.

*Fase I.* El zoospermo Z, penetra en el óvulo. — *Fase II.* El núcleo del óvulo se prepara para eliminar el primer corpúsculo polar. — *Fase III.* Eliminación del primer corpúsculo polar y transformación del zoospermo en núcleo. — *Fase IV.* Eliminación del segundo corpúsculo polar y fase de descanso del núcleo masculino. — *Fase V.* Aproximación de los núcleos masculino y femenino, cada uno de los que posee dos asas cromáticas. — *Fase VI.* Formación de una estrella madre con las cuatro asas cromáticas, de las que dos son masculinas y dos femeninas.

**Proceso de reducción.** — Llamado también *maturación* de las células sexuales, consiste esencialmente en la expulsión, á beneficio de dos actos mitóticos simplificados, de una parte de la cromatina nuclear, con el fin quizá de evitar la duplicación de

esta materia después de la reunión, en una unidad nuclear, de los dos núcleos ovular y zoospermico. Este curioso proceso, cuyas fases han podido seguirse bien en los equinodermos (*asteria glacialis*) y en los vermes (*ascaris megaloccephala*), es el obligado precedente de la fecundación y recae tanto en el zoospermo como en el óvulo. Existen todavía puntos dudosos en lo concerniente á las fases y mecanismo de la reducción; nosotros, á fin de aparecer más claros, evitaremos toda discusión, indicando lo más substancial de las investigaciones de Fol, van Beneden, Boberi, Hertwig, Carnoy, van Gehuchten, etc.

*Reducción en el óvulo.* — En esta descripción nos referiremos sobre todo al óvulo del *ascaris megaloccephala*, donde el proceso ha podido estudiarse más detalladamente que en los equinodermos y vertebrados inferiores.

El óvulo maduro ó casi maduro del *ascaris* del caballo, contiene un protoplasma granuloso, salpicado de inclusiones, una fina membrana de cubierta, y un núcleo provisto de ocho bastoncitos cromáticos, seis de los cuales deben ser eliminados. Las fases principales del fenómeno son :

1.º El núcleo pierde su membrana y se hace periférico; llegado cerca de la superficie celular, surge entre los bastoncitos cromáticos un huso de cortas dimensiones (fig. 79, II), en torno del cual, estos últimos se alinean en dos haces de á cuatro hilos cada uno.

2.º Divídese ecuatorialmente el pequeño huso formado y sepárase del cuerpo celular un trozo de protoplasma periférico, que arrastra consigo cuatro bastones cromáticos (fig. 79, III). El corpúsculo independiente que resulta, sitúase por fuera del óvulo y toma el nombre de *primer corpúsculo polar*.

3.º Acto continuo y sin que preceda fase de descanso, ni de ovillo, engéndrase otro huso en el mismo paraje del anterior, y los cuatro bastoncitos que en el óvulo quedaron se reparten en dos grupos (fig. 79, IV). Una nueva é idéntica segmentación periférica del protoplasma, origina el *segundo corpúsculo polar*; de este modo el núcleo ovular queda reducido á dos filamentos cromáticos. Los dos corpúsculos polares no se aprovechan para nada, degenerando y destruyéndose ulteriormente.

*Reducción en los zoospermos.*—Se ha observado el fenómeno en las células madres de zoospermos del *ascaris*; últimamente, Bardeleben lo ha sorprendido también en los zoospermos de los mamíferos.

El proceso recorre las mismas fases que en el óvulo, abocando á la eliminación, mediante dos actos de partición sucesivos, de una porción de la cromatina del zoospermo. Los corpúsculos polares nacidos del núcleo de los filamentos espermáticos de los mamíferos, son elementos caducos, destinados á destruirse; pero en las células madres del zoospermo del *ascaris megalcephala*, el proceso de reducción engendra células viables de tamaño casi idéntico.

**Penetración del zoospermo y conjugación de los núcleos masculino y femenino.**—He aquí las fases del proceso en el *ascaris megalcephala*, según Beneden, Boberi, Carnoy, Zacharías, etc., fases que coinciden en gran parte con las descritas por Fol en el *asteria glacialis*.

1.º El zoospermo, que en el *ascaris* tiene una forma conóidea (fig. 79, Z, I), disuelve en un punto la fina membrana de cubierta del óvulo, y penetra en el espesor del protoplasma. La cola y demás accesorios desaparecen, quedando solamente perceptible un grano cromático (fig. 79, II, Z) que corresponde á la cabeza del zoospermo de los mamíferos. En cuanto la penetración es completa, la membrana ovular se refuerza por una nueva y más espesa cubierta, á fin de evitar la intrusión de nuevos zoospermos.

En muchos óvulos, los fenómenos de reducción preceden á la entrada del filamento seminal; pero no sucede así en los del *ascaris*, donde antes de la expulsión del segundo corpúsculo polar ya suele esperar el núcleo zoospermico en el centro del protoplasma (fig. 79, IV).

2.º Acabada la expulsión del segundo corpúsculo de reducción, el núcleo femenino se acerca al masculino, situándose ambos en el centro del óvulo; cada núcleo ó *protonúcleo*, como también se designa, aparece compuesto de una membrana acromática y de una red cromática.

3.º Del protoplasma ovular surgen dos esferas atractivas, que

se colocan una en un lado y otra en el opuesto de la pareja de protonúcleos (fig. 79, V, E).

4.º Las membranas nucleares desaparecen, y la cromatina de cada núcleo se transforma en una pareja de bastones cromáticos de gran longitud (fig. 79, V, F).

5.º Entre las esferas atractivas se advierte ahora un huso acromático, cuyo ecuador atrae los hilos acromáticos sueltos, engendrándose una figura mitótica que corresponde á la llamada *estrella madre*. De estos cuatro filamentos, dos son masculinos y dos femeninos (fig. 79, VI).

6.º Las asas ó cromosomas divídense longitudinalmente, produciendo ocho filamentos, de los cuales cuatro se dirigirán á un polo y cuatro al otro. Resultan, por consiguiente, formadas dos estrellas hijas, en las cuales se contienen dos asas cromáticas masculinas y dos femeninas.

7.º Acábase la división carioquinética, constituyéndose dos núcleos hijos en descanso y segmentándose el protoplasma. En adelante, la multiplicación de las células ocurrirá por mitosis común. El proceso será siempre iniciado por la segmentación de la esfera atractiva.

Se ve, por lo expuesto, que el acto de la fecundación consiste esencialmente en la construcción de una figura de estrella madre, en la cual, de sus cuatro asas integrantes, dos tienen representación masculina y dos femenina. No existe, pues, fusión de los protonúcleos paterno y materno, sino reparto de las cromatinas sexuales, de tal suerte que, en toda división celular ulterior se conservará exactamente el mismo número de filamentos cromáticos masculinos y femeninos. Esta independencia de los cromosomas masculinos y femeninos, ha sido reconocida por Rückert (1895) hasta en los núcleos en fase de descanso (esferas de segmentación de las larvas de *Cyclops*) en los cuales se ven dos grupos laterales de asas, constantemente separados, uno formado por los cromosomas paternos y otro por los maternos.

Esta interesante disposición, que ha sido confirmada por Hacker (1895) en los crustáceos, y por Zoja (1896) en el *ascaris megalcephala*, prueba que todo núcleo posee una simetría bilateral, es decir, que los cromosomas paternos colocados á un lado

del eje orgánico del núcleo, son iguales en número y forma que los maternos situados en el otro.

Dado que el acto esencial de la conjugación consiste en la reunión de la cromatina del zoospermo con la del óvulo, y teniendo en cuenta que el protoplasma paterno ó zoospermico añadido al óvulo, es una cantidad despreciable comparada con la de éste, resulta muy verosímil la opinión defendida por Strasburger, Oscar Hertwig, Kölliker, Weissmann, etc., de que el *substractum* por el cual los padres transmiten sus cualidades á los hijos, la *materia de la herencia*, en fin, no es otra cosa que la substancia del núcleo y del corpúsculo polar. Sólo estas partes concurren en cantidades iguales y con propiedades físico-químicas idénticas al acto de la fecundación. El protoplasma del óvulo representaría principalmente un órgano vegetativo, indispensable á la nutrición y renovación de la materia hereditaria.

No obstante, en las células de los tejidos adultos, cuyo protoplasma desempeña actividades importantes de carácter hereditario, ciertas partículas nucleares (leucitos), podrían emigrar al protoplasma. Esta hipótesis ha sido sugerida por De Vries.

En el proceso de la fecundación, existen todavía muchos puntos dudosos. Uno de ellos es el origen de las esferas atractivas que preceden al acto de la conjugación de las asas cromáticas. En el *ascaris* no ha podido descubrirse la procedencia de dichos corpúsculos; pero, en cambio, los modernos trabajos de H. Fol en la *asteria glacialis*, y los recientes de Fick en los urodolos, permiten aceptar, como muy verosímil, que la pareja de esferas atractivas no nace espontáneamente en el seno del protoplasma del óvulo, sino que procede de esferas preexistentes. En efecto, el zoospermo, al penetrar en el protoplasma, trae consigo un órgano especial, la pieza intercalar ó intermedia, que no es otra cosa que una verdadera esfera atractiva masculina; por su parte, el núcleo del óvulo se acompaña de otra, que en el *ascaris* no es visible, pero que aparece distintamente en la *asteria glacialis*. En cuanto los pronúcleos se aproximan, las dos esferas atractivas se dividen; cada mitad masculina, busca á la mitad femenina, fúndense después, y engéndranse dos esferas atractivas hermafroditas, puesto que cada una resulta de la reunión de media masculida con media femenina.

Los más modernos trabajos sobre el origen de las esferas atractivas confirman en lo substancial las aserciones de Fol y de Fick. Michaelis

(1896) ha notado que en el acto de la fecundación del óvulo del tritón, la cola del zoospermo es absorbida, y la pieza intermediaria de éste se convierte en esfera atractiva. También Niessing (1896) ha confirmado dicha preexistencia de la esfera atractiva masculina en la fecundación del óvulo de los mamíferos, habiendo podido seguir todas las fases recorridas por el centrosoma de la célula madre testicular (*spermatocito*) hasta convertirse en un órgano de la cabeza del zoospermo, con el cual penetraría en el protoplasma del óvulo.

En cuanto á la significación del singular fenómeno de la expulsión de las asas cromáticas, los dictámenes de los sabios no están de acuerdo. Todos, sin embargo, coinciden en que esta reducción es necesaria para que el núcleo resultante de la fecundación contenga la misma cantidad de cromatina ó de substancia hereditaria; pues es evidente que si no hubiera reducción preliminar á cada fecundación, dicha materia se duplicaría, y al cabo de algunas generaciones, alcanzaría proporciones colosales. Es posible que el fenómeno de la reducción tenga todavía más hondo sentido y que se relacione, como quiere Weissmann, con la necesidad de facilitar el progreso, eliminando el plasma ó la representación hereditaria de nuestros antepasados más lejanos. Para Boberi los corpúsculos polares representan óvulos abortivos de significación atávica, reproduciendo imperfectamente un fenómeno de multiplicación normal en la célula madre de zoospermos.

La producción de dos globos polares tienen algunas excepciones. Así Sobotta (1896), en su trabajo sobre la fecundación en el anfibio, sólo ha podido confirmar la existencia de un globo polar ó de dirección. En este mismo animal los pronúcleos femenino y masculino se fundirían en su fase de reticulación, siendo imposible por tanto la demostración de la independencia de las cromatinas paterna y materna. También en la fecundación del óvulo del ratón se formaría á menudo un sólo cuerpo de dirección, el cual se originaría por partición transversal de los cromosomas preexistentes y no por eliminación de asas separadas.

**Desarrollo embrionario.** — Las sucesivas particiones del óvulo fecundado dan origen á un conglomerado celular, todavía contenido bajo la membrana pelúcida, que se llama fase de *morula*.

La dirección en que sobrevienen las sucesivas particiones del óvulo, y la posición de las células hijas en éste, se subordinan á las siguientes leyes:

- 1.<sup>a</sup> El primer plano de segmentación del óvulo coincide con el plano de reunión del proto-núcleo masculino y femenino.
- 2.<sup>a</sup> En las biparticiones sucesivas los planos de división se orientan alternativamente en las tres dimensiones del espacio,

es decir, que la sección del protoplasma es en cada partición perpendicular al plano de la segmentación anterior (Sachs y O. Hertwig).

3.<sup>a</sup> En cada célula presta á segmentarse, la dirección del huso acromático es igual al sentido del eje mayor del protoplasma.

4.<sup>a</sup> En los arreglos de las células resultantes de la división del óvulo, desempeñan importante papel los *tropismos*, particularmente el *citotropismo* ó atracción recíproca de las esferas de segmentación (Roux).

*Fase de blástula.* — Al principio, dichas esferas de segmentación constituyen una masa maciza, pero no tarda en aparecer un líquido central que rechaza hacia la periferia las células, las cuales se disponen en membrana por debajo de la zona pelúcida. Esta capa celular es continua, forma una verdadera vesícula cerrada y se designa con el nombre de *blastodermo*.

*Fase de gástrula.* — Ulteriormente, y merced á la invaginación de un lado de la vesícula blastodérmica, constitúyese la *gástrula*, en la cual existe una cavidad comunicante con el exterior (*colenterón*) y un agujero que establece la comunicación (*blastoporo*). El pequeño espacio que resulta entre las dos hojas, se llama *cavidad de segmentación*, y las hojas mismas se conocen con las designaciones de *entodermo* ú hoja externa y *entodermo* ú hoja interna. En los gusanos, equinodermos, etc., la fase de *gástrula* constituye una larva independiente que se nutre por sí, experimentando algunas diferenciaciones, tales como la aparición de pestañas, etc. El colenterón hace oficio de cavidad digestiva y el entodermo de mucosa intestinal. En los vertebrados, la fase de *gástrula*, como todas las otras, se transforma rápidamente, nutriéndose á expensas de los órganos inmediatos del animal ó á costa de las reservas alimenticias de la yema (aves, reptiles, etc.).

*Formación del mesodermo.* — En los vertebrados inferiores, como el anfibio, los peces, etc., el mesodermo ú hoja media, resulta de un replegamiento del entodermo. Pero en los vertebrados superiores (aves y mamíferos), el proceso de formación del mesodermo es muy discutido. En general, admítase, como ya demostró Kölliker hace muchos años, que esta hoja pro-

cede del ectodermo, precisamente del paraje de éste en donde se forma el surco primitivo del embrión. Al principio, la continuidad del ecto y mesodermo al nivel de dicho surco, es claramente demostrable; pero luego rómpense los vínculos que enlazaban ambas hojas celulares y el embrión aparece compuesto de tres membranas netamente separadas: la *interna ó entodermo*, compuesta de una hilera de elementos aplanados; la *externa ó ectodermo*, formada de células prismáticas voluminosas, particularmente abundantes al nivel del surco primitivo; la *media ó mesodermo*, constituida de corpúsculos menos regulares y dispuestos en dos hileras fundidas hacia adentro, es decir cerca del surco primitivo y limitantes de un intersticio ó cavidad llamada *saco celómico ó celoma*. Entre los dos sacos celómicos aparece una columna hueca engendradora por un replegamiento del entodermo y situada paralelamente al surco primitivo. Esta columna se designa *notocorda*.

Cada hoja blastodérmica posee una significación, tanto organogenética como histogenética. El *ectodermo* sólo engendrará una categoría especial de órganos y tejidos, á saber: el epidermis cutáneo, las glándulas de la piel, el sistema nervioso, el cristalino, las mucosas bucal, ocular, etc. El *entodermo* dará origen al epitelio intestinal y sus glándulas anejas, como el páncreas, hígado, pepsicas, de Lieberkühn, etc. El *mesodermo* producirá, sobre todo, los tejidos vegetativos del organismo, tales como el conjuntivo, óseo, cartilaginoso, seroso, vascular, sanguíneo, adiposo, á los que hay que añadir algunos órganos activos como los músculos, el ovario y testículo.

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
No. 1625 MONTERREY, MEXICO