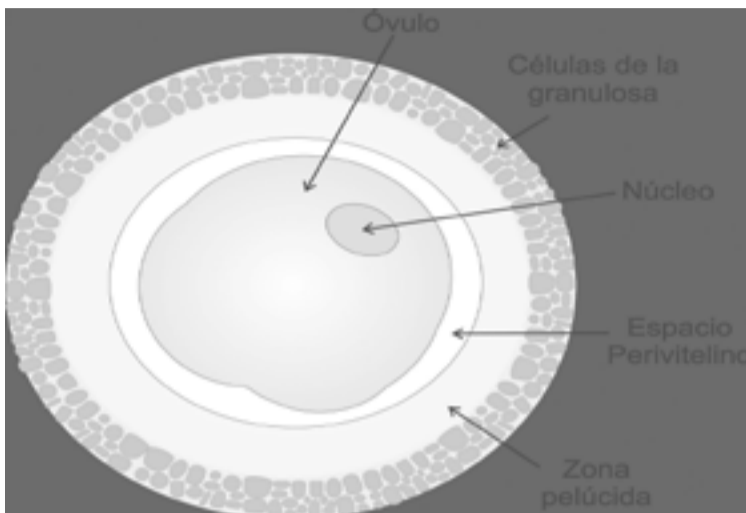


El espermatozoide: una célula fascinante



DRA. CLAUDIA TREVIÑO

Instituto de Biotecnología de la UNAM
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

La reproducción sexual es un proceso biológico altamente regulado. Durante éste interaccionan el gameto femenino con el masculino, es decir, el óvulo con el espermatozoide. Una interacción exitosa de estas dos células se conoce como fecundación o fertilización, y da como resultado una nueva célula que contiene el material genético combinado de los dos gametos. Posteriormente, ésta célula da lugar a un nuevo organismo con características de ambos progenitores.

A pesar de que éste es un proceso del cual depende la perpetuidad de la especie, aún no se comprenden por completo muchos de los eventos que tienen lugar para una fecundación exitosa. El estudio del espermatozoide es fascinante, dado que es muy especializado y su única función es entregar su material genético al óvulo.

El óvulo (Figura 1) es una célula que mide aproximadamente 100 micras (una micra es la milésima parte de un milímetro) que contiene en el interior de su núcleo el material genético. El óvulo está recubierto por una matriz proteica que semeja un enrejado y que se conoce como la zona pelúcida (ZP). Alrededor de la ZP hay un grupo de células denominadas

células de la granulosa formando todo el complejo que dará origen a un nuevo individuo después de la fecundación. Por su parte, el espermatozoide se compone de dos secciones (Figura 2): la cabeza, con un tamaño aproximado de cinco micras, ocupada mayoritariamente por el núcleo y una vesícula llamada *acrosoma*, y por el flagelo, una estructura de cerca de 50 micras que le confiere movimiento. El flagelo está dividido en tres secciones: pieza media, pieza principal y pieza terminal. Los espermatozoides están singularmente equipados para alcanzar, reconocer y fusionarse con el óvulo.

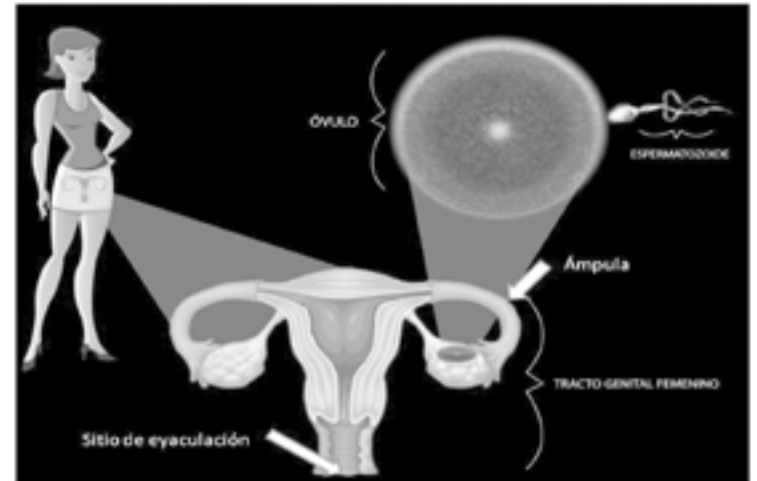
Este equipamiento es el que les permite enfrentar un entorno en constante cambio y superar varias barreras físicas. Para lograr la fecundación, el espermatozoide se somete a un largo proceso de preparación y maduración que inicia desde su formación en los testículos y continúa durante su recorrido por el *epidídimo* (conducto que emerge de los testículos) y el tracto genital femenino (Figura 3). Se pueden definir tres procesos fundamentales que el espermatozoide lleva a cabo previos a la fecundación: 1) la activación de la movilidad, 2) la capacitación y 3) la reacción acrosomal (RA). La activación de la movilidad o activación del nado del espermatozoide inicia cuando éste es eyaculado en el tracto genital femenino y se caracteriza por la

forma en que mueve o bate su flagelo. Cuando el flagelo se agita presenta una curvatura simétrica y da origen a lo que se conoce como movilidad activada (Figura 4). Una vez que el espermatozoide reside en el tracto genital femenino (varias horas en el caso de humano) esta forma de agitar el flagelo cambia, se hace más vigorosa y la curvatura flagelar se vuelve asimétrica, lo que ocasiona una movilidad hiperactivada (Figura 4), indispensable para lograr la fecundación.

Cuando se estudia la movilidad hiperactivada en el laboratorio en medios acuosos, se observa que el espermatozoide se mueve siguiendo una ruta que describe un ocho y regresa al punto de origen, por lo que logra muy poca movilidad progresiva. Sin embargo, si se examina la movilidad hiperactivada del espermatozoide en medios viscosos, condición que reproduce cercanamente las condiciones fisiológicas del tracto genital femenino, entonces es posible constatar que el espermatozoide se mueve de forma progresiva, es decir avanzando en su ruta hacia el óvulo. Se ha propuesto que este tipo de nado ayuda al espermatozoide a separarse de las paredes del tracto genital y así continuar su viaje.

El sitio donde se encuentra el óvulo y donde ocurre la fecundación se conoce como "ámpula", pero el acceso no es fácil ya que, como se mencionó anteriormente, está rodeado por la ZP y una capa gruesa de células de la granulosa. La movilidad hiperactivada ayuda al espermatozoide a penetrar tanto a las células de la granulosa como a la ZP.

En forma paralela al ajuste en la movilidad, ocurre la capacitación dentro del tracto genital femenino. Ésta es un proceso de maduración muy complejo que incluye diversos cambios morfológicos y fisiológicos que aún se estudian en diversos laboratorios del mundo. La capacitación en su conjunto es un proceso de preparación indispensable que habilita al espermatozoide para que lleve a cabo la



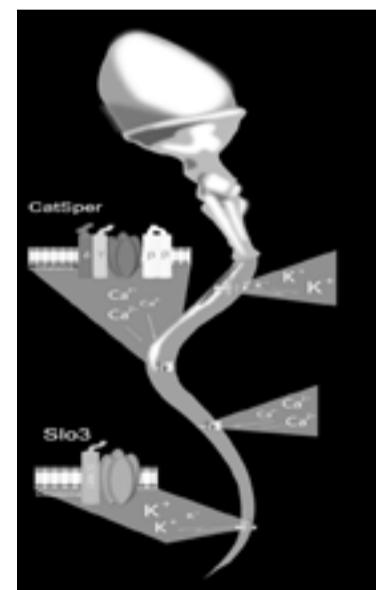
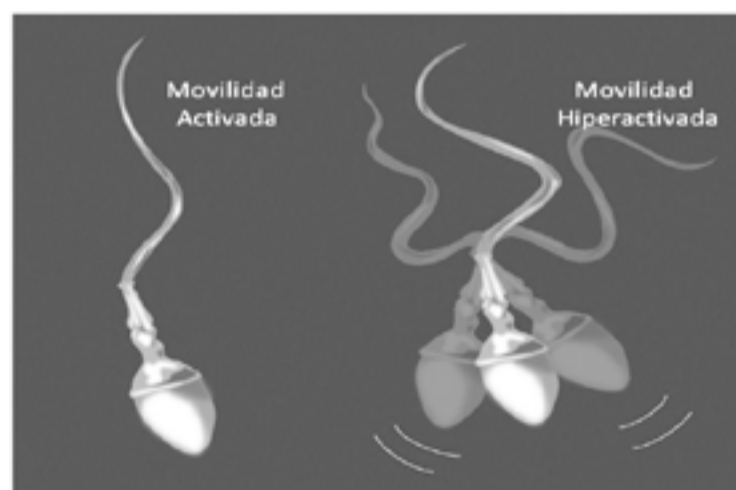
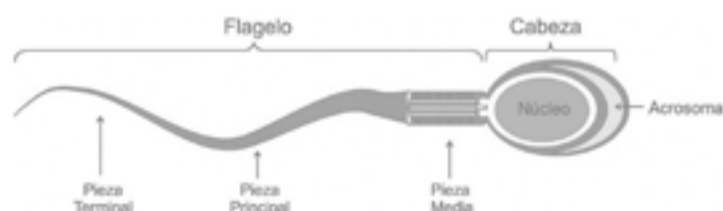
RA. La RA es un evento de exocitosis, es decir un evento donde el contenido de la vesícula acrosomal se libera y las sustancias liberadas actúan abriendo paso entre las células del cumulus y la ZP para que finalmente el espermatozoide encuentre al óvulo, se fusionen y combinen su material genético. Los canales iónicos son proteínas de membrana que permiten el paso de iones (calcio, potasio, cloro, etcétera) del exterior al interior de las células y viceversa.

Dicho flujo iónico es una forma de comunicación celular para detectar cambios en el entorno. Por ejemplo, el flujo de iones es muy importante para la transmisión y procesamiento de información a través de las neuronas en nuestro cerebro o para lograr que los músculos se contraigan y se relajen. En el caso de los espermatozoides, los canales juegan un papel clave durante la señalización que les permite hacer su recorrido, encontrar y fecundar al óvulo.

A la fecha, se ha demostrado que existen dos canales iónicos que son imprescindibles para que ocurra la fecundación, llamados: *Catsper*, que permite el paso de calcio, y *Slo3*, que permite el paso de potasio. Ambos canales se expresan de forma exclusiva en el espermatozoide, es decir no están presentes en ninguna otra célula del organismo (Figura 5). Los ratones de laboratorio a los que se les elimina la expresión de *CatSper* o de *Slo3* son infértiles, principalmente porque sus espermatozoides tienen afectada la motilidad hiperactivada. Estos dos canales también se encuen-

tran en los espermatozoides de los seres humanos y por lo tanto es muy importante estudiarlos y entender cómo funcionan. Los conocimientos generados en el área de reproducción sexual tienen implicaciones importantes para la salud humana, y pueden encontrar aplicaciones inmediatas en problemas de reproducción. Por ejemplo, la infertilidad es un importante problema global de salud y quienes la padecen necesitan recibir atención; la información básica acerca de la función del espermatozoide puede ayudar a mejorar las técnicas de fecundación *in vitro*, que en los últimos años se han vuelto una práctica común, así como encontrar tratamientos y/o identificar ciertos tipos de infertilidad masculina. Tal información también puede resultar útil en el desarrollo de nuevos métodos anticonceptivos que tengan menos efectos secundarios que los que se usan actualmente y que están dirigidos principalmente a la mujer.

Agradezco a Aura del Angel Andrade, Orloff, Paulina Torres Rodríguez y Laura Carolina Salinas por la elaboración de las ilustraciones.



Para actividades recientes de la Academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org.mx