



El mundo de la célula





GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL
México, la Ciudad de la Esperanza

Gobierno del Distrito Federal

Lic. Andrés Manuel López Obrador
Jefe de Gobierno

Lic. Francisco Garduño Yáñez
Secretario de Transportes y Vialidad

Dra. Florencia Serranía Soto
Directora General del Sistema
de Transporte Colectivo

Lic. José Alfonso Suárez del Real y Aguilera
Subdirector General Jurídico y de Seguridad
Institucional del Sistema de Transporte Colectivo



Universidad Nacional Autónoma de México

Juan Ramón de la Fuente
Rector

Enrique del Val Blanco
Secretario General

Daniel Barrera Pérez
Secretario Administrativo

René Drucker Colín
Coordinador de la
Investigación Científica

Julia Tagüeña Parga
Directora General de
Divulgación de la Ciencia

Patricia Gómez Cano
Jefe del Departamento de Difusión de la
Coordinación de la Investigación Científica



El mundo de la célula

Horacio Merchant Larios





Dirección General de Divulgación de la Ciencia

Coordinación editorial
Rosanela Álvarez y Juan Tonda

Diseño de la colección
Elizabeth Cruz

Corrección técnica
Martín Bonfil y Javier Cruz

Formación
Elizabeth Cruz y Kenia Salgado

Asistente editorial
Leticia Monroy

Ilustración de portada
Raúl Cruz

Ilustración de interiores
Raúl Cruz
Emmanuel Vela, p. 21

Primera edición, 2005

D.R. © Dirección General de Divulgación de la Ciencia
Universidad Nacional Autónoma de México
Edificio Universum, tercer piso, Circuito Cultural,
Ciudad Universitaria, Coyoacán 04510, México, D.F.

ISBN 970-32-2055-X



Agradecemos el apoyo otorgado por ISA Corporativo

Impreso y hecho en México

Este libro no puede ser reproducido, total ni parcialmente, por ningún medio electrónico o de otro tipo, sin autorización escrita de los editores.



El mundo de la célula

¿Alguna vez te has preguntado de qué estás hecho? A lo mejor sí o tal vez no; seguramente te lo dijeron en la escuela, pero puede que se te haya olvidado. En tu casa o en la calle, tus padres, hermanos o los cuates te habrán dicho que estamos hechos de carne, sangre y huesos. Sabiendo esto estamos listos para iniciar esta explicación sobre la célula.

Porque las tres cosas, carne, sangre y huesos, están hechas de células. Si pudiéramos contarlas, como lo han hecho algunos investigadores, veríamos que son muchos millones de células amontonadas en diferentes formas. Tomando una lupa para observar nuestra piel, podremos ver amplificados los vellos emergiendo de pequeños poros dispersos en una superficie más o menos rugosa, dependiendo de la edad que tengas. Aunque los vellos (como los cabellos) y la piel están formados por células muertas, no es posible verlas usando una simple lupa.



Hace más de 300 años, un holandés muy curioso, Anton Van Leeuwenhoek, se puso a pulir lentes muy precisas e inventó el microscopio. Desde entonces, los microscopios se fueron perfeccionando al grado que ahora podemos comprar en una juguetería mexicana uno más poderoso que los usados por su inventor en Holanda.

Lo que hace el microscopio es aumentar la capacidad de nuestros ojos para ver cosas que en realidad están separadas, y que a simple vista vemos juntas. Por ejemplo, si con un lápiz pones dos puntos sobre un papel blanco, verás con claridad dos cosas separadas y tendrás razón en afirmar que no hay más de dos puntos. Pero, si pudieras ver esos mismos puntos con un microscopio (aunque sea de juguete), sabrías que cada punto está hecho de cientos o miles de pequeñas partículas que tu vista no puede separar o distinguir.

Los primeros microscopistas, usando la luz del día o lámparas de aceite, descubrieron las primeras células. Después, la energía eléctrica los proveyó de potentes lámparas con las que, junto con la precisa combinación de lentes y el trabajo de muchos investigadores, lograron una detallada descripción de los diversos tipos de células. Quedó establecido que todos los seres vivos, microbios, plantas y animales (humanos incluidos) estamos formados por células.

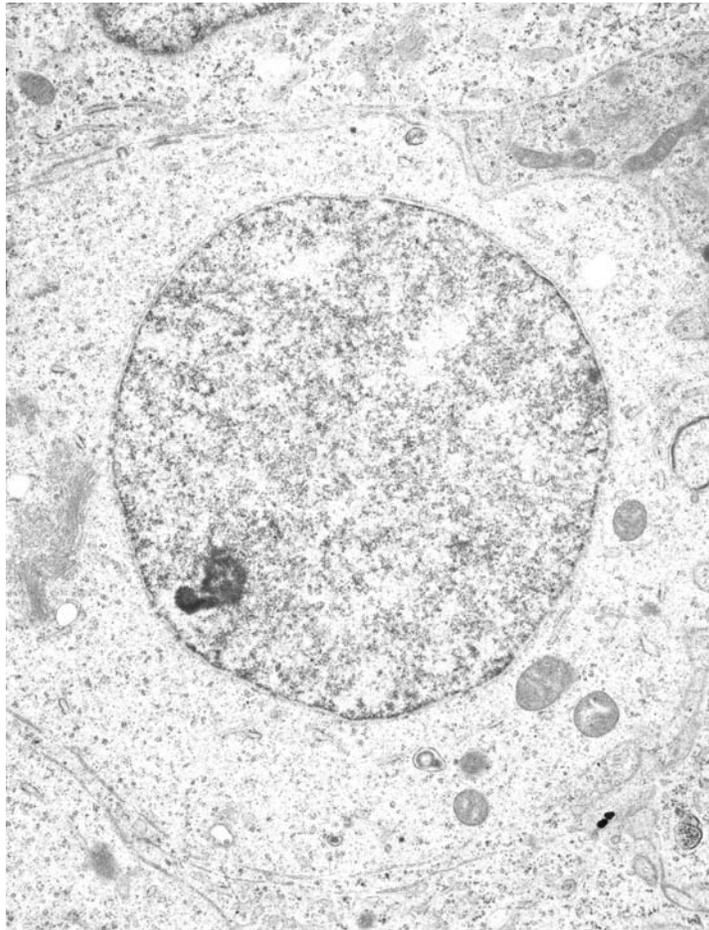
Bueno, casi todos los seres vivos, porque hay otros mucho más chiquitos que las células llamados virus

(como los que causan el sida) que no se pueden ver con el microscopio que usa luz. Para verlos, tenemos que emplear el microscopio electrónico, que como indica su nombre, usa electrones en vez de luz. Además, siendo los electrones partículas que no pueden atravesar las lentes de cristal como lo hace la luz, usan lentes magnéticas que proyectan las imágenes sobre una pantalla fluorescente, como en la televisión.

Si tenemos un microscopio de luz (también llamado óptico, para distinguirlo del microscopio electrónico) podremos observar algunas células como los microorganismos que viven en los estanques y en los charcos (siempre que no estén todavía demasiado contaminados con venenos industriales) y células de nuestros fluidos como la saliva, la sangre o el semen. Pero la mayoría de las células de nuestro cuerpo están fuertemente empaquetadas en conglomerados llamados tejidos, y es necesario hacer varios trucos para poder observarlas y estudiarlas. Primero hay que extraerlas, por lo que antes de que empiecen a morir hay que preservar su estructura de la forma más cercana posible a su estado original. Para lograr esto, tenemos que sumergirlas en un líquido llamado fijador del que nos servimos para decirle a la célula: ¡engarróteseme ahí!

Así, las grandes moléculas (también llamadas macromoléculas) de la célula viva detienen su movimiento. Con ayuda del microscopio podemos ver

**Imagen de una célula tomada con
el microscopio electrónico**



En el centro está el núcleo rodeado por su envoltura que lo separa del citoplasma. En éste se aprecian algunos organelos como el aparato de Golgi, mitocondrias, retículo endoplásmico y varios puntos oscuros correspondientes a los ribosomas.

que, al igual que los tabiques de una casa, las macromoléculas están agrupadas ordenadamente. Forman los organelos (también llamados organitos u orgánulos) de la célula que, como veremos, trabajan en armonía para mantenerla viva. Con el microscopio que usa la luz del día o de una lámpara podemos ver muy pocos organelos. De hecho, los investigadores que descubrieron las primeras células sólo vieron tres componentes que llamaron membrana, protoplasma y núcleo. Después, valiéndose de ciertos colorantes para teñir a las células y con mejores microscopios, los curiosos de laboratorio describieron otros organelos que bautizaron con nombres extraños como mitocondrias, vacuolas, centrosomas, huso acromático, cromatina, cromosomas, y algunos más. Algunos organelos, como los cloroplastos, sólo se encuentran en las plantas verdes, a las cuales, como veremos adelante, debemos nuestra presencia en este mundo.

Con el microscopio electrónico se descubrieron nuevos organelos en la célula antes indistinguibles con el microscopio de luz, y se pudieron distinguir mejor los detalles de los organelos. Pudo verse que la membrana que envuelve a la célula está formada por dos capas oscuras y una capa clara en medio de las dos, a manera de un sándwich. Fue sorprendente descubrir que ese patrón estructural se repetía en las membranas que le dan forma a varios organelos

como mitocondrias, vacuolas, cloroplastos y el núcleo de la célula.

Con el microscopio electrónico pudo detectarse que un organelo misterioso, llamado aparato de Golgi, estaba constituido por membranas formando costalitos apilados uno al lado del otro, y alrededor de él se encontraron pequeñas vesículas, algunas con un contenido denso a las que se les denominó lisosomas. Otro organelo que pudo verse con detalle fue el retículo endoplásmico. Aunque parecido al aparato de Golgi por estar formado por costalitos o sacos, éstos se distribuyen irregularmente en la célula y son de dos tipos diferentes: el retículo endoplásmico liso y el retículo endoplásmico rugoso. La diferencia entre los dos retículos la establece la presencia en su superficie de otros organelos descubiertos con el microscopio electrónico: los ribosomas. Cuando las membranas del retículo endoplásmico carecen de partículas ribosomales son lisas, en contraste con las rugosas, que las tienen adheridas (véase figura 1).

Como vemos entonces, la imagen dada por el microscopio de luz se enriqueció con el microscopio electrónico. El protoplasma alrededor del núcleo, que parecía un fluido más o menos homogéneo, resultó ser una estructura altamente organizada que contiene los diversos organelos, además de una especie de esqueleto celular (el citoesqueleto) formado por proteínas arregladas como fibrillas.

Esquema de una célula

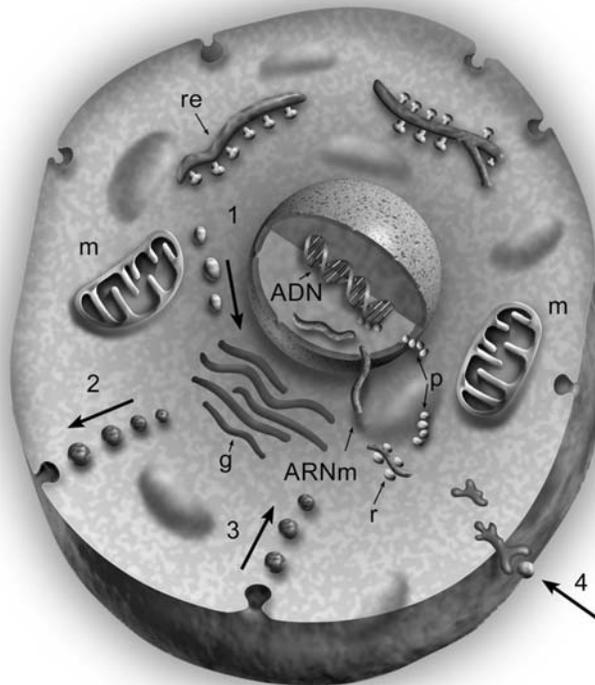


Figura 1. Esquema de una célula mostrando el ADN en el núcleo. El ARN mensajero (ARN m) sale del núcleo, se une a los ribosomas (r) para formar una proteína (p). El retículo endoplásmico (re) envía vacuolas (flecha 1) al aparato de Golgi (g). De aquí, salen vacuolas a la superficie (flecha 2) para secretar productos elaborados por la célula. La flecha 3 muestra vacuolas penetrando a la célula con productos nutritivos. La flecha 4 indica una molécula pegándose a su receptor en la membrana celular. Ésta es la forma en que la célula se comunica con otras células del organismo. Se muestran dos mitocondrias (m).

Hasta aquí es necesario recordar que, para describir los organelos principales que forman a la célula, tuvimos que fijarla, y por lo tanto matarla. Si queremos saber cómo funciona estando viva, es indispensable combinar nuestras simples observaciones en el microscopio con técnicas derivadas de la fisiología, la física y la química.

Primero se desarrolló la bioquímica, con la que los investigadores descubrieron cómo interactúan las moléculas para obtener la energía requerida para mantener viva a la célula. Se supo que las mitocondrias actúan como verdaderos transformadores, obteniendo la energía del azúcar que ingerimos con los alimentos y guardándola en pequeñas moléculas de trifosfato de adenosina (conocido como ATP). Como la electricidad o la gasolina de un motor, el ATP le sirve a la célula para realizar sus diversas funciones. Sin embargo, la fuente original de esa energía es nada menos que el Sol (¡cosa que ya sabían nuestros antepasados!). Los cloroplastos de las plantas verdes capturan la energía solar y con ella fabrican moléculas de azúcar que, a su vez, es transformada en ATP por las mitocondrias.

Sabiendo de dónde viene la energía que nuestras células requieren, veamos cómo trabajan. Desde luego, deben “comer”, para lo cual ingieren su alimento por un proceso llamado pinocitosis. Es decir, toman del medio que las rodea gotitas de agua con molé-

culas disueltas que les sirven para obtener energía (azúcares y grasas) o como tabiques para construir su propia estructura (proteínas). En vez de boca, la célula emplea la membrana que la envuelve y captura las gotitas de alimento en vesículas (vacuolas) llevándolas a su interior para digerirlas. Los lisosomas, fabricados por el aparato de Golgi, también son vesículas que se fusionan con las vacuolas y se encargan de realizar la digestión del alimento ingerido.

Como la digestión consiste en romper las grandes moléculas ingeridas en pequeños componentes, los lisosomas llevan sustancias llamadas enzimas, encargadas de hacer el trabajo. Las enzimas digestivas son proteínas fabricadas por el retículo endoplásmico rugoso y el aparato de Golgi. Aunque todas las células usan enzimas digestivas para digerir lo que ingieren, algunas se especializan en producir enzimas para digerir lo que está afuera de la célula. Así lo hacen las células que cubren las paredes de nuestro estómago e intestino. Pero no todas las proteínas funcionan como enzimas digestivas. Muchas de ellas actúan como señales que les sirven a las células para comunicarse entre sí, como las hormonas. En este caso, las células requieren también de receptores que las capacitan para identificar la señal y modificar su comportamiento de acuerdo con la instrucción recibida.

En nuestro cuerpo, las células se especializan para llevar a cabo diferentes funciones. Por ejemplo, las

células cardíacas se contraen rítmicamente, haciendo latir al corazón que impulsa la sangre a través del sistema circulatorio, que es como una extensa tubería. La pared de los tubos la forman células especializadas en intercambiar nutrientes y gases (oxígeno y dióxido de carbono) con todas las células del organismo. El largo tubo digestivo, que va de la boca al ano, pasando por el estómago y los intestinos, tiene una pared interior forrada por células especializadas que, como se mencionó antes, producen sustancias digestivas, además de absorber las que nos sirven de alimento. Otro tipo de células, llamadas neuronas, se especializan en transportar señales eléctricas, y forman los nervios y el cerebro, encargado de coordinar la actividad del organismo.

A pesar de que las células especializadas se ven muy diferentes entre sí, todas ellas conservan básicamente los mismos organelos arriba descritos. De manera que la especialización celular (llamada también diferenciación), puede entenderse mejor conociendo el papel que desempeñan los organelos en el funcionamiento de la célula. Aunque todos ellos son importantes, uno de ellos contiene la mayor parte de las instrucciones que la célula necesita para realizar todas sus actividades: el núcleo con sus cromosomas. Aquí encontramos a la famosa molécula del ácido desoxirribonucleico mejor conocida como ADN. Parecida a una muy larga escalera de caracol,

en sus millones de peldaños están inscritas, en forma de clave, las diversas funciones celulares. A diferencia de la escalera que conocemos, la escalera del ADN puede separarse a todo lo largo en dos medias escaleras. La separación se hace partiendo a la mitad cada peldaño. En estos peldaños se encontró la clave secreta que contiene las famosas instrucciones genéticas (véase figura 2). ¿Cómo?

Cada mitad de la escalera de caracol está formada por una cadena de moléculas llamadas nucleótidos, a su vez formados por tres componentes. Dos de ellos son iguales en todos los nucleótidos: el azúcar desoxirribosa y el fosfato (que sería el pasamanos de la escalera). Sin embargo, el tercer elemento denominado genéricamente base nitrogenada, puede ser de cuatro diferentes clases: adenina (A), timina (T), guanina (G) o citosina (C). Si imaginamos que cada medio peldaño es diferente, según la base nitrogenada que le toque, veremos al unir las dos mitades, una escalera de caracol con peldaños de dos tipos (A y T o G y C). Si contamos los peldaños de tres en tres (tripletes), tendremos combinaciones AGA, GAG, AAA, GGG, ACA, ATA, CAC, etc. Al descifrar el significado de cada triplete se pudieron leer de corrido las instrucciones que contiene y de qué manera se expresan en la célula.

Aunque las instrucciones del ADN son importantes, la célula sabe cómo y cuándo leerlas, y tiene

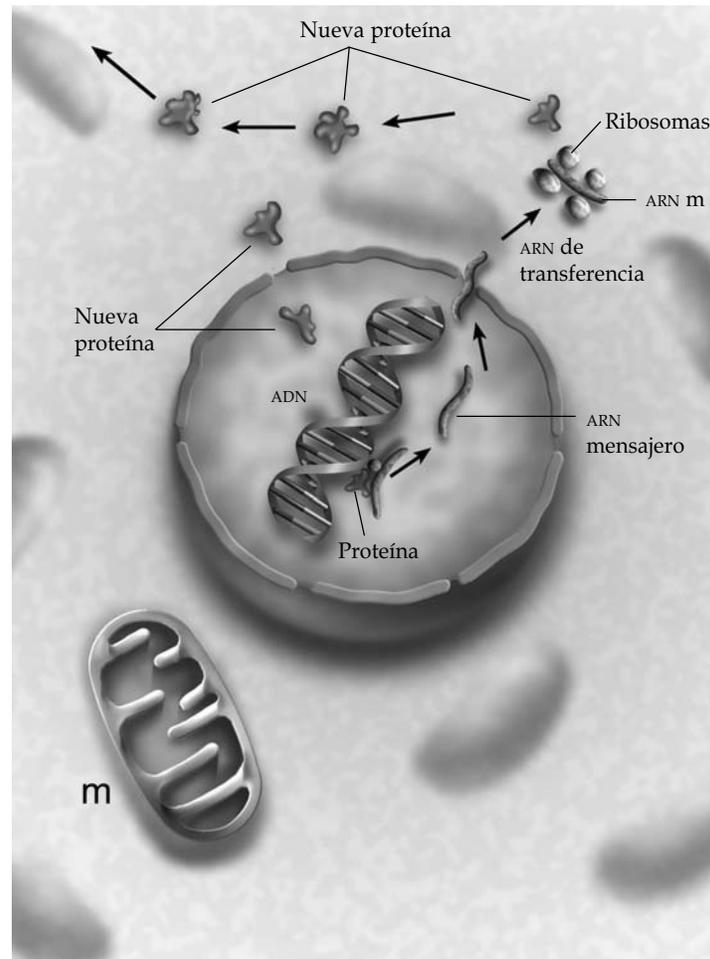


Figura 2. Un tramo de la molécula de ADN está siendo copiada en un ARN mensajero con la intervención de proteínas. Al salir del núcleo se asocian a ribosomas y forman nuevas proteínas que pueden quedarse en el citoplasma o regresar al núcleo. Se muestra una mitocondria (m) que genera la energía requerida para la mayoría de las funciones de la célula.

además las herramientas para hacerlo. Las proteínas son los componentes celulares más importantes para la lectura de la información almacenada en el ADN. Forman parte de los organelos celulares, donde están más o menos tranquilas; o bien, se mueven activamente dentro de la célula. Lo interesante de las proteínas es que su función depende de su forma, la cual cambia continuamente. Los cambios dependen de su interacción con otras moléculas con las que pueden acoplarse como la llave a una cerradura. Las proteínas que hacen eso se llaman enzimas y son, en realidad, las herramientas que mantienen “viva” a la célula. Así como las enzimas digestivas arriba mencionadas se acoplan con grandes moléculas para romperlas en fragmentos cortos, otras enzimas se encargan de unir pequeñas unidades moleculares para formar grandes moléculas como el ADN.

Para leer las instrucciones del ADN, ciertas proteínas identifican una secuencia de los peldaños de la escalera de caracol, los separan y abren la escalera en dos mitades. Después, se desplazan a lo largo de un tramo y lo copian. Durante este proceso, conocido como transcripción, al irse moviendo las enzimas “lectoras”, van formando al ARN mensajero, molécula químicamente similar al ADN (pero que en lugar de timina, T, lleva uracilo, U, y consta de una sola cadena). Al abandonar el núcleo celular y llegar al citoplasma, el ARN mensajero se asocia con



los ribosomas y pequeñas moléculas de ARN de transferencia. Éstas llevan pegado en un extremo un aminoácido y en el otro un triplete (CGA, GAA, UGC, etc.) que corresponde a un aminoácido diferente. Aquí está la clave donde se traduce la información del ADN en proteínas. Como al ARN mensajero lo forman cadenas de tripletes copiados del ADN, los ARN de transferencia se encargan a su vez de acomodar a los aminoácidos formándolos uno a uno.

Pero..., ¿qué es un aminoácido?

Las famosas proteínas son como un rosario, donde las cuentas las forman los aminoácidos. Pero, a diferencia del rosario, las cuentas (los aminoácidos) son de 20 tipos diferentes. Por lo tanto, tendremos un número casi infinito de posibles rosarios (proteínas) diferentes, dependiendo del tipo de aminoácidos que lo forman y del orden que lleven. Cientos de miles de proteínas actúan coordinadamente en la célula. Algunas de ellas regresan al núcleo para leer las instrucciones escritas en el ADN por el proceso de transcripción antes descrito (véase figura 3).

Aunque las grasas, azúcares y otras sustancias químicas no son proteínas y por lo tanto no están codificadas en el ADN, su producción sí lo está, pero en forma indirecta. La mayoría de las moléculas no





Figura 3. Representación esquemática de la molécula de ADN. Aunque se conoce como *La doble hélice de Watson y Crick*, para facilitar su explicación, en el texto se la llama *escalera de caracol*.

proteicas que forman parte de la célula se forman gracias a la actividad coordinada de las enzimas que, como mencionamos antes, son proteínas.

Si las proteínas son las herramientas que la célula usa para leer la información del ADN y ellas, a su vez, son parte de las mismas instrucciones, entonces, ¿es el ADN lo más importante en la célula? Ciertamente no, ya que su expresión depende de los demás componentes de la célula, y ninguno de ellos se puede considerar menos importante. El ADN, como tal, es incapaz de organizar a una célula aunque le pongamos todos los componentes químicos que sabemos están en la célula viva. Algo ocurrió hace muchos millones de años que llevó, gradualmente, a formar la primera célula. A partir de entonces, esa maravillosa estructura fue capaz de replicarse a sí misma y evolucionar en esas formas tan diversas de vida (microbios, plantas y animales) que nos rodean.

De manera que las células siempre se forman a partir de otras células. También los humanos, como todos los animales y las plantas constituidas por muchas células, nos desarrollamos a partir de una célula. En el ovario de las mujeres se forman unas células especiales llamadas ovocitos (véase figura 4). Cuando uno de ellos es fertilizado por un espermatozoide, se transforma en cigoto. Al dividirse en muchas células, da origen al embrión, que al desarrollarse formará un nuevo individuo. Cuando crecemos, nuestras

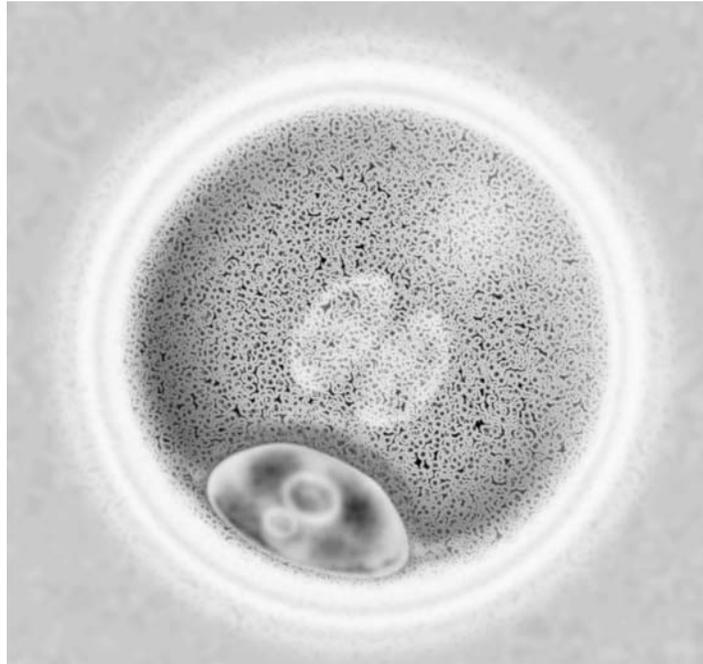


Figura 4. Ilustración de un ovocito de ratón tomado del oviducto unos minutos después de salir del ovario. En esta etapa espera al espermatozoide para ser fertilizado e iniciar el desarrollo de un nuevo individuo.

células se multiplican y tenemos cada vez más de ellas en nuestro cuerpo.

Pero, ¿qué pasa cuando llegamos a la vida adulta y dejamos de crecer? En realidad en muchas partes de nuestros tejidos las células continúan proliferando siempre, y en algunas como en la piel proliferan aún poco después de morirnos. Entonces, ¿qué pasa con

las células nuevas cuando alcanzamos cierta edad y ya no crecemos?

Desde que se inicia el desarrollo, pasando por las etapas de embrión, feto, bebé, niño, adolescente, adulto, etc., miles de células mueren en nuestro cuerpo. Su muerte es un proceso normal de nuestra vida, de manera que son reemplazadas por las células que se multiplican, manteniendo así el tamaño y la función de nuestros órganos. Los procesos de proliferación y muerte celular son controlados por factores químicos como las hormonas que, al unirse a sus receptores, sirven para que las células envíen y reciban instrucciones. Las que conservan su capacidad para multiplicarse se dividen en dos por el proceso de mitosis, cuando reciben la señal en su receptor de membrana. Para que al dividirse no se vayan haciendo cada vez más chiquitas, las células crecen antes de cada división. Lo más interesante es que en su núcleo el ADN se duplica cuando la célula está creciendo y las células hijas conservan una copia de él. Como el proceso de división es repetitivo, los investigadores le llaman el ciclo celular.

Después de dividirse, algunas células van perdiendo su capacidad para dividirse y se especializan en alguna función, como mencionamos antes. Las que se dividen continuamente en la mayoría de nuestros órganos (piel, estómago, sangre, intestino, etc.) se llaman células precursoras o troncales (en España

se las conoce como células estaminales), y a partir de ellas se originan las células especializadas. Sin embargo, en ocasiones, las células pierden su capacidad para responder a las señales que controlan su diferenciación, proliferación o muerte, y continúan multiplicándose. Entonces forman tumores, que pueden ser benignos, como los callos o las verrugas, pero que si se extienden y destruyen otros tejidos causan la enfermedad llamada cáncer, que como sabemos puede ser mortal si no es atendida a tiempo.

A pesar de que entendemos mejor el funcionamiento de las células, todavía falta mucho por conocer sobre su origen y la manera en que se organizan para formar y mantener al organismo. La investigación continúa, y ojalá el conocimiento obtenido sirva para comprender mejor la naturaleza de los seres vivos que nos rodean, de los que los humanos sólo somos una parte.



Horacio Merchant Larios

Horacio Merchant es doctor en ciencias médicas por la Facultad de Medicina de la UNAM. Es investigador emérito del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM. Ha escrito una centena de artículos para revistas, varios capítulos de libros, textos de divulgación de la ciencia y artículos periodísticos. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores y a diversas asociaciones profesionales. De 1993 a 1995 fue presidente de la Sociedad Iberoamericana de Biología Celular. En noviembre de 2001 fue galardonado con el Premio Universidad Nacional en el área de investigación en ciencias naturales. En la actualidad es jefe del Departamento de Biología Celular y Fisiología del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM.

