



[4]

# **La revolución de las células madre**

**Realidad, potencial y límites  
de las 'estrellas' de la Biología actual**

David Díaz López

C Á L A M O

*Arca de Darwin*

Colección dirigida por JOSÉ RAMÓN ALONSO

© David Díaz López, 2018

© de esta edición, EDICIONES CÁLAMO, 2018

ISBN: 978-84-16742-08-0

Dep. Legal: P-141/2018

Diseño de cubierta: GRUPO ANTENA

Corrección de pruebas: BEATRIZ ESCUDERO

Impresión: GRÁFICAS ZAMART (PALENCIA)

Printed in Spain - Impreso en España

Edita: EDICIONES CÁLAMO

Pza. Cardenal Almaraz, 4 - 1.º F

34005 PALENCIA (España)

Tfno. y fax: (+34) 979 70 12 50

[contacto@edicionescalamo.es](mailto:contacto@edicionescalamo.es)

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

*A Paloma y Secundino, mis dos 'células madre'*

# ÍNDICE

11	<b>TODOS SOMOS CÉLULAS</b>
14	Cinco reinos de seres vivos
17	La célula eucariota, el ladrillo fundamental
23	Multiplicación o diferenciación, elige un camino
27	<b>CRECIMIENTO, RECAMBIO Y REGENERACIÓN</b>
28	Desarrollo prenatal y postnatal
33	Vida media de las células
36	Sistemas de reparación de los seres vivos
43	<b>CÉLULAS MADRE</b>
43	Una historia de más de cien años
53	A qué llamamos célula madre
57	No todas las células madre son iguales
58	<i>Embrionarias y fetales</i>
63	<i>Derivadas del cordón umbilical</i>
64	<i>Adultas</i>
66	<i>Pluripotentes inducidas</i>
67	Obtención y purificación
71	Diferenciación guiada y reprogramación
75	<b>TRATAMIENTOS CON CÉLULAS MADRE</b>
76	Leucemia y enfermedades de la sangre
79	Injertos de piel y apéndices
82	Articulaciones
85	Diabetes

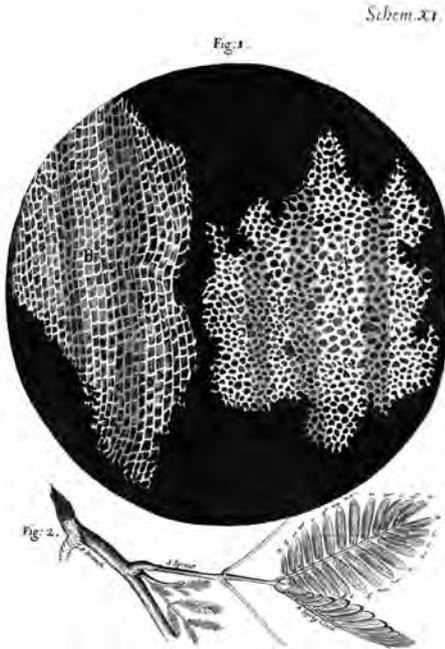
87	Problemas del corazón
89	Órganos artificiales
91	Sistema nervioso central
93	<i>Párkinson</i>
95	<i>Alzhéimer</i>
97	<i>Ictus</i>
100	<i>Lesiones medulares</i>
102	<i>Retina</i>
105	Problemas de fertilidad
109	Terapia génica combinada. Perspectivas más sofisticadas
115	<b>CONTROVERSIA SOCIAL</b>
115	Uso de embriones
118	Clonación
128	Almacenamiento de cordón umbilical
130	Diferencias entre naciones, religiones y partidos políticos
136	Patentes de células
142	Experimentación con animales
151	<b>Esperanza y prudencia</b>
157	<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b>
161	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>

# TODOS SOMOS CÉLULAS

¿Qué tenemos en común todos y cada uno de nosotros con nuestra mascota, un gato, por ejemplo? ¿Y si la mascota fuese un saltamontes? ¿Qué tenemos en común persona, gato y saltamontes con la planta de la ventana? ¿Y con las bacterias que nos ayudan a hacer el yogur o con las que nos dan la lata cuando nos ponemos enfermos? Podríamos decir que todos somos seres vivos, pero más específicamente podemos decir que **todos estamos formados por células**, distinguiendo organismos unicelulares (formados por una sola) o pluricelulares (formados por más de una).

La célula es la unidad mínima que presenta *en sí misma* todas las características de un ser vivo: tener un estricto orden de su estructura interna, responder a estímulos (relacionarse con el entorno), ser una eficiente máquina energética (aprovechar la luz del sol o alguna forma de materia para obtener energía), reproducirse y evolucionar. Hay otras formas de vida, como los virus o priones, que son capaces de realizar solo *alguna* de estas funciones de forma autónoma, aunque no todas. Por ello, virus y priones se denominan formas de vida *acelular*; no son células y, aunque tienen una gran importancia socioeconómica y sanitaria, no son el objeto de análisis de este libro.

El término *célula* no es reciente, sino que fue utilizado por primera vez en 1665 en la obra del científico inglés Robert Hooke, *Micrographia*. En este libro se detallan 50 observaciones microscópicas y telescópicas con magníficas ilustraciones. Hooke utilizó esta palabra para definir la estructura de las láminas de corcho. Observó que estaban formadas por espacios huecos rodeados de una delgada pared, al igual que un panal de abejas (figura 1). De ahí el nombre de célula, que significa *celdilla*. Realmente, Hooke no vio células como tal, sino los restos de las mismas (la pared celular vegetal, grosso modo la celulosa que compone el papel o la madera) y no supo demostrar que todos los seres vivos están formados por unidades análogas. Pero el término célula ya se había acuñado.



**Figura 1.** Dibujo del tratado de Linneo *Micrographia* en el que se muestran las células o celdillas vegetales. Wikimedia Commons.

Pasó más de un siglo hasta que se volvió a retomar el tema, y no sería hasta 1824 cuando un científico francés, Henri Dutrochet, postuló por vez primera que todos los seres vivos están compuestos por células, “unidades globulosas” minúsculas unidas “por fuerzas de adhesión simples”. También afirmó que las diferencias entre los tejidos se debían a diferencias entre las células que los componían. Designó a las células como unidades fisiológicas y estructurales de los organismos. De esta manera, Dutrochet estableció las bases de la futura teoría celular llegando a esbozar sus postulados principales.

Por fin, dicha teoría celular sería propuesta como tal una década más tarde por dos alemanes: el zoólogo y fisiólogo Theodor Schwann y el botánico Matthias Schleiden. En 1838 Schleiden llega a la conclusión de que todos los tejidos vegetales están compuestos por células. Un año más tarde, Schwann extiende estos postulados a los animales. Juntos publicarán en 1839 la obra titulada *Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen* (Investigaciones microscópicas sobre la concordancia de la estructura y el crecimiento de las plantas y los animales). Schwann y Schleiden propusieron el primer principio de la teoría celular: **Todo en los seres vivos está compuesto por células o productos secretados por ellas.**

Otro alemán, un médico llamado Rudolf Virchow, postuló el segundo principio: **Toda célula se ha originado a partir de otra célula, por división de esta** (*Omnis cellula ex cellula*). Con esto Virchow esbozó el moderno concepto patológico, ya que hasta entonces se pensaba que las células o los patógenos surgían de una sustancia amorfa.

La teoría celular fue debatida a lo largo del siglo XIX principalmente por los defensores de la teoría de la generación espontánea, hasta que Louis Pasteur, con sus experimentos sobre

la multiplicación de los microorganismos unicelulares, desmintió definitivamente la generación de los organismos a partir de la nada. La teoría celular fue aceptada de forma concluyente.

La teoría celular moderna se puede resumir en los siguientes principios:

1. Todo en los seres vivos está formado por células o por sus productos de secreción. La célula es la unidad estructural de la materia viva, y una célula puede ser suficiente para constituir un organismo.
2. Todas las células proceden de células preexistentes, por división de estas (*Omnis cellula ex cellula*).
3. Las funciones vitales de los organismos ocurren dentro de las células, o en su entorno inmediato, controladas por sustancias que ellas secretan. Cada célula es un sistema abierto, que intercambia materia y energía con su medio. En una célula caben todas las funciones vitales, de manera que basta una célula para tener un ser vivo (que será un ser vivo unicelular). Así pues, la célula es la unidad fisiológica de la vida.
4. Cada célula contiene toda la información hereditaria necesaria para el control de su propio ciclo y del desarrollo y el funcionamiento de un organismo de su especie, así como para la transmisión de esa información a la siguiente generación celular. Así que la célula también es la unidad genética.

### ***Cinco reinos de seres vivos***

Queda claro que todos los seres vivos (celulares) estamos compuestos por células, pero también está claro que tenemos nuestras

semejanzas y diferencias, y esto no es una novedad. Así, ya en 1735 el naturalista sueco Carl Nilsson Linæus (Carlos Linneo) estableció por primera vez un sistema de clasificación de los organismos denominado *taxonomía*. Dicho sistema de clasificación ha ido modificándose con el paso del tiempo a medida que se descubrían nuevas especies de seres vivos, así como sus distintas características. Aunque actualmente se superponen varias clasificaciones, la más extendida consiste en clasificar los seres vivos en cinco grandes grupos sistemáticos que se denominan *reinos*. Se podría hacer un símil entre estos cinco reinos naturales y los siete reinos de la saga de novelas *Canción de hielo y fuego* del escritor George R. R. Martin, en los que un sinnúmero de personajes y familias tienen relaciones complicadas, variadas, cambiantes y no siempre amistosas.

Al comienzo de este capítulo, ya hemos introducido uno de los criterios de clasificación: el número de células. Además de la división en seres uni- o pluricelulares, el número de células de un organismo no es cosa baladí, ya que determina, por ejemplo, el tamaño de dicho organismo. Es decir, en general no es que un elefante o un caballo tengan células más grandes que un ratón, tan solo tienen más.

Otro criterio sumamente importante para la clasificación en cinco reinos es la presencia de núcleo (*karyon*, en griego) celular. Así, se pueden distinguir dos tipos de células: *procariotas*, sin núcleo, y *eucariotas*, con núcleo definido. Aunque la importancia del núcleo merece un epígrafe aparte (ver más adelante), podemos ir adelantando que el núcleo permite la separación del material genético de la célula (ADN) del resto del contenido celular (citoplasma), consiguiendo una regulación óptima de los procesos celulares. Así, las células procariotas (las bacterias) son mucho más pequeñas y sencillas que las eucariotas.

El tercer criterio de la clasificación taxonómica de los cinco reinos radica en el sistema de obtención de materia y energía por

parte de los organismos. Según esto, los seres vivos pueden ser *autótrofos* o *heterótrofos*. Los organismos autótrofos son capaces de obtener energía de fuentes externas, como la luz o reacciones químicas, para sintetizar así su propia materia orgánica a partir de compuestos inorgánicos. Por el contrario, los organismos heterótrofos necesitan de la materia orgánica procedente de otros organismos para alimentarse y así obtener su propia materia y energía.

Teniendo en cuenta estos tres criterios, los cinco reinos en los que se clasifican los seres vivos son los siguientes:

1. *Bacteria*. Bacterias y arqueobacterias. Organismos procariontes, unicelulares (aunque algunos pueden formar agregados celulares simples), autótrofos y heterótrofos.
2. *Protoctista*. Los organismos eucariotas más sencillos. Suelen ser unicelulares, aunque hay algunos pluricelulares muy sencillos. Pueden ser autótrofos o heterótrofos.
3. *Fungi*. Los hongos. Organismos eucariotas, unicelulares o pluricelulares, y heterótrofos.
4. *Plantae*. Las plantas. Organismos eucariotas, pluricelulares y autótrofos.
5. *Animalia*. Los animales. Organismos eucariotas, pluricelulares y heterótrofos.

En algunos casos la frontera entre los reinos no es sencilla y se postula que los componentes de los tres últimos reinos derivan del segundo. Así, el límite entre algunos hongos y protoctistas unicelulares no está del todo claro, al igual que lo que sucede con algunas algas unicelulares, a caballo entre plantas y protoctistas... como en las novelas de George R. R. Martin.

Por su parte, el reino Bacteria engloba a todos los organismos procariontes, tratándose de un reino extraordinariamente am-

plio y con dos grupos bien diferenciados, las bacterias típicas (eubacterias) y las arqueobacterias (o arqueas). Ambos grupos se diferencian en características de la membrana plasmática (límite celular), así como en que las arqueobacterias presentan una variedad aún mayor de tipos de metabolismo y hábitats, incluyendo algunos extremos (hay arqueas que proliferan en aguas termales o salinas).

Por estos motivos, el estadounidense Carl Woese creó en 1977 un sistema alternativo de clasificación de los seres vivos en tres dominios:

1. *Archaea*. Las arqueobacterias.
2. *Bacteria*. Las eubacterias.
3. *Eukarya*. Todos los organismos eucariotas (pertenecientes a los reinos Animalia, Plantae, Fungi y Protoctista).

Como veremos a continuación las células madre son células eucariotas, por lo que los sistemas de clasificación propuestos, cinco reinos y tres dominios, son suficientes para situarlas en el contexto del mundo natural. Tan solo nos parece necesario puntualizar que ambos sistemas taxonómicos tan solo tienen en cuenta los organismos celulares, pero que también existen otros modelos más complejos que contemplan las formas de vida acelulares, como los virus.

## ***La célula eucariota, el ladrillo fundamental***

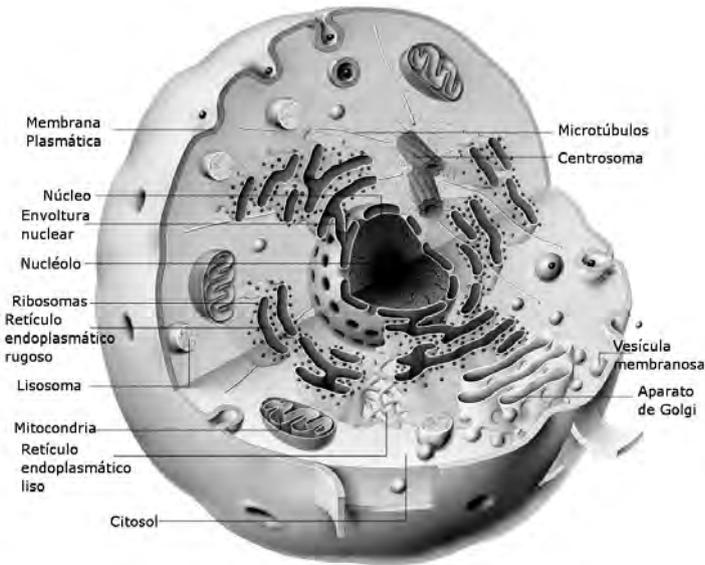
Todos los organismos pluricelulares están constituidos por células eucariotas (aunque también existen eucariotas unicelulares). En los seres pluricelulares como los animales o las plantas, las células eucariotas no forman meras agrupaciones, sino que presentan

distintos niveles de organización muy complejos y especializados. Como veremos, la presencia de un núcleo está íntimamente ligada a estos niveles de organización. Pero antes de estudiar dichos niveles y para comprender la importancia del núcleo, nos parece necesario dar unas pinceladas de cómo funciona una célula eucariota.

Podemos imaginar la célula eucariota como una fábrica en la que se manufacturan ciertas materias primas para obtener una serie de productos determinados. A grandes rasgos, la célula está delimitada por la *membrana plasmática*, estructura que la aísla del exterior. Por su parte, el contenido celular, dentro de la membrana plasmática, se denomina *citoplasma*, un medio líquido, acuoso, donde se encuentran una serie de estructuras denominadas *orgánulos celulares*. Cada uno de estos orgánulos cumple una serie de funciones concretas (al igual que los órganos de un cuerpo, pero a un nivel mucho más pequeño). Si queremos establecer una imagen sencilla, una célula aislada se parecería a un globo relleno de líquido, en el que flotarían pequeños objetos, los orgánulos (figura 2).

Cabe destacar que la membrana plasmática no es el único tipo de membrana celular: algunos orgánulos –membranosos– también están constituidos por membranas de apariencia similar a la plasmática, formando sáculos, cisternas o vesículas. Y precisamente, la expansión de algunas de estas membranas del interior de la célula constituye la denominada *envuelta nuclear*, auténtica barrera física que delimita un espacio aparte dentro del citoplasma: el núcleo celular. Como veremos más adelante, esta separación física es muy importante; de hecho, el interior acuoso del núcleo se denomina *nucleoplasma*, para distinguirlo del citoplasma.

En el interior del núcleo se encuentra el ADN o ácido *desoxirribonucleico*, el material genético que constituye la base física de



*Figura 2. Esquema de una célula eucariota animal con sus principales orgánulos. Alejandro Porto. Wikimedia Commons.*

las diferentes características de un organismo, desde el color del pelo o de ojos, hasta la capacidad de poder digerir adecuadamente la leche. Precisamente, la información de cada una de estas características se codifica por uno o varios *genes*, unidades concretas de información genética. Así, podríamos asemejar el núcleo celular a una biblioteca donde se guarda la información genética de la célula: de cómo tiene que ser y cómo tiene que funcionar. El ADN sería el conjunto de libros de la biblioteca, y cada uno de esos libros, cada manual que nos indicaría cómo hacer algo, sería un gen. Siguiendo con el símil, al igual que en un libro las letras se asocian para formar palabras y frases con sentido, con la información genética ocurre algo parecido. El ADN se dispone en largas cadenas formadas por pequeñas unidades llamadas *nucleótidos*,

de cuatro tipos distintos y que se identifican por las letras A, C, G y T. Así, con tan solo 4 letras, cada gen (cada libro de la biblioteca) contiene “escrita” la información precisa para una función celular determinada. Finalmente, hay que decir que cada cadena de ADN del núcleo tiene muchos genes uno a continuación del otro, que estas cadenas se denominan *cromosomas* y que su número es constante en cada especie (los humanos tenemos 46).

El ADN no es la única forma de material genético celular, sino que existe un segundo tipo: el ARN o *ácido ribonucleico*. El ARN está formado por los nucleótidos A, C, G y U (cambia la T por la U) y es más inestable que el ADN. De esta manera, el ADN, muy estable, es el encargado de almacenar la información celular (en forma de genes) en el núcleo, mientras que la función del ARN es ser un intermediario en el citoplasma de esta información. Los genes de ADN no salen del núcleo, sino que cuando se expresan, realmente se copian en forma de ARN, que ya sale al citoplasma. Según el símil anterior, supongamos que la biblioteca del núcleo contiene libros muy valiosos (los genes) que, para su conservación, está prohibido sacar de dicha biblioteca. ¿Qué haría la célula si quisiese obtener información de alguno de estos libros? Copiarlos en forma de ARN, como si sacase fotocopias (con los permisos del *copyright*, claro).

¿Y para qué quiere una célula tener la información genética en forma de copias de ARN en el citoplasma? Grosso modo cada gen codifica para una proteína y las proteínas son las moléculas que realmente desempeñan funciones específicas en la célula. Estas funciones son muy variadas: metabolizar un compuesto, servir como la pieza de una estructura mayor, mover algo, permitir o bloquear la expresión de un gen concreto, etc. Así, a través de las proteínas, los genes regulan el correcto funcionamiento y estructura celular. Cada proteína está formada por muchas subunidades llamadas aminoácidos de varios tipos distintos (en animales son

20). Según los tipos de aminoácidos que formen una proteína, esta tendrá una función u otra. ¿Y quién es el encargado de ensamblar los aminoácidos para formar las proteínas? Pues unos pequeños orgánulos no membranosos llamados *ribosomas*. Cada ribosoma “lee” la información genética en forma de ARN para ensamblar correctamente cada proteína, como si fuese un operario de una cadena de montaje. De esta manera, las “fotocopias” de ARN obtenidas de la “biblioteca nuclear” son las instrucciones precisas para que los ribosomas construyan las diferentes proteínas celulares con los aminoácidos correspondientes.

El proceso de copia de ADN a ARN se denomina **transcripción**, y el paso de ARN a proteínas, **traducción**. En las bacterias (procariotas, sin núcleo) los procesos de transcripción y traducción se llevan a cabo en el mismo compartimento celular, en el citoplasma. No existe una separación física e incluso ambos procesos se solapan en el tiempo, lo que implica una alta velocidad, pero una escasa regulación. Por el contrario, la envuelta nuclear de las células eucariotas supone una barrera física para los dos procesos: la transcripción se produce en el interior del núcleo y la traducción fuera de él, en el citoplasma. Esta separación implica que la regulación de la transcripción y traducción es muchísimo más compleja y precisa en las células eucariotas que en las procariotas. ¡Y esto es muy importante para constituir un organismo pluricelular!

Como veremos en el capítulo siguiente, todo organismo pluricelular se forma mediante divisiones sucesivas de una única célula original. Por ello, todas las células de un organismo pluricelular tienen la misma información genética. Entonces, ¿por qué una célula de la piel es diferente de una neurona? Porque, como acabamos de ver, al tratarse de células eucariotas su expresión genética está muy finamente regulada. Así, en un organismo pluricelular unas células expresan unos genes y otras, otros genes

distintos, a pesar de poseer todas ellas la misma información. De esta manera, cada célula de un organismo pluricelular cumple una serie de funciones específicas para que, en conjunto, todas ellas permitan la correcta constitución y funcionamiento de dicho organismo. Además, la agrupación de las células eucariotas no es al azar, sino que está mediada por su especialización. Así, las células de los seres pluricelulares se asocian formando *tejidos* y estos a su vez se asocian formando *órganos*, que constituirán los *aparatos* y *sistemas* del organismo completo. Siguiendo con esta línea y para comprender mejor el resto del libro, nos parece importante dejar claro qué es un tejido. Podríamos definirlo como un conjunto organizado de uno o unos pocos tipos diferentes de células especializadas, que se comportan todas de forma coordinada para desempeñar una función común. Como ejemplos: el tejido epitelial (que forma la piel, pero también las paredes de cavidades del cuerpo como los vasos sanguíneos o el tubo digestivo), el tejido cartilaginoso (que forma los cartílagos), el tejido óseo (que forma los huesos), el tejido nervioso (de cerebro, médula espinal y nervios), la sangre (un tejido líquido)... Cabe mencionar que algunos organismos pluricelulares, como ciertos hongos y algas, presentan asociaciones de células que no constituyen *verdaderos* tejidos. En este caso se considera que la especialización de las células que los componen es algo menor que en los tejidos propiamente dichos que acabamos de definir.

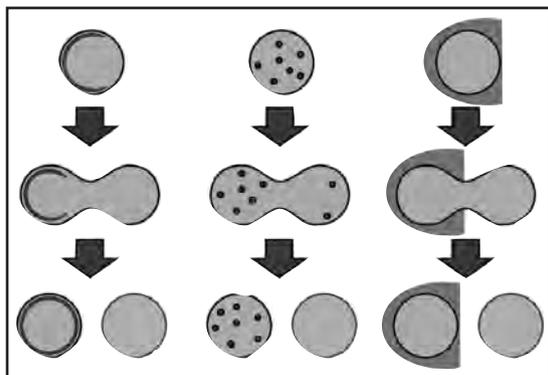
Por todo ello, las células eucariotas son los auténticos ladrillos que componen los organismos pluricelulares. Pero al igual que una casa no surge de la nada, sino que se construye poco a poco, ninguno de estos organismos (un animal, una planta...) se genera espontáneamente con las características de adulto; hace falta un desarrollo previo, desde una única célula. Así, es necesario un desarrollo embrionario y un crecimiento posterior, una construcción "ladrillo a ladrillo". Por otra parte, los organismos

adultos ya desarrollados por completo también experimentan remodelaciones de gran utilidad: cuando nos hacemos una herida, nuestra piel se cierra... ¡Y no digamos lo que le pasa a una estrella de mar cuando regenera un brazo perdido!

### ***Multiplicación o diferenciación, elige un camino***

Como veremos en detalle más adelante, todos los seres pluricelulares provienen de una única célula, que se divide sucesivamente para aumentar el número de células del organismo. En el caso de los animales, esta célula se denomina *zigoto*, que se forma de la unión de otras dos células sexuales o gametos: una masculina, el espermatozoide, y otra femenina, el óvulo u ovocito. Al principio, tras sucesivas divisiones del cigoto, el embrión es una masa de células indiferenciadas –todas iguales– y tiene el aspecto de una mora. Sin embargo, todos hemos visto ecografías de niños donde observamos la formación progresiva de un ser vivo: en las más tempranas tan solo vemos esbozos de extremidades, pero más tarde ya reconocemos los dedos, los rasgos faciales o si es niño o niña. Al mismo tiempo, el embrión va adquiriendo procesos fisiológicos (como desarrollar un corazón que empieza a latir) y, por supuesto, sigue aumentando de tamaño. Está claro entonces que no basta con incrementar el número de células de un organismo en desarrollo, sino que también es necesario que estas se especialicen para formar diferentes tejidos con funciones concretas, y que además exista una remodelación para formar huecos, tubos, apéndices, órganos, etc.

Las células que componen al embrión, sobre todo en las etapas más tempranas de su formación, son células *indiferenciadas*, sin una función concreta. El hecho de que carezcan de esta especialización les confiere la propiedad de *poder diferenciarse* y



**Figura 3.** Posibles mecanismos de divisiones asimétricas: izquierda, una señal de polaridad celular hace que tras la división las dos células hijas sean distintas; centro, reparto diferencial de orgánulos u otros componentes celulares entre las dos células hijas; derecha, la célula madre presenta la influencia de un entorno extracelular, pero tras la división, solo una de las células hijas recibe dicha influencia.

adquirir una u otra función; valga el símil de un estudiante que acaba la educación secundaria y quiere ir a la universidad: *aún no se ha especializado* en una u otra carrera, pero *puede elegir la especialidad* que más le guste. Asimismo, las células embrionarias indiferenciadas tienen otra propiedad: pueden dividirse para formar más células iguales, del mismo tipo. Como hemos visto antes, en el desarrollo embrionario es necesaria una especialización celular, pero ¿qué pasaría si todas las células de un embrión se diferenciaban a la vez? Ya no podrían dividirse y el embrión no crecería. De esta manera, los procesos de división y diferenciación celular se dan de forma coordinada: una célula embrionaria determinada se puede dividir en otras dos células, una de las cuales queda como reserva (igual a la célula original) mientras que la otra se especializa (figura 3). Así, durante el desarrollo embrionario, a medida que se consigue una especialización progresiva para formar tejidos diferenciados, también se mantiene un

reservorio de células indiferenciadas para seguir aumentando el número celular y, por ende, el tamaño del embrión.

Además, el proceso de diferenciación no es un todo o nada, sino que se produce de forma paulatina, y podemos decir que cuanto menos diferenciada esté una célula, mayor capacidad tendrá tanto de dividirse como de especializarse. Así, durante el desarrollo, cada célula se irá diferenciando poco a poco, restringiendo cada vez más su potencial de diferenciación y su capacidad de división hasta convertirse en una célula totalmente especializada que, en general, no puede dividirse. Lógicamente, los embriones menos maduros tendrán en proporción más células indiferenciadas y un grado de diferenciación global menor que los embriones más desarrollados.

Todo este proceso de diferenciación está altamente regulado de forma genética, de manera que las células (con mayor o menor potencial) en cada punto de dicho proceso “deciden” si se dividen, para ser más células con las mismas propiedades, o se diferencian, perdiendo al menos parte de su potencialidad de diferenciación y capacidad de división. Dicho de otra forma: si se necesitan “más ladrillos” primará la división celular; cuando haya suficientes, podrá haber diferenciación.

Finalmente, hay que remarcar que esta decisión celular no solo se produce durante la etapa de desarrollo, sino que también se da en organismos adultos, aunque lógicamente en mucha menor medida. Estos también tienen poblaciones de células indiferenciadas que deciden cuándo dividirse o diferenciarse según convenga. Por ejemplo, si nos hacemos una herida, existen células poco especializadas en la piel que proliferan para aumentar su número. Luego, todos estos nuevos elementos se diferencian en células maduras para cerrar la herida. Nuevos ladrillos para reparar el agujero de la pared.

Llegados a este punto nos parece necesario esclarecer algo: las células indiferenciadas de las que acabamos de hablar son, de hecho, células madre. Pero no adelantemos acontecimientos, ya que las células madre como tal merecen un capítulo aparte donde las analizaremos de forma mucho más exhaustiva.