

El maravilloso mundo de las células visto por un ingeniero

Manuel Bautista Aranda



©2017



El maravilloso mundo de las células visto por un ingeniero

Manuel Bautista Aranda

Introducción

La primera vez, hace ya muchos años, cuando me explicaron en la escuela que el cuerpo humano estaba constituido por células y me enseñaron algunas fotos de las mismas, mis sentimientos fueron un tanto contradictorios. Por un lado, me resultaba desagradable pensar que mi cuerpo estuviese formado por esos “bichitos”, tan pequeños, tan amorfos y tan feos. Pero, por otro lado, se despertó en mí una especial curiosidad, un deseo de conocer algo más sobre estos diminutos seres.

Años más tarde, al estudiar el Bachillerato, tuve ocasión de profundizar un poco más en el mundo de las células, en su estructura interna, en sus funciones. Mi interés por el tema fue en aumento y lo que me enseñaron me supo a poco. Pero la Fisiología era una de las muchas asignaturas que teníamos y no había tiempo material para que por mi cuenta pudiese ampliar conocimientos sobre las células.

Las circunstancias tampoco fueron propicias después. Al terminar el Bachillerato elegí la carrera de Ingeniero Aeronáutico. Y ya se puede imaginar el lector que el estudio de las células no figuraba en ninguna asignatura del correspondiente plan de estudios. Ni tampoco necesité estudiar este tema durante mis años de ejercicio profesional como ingeniero.

Así estaban las cosas cuando, por edad, llegó mi jubilación. Ahora podía empezar a profundizar en el estudio de las células. Y lo que estoy descubriendo me tiene maravillado. Las células siguen siendo pequeñas, amorfas y feas; pero, detrás de esa apariencia engañosa, hay un mundo sorprendente y maravilloso. Un mundo con una complejidad, una organización y un dinamismo difíciles de imaginar.

En las páginas que siguen voy a tratar de dar una idea, aunque sea superficial, de ese diminuto mundo. Dada la limitada extensión de un artículo, sólo voy a examinar algunos de los múltiples componentes de la célula; pero espero que sea suficiente como para que el lector se haga cargo de la complejidad y del dinamismo que antes cité. En este texto me voy a referir fundamentalmente a las células del ser humano, aunque gran parte de las estructuras y de las funciones que se describan son aplicables a las células de casi todos los seres vivos.

La primera noticia sobre la existencia de células se remonta al año 1655, en que el británico Robert Hooke, al examinar una delgada lámina de corcho con un microscopio construido por él mismo,



descubrió que estaba constituida por una serie de diminutos compartimentos separados por paredes, a los que llamó células.

Pero los avances realmente importantes tuvieron lugar en 1838, cuando el botánico alemán M. J. Schleiden lanzó la idea de que todas las plantas estaban compuestas por células, y cuando en 1839 su compatriota, el zoólogo T. Schwann, trabajando independientemente, expuso esta misma idea para los animales. Ambos son considerados autores de la llamada *teoría celular*, que, con las actualizaciones y retoques pertinentes, es la que está en vigor. La teoría celular representa con respecto a la Biología algo equivalente a lo que representó en su momento la teoría atómica con respecto a la Física y a la Química.

Poco a poco, a lo largo del siglo XIX y principios del XX, al ir mejorando los sistemas de observación, se fueron identificando los componentes principales de las células: la *membrana*, el *protoplasma*, el *núcleo*, los *cromosomas*, las *mitocondrias*, los *ribosomas*, etc., etc. Pero el poder amplificador del microscopio óptico tiene un límite por razones físicas. En condiciones favorables este límite viene a ser de unos 2.000 aumentos, que resulta insuficiente para poder estudiar las estructuras celulares más pequeñas.

Hoy en día, con los microscopios electrónicos de transmisión se consiguen aumentos de hasta 2.000.000 de veces. Y con los microscopios electrónicos de barrido, aunque su poder amplificador es menor, se consiguen imágenes en tres dimensiones, que son muy útiles en el estudio de las células.

Los biólogos, con estas y otras herramientas, y con mucha imaginación y paciencia, están profundizando en el conocimiento de las células y en las reacciones que se producen en su interior a nivel molecular. Se ha avanzado mucho en las últimas décadas; pero los biólogos reconocen humildemente que todavía hay mucha ignorancia, que todavía la célula guarda muchos secretos.

Generalidades sobre las células

El cuerpo humano, como hemos dicho, está constituido por células. Hay en él unos 200 tipos distintos de células, que difieren entre sí por su forma y por la función que desempeñan. Son bastante diferentes -más en apariencia que en esencia- las células que forman los músculos, la piel, los huesos, los nervios, la sangre y los distintos órganos y tejidos. En total, número de células que tiene una persona es enorme. Se estima que es de unos 50 billones. Y, a pesar de que cada célula tiene su propia identidad, todas actúan de forma coordinada en beneficio del ser humano del que forman parte.

En las páginas siguientes hay un punto que deberíamos tener presente en todo momento, y es el pequeño tamaño de las células. En su gran mayoría este tamaño oscila entre 10 y 30 micrómetros, o dicho de otra forma, entre 1 y 3 centésimas de milímetro. A título de comparación, si con un lápiz muy afilado marcamos un punto muy pequeño en una hoja de papel, el tamaño de ese punto sería muy superior al de una célula. A simple vista no podemos verlas, pues nuestros ojos sólo pueden ver

objetos que tengan por lo menos una décima de milímetro. No es de extrañar por ello que no se tuviera ni la más mínima idea de la existencia de las células antes del invento del microscopio.



D. Santiago Ramón y Cajal, el gran investigador de las células nerviosas. Recibió el premio Nobel en 1906.

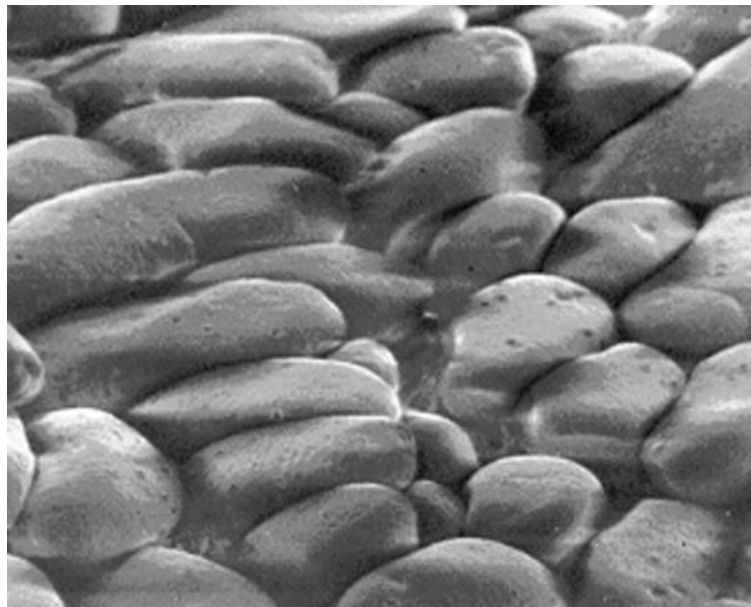
Foto: CSIC, catálogo "El laboratorio de España. La Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (1907-1939)".

Las células están recubiertas por una membrana, que las separa del medio exterior. En su interior está el protoplasma, una sustancia bastante trasparente de aspecto parecido a la clara de huevo. En él se distinguen una serie de pequeños recintos cerrados, llamados de forma genérica *orgánulos*, de los que el núcleo es el mayor y más importante de ellos. En la composición de las células hay que destacar el gran papel del agua, que viene a representar alrededor del 70 por ciento de las mismas.

Pero la simple observación microscópica de una célula, no da ni la más mínima idea de las complejas reacciones químicas y de la frenética actividad que tienen lugar en su interior. En algunos aspectos, pudiera compararse la célula con una gran ciudad en miniatura, con miles de fábricas y millones de obreros trabajando noche y día sin parar.

Esta comparación pudiera parecer exagerada, pero, como simple ejemplo, voy adelantar algunas cifras sobre la síntesis de proteínas dentro de cada célula. Como veremos más adelante, las proteínas son grandes moléculas, que se forman empalmando una tras otra, y en un orden muy concreto, otras moléculas más simples, que son los aminoácidos. Pues bien, una célula típica de nuestro cuerpo contiene unos 100 millones de moléculas de proteínas, de unas 10.000 clases diferentes. Y, dado que la mayoría de las proteínas se renuevan al cabo de unos pocos días, la célula tiene que sintetizar entre medio millón y un millón de nuevas proteínas cada hora.

Otro aspecto interesante de las células, además de su pequeñez, es la enorme rapidez con que se desarrollan algunos de los procesos que tienen lugar en su interior. El tiempo hay que medirlo muchas veces en milésimas, o incluso en millonésimas, de segundo.



Aspecto de las células del intestino delgado vistas con un aumento de 200.

Foto proporcionada por el autor

La membrana

En primera aproximación, la membrana que rodea a la célula y la separa del medio exterior pudiera compararse, en cierto modo, con las murallas que rodeaban las ciudades medievales. Pero, como iremos viendo, las funciones que desempeña la membrana y la forma en que las desempeña, hacen que esta comparación se quede muy corta. La membrana resulta ser bastante más compleja y eficiente que las murallas.



En cada célula, además de la membrana que la separa del medio exterior, la llamada *membrana plasmática*, hay otras muchas membranas. El núcleo y cada uno de los múltiples orgánulos internos están rodeados de sus correspondientes membranas, cada cual con sus funciones específicas.

Las membranas celulares son extremadamente delgadas. Viene a tener un espesor de unas 5 millonésimas de milímetro (5 nanómetros). Mientras sólo se dispuso de microscopios ópticos, no había forma de verlas y no se tenía idea de su estructura. Con el empleo de microscopios electrónicos se ha visto que las membranas están constituidas básicamente por una doble capa de moléculas.

Las membranas resultan blandas, flexibles y con bastante resistencia mecánica. Son impermeables, excepto para moléculas pequeñas, tales como las de oxígeno, agua, dióxido de carbono, etc., que pueden cruzar las membranas con cierta facilidad. Pero no permiten el paso de la mayor parte de las moléculas biológicas, tales como aminoácidos, azúcares, proteínas y ácidos nucleicos, ni tampoco a los iones.

¿Cómo se realiza, entonces, el paso a su través de las sustancias que necesita tomar la célula del exterior para su subsistencia? ¿Y cómo expulsa los desechos? De la misma forma que en las murallas que rodeaban las ciudades medievales existían puertas para la entrada y salida de personas y mercancías, y en cada puerta había sus correspondientes guardias, con instrucciones precisas sobre lo que debían permitir o impedir que pasase por ellas, así también en las membranas de las células hay algo equivalente a estas puertas y a esos guardias. Son las llamadas *proteínas de membrana*.

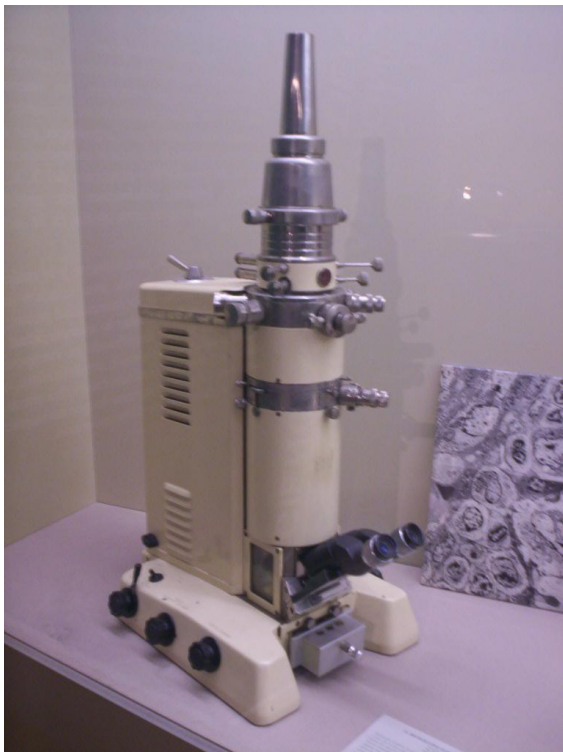
Este tipo de proteínas están empotradas en las membranas de la célula. Tienen una estructura especial, que crea como puertas, que se pueden abrir o cerrar. Cada proteína “sabe” muy bien a qué tipos concretos de moléculas debe permitirles el paso y a cuales se lo debe impedir. Y no solamente eso, sino que el paso de determinadas moléculas, a veces es permitido y a veces no, dependiendo de las necesidades de la célula. Las proteínas de membrana son altamente selectivas, son capaces de permitir el paso de una determinada molécula e impedirselo a otra con una estructura atómica casi idéntica. Cada membrana lleva incorporados muchos tipos diferentes de proteínas de membrana, cada una con su misión específica y con sus correspondientes “instrucciones”.

A veces, algunos nutrientes requeridos por la célula son demasiado grandes y no pueden pasar a través de los huecos que ofrecen las proteínas de membrana. Una situación semejante en una ciudad amurallada, en la que se quisiera introducir algo mucho mayor que el tamaño de sus puertas, crearía un problema gravísimo. Habría que recurrir a la solución extrema de derribar parte de la muralla para hacer el hueco necesario.

Pero la célula resuelve el problema de una forma mucho más sencilla y elegante. La parte de membrana en contacto con el objeto que se quiere introducir empieza a hundirse, se va formando una cavidad en la que va penetrando el objeto, y, cuando está totalmente dentro, se cierra la cavidad y la *vesícula* así formada se desprende del resto de la membrana y transporta el objeto al lugar a donde

deba ir. Entretanto, la célula fabrica y repone rápidamente la porción de membrana que se ha utilizado para formar la vesícula.

Un componente interesante de la membrana plasmática son las llamadas *bombas de sodio-potasio*. En la mayoría de las células, la concentración adecuada de iones de sodio en su interior debe ser muy inferior a la que existe normalmente en el medio exterior (alrededor de la décima parte). Y por el contrario, la concentración de iones de potasio debe ser muy superior a la que hay fuera (entre 10 y 30 veces mayor, según el tipo de célula). El mantener estas diferencias de concentración, este fuerte gradiente entre el interior y el exterior es fundamental para el buen funcionamiento de la célula. Para conseguirlo, se requiere un continuo bombeo de iones de sodio y de potasio a través de la membrana. Esta función la realizan unas proteínas especiales llamadas bombas de sodio-potasio. El detalle de su funcionamiento es muy interesante, pero se sale fuera del ámbito de este artículo.



El microscopio electrónico es un elemento fundamental en el estudio de las células.

Foto: Ángel Luis Alfaro (Own work) [GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>) or CC BY-SA 4.0-3.0-2.5-2.0-1.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0-3.0-2.5-2.0-1.0>)], via Wikimedia Commons

El núcleo

El núcleo es el componente más destacado del interior de la célula. Está rodeado por su correspondiente membrana, con poros que actúan como “puertas” y permiten el paso de ciertas moléculas en un sentido o en otro. El núcleo es el depositario de la mayor parte de la información genética, de la mayor parte del ADN¹ de la célula². Y ejerce una influencia constante sobre las

¹ ADN son las siglas del ácido desoxirribonucleico.



actividades que tienen lugar en el resto de la célula, asegurando que en todo momento se vayan sintetizando los distintos tipos de moléculas que se necesitan.

Utilizando de nuevo el símil de la ciudad amurallada, el núcleo de la célula sería el equivalente al castillo o ciudadela, que sirviera de residencia al gobernador de la ciudad, y en donde hubiera unos inmensos archivos, con toda la información necesaria para el buen gobierno de la misma. Pero hay una diferencia fundamental, que siempre me ha intrigado. En el caso de la ciudad, nos parece natural que al frente de la misma haya un gobernador, un alcalde o un cargo equivalente; pero que haya una autoridad. Pues bien, en el caso de la célula no parece que exista algo equivalente a esa autoridad. No se ha identificado en el núcleo, ni fuera de él, ningún elemento que haga las funciones de “gobernador”.

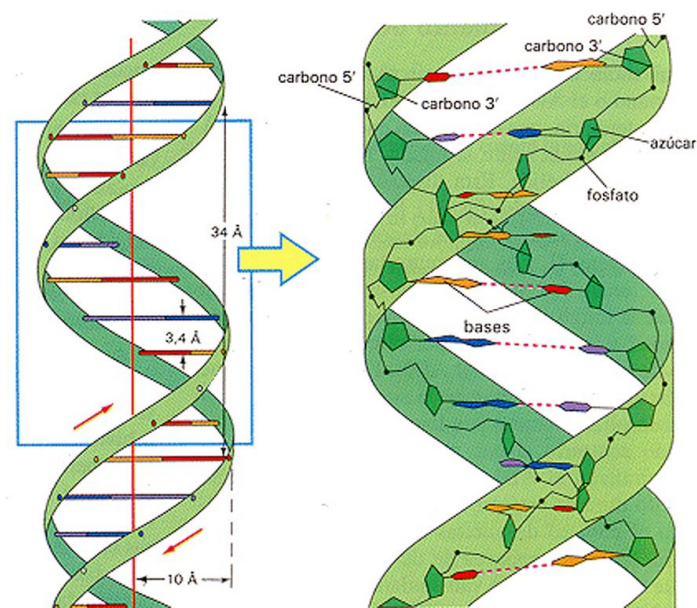
En cuanto al ADN, dado lo conocido del tema y la gran difusión que ha tenido en todos los medios de comunicación, sólo voy a dar algunos datos sobre él. Se trata, como sabemos, de una molécula gigante, de una cadena muy larga, constituida por moléculas más pequeñas, llamadas *nucleótidos*, que se empalman una a continuación de la otra, formando una doble hélice. Como primera aproximación a esta estructura de doble hélice podríamos pensar en una escalera de caracol sin eje central y con barandilla y pasamanos a un lado y a otro de cada peldaño. O también en una escala de cuerdas con travesaños de madera, que estuviera retorcida en forma de hélice.

Cada nucleótido está formado por tres componentes: un *grupo fosfato*, un *grupo azúcar*³ y una *base nitrogenada*⁴. Los grupos fosfato y azúcar son los que dan rigidez a la doble hélice, son los que proporcionan el equivalente a la barandilla y pasamanos de la escalera de caracol. Las bases nitrogenadas forman el equivalente a los peldaños. Y justamente, la información genética está en esos peldaños.

² Fuera del núcleo, las mitocondrias tienen su propio ADN, independiente del ADN nuclear

³ En química se llaman azúcares a compuestos orgánicos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, en la proporción un átomo de carbono, por dos de hidrógeno y uno de oxígeno. Como ejemplo de azúcares sencillos están la glucosa, fructosa, ribosa,... Como azúcares dobles, están la sacarosa, maltosa, lactosa, ... Todos ellos tienen sabor dulce.

⁴ Se llaman bases en química a aquellas sustancias que al disolverse producen un aumento en la concentración de iones OH⁻ en la disolución, es decir, un aumento de su pH.



Representación esquemática de la estructura del ADN

Ilustración: <https://www.um.es/molecula/anucl02.htm>

Aunque el ADN de una célula humana viene a tener la enorme cifra de unos tres mil millones de “peldaños”, tan sólo hay cuatro tipos distintos de base nitrogenadas para “construirlos”. Éstas son las llamadas *guanina* (G), *citocina* (C), *timina* (T) y *adenina* (A). Cada “peldaño” en la doble hélice del ADN está formado por la unión de dos bases, una que es parte de una de las hélices y otra que es parte de la otra. Aunque teóricamente con estos cuatro tipos de bases podrían formarse 16 combinaciones distintas (16 tipos de peldaños), en la práctica sólo se pueden formar cuatro, porque la guanina (G) únicamente se une a la citosina (C) y la timina (T) sólo se une a la adenina (A). Es decir, las cuatro combinaciones que se dan en la realidad son: G-C, C-G, T-A y A-T. La escalera sólo tiene cuatro tipos de peldaños, que, para facilitar la explicación, podríamos imaginar que los peldaños son de cuatro posibles colores.

¿Cómo está contenida la información genética en la molécula de ADN? Antes de contestar a esta pregunta, vamos hacer un breve inciso. Imaginemos una imprenta antigua. Para componer palabras el tipógrafo va eligiendo los correspondientes tipos de imprenta, es decir las letras, y los va colocando unos a continuación de otros. Dispone para ello de 28 letras y, jugando con ellas, puede formar cualquier palabra y expresar cualquier idea.

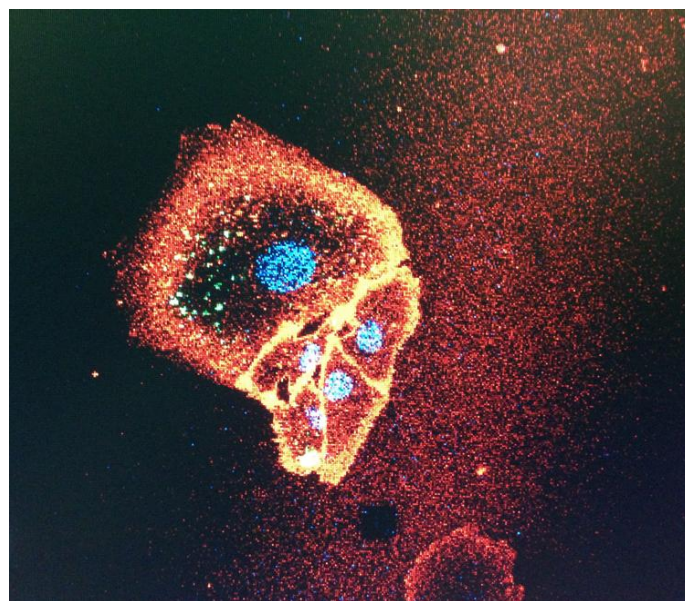
Pues bien, algo muy parecido ocurre en la molécula de ADN, sólo que, en vez de disponer de un alfabeto de 28 letras, dispone únicamente de un alfabeto de 4 letras, que son los 4 tipos de “peldaños” antes citados. El orden en que van situados estos peldaños en la larga cadena del ADN es el lenguaje en que está escrita la herencia genética y cada uno de los genes que la componen.

Entre las muchas maravillas que se descubren al estudiar las moléculas de ADN, una de ellas es la forma en que una molécula tan grande, una cadena tan larga, puede alojarse en el pequeño espacio del núcleo de la célula. Pensemos que si todo el ADN de una célula humana se estirase, su longitud total alcanzaría unos dos metros. Y sin embargo, todo ello queda dentro del núcleo, cuya dimensión apenas llega a una centésima de milímetro, es decir, unas 200.000 veces más pequeño. Se ha estudiado bastante bien este plegado y se ha visto que lo que hace la célula es una verdadera obra de arte. El proceso es demasiado complejo para exponerlo en detalle. Digamos únicamente que, con ayuda de unas proteínas especiales llamadas histonas, que hacen de soporte, la fina hebra de la cadena del ADN, en fases sucesivas y de una forma espontánea, se va enrollando, condensando, plegando y empaquetándose, con un orden y una precisión realmente sorprendentes.

La síntesis de proteínas

Si bien el ADN es como la gran biblioteca, que contiene toda la información y las instrucciones necesarias para el buen funcionamiento de la célula, las proteínas son como los obreros y las máquinas, que plasman en acciones concretas esas instrucciones.

Como dijimos anteriormente, una célula típica viene a tener unas 10.000 clases diferentes de proteínas, que son “fabricadas” dentro de la propia célula. Las proteínas desempeñan las más variadas funciones: Unas forman la estructura de la propia célula, otras actúan como mensajeros, otras como soldados en forma de anticuerpos, otras como “puertas” en las membranas, otras como enzimas para catalizar y acelerar la mayor parte de las reacciones bioquímicas de la célula, etc., etc. Cada clase de proteína tiene su propia composición química, que es la adecuada para que cumpla su función.



Célula humana.

Foto: Marc Vidal (Own work) [CC BY-SA 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)], via Wikimedia Commons.



A pesar de esta enorme variedad, la estructura química de todas las proteínas es en esencia la misma: una larga cadena de *aminoácidos*⁵. Y todas están formadas a partir únicamente de 20 tipos de aminoácidos. Con el símil antes utilizado, podríamos decir que las proteínas están construidas a partir de un alfabeto de 20 letras. Dentro de las ínfimas dimensiones del mundo de las células, las proteínas son en cierto modo moléculas gigantes. Son cadenas constituidas con frecuencia por cientos de aminoácidos. Las propiedades biológicas de cada clase de proteína dependen de tres factores: de los tipos de aminoácidos que contenga, del orden en que estén situados dentro de la cadena y de la forma en que se haya plegado y compactado esta cadena.

El proceso que sigue la célula para sintetizar las moléculas de proteína es otro ejemplo de complejidad y de precisión. Voy a intentar exponerlo de forma bastante simplificada.

El “manual de instrucciones” para la “fabricación” de cada tipo de proteína está “escrito” en un fragmento de la larga cadena del ADN, en lo que se denomina un *gen*. Pero, mientras la molécula de ADN, con su correspondiente información, permanece siempre dentro del núcleo, los “talleres” en que se “fabrican” las proteínas, los *ribosomas*, están fuera de él y sin comunicación directa con dicho ADN. Hace falta un sistema de mensajeros, que se encarguen de llevar las instrucciones desde en ADN a los “talleres” correspondientes. Y esta función la desempeñan las moléculas *ARN mensajero* (ARNm)⁶.

Una vez localizado el fragmento de ADN que contiene el correspondiente “manual de instrucciones”, se inicia la transcripción. Se va formando una molécula de ARNm, que es en cierto modo como una fotocopia en negativo del “manual de instrucciones”. Cuando la molécula de ARNm está completa, cuando ya ha copiado toda la información, inicia su camino, atraviesa la membrana del núcleo y se dirige al “taller” en donde se va a sintetizar la proteína. A título de información, una célula corriente viene a tener unos 500.000 “talleres”.

Pero durante el camino ocurre algo muy extraño. Es como si el mensajero fuera leyendo las instrucciones y fuera aplicando una especie de censura, suprimiendo algunos párrafos y alterando el orden de otros. Es lo que se conoce con el nombre de *maduración* del ARNm.

Pero, ¿qué criterio aplica el mensajero para modificar el mensaje?, ¿qué o quién establece ese criterio? Estas preguntas clave todavía no tienen respuesta. Pero el hecho real es que las instrucciones que llegan al ribosoma, al “taller”, son diferentes de las que salieron del ADN. Y, “casualmente”, son las adecuadas para que se sintetice la proteína necesaria.

Una vez en el “taller” hay que interpretar las instrucciones, porque vienen escritas en un idioma extraño. Me explicaré. Toda la información contenida en el ADN está escrita en un idioma cuyo

⁵ Un aminoácido está constituido por un átomo central de carbono al que, a través de sus cuatro enlaces, se le unen: un átomo de hidrógeno, un grupo amino (- NH₂), un grupo carboxilo (- COOH) y una cadena lateral, que es diferente para cada tipo de aminoácido. Y es precisamente esta cadena lateral la que determina las diferentes propiedades químicas y biológicas de los distintos aminoácidos.

⁶ ARN son las siglas del ácido ribonucleico.



alfabeto sólo tiene cuatro letras, mientras que el mundo de las proteínas, como dijimos antes, está construido con otro idioma cuyo alfabeto tiene 20 letras. Hace falta una traducción y unos intérpretes. El diccionario que permite pasar de un lenguaje al otro es lo que se llama el código genético. Se ha podido descifrar y se ha descubierto que cada tres letras consecutivas, cada tres escalones consecutivos en la cadena del ADN (lo que se llama un codón), equivalen a un aminoácido concreto, a una letra en el lenguaje de las proteínas.

Y también se ha descubierto algo de enorme transcendencia, y es que el código genético es universal, que las células de todas los seres vivos (con muy pocas excepciones), desde las más pequeñas bacterias hasta el ser humano, comparten el mismo código genético. Este es el principal argumento de que todos los seres vivos tienen un origen común.

Pero volvamos al “taller”. Para empezar a sintetizar la proteína se necesita un intérprete. Un intérprete que vaya leyendo las instrucciones contenidas en el ARNm y vaya diciendo el orden en que deben empalmarse los distintos tipos de aminoácidos. De esta función se encargan otros dos tipos de moléculas auxiliares: el *ARN de transferencia* (ARNt) y el *ARN ribosómico* (ARNr). El primero desempeña además otra función: va buscando una a una por el interior de la célula las moléculas de aminoácido que se van necesitando y las lleva hasta el “taller”, en donde se incorporan a la estructura de la proteína que se está fabricando.

Esta búsqueda del aminoácido necesario en cada momento y su incorporación en el debido lugar en la cadena de la proteína, debe hacerse con toda precisión. El más mínimo error puede hacer que la proteína sintetizada resulte inútil, e incluso perjudicial. A título de ejemplo, podemos citar el caso de la hemoglobina. Es una proteína contenida en los glóbulos rojos de la sangre, que se encarga del transporte del oxígeno desde los pulmones hasta las distintas células del cuerpo. Esta proteína está formada por una cadena de 600 aminoácidos. Pues bien, la diferencia entre la hemoglobina normal y la hemoglobina causante de la anemia falciforme, que puede producir hasta la muerte, es exclusivamente un sólo aminoácido en posición incorrecta. En una determinada posición de la larga cadena hay una molécula del aminoácido *valina*, cuando debería haber molécula de otro aminoácido, de *glutamina*.

Las moléculas proteicas que tienen algún defecto, o que sin tenerlo han cumplido ya su función, o que simplemente han terminado su ciclo de vida, son degradadas y fragmentadas en sus aminoácidos componentes. Las “salas de despiece” encargadas de esta función son los llamados *proteosomas*. Dentro de ellos hay una serie de enzimas que, actuando como cuchillos, van troceando la cadena proteica y separando los aminoácidos, que más tarde podrán ser utilizados para sintetizar otras proteínas.

¿Cómo saben los proteosomas qué moléculas proteicas deben degradar y cuáles no? Los proteosomas no son los encargados de decidirlo, se limitan a “abrir sus puertas” y cumplir su función a las proteínas que otros órganos de la célula han seleccionado y marcado para ello. El marcado se realiza añadiendo a la correspondiente molécula de proteína una cola de pequeñas moléculas de *ubiquitina*. Esta cola actúa en cierto modo como un código postal indicando el destino

de la proteína. El proceso se ha expuesto de forma simplificada, pero la realidad es mucho más compleja y todavía no está bien conocida.

Algunos comentarios

En las páginas anteriores se ha dado una visión general de la célula, de sus principales componentes y de sus funciones. Se trata, por supuesto, de una visión superficial e incompleta, en la que han quedado sin tocar temas tan importantes como son la producción de energía en las mitocondrias, los sistemas de comunicaciones intracelulares e intercelulares, el sistema de transporte de materiales dentro de la célula, la división celular, el suicidio de células aparentemente sanas, etc. Pero, aunque incompleta, espero que esta visión sea suficiente para que quienes desarrollan sus actividades diarias en campos ajenos al de la biología, puedan llegar a la misma conclusión que yo he llegado: que cada célula es un complejo y maravilloso mundo en miniatura. Y que el símil que hacía al principio, cuando comparaba la célula con una gran ciudad, con miles de fábricas y millones de obreros trabajando sin parar, no sólo tiene sentido, sino que incluso se queda muy corto.

Por mi formación profesional como ingeniero aeronáutico sé lo tremendamente complejo que es proyectar y construir un gran avión moderno. Hace falta el esfuerzo coordinado de miles de personas muy cualificadas, de grandes instalaciones y de muchos años de trabajo. Y cuando pienso que la complejidad de un avión se queda al nivel de un juego de niños comparada con la complejidad de una célula, debo confesar que me siento desbordado, no sé qué pensar.

En el funcionamiento de la célula queda todavía mucho por conocer. Personalmente, a medida que he ido profundizando en este campo, me han ido surgiendo bastantes preguntas, para las que no he encontrado una respuesta satisfactoria en la literatura científica. Especialmente hay dos que me parecen fundamentales.

La primera es la ausencia en la célula de un órgano rector, de algo que coordine las actividades de sus múltiples componentes, de algo que actúe en forma parecida a como lo hace el director de una orquesta. Me resulta imposible imaginar que este complejo mundo de la célula, con millones y millones de moléculas en febril actividad, pueda funcionar tan perfectamente, sin que haya un coordinador, sin que haya un “director de orquesta”.

En cierto modo podría considerarse que el ADN realiza algunas de estas funciones. El ADN tiene todos los genes, todas las instrucciones necesarias para fabricar cada uno de los componentes de la célula, para fabricar los millones de moléculas que, trabajando como autómatas, se encargan de que todo funcione. Esto es mucho, muchísimo; pero no basta. ¿Podemos imaginarnos una ciudad gobernada por una gran biblioteca y un ejército de autómatas?

Para que un posible órgano rector pudiera realizar una eficaz función de coordinación, necesitaría estar continuamente informado de lo que pasa en la célula. Necesitaría recibir un continuo flujo de información, para conocer en directo cualquier problema que pudiera surgir en cualquier rincón de la célula. Y debería tener suficiente capacidad para procesar y evaluar en tiempo real las



informaciones recibidas, y poder decidir qué genes del ADN deberían irse activando en cada instante. La cuestión es ¿hay algún órgano en la célula que realice esta función? Hasta ahora no se ha encontrado.

Creo sinceramente que es imprescindible la existencia de algo que haga las funciones equivalentes al “director de orquesta”, para que una entidad tan compleja como es la célula pueda funcionar tan perfectamente como lo hace. El que todavía no se haya encontrado da mucho que pensar y abre las puertas al mundo de las especulaciones.

Veamos una de ellas. ¿Sería posible que las funciones del “director de orquesta” pudieran ser realizadas por un campo de fuerzas o de información, de naturaleza todavía desconocida? Esto puede parecer extraño, pero el reciente descubrimiento en Astronomía de que la expansión del universo se está acelerando, en lugar de irse frenando como unánimemente se creía, y la necesidad de que para explicarlo haya habido que admitir la existencia de algo nuevo y desconocido, que se ha bautizado con el nombre de *energía oscura*, pero de la que únicamente se sabe que su efecto es oponerse a la gravedad, nos hace ver que en el mundo pueden seguir existiendo fuerzas, energías o campos, que la ciencia todavía no ha descubierto.

La segunda gran duda que me surge está relacionada con el origen de la célula. Según la teoría de la evolución, la célula es el resultado final de un largo y complejo proceso evolutivo, que ha tenido lugar durante millones y millones de años. Un proceso aleatorio en el que han participado muchos factores, tales como la existencia de agua, de atmósfera con oxígeno, de moléculas orgánicas en el medio ambiente, de temperatura adecuada, de mutaciones accidentales, de la lucha por la supervivencia de los mejor dotados, etc., etc.

Que la evolución existe en los seres vivos, parece que está fuera de toda duda. La evolución puede explicar satisfactoriamente algunos de los cambios que han tenido lugar en ciertas especies a lo largo de pasadas edades geológicas. Pero, centrándonos en el caso concreto de la célula, me es imposible aceptar que ese mundo tan complejo y que funciona de forma tan maravillosa, sea *únicamente* el producto de una serie de factores aleatorios y de circunstancias casuales.

El hecho de que científicamente no exista una explicación mejor que la actual teoría de la evolución, no significa que esta teoría tenga que ser cierta. Pienso que sería más científico aceptar humildemente nuestra ignorancia. Y también sería una actitud científica, aceptar que puede haber factores, energías, fuerzas o agentes, que la ciencia todavía no conoce, o no domina, pero que pudieran haber sido determinantes en ciertos pasos críticos de la evolución de la célula.

Personalmente estoy convencido de que esta evolución no ha podido ser el resultado *exclusivo* del azar y de las fuerzas ciegas de la naturaleza. La evolución habrá existido; pero seguramente habrá estado guiada o programada por alguna entidad superior.



REFERENCIAS

Foto de portada: Designed by kjpargeter / Freepik

Fernández Santarén, J.: *La célula. La Ciencia en tus Manos*, Editorial Espasa Calpe, 2001.

Curtis, H. y Barnes, S.: *Invitación a la Biología*, Editorial Médica Panamericana, Madrid, 2000.

Las moléculas de la vida, Investigación y Ciencia, diciembre 1985. Número monográfico con once artículos dedicado a este tema.

Alberts, Bray, Johnson, Lewis, Raff, Roberts y Walter: *Introducción a la biología celular*, Ediciones Omega, 1999

Behe, M.: *La caja negra de Darwin. El reto de la bioquímica de la evolución*, Editorial Andrés Bello, 1999.

Chopra, D.: *Curación cuántica*. Plaza & Janes, 1999.



©2017