





LOS DESCUBRIMIENTOS  
BIOLÓGICOS DE BLANCA



Juan Miguel Nieto Muñoz

LOS DESCUBRIMIENTOS  
BIOLÓGICOS DE BLANCA



Primera edición: julio 2025

© Comunicación y Publicaciones Caudal, S.L.

© Juan Miguel Nieto Muñoz

ISBN: 979-13-87814-76-2

ISBN digital: 979-13-87814-77-9

Depósito legal: M-16063-2025

Editorial Adarve

C/ Luis Vives, 9

28002 Madrid

[editorial@editorial-adarve.com](mailto:editorial@editorial-adarve.com)

[www.editorial-adarve.com](http://www.editorial-adarve.com)

Impreso en España

*A mi familia,  
con los que cada día  
sigo descubriendo  
la aventura de la vida.  
Para Blanca, Pablo y Pilar.*



## PRÓLOGO

Esta obra surge como una cuenta pendiente y el deseo de hacer comprensibles algunos conceptos importantes de la Biología. La cuenta pendiente es una historia que comencé a contar a mis hijos cuando eran pequeños y que se quedó interrumpida durante años. El otro es el deseo de hacer comprensible a mi hija conceptos relacionados con la variabilidad genética y la evolución. Como profesor de Biología en Enseñanza Secundaria, ha representado un reto el explicar por qué apareció la reproducción sexual y la importancia que tiene en la evolución. Además, la capacidad evolutiva de los seres vivos permite la adaptación al medio, así como la gran diversidad de seres vivos que hay en los ecosistemas. El caso es que para explicar la base de la variabilidad genética hay que tratar una serie de aspectos de la Biología Celular que pueden ser arduos, como los procesos de mitosis y de meiosis, que todos hemos estudiado en secundaria, aunque hayamos comprendido su significado al cabo de los años. Estos son algunos de los aspectos que se tratan en el libro, en el que hay dos personajes que ayudan a introducirse en este mundo. Una hormiga muy lista, Bianca, y una niña, adolescente, adulta, Blanca, que encuentra en la hormiga una amiga y un pozo de sabiduría.



## 1. BLANCA CONOCE A BIANCA

Blanca era arqueóloga, o eso decía ella. Desde que había visto la película de Indiana Jones, quería descubrir civilizaciones desaparecidas, misterios aún no desvelados que se encontraban bajo el suelo, restos de príncipes y princesas que dominaron sus territorios y que fueron queridos, respetados y venerados por sus súbditos que se sintieron bien gobernados y que fueron enterrados con tesoros indescriptibles, para que pudieran tener una vida llena de gozos al otro lado, una vez que habían perdido los de este mundo. Por ello, todo lo que iba encontrando en el suelo que le parecía excepcional lo iba guardando en una cajita. Bueno, al principio era una cajita y ahora era una caja, que sorprendentemente, era capaz de guardar siempre un número parecido de cosas, porque, a pesar de ir introduciendo en la caja nuevos objetos, no se llenaba nunca. Una vez le hizo esta apreciación a su madre, sospechando que algo raro ocurría, y la respuesta fue que debía de haber algún duende que, celoso de los descubrimientos, se los llevaba a su rey, pero que, en compensación, le permitía encontrar objetos cada vez más interesantes. La explicación le pareció aceptable, aunque había algo que se le escapaba, que le mosqueaba. En realidad, la explicación era muy sencilla. Una semana le costó a su madre diseñar una estrategia para que Blanca no llenara la casa de «tesoros» y se multiplicaran las cajas en su habitación, trabajosamente mantenida en orden.

La principal ventaja de Blanca para la arqueología era que tenía 10 años y, como niña, no levantaba mucho del suelo, por lo que podía realizar un estudio pormenorizado de los lugares por donde pasaba sin mucha dificultad. Además, se agachaba y levantaba con una rapidez alabada por su abuelo, que no se consideraba torpe, pero envidiaba la flexibilidad y agilidad de su nieta.

En una de esas prospecciones se hallaba cuando se detuvo observando un hormiguero. Había visto hormigueros infinidad de veces, pero aquel era especialmente llamativo. Se desarrollaba sobre una pequeña elevación cónica y

cientos o miles de hormigas se movían lenta pero imparablemente hacia arriba y hacia abajo; acercándose y alejándose; entrando y saliendo; llevando ramitas, trocitos de pan, pajitas, patas de otros insectos... Sorprendentemente, no se chocaban. En algunos casos, se tocaban y desviaban ligeramente su trayectoria. Aquello era un mundo. Parecía la estación de tren de la ciudad a la hora de vuelta del trabajo. Nunca había visto tanta gente junta. Nunca había visto tantas hormigas juntas.

De pronto, vio algo que le llamó la atención. Un punto blanco. Se hallaba en lo alto del cono del hormiguero, justo a la entrada. Le pareció extraño, porque además no se movía del sitio, aunque al agacharse y observar más detenidamente, sí se movía. Se movían las antenas y el abdomen. Era una hormiga blanca. Quiso cogerla para su colección de objetos y acercó la mano, juntó los dedos para atraparla, notó que la tocaba y, de pronto, sintió algo extraño. Una sensación de mareo y pérdida de la consciencia, y todo se oscureció. No supo cuánto tiempo pasó desde que estaba tratando de coger la hormiga blanca y sintió el oscurecimiento a su alrededor, hasta que se despertó. Y se despertó con una visión extraña. La más extraña que había tenido en su corta vida, pero, curiosamente, no sintió miedo y debería de haberlo sentido. No solo miedo, sino terror, porque, cuando se fijó mejor en lo que tenía a su alrededor, observó unos cabezones enormes, de los que salían unos apéndices como antenas que se movían, unos ojos que eran como medios balones de fútbol y unas pinzas que delimitaban una boca enorme. Eran cabezas de hormigas que, evidentemente, estaban en el extremo de cuerpos de hormigas. Estaba rodeada de hormigas gigantes que la observaban con la misma curiosidad con la que ella las observaba. La diferencia era que ellas eran miles y Blanca estaba sola.

—Hola. —Oyó de pronto.

—Hola —contestó ella.

—¿Por qué querías cogerme?

—¿Quería cogerte? Y quién eres tú.

De pronto, vio que entre los cabezones negros aparecía un cabezón blanco, con un aspecto más agradable que el de sus compañeras, porque también el cabezón pertenecía a una hormiga. Una hormiga blanca.

—Soy una hormiga y me llamo Blanca.

—Sí, ya veo que eres una hormiga blanca.

—Sí, y además me llamo Blanca. Bueno, en realidad, soy Bianca. Mis antepasados eran italianos.

—Yo también me llamo Blanca.

—¡Ah! Quizás por eso ha ocurrido esto.

—¿Qué es lo que ha ocurrido?

—Que te has convertido en una micropersona, de nuestro mismo tamaño.

—¿Y por qué puedo hablar contigo? Yo no sé hablar hormigo.

—Nosotros no hablamos. Nos comunicamos por las antenas y no tenemos un lenguaje. Nuestros pensamientos pasan directamente de unos a otros como corrientes eléctricas, y podemos saber qué quieren nuestras compañeras y ellas lo que nosotros queremos y pensamos.

—Vosotras pensáis.

—Sí, a pesar de nuestro pequeño tamaño, pensamos. Pero, además, como somos pequeñas y no llegamos a comprender todo lo que nos rodea, cuando nos ponemos en comunicación unas con otras, de pronto es como si se hiciera la luz, y entendemos todo aquello que solas no podemos hacerlo.

—Qué interesante. Lo que no entiendo es por qué estoy aquí charlando o electrificando contigo y no salgo corriendo.

—Porque eres valiente, estás sorprendida e intrigada por este nuevo mundo que has descubierto, te gustaría conocer más y, a pesar de lo valiente que eres, estás aterrada y no puedes hacer nada más. Pero no temas. No te vamos a despedazar, ni comer, ni dar de alimento a nuestras larvas. Estás protegida por el espíritu de la Naturaleza y, además, no dejas de ser un personaje de una historia de ficción. Como dirían algunos filósofos, no se sabe al final qué es realidad y qué es inventado, y de momento nos quedaremos en el limbo. Pero si quieres te puedo introducir en el mundo de la Naturaleza y enseñarte todo lo que sabemos, gracias a nuestra mente global y a mi capacidad de transformación.

—¿Tu capacidad de transformación?

—Sí, soy un tipo especial de hormiga. Como ves, soy blanca, aunque podría ser de otro color, siempre que me diferenciara de las demás. En realidad, físicamente yo no tengo un color determinado, porque mi cuerpo es capaz de reflejar toda la luz que incide en mí. Como la luz tiene todo el espectro visible, o sea, está formada por las radiaciones del arco iris, al reflejarlas todas juntas dan el color blanco. En cambio, mis compañeras son negras porque absorben todas las radiaciones que les llegan y no reflejan ninguna. La ventaja: que suelen estar

más calentitas que yo cuando están en el exterior. En el interior del hormiguero, como no hay luz, su temperatura sería similar a la mía. Como decís los humanos, de noche todos los gatos son pardos.

—¿Y tú por qué sabes tantas cosas?

—Porque soy una hormiga muy lista, que tengo la capacidad de quedarme con todos los conocimientos que va elaborando la sociedad de hormigas, y porque tengo poderes especiales, que me los ha dado el creador de la historia, pero esto lo obviaremos. Te diré que, gracias a mis poderes, sé que eres una humana con mucha curiosidad y con ganas de conocer todo lo que puedas. Has tenido suerte de encontrarme, porque yo voy a abrirte muchos mundos que existen y que los humanos habéis ido descubriendo. Yo me maravillo de vuestra labor y de vuestra capacidad para investigar, estudiar, conocer, modificar, construir... Sois mis héroes. Así que voy a hacer de anfitriona en este viaje tan especial que realizarás a lo largo de toda tu vida.

—¿Como que a lo largo de toda mi vida? ¿Ya no podré salir de aquí?

—Sí podrás, pero volverás en repetidas ocasiones, porque tu mente no está preparada para comprender todo desde un principio. Así que habrá que dejar que vaya desarrollándose y en cada momento iremos viajando a zonas del conocimiento diferentes, para las que estarás preparada tanto intelectual como emocionalmente.

—La verdad es que suena muy de mayores y no me creo que todo esto sea verdad. Seguro que es un sueño y me despertaré dentro de poco.

—No te digo yo que no, pero no hace falta desvelar misterios. Y ahora vamos a meternos en el hormiguero. ¿No tendrás claustrofobia?

—Un poco sí.

—Pero has viajado en el metro, ¿no?

—¿Y cómo lo sabes?

—Porque tengo acceso a tus pensamientos, sentimientos, sensaciones. Vamos, a tu cerebro, y porque soy una hormiga especial, ya lo sabes.

Blanca y Bianca, comenzaron a introducirse por la boca del hormiguero. Aquello era impresionante. Entraban las hormigas rápidamente por su boca y llegaban a una gran sala, cuyas paredes estaban tapizadas de hormigas en movimiento, y de la que salían numerosas galerías. Optaron por una de ellas y comenzaron a andar. A medida que iban internándose, notaba que iban descendiendo, ganando en profundidad, y cada vez había menos hormigas. Sor-

prendentemente, veía. Se hacía una imagen de la cavidad y de todo lo que había alrededor.

—¿Cómo puede ser que yo vea esta galería, si queda tan lejos de la zona donde entra la luz del exterior?

—Yo puedo ver porque detecto otras radiaciones que no son la luz. Además, emito ultrasonidos que permiten formarme imágenes del exterior en mi pequeña mente y luego te las transmito a ti.

—¡Qué chulí! ¿Y por qué no me caigo?

—Porque tienes un tamaño y una masa tan pequeños que la acción de la gravedad sobre ti es menor que la de otras fuerzas como las electrostáticas, de adhesión, que te permiten andar por las paredes y no caerte.

Continuaron bajando y, aunque parecía que nada cambiaba, porque Blanca seguía viendo del mismo tamaño a Bianca, sí comenzó a notar que las paredes de la galería se iban modificando, no en su diámetro relativo, pero sí en su aspecto. Los materiales que formaban la pared, en algunos casos, eran como granos que se iban agrandando, pero llegaba un momento que comenzaban a verse formados por granos más pequeños, que su vez se iban agrandando y volvían a verse constituidos por otros granos menores. Además, comenzaron a moverse mucho más rápidamente. Ya no se apoyaban en el suelo ni las paredes, sino que se movían libremente por la galería como si fueran moléculas de gas. Eso, moléculas. A Blanca se le cruzó por la mente una imagen de su libro de Conocimiento del Medio, en el que aparecían como unas bolas que representaban átomos, que decían que eran los componentes más pequeños de la materia.

«¿Podría llegar a ver los átomos en este viaje asombroso?», se preguntó Blanca.

El túnel se terminó, pero no en un fondo de saco, sino es un espacio infinito que se abría en todas direcciones. Es más, de pronto se vio atraída hacia ese universo y comenzó a moverse a una velocidad enorme, pero como las partículas se movían también a esa misma velocidad, fue adaptándose y comenzó a parecerle normal. Por alguna razón, ella no chocaba con nada y tenía a su lado a Bianca.

—¿Qué te parece?

—Es un poco alucinante. Parece un parque de atracciones.

—Hemos llegado al dominio atómico, porque hemos ido disminuyendo de tamaño a medida que avanzábamos por el túnel. En este dominio no funcionan las leyes de nuestro universo macroscópico, y se rigen por leyes diferentes que

los físicos denominan mecánica cuántica o mecánica ondulatoria. Todo ocurre muy rápidamente y las interacciones entre la materia, representada por los átomos, vienen regidas también por la energía.

Longitud en metros	Unidades de medida	Cuerpos con tamaño aproximado en el rango indicado
$10^{-10}$	Angstrom ( $\text{Å}$ )	Átomo, moléculas pequeñas, aminoácidos,
$10^{-9}$	Nanómetro (nm)	Diámetro ADN, polímeros pequeños
$10^{-8}$	10 nm	Diámetro de una proteína, ribosomas (32 nm),
$10^{-7}$	100 nm	Longitud cromosoma.
$10^{-6}$	Micrómetro ( $\mu\text{m}$ )	Bacteria ( $1\mu\text{m}$ ), mitocondria ( $5\mu\text{m}$ )
$10^{-5}$	$10\mu\text{m}$	Glóbulo rojo (7) epitelial ( $30\mu\text{m}$ ), diámetro neurona
$10^{-4}$	$100\mu\text{m}$	Óvulo humano ( $100\mu\text{m}$ ), célula cardíaca ( $80\mu\text{m}$ )
$10^{-3}$	Milímetro (mm)	<b>Bianca (7 mm)</b> , Drosóphila (3 mm), mosquito (5 mm)
$10^{-2}$	Centímetro (cm)	Escarabajo (3cm), cucaracha (5 cm), saltamontes (6 cm)
$10^{-1}$	Decímetro (dm)	Mariposa Gran pavón (10 cm), gamba, ratón (10 cm), recién nacido (50 cm), <u>longitud algunas neuronas</u>
$10^0$	Metro (m)	<b>Blanca niña (1m)</b> , niño (1 m), perro, serpiente, mujer adulta (1,7 m), elefante (7 m), orca (8 m). <u>Longitud total del ADN de un óvulo humano (1 m).</u>
$10^1$	Decámetro (dam)	Ballena azul (30 m), pino (25 m)
$10^2$	Hectómetro (hm)	Sequoia (100 m).
$10^3$	Kilómetro (km)	Longitud de una laguna, superficialmente.
$10^4$	10 km	Longitud de un extremo a otro de un bosque.
$10^5$	100 km	Longitud una selva.
$10^6$	1 Megámetro (Mm)	Diámetro de la Luna 3,47 Mm o 3.474 km.
$10^7$	10 Mm	Diámetro de la Tierra 12,74 Mm o 12.742 km

*TABLA 1: Relación de tamaños de distintos cuerpos nombrados a lo largo de la novela. Esta tabla tiene razón de ser porque Blanca y Bianca varían de tamaño a lo largo de la historia. Aunque nunca superan el tamaño de Blanca, de una persona, pero se indica el tamaño de algunos seres vivos, de algunos ecosistemas y de la Tierra y la Luna como referentes.*

## 2. EL NIVEL ATÓMICO

—¿Por qué hemos venido hasta aquí? —preguntó Blnaca.

—Por el interés que tienes por conocer. Aquí podemos considerar que está el origen de todos los objetos materiales.

—Según mi libro de *como*, todos los objetos están formados por átomos.

—Muy bien. Ya decía yo que merecía la pena. Desde el momento que noté que querías cogermé intuí que eras curiosa, y la curiosidad mató al gato, pero también hizo al científico, al filósofo, al sabio, al rebelde, al inconformista...

—Mira allí, ¿qué es aquello?

—¿Dónde? No veo nada.

—Es que no hay nada, aparte de átomos danzando. Era para que te callaras y no siguieras hacia el infinito.

—En realidad, no son solo átomos, también hay moléculas, formadas por distintos tipos de átomos. Los átomos, como sabrás, pueden ser de hidrógeno, de helio, de carbono, de oxígeno, de nitrógeno. Algunos son muy gordos, como los de uranio. Los de hidrógeno son los más pequeños, pero los más abundantes en el universo.

—Mira, esos dos que son casi iguales, se repelen. Esos otros también son parecidos en tamaño y, sin embargo, se atraen. ¿Por qué es?

—Esto tiene miga, amiga hormiga, que diría la reina de mi hormiguero. Es que es muy dicharachera. Se pasa todo el día poniendo huevos y está aburridísima, pero recoge todas las historias del hormiguero y le gusta contarlas a las larvas, las pequeñas hormigas que están creciendo; y le gusta escucharlas de las hormigas adultas y de los adultos. Algunas tienen mucha imaginación, pero como sabe tanto, luego logra relacionar lo falso con lo real y le salen unas historias de mitología impresionantes. Casi tan buenas como las de los griegos. Me acuerdo que una vez...

—Mira aquello.

—¿Dónde?

—En ningún sitio. Era para que te centraras.

—Es cierto. Íbamos a hablar de los átomos. Dicen los científicos que, en un principio, solo había energía. Lo curioso es lo que se parecen a veces los relatos científicos a los religiosos, porque estos dicen que, en un principio, solo estaba Dios. Conclusión: ¿Dios es energía? A veces, se le representa con una luz, con un fogonazo, con una voz profunda y potente, es decir, con energía. La diferencia entre religión y ciencia es que la ciencia se basa en la observación, la experimentación, la comprobación, y no se cree nada que no esté comprobado y respaldado por los sentidos o por las matemáticas. La religión se basa en la observación y la interpretación. Y esa interpretación ha de creerse a pies juntillas y no ponerse en duda, porque si no, eres un renegado y el castigo varía desde una colleja hasta la hoguera. Bueno, eso era antes.

—Prefiero ser científica.

—Bueno, no entremos en más profundidades y ciñámonos a la energía. Esta energía procedía de una agregación de materia inmensa, que fue concentrándose tanto, tanto, que se alcanzaron temperaturas de millones de grados y se desintegró y explotó, porque cuando hay mucha energía en un punto tiende a expandirse. El caso es que esa energía se dispersó y comenzó a transformarse otra vez en materia.

—Parece un juego de magia. Ahora lo ves, ahora no lo ves. Ahora está, ahora no está, pero vuelve a estar luego.

—Sí, más o menos, pero con fundamento matemático y experimental. Parte de esto se ha descubierto en los aceleradores de partículas, que son como circuitos de Fórmula 1 para átomos y partículas atómicas que se aceleran a velocidades cercanas a las de la luz y luego se hacen chocar. Tan fuerte es el choque que se desintegran, se transforman en energía y luego otra vez en materia. Dependiendo de la energía inicial, se pueden formar unas partículas u otras.

—¿Pero estas partículas son átomos?

—No, son partículas que se llaman subatómicas y que forman los átomos. Las más conocidas son los protones, los neutrones y los electrones que, en conjunto, constituyen los átomos. A su vez se hallan formadas por partículas más pequeñas, que son las que se obtienen en los choques de los colisionadores de partículas que son los *quarks*. Los hay que forman materia y otros que sirven como pegamento de partículas.

—Como los imanes que atraen al hierro.

—Bueno, es un ejemplo de atracción, pero en el caso de las partículas, algunas hacen de intermediarias entre otras.

—Y, entonces, este es el mundo de la mecánica cuántica.

—Sí, el de lo más pequeño conocido hasta ahora. Los átomos, como sabrás, están formados por protones, neutrones y electrones.

—Sí. En mi libro aparecen como un planeta con satélites. En el núcleo están los protones y los neutrones, y alrededor, girando, los electrones. O sea que estamos formados por pequeños planetas.

—Más o menos. Millones, billones, trillones de estas partículas. En total, hay unos 118 tipos diferentes de elementos químicos, de los que 90 son naturales. Se diferencian unos elementos químicos de otros por el número de protones y electrones, habiendo la misma cantidad de uno y otro. Como los protones son positivos y los electrones negativos, los átomos son eléctricamente neutros. Los protones siempre están en el núcleo, junto con los neutrones. Los átomos de un elemento químico pueden tener distinto número de neutrones, formando lo que se llaman isótopos. Es como si el núcleo fuera una sala con asientos. El número de asientos para los protones de un elemento químico es siempre fijo. El de los neutrones puede variar de unos átomos a otros de ese elemento químico. En algunos casos, hay isótopos que son inestables por el número de neutrones que tienen. Es decir, aunque se les llama neutrones porque no tienen carga, pueden llegar a ser muy traviesos. Tanto que pueden llegar a inducir las explosiones nucleares, que liberan grandes cantidades de energía.

—Sí, mi madre dice que las apariencias engañan. O sea, que los neutrones parecen una mosquita muerta, pero luego se las traen. Como mi amiga Inés, que me tira piedras en el patio y luego dice que ella no es, e incluso, a veces, me echan a mí la culpa. La voy a llamar *neutrona* la próxima vez que la vea. Y una pregunta. Ese cuadro que hay en todos los colegios, que se parece a las fotos de los niños cuando se gradúan en el colegio o en la universidad, que en vez de fotos de niños y niñas, o de chicos y chicas, tiene letras, ¿qué es?

—Imagino que te referes al sistema periódico de los elementos. Eso es un modo de clasificar a los átomos, elementos químicos, que se han inventado los químicos para poder conocerlos mejor. Están colocados por orden y no es alfabético. Depende del número de protones. Así el primero tiene un protón y un electrón. Es el hidrógeno. Es segundo tiene dos protones y dos electrones y

es el helio, y así hasta 90. Hay más, pero es que son muy inestables y tienen periodos de vida muy cortos. Aparecen y desaparecen en un abrir y cerrar de ojos.

—Pero tú no puedes abrir y cerrar los ojos, los tienes siempre abiertos.

—Pero tú sí, y me hace mucha gracia porque, en ese tiempo, podrían ocurrirte muchas cosas. En el mundo cuántico, claro está, donde todo ocurre a una velocidad enorme —afirmó Blanca.

—¿Y los neutrones no se reflejan en el sistema periódico?

—Sí. En cada casilla que representa un elemento químico aparecen dos números. Uno menor, que es el número atómico y que indica número de protones, que coincide con los electrones; y otro mayor, la masa atómica. Este es decimal y representa el número de protones y neutrones.

—¿Y por qué es decimal? ¿Hay neutrones o protones rotos?

—Los átomos de cada elemento químico suelen tener el mismo número de neutrones que de protones, pero hay algunos átomos que pueden tener más neutrones que los típicos. Son los isótopos. En algunos casos, hay tantos, relativamente, que favorecen la desintegración del átomo en otro. Es como si en un autobús entra mucha gente y tiene que estar muy apiñada. Seguro que hay algún lío y hay gente que sale del autobús cabreada. Sin embargo, los isótopos se comportan todos como los elementos químicos que son. O son todos unos frikis o son tradicionales. O son futboleras o son danzarinas. Porque hay elementos masculinos y femeninos, al menos en el nombre. La plata, el oro. El sexo es una característica que solo afecta a los seres vivos, lo otro son intentos de hacer humanos a objetos, cuerpos, materiales que no lo son. Entonces, el número decimal refleja esa presencia de isótopos.

—¡Vaya el mundo de los átomos! Y yo que creía que eran bolas sin más.

—Y esto es solo el principio. Prepárate, porque estoy notando que está aumentando la temperatura y, cuando aumenta la temperatura, empiezan a ocurrir cosas entre los átomos, como que empiezan a interactuar entre ellos.

—Como en el patio del colegio, que interaccionamos unas niñas con otras. A veces interaccionamos bien y jugamos, y a veces interaccionamos mal y nos pegamos. La última interacción que tuve fue con Inés, que me tiró una piedra y yo le di una torta. La interacción me costó estar castigada. Luego interaccionamos estando la maestra e hicimos las paces, y quedamos en que ya no interaccionaríamos más. Si hacen así los átomos, tiene que ser un lío, porque hay millones y millones de ellos en muy poco espacio.

### 3. LOS ENLACES ATÓMICOS Y LAS MOLÉCULAS

Después de la historia que contó Blanca, sobre las interacciones con su compañera Inés, estuvieron un tiempo calladas, sin transmitirse información. Eso era difícil, porque siempre se está pensando en algo, pero la visión que aparecía ahora era espectacular. Millones de átomos se iban moviendo cada vez más deprisa, por el aumento de temperatura en el medio. A veces, chocaban y no ocurría nada, pero otras, al hacerlo desprendían una energía que veían como fuegos artificiales, y los átomos quedaban unidos. Otras veces, la unión no se producía hasta que cerca se producía otra que emitía fuegos artificiales que ayudaban a los átomos a unirse. Esas reacciones, que es como se llamaban las interacciones entre los átomos para formar moléculas, podían ser exotérmicas, si emitían fuegos, o endotérmicas, si los necesitaban y no los emitían. El caso es que cada vez aparecían más grupos de átomos unidos, es decir, moléculas, y estas comenzaron a comportarse de un modo similar. Algunas, al romperse, emitían energía o bien la necesitaban para hacerlo. Aquello cada vez era más variado, más complejo e incluso peligroso, porque los átomos y moléculas salían despedidos en todas direcciones, y algunos pasaban rozándolos.

—Vámonos —dijo Bianca—. Ya has visto los constituyentes de la materia y cómo forman moléculas al unirse entre sí.

—¿Y por qué se unen los átomos? ¿Son todos amigos o hay algunos que se llevan mal entre ellos?

—Los átomos se unen porque quieren estar más cómodos, más tranquilos. Algunos no necesitan unirse, son los gases nobles. Están muy a gusto consigo mismos. Otros se unen porque les falta algo y cada uno tiene lo que al otro le falta. Suelen ser electrones lo que falta o sobra, y como tienen una carga positiva o negativa, se atraen electrostáticamente. Es como si fueran un trabajador y una empresa. El trabajador puede desarrollar un trabajo que necesita la empresa, y esta contrata al trabajador para realizar la actividad. De ese modo,

se complementan y unen. Otros se unen porque se rozan y quedan atrapados, como los enlaces covalentes. Son muy fuertes las uniones, como las que hay en una familia. En otros casos, son débiles pero muy numerosas, como las que se dan entre las moléculas de agua, y se podrían comparar con las relaciones que hay con los compañeros del colegio. Son relaciones, en general poco intensas, pero permiten que estéis todos juntos en la clase, o en el patio, sin pelearos.

—Jo, me explicas estas cosas tan bien que las entiendo. Me gustaría ser un átomo y moverme libremente, uniéndome a otros átomos y formando nuevas moléculas. Es como un baile de carnaval, que uno se disfraza de lo que quiere y juega con quién quiere.

## 4. LAS MOLÉCULAS TAMBIÉN ESTÁN EN LOS SERES VIVOS

Comenzaron a alejarse de la boca del túnel que daba al universo, y se desviaron por otro túnel, terminando en una especie de mar. Blanca no podía concebir que, habiendo entrado por la boca de un hormiguero que estaba en una zona del interior, muy alejada de la costa, pudiese existir un mar tan extenso. Y además subterráneo. Era inconcebible.

—¿Cómo puede haber un mar aquí, preguntó Blanca?

—Todo tiene su explicación. Antes, hemos estado viendo átomos. Los átomos son milmillonésimas veces más pequeños que tú, pero ahora tú tienes un tamaño similar. Por lo que este mar es milmillonésimas veces más pequeño de lo que sería al tamaño inicial nuestro. Eso supondría que el Mediterráneo, que tiene una longitud desde el estrecho de Gibraltar hasta el canal de Suez de 3500 km, si lo disminuyéramos milmillonésimas veces se quedaría en 35 cm. Lo que vemos aquí es una gota de agua, pero nos parece enorme. El tamaño es importante para entender el mundo.

—O sea, que este mar en realidad es una gota de agua, y nosotras somos del tamaño algo más grande que unos átomos. Qué interesante. ¿Y por qué hemos venido aquí?

—Por una razón importante. En el agua es donde surgió un fenómeno que, de momento, es único en el Universo, que es el de la vida en la Tierra. Y esto también tiene mucha miga, hormiga.

—Es decir, se podría decir que la vida surgió cerca de la playa. Es que a mí me gusta ir a la playa en las vacaciones, y jugar con la arena y el agua y hacer castillos.

—Mira que te retiras.

—¿Dónde?

—Al agua.

—Si no tiene nada. Ah, sí. Ahora veo. Parece una ballena. ¿Pero una ballena bajo tierra?

—No es una ballena, es una bacteria y es un ser microscópico. Bueno, para nosotras no. Para nosotras es un ser *hipermegamacroscópico* porque somos tan, tan, tan pequeñas que es muy, muy, muy grande.

—¿Y qué tiene de especial la bacteria?

—Hubo una época, en el siglo XIX, cuando vivió un señor llamado Louis Pasteur, en la que se pensaba que la vida surgía espontáneamente en determinados líquidos, y que se formaban, como por magia, organismos muy pequeños como las bacterias. Pasteur demostró que, en realidad, no se formaban. Estaban antes en el aire o en los propios líquidos, y no las percibíamos hasta que se multiplicaban y, entonces, se apreciaban porque los estropeaban.

—Como cuando la leche se pone agria o la sopa se estropea de no meterla en el frigorífico.

—Eso mismo.

—Pero, entonces, ¿cómo surgió la vida?

—Lo que dicen los científicos es que hace muchos años, como 4.000 millones de años, comenzaron a formarse muchas moléculas pequeñas que se acumularon en el agua de los océanos.

—¡Cómo te gustan los números muy grandes y los muy pequeños! ¿No hay números normales en lo que me cuentas?

—Sí, pero luego. Por ejemplo, tenemos dos ojos. Yo seis patas y tú dos piernas y dos brazos. Una cabeza, dos antenas, una nariz. ¿Te sirve? Pues seguimos con las moléculas. Se formaron moléculas pequeñas y, a partir de estas pequeñas, se formaron otras más grandes por unión de muchas pequeñas.

—Como cuando en infantil salíamos de la clase de excursión e íbamos todos cogidos de la mano formando una fila. A mí no me gustaba ir de la mano de Diego porque me la soltaba, se ponía a jugar y no podíamos seguir, hasta que llegaba la profe y le cogía ella de la mano y yo agarraba a la otra parte de la fila. Solucionado.

—Pues esas moléculas grandes se llaman macromoléculas y son polímeros, porque están formados por muchos monómeros unidos que son las moléculas pequeñas. Hay muchas en los seres vivos y pueden ser de varias clases. Proteínas formadas por aminoácidos. Son las que te comes en los filetes y se hallan

en muchas partes, por ejemplo, en los músculos.

—O sea que, cuando doblo el brazo y saco molla, saco proteínas. ¡Qué chullo! Queda más científico decir: mira cuántas proteínas tengo, en vez de decir: mira cuánta molla.

—Otras son los ácidos nucleicos, como el ADN o el ARN, que están formados por nucleótidos. Tú te pareces a tus padres porque recibes el ADN de ellos. Ya sabes, cuando un espermatozoide se une con un óvulo para formar un nuevo individuo, cada una de esas células llevan ADN del padre y de la madre que forman al nuevo hijo.

—Pues yo tengo más ADN de mi madre, porque me parezco más a ella.

—En realidad, se tiene la misma cantidad de uno que de otro, lo que ocurre es que se manifiestan los de uno o los de otro, dependiendo de la cualidad que te fijes.

—Sí. La nariz gorda es de mi padre, y el color de los ojos y del pelo de mi madre. Menos mal, porque mi padre es más feo que mi madre, y menos inteligente, aunque me da más achuchones y me regaña menos.

—Otras moléculas grandes son los polisacáridos como el almidón, que está en las patatas. El almidón está formado por miles de moléculas más pequeñas de glucosa. La glucosa es un azúcar y sabe dulce. También está en el azúcar del desayuno, formando un disacárido con otro azúcar: la fructosa.

—O sea que glucosa, fructosa y almidón son moléculas de una misma familia.

—Sí, son glúcidos, que los hay enormes y pequeñitos. Y otras moléculas que tienen polímeros, aunque no tan grandes, son los lípidos, con p. Ahora te voy a soltar dos palabrejas raras: los isoprenoides y los terpenoides son polímeros pequeñitos. Entre los lípidos hay otros que no son polímeros y que son más conocidos, como los aceites y las mantecas o sebos, que son todos ellos grasas.

—En mi casa se usa el aceite de oliva, a veces, el de girasol, la mantequilla, la margarina.

—Otro lípido muy conocido es el colesterol.

—De ese tiene mi padre mucho, y cuando se hace un análisis siempre vigila cuánto tiene. Nosotros le chinchamos cuando va a comer chorizo y le decimos: cuidado, que te sube el colesterol. Bueno, pues sí que hay moléculas en los seres vivos.

—Y faltan algunas, como las vitaminas y otros nombres como los enzimas, pero nos conformaremos con esto. Y creo que nos vamos a ir a un sitio más seco.

—Y ¿no tendrás comida?

—Sí. Te puedo dar para que tengas una alimentación equilibrada. Una dieta con un 15 % de proteínas, un 30 % de lípidos y un 55 % de hidratos de carbono. En realidad, son cantidades según la energía que aportan, que se expresa en kilocalorías. Los que más energía tienen son los lípidos. Casi el triple que el resto. Por eso guardamos lípidos en la barriguita o en los muslos para tener reservas, y cuando no se come, disminuyen las reservas y uno adelgaza, y si come mucho, aumentan las reservas y se engorda.

—Bueno, bueno, bueno, todo esto me suena a Instituto. Mi hermano mayor tuvo que anotar lo que comía durante una semana y calcular si era equilibrado o no. Le salió desequilibrado, porque no le gusta la verdura ni el pescado y sí mucho los dulces. Conclusión: cuando le pusieron la nota, rompió la dieta y siguió comiendo lo que le gustaba, y mis padres repitiéndole lo de la buena alimentación. Como dice mi abuela: lo que se come se cría. Yo por eso como chocolate, porque quiero tener una tableta en la tripa, como los jugadores de fútbol. No me gusta el fútbol, pero tienen mucho dinero y yo quiero tener mucho dinero.

—Creo que ese razonamiento falla en algún momento.

Después de esa introducción en el mundo de las moléculas de los seres vivos y de la alimentación, se fueron alejando del minúsculo mar y regresaron por las galerías. Ahora ocurría lo contrario en las paredes: las bolas que formaban las partículas de los materiales que se hallaban en la pared se iban haciendo más pequeños hasta que no se veían, apareciendo una visión nueva de estos. Al final, se introdujeron por un conducto lateral y terminaron en una sala amplia con comida que pudieron tomar, sin preocuparse si tenía proteínas, lípidos o azúcares y, sorprendentemente, a pesar del aspecto, estaba buena. Blanca se sorprendía porque era muy tiquismiquis para la comida. Debía de ser porque comenzaba a hormigear, es decir, a hacerse un poco hormiga.

## 5. PROTEÍNAS Y ÁCIDOS NUCLEICOS

Durante ese recorrido habían ido dando marcha atrás en su reducción de tamaño y recuperando parte del tamaño anterior. Todo era tan extraño, porque, a no ser que tomase como referencia algo externo, lo cual no era tan fácil porque el hormiguero no presentaba grandes cambios, al mirar a Bianca siempre la veía del mismo tamaño que ella. Y era lógico. Si ella empequeñecía, Bianca empequeñecía, y si aumentaba, Bianca aumentaba, y el efecto de tanto aumento y disminución no lo percibía. Pensaba que la ciencia no podría aplicársele a ella porque, si era tan pequeña como los átomos, no podría estar formada por muchos átomos, y, sin embargo, conservaba sus formas, sus brazos, piernas, cabeza. Decidió no darle más vueltas o no obtendría ninguna conclusión, al menos, de momento. Fijándose mejor, pudo percibir que, además de comida, había algo más en aquella cavidad. Aparecían unas enormes masas cilíndricas, gigantescas, unidas unas a otras formando largas estructuras, similares a trenes. No tuvo que decirle nada a Bianca porque ya había percibido todos los pensamientos, la sorpresa y la admiración hacia aquellas estructuras.

—Son hongos que crecen en el interior del hormiguero y que se alimentan de los restos que introducimos. Algunos están asociados a las raíces de las plantas y los llamáis micorrizas. Yo te quería enseñar una de las cosas más sorprendentes de la naturaleza, pero para ello tenemos que entrar dentro de una hifa del hongo, que así es como se llaman esas largas estructuras. Cierra los ojos, toma impulso y salta.

Bianca lo hizo, y cogió tanto impulso que se desplazó hacia el techo de la galería. Como estaba con los ojos cerrados, se golpeó contra él, pero percibió cómo la cogían de un brazo y penetraban en un lugar diferente. Se diría que se habían sumergido en el agua, pero un agua más viscosa. Era un medio que nunca había visto, con estructuras también desconocidas.

—Mira —dijo Bianca señalando una estructura redondeada, como un ovillo de lana, que se desplazaba en el agua; y otras que surgían de un enorme edificio

como nunca había visto. Porque allí las formas no eran poligonales, sino curvas, irregulares, redondeadas. Pocas líneas rectas había—. Eso es una proteína y salen de los ribosomas.

—¡Ah! Qué interesante.

Pero la expresión de Blanca decía que no. Que aquello no era interesante, sino todo lo contrario. Algo incomprensible y sin mucho interés. Lo mismo que si le dijeran que un «flanticolonius» salía de un «portígono inducido». Incomprensible, absurdo y sin visos de ser algo cercano a su mundo infantil, aunque científico. Porque ella era una científica en ciernes. Solo admitía lo que veía, podía reconocer y comprendía.

—Veo que este va a ser uno de los primeros escollos en este camino hacia el conocimiento —comentó Bianca—. ¿Te acuerdas de que te dije que una proteína estaba formada por muchas unidades similares, que se llamaban aminoácidos, y que las proteínas formaban los músculos?

—Sí.

—Pues forman más cosas y realizan muchas funciones. Por ejemplo, la digestión, la defensa del organismo, el transporte de oxígeno en la sangre... Y hacen todas esas funciones porque pueden tener muchas formas. Como las herramientas de un taller, que tienen muchas formas diferentes según la función para la que sirven. Cortar una lámina, lijar, clavar, doblar... Pues las proteínas tienen distintas formas porque están constituidas por cadenas de aminoácidos diferentes. En total hay 20 aminoácidos distintos que pueden formar las proteínas, combinándose de todos los modos posibles. Una proteína puede tener hasta 1000 aminoácidos.

—Entonces tienen que repetirse los aminoácidos.

—Efectivamente. Cuando tu escribes una redacción solo utilizas las 28 letras del alfabeto, pero las puedes combinar de múltiples modos y, evidentemente, repitiendo letras. No todas las combinaciones tienen significado.

—Ya voy entendiendo. Dime algún ejemplo de proteína.

—La actina y la miosina forman los músculos y permiten que estos se contraigan. La hemoglobina está en la sangre y transporta el oxígeno. La pepsina está en los jugos del estómago e interviene en la digestión de la comida. Las inmunoglobulinas nos defienden de los microorganismos que producen enfermedades.

—Parece que las proteínas sirven para todo. Entonces, se forman en esos edificios que son los ribosomas. Pero ¿cómo saben en qué orden tienen que ponerse los aminoácidos y cuántos han de ponerse?

—Nos adentramos en uno de los principios fundamentales de la biología, que permite entender mucho de los seres vivos. De mí, de ti, de los seres que vivieron hace mucho tiempo y que han desaparecido, y de los que vivirán en los próximos miles de años y que aún no existen. ¿Te interesa?

—Como dice mi madre, me dejas en ascuas. Aunque no sé si me sorprenderá más que lo que hemos visto hasta ahora.

Bianca puso cara de profesora satisfecha que ha captado el interés de sus alumnos, y que sabe que puede desplegar todos sus encantos para explicar aquello que ella considera el secreto del Universo, pero que no le serviría para atraer la atención en la fiesta de cumpleaños.

—Te acuerdas de que otra molécula que vimos era el ADN. En realidad, el **Ácido Desoxirribonucleico**, y que estaba formado por nucleótidos. El ADN es la molécula que permite que seamos lo que somos, y se transmite de padres a hijos a través de los espermatozoides y los óvulos. El ADN sería como los planos de un edificio y las indicaciones de cómo ha de construirse. Esta información está contenida como un mensaje. Lo mismo que una receta de cocina, o el proyecto de un edificio, o el diseño de un experimento, o la comunicación de un científico a otro está escrita, el desarrollo de un ser vivo está contenido en el mensaje que tiene el ADN.

—¿Cómo puede ser? Una redacción está escrita con palabras que están formadas por letras. Antes me has dicho que las proteínas son como una redacción, porque están formadas por 20 aminoácidos colocados en orden y que pueden repetirse. Así que imagino que los nucleótidos del ADN también están colocados en orden para contener un mensaje.

—Jo, qué lista eres. Ya me pareció desde el principio que tenías una cabeza privilegiada, no solo por lo grande que es, sino también por cómo piensa.

—No me llames cabezona. Ten cuidado, porque si fuera más grande te podría pisar.

—Espero que no y que respetes a las hormigas, aunque a veces seamos un poco pesadas, como cuando nos metemos en la tortilla, o invadimos las casas por todas partes y de pronto aparecemos en el azucarero. No sé por qué nos gusta tanto el azúcar.

—Zapatero a tus zapatos, que ya tardas en explicarme lo del ADN. Además, estoy pensando que debería irme a mi casa, porque mi madre se va a preocupar si no llego a la merienda. Porque me podré ir a merendar, ¿no?

—No, digo sí. Me dará pena porque nunca he encontrado entre mis compañeras nadie que tenga tanto interés como tú. Ellas están todo el día de un lado a otro recogiendo comida, acumulándola, defendiendo el hormiguero, construyendo galerías. Bueno, solo de decirlo me agobia. Efectivamente, el ADN tiene el mensaje contenido según el orden en que están unidos los nucleótidos, formando largos filamentos. El ADN es una de las moléculas más grandes conocidas. Está formada por dos largas cadenas que se abrazan una a otra formando una doble hélice larguísima. Cada una de las cadenas está formada por cuatro nucleótidos diferentes que se repiten miles de veces. A los nucleótidos se les conoce por una letra que corresponde con uno de los componentes que tienen, la base nitrogenada.

—Base nitrogenada. ¿Puede llamarse así porque tienen nitrógeno? —dijo Blanca con cierta ironía.

—Pues sí. Los científicos, a veces, son poco originales, y mejor, porque así es más fácil recordar las cosas. Pues las bases son adenina, guanina, citosina y timina, y los genéticos moleculares, que estudian el ADN, pueden escribir un mensaje así:

AAGCCTTAGGCCCCGGGATATATTTTTT

—Pues es un poco aburrido. No veo yo que el ADN sea muy interesante.

—Esto mismo pensaron los citólogos y bioquímicos a finales del siglo XIX y principios del XX, que el ADN era muy aburrido, y que más interesante eran las proteínas porque tenían más variedad. Recuerda que están formados por 20 tipos distintos de aminoácidos. Pero las apariencias engañan. Dedujeron que, por la forma que tiene el ADN, una doble hélice, podía ser una molécula que hiciera copias de sí misma e interviniera en la función de reproducción de los seres vivos. Eso lo descubrieron Watson y Crick, pero para ello se basaron en una fotografía de difracción de rayos X que había hecho una chica que trabajaba en otro laboratorio, Rosalind Franklin, y, sin permiso, la interpretaron y no le dieron ni las gracias. Espero que las chicas de ahora tengáis más reconocimiento por vuestro trabajo.

—Yo creo que sí, por lo menos yo se lo reconozco a mis maestras lo mismo que a mis maestros. Pero has dicho que el ADN interviene en la reproducción. No me imagino una molécula haciendo esas cosas que no quieren que nos enteremos los niños que hacen los mayores.

—Bueno, eso desde lo que estamos considerando es muy secundario. No es tan importante. Hay algunos organismos que no hacen eso y todos los des-

cendientes son idénticos. Es como hacer fotocopias, y el ADN permitiría hacer fotocopias. Te voy a hacer una prueba, a ver si eres tan lista.

<p>AATTGGATGCA TTAACCTACGT</p>	<p>AATTGGATGCA  TTAACCTACGT</p>	<p>AATTGGATGCA TTAACCTACGT  AATTGGATGCA TTAACCTACGT</p>
------------------------------------	---	---

—¿Qué ha pasado? —Preguntó Bianca.

La primera podría ser un trocito de ADN con dos cadenas. Como ves, son complementarias, es decir, siempre las cadenas se unen por las bases nitrogenadas, y se empareja A con T y G con C. ¿Qué ocurre en los cuadros 2 y 3?

—Se han separado las dos cadenas y luego se han reconstruido otra vez —dijo Bianca.

—¿Cuántas cadenas tenemos al final?

—2 cadenas.

—Si el cuadrado uno representase un ser vivo, ¿cuántos seres vivos tendríamos en el cuadrado 3?

—Tendríamos 2 seres vivos.

—Tenemos el doble. Se han reproducido y, además, son idénticos.

—Me has engañado. Sí, son dos, pero son letras, no son seres vivos. Además, no imagino un ser vivo escrito.

—Bueno, pero de uno han salido dos. Para los científicos fue un dato importante. El ADN era la única molécula que podía hacer algo así, la duplicación, que es cuando se reproduce un ser vivo, que se duplica o multiplica.

—¿Y por qué has nombrado las proteínas también?

—Porque entre el ADN y las proteínas hay una relación. El ADN tiene un mensaje escrito en forma de ATGC. Ese mensaje determina que se ordenen los aminoácidos de las proteínas según dice el ADN. Como si tradujéramos un mensaje de un idioma a otro. De español a inglés. Y eso ocurre en los ribosomas.

—O sea que en los ribosomas se produce la traducción del mensaje del ADN en nucleótidos al mensaje de las proteínas en aminoácidos. Me siento la

más lista de mi clase. He entendido el misterio de la vida. Pero tengo hambre.

—Creo que es hora de que regreses a casa. Sí, porque tiene que ser muy tarde. Vamos corriendo.

Blanca y Bianca comenzaron a desplazarse por los túneles del hormiguero y comenzaron a ver hormigas. Cada vez más y más. Los túneles comenzaban a llenarse de compañeras que iban como los trabajadores por la mañana en el metro. Con una única idea en la cabeza: llegar al trabajo. Curiosamente, no se chocaban. A veces se tocaban con las antenas y cambiaban ligeramente su dirección para evitarse. No pasó mucho tiempo cuando vieron una luz que llegaba de la boca del hormiguero. Subieron y, una vez fuera, Blanca fue a girarse para ver a Bianca, que estaba a su lado y, de pronto, notó que todo desaparecía y se volvía oscuro. Abrió los ojos y, de repente, vio el cielo en lo alto y, girando la cabeza, se dio cuenta de que tenía un hormiguero al lado. Se levantó rápidamente, porque no le gustaban las hormigas, y comenzó a sacudirse la ropa con las manos para quitárselas por si alguna se había subido. Comprobó que no tenía ninguna y, además, tenía la sensación de haberse dormido, aunque no parecía que mucho tiempo, porque la posición del Sol no había variado mucho y no había menos luz que antes. Corrió hacia su casa y subió a su piso. Tenía una llave, por si su madre no estaba, pero llamó primero, por si acaso. Le abrieron.

—¡Hola, mamá! ¿Qué hay de merendar?

—Lo que quieras coger de la nevera. Creía que te ibas a entretener más. No has estado ni media hora fuera de casa.

Sin embargo, ella tenía la sensación de que habían pasado muchas cosas.

Figura 1. Se muestra la fórmula química de un aminoácido y luego la representación en la que los átomos son esferas de distintos colores según el elemento químico al que pertenezcan. También se indica cómo se unen dos o más aminoácidos.

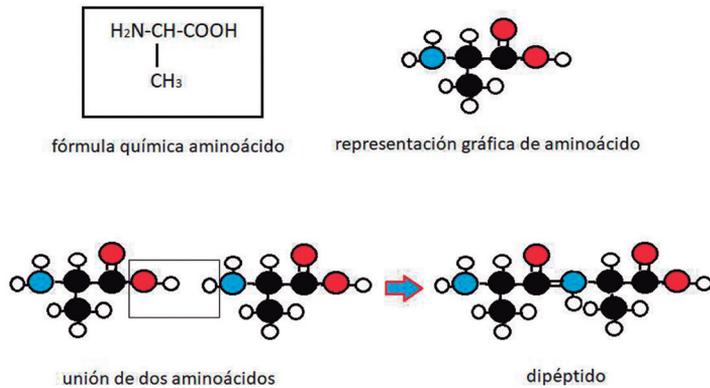


Figura 2. Una proteína es un polímero constituido por una cadena de aminoácidos mayor a 50 unidades. Se muestra cómo puede ser una proteína indicando el plegamiento de la cadena. Al lado se muestra una representación en la que se aprecian los aminoácidos formando la cadena.

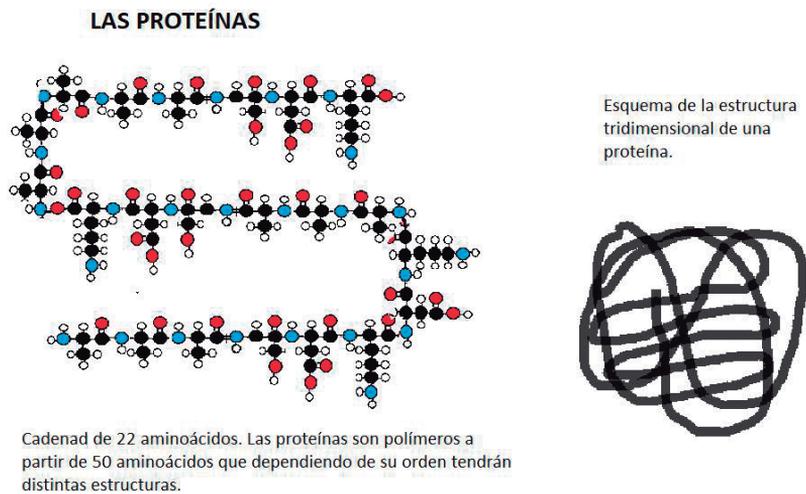


Figura 3 y 4. Representación gráfica de un nucleótido desarrollada con los átomos que la forman y simplificada con sus componentes, así como puede producirse su unión para formar una cadena de nucleótidos.

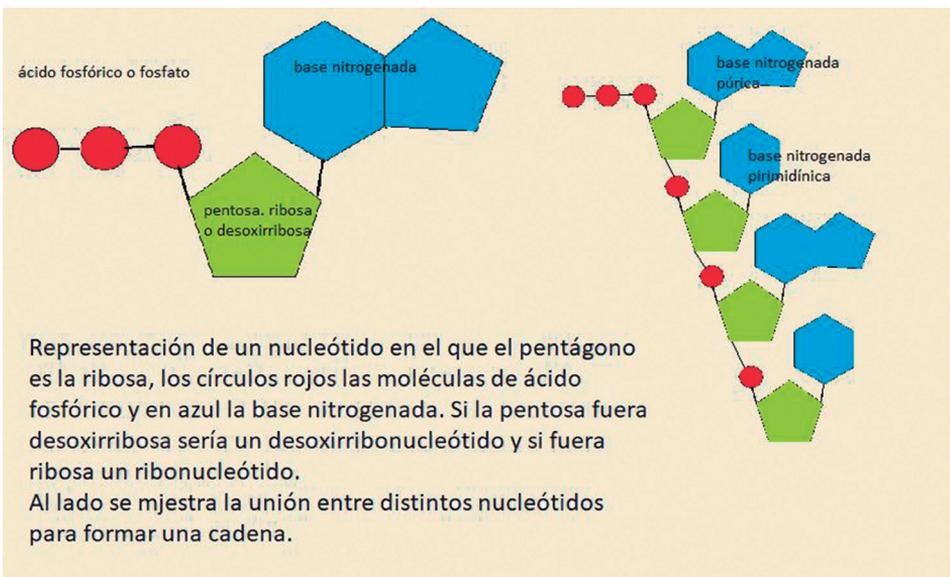
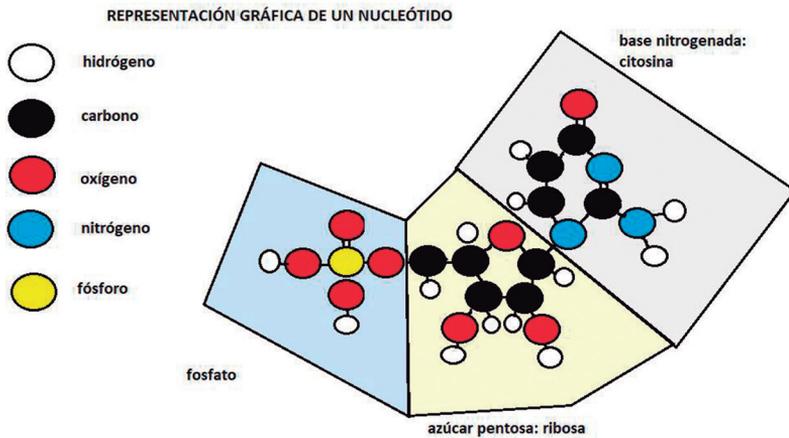


Figura 5. Se muestra un esquema de cómo puede ser una porción de una doble cadena de ADN, en la que las cadenas se unen entre sí a través de las bases nitrogenadas.

