



Ysbelia Sánchez

3

El libro de la vida

Cada uno de nosotros es único. Pero, ¿cómo adquirimos las características que nos hacen únicos, diferentes y a la vez semejantes a los demás seres humanos? ¿Cómo es posible que algunos miembros de una familia sean tan parecidos o tan diferentes entre sí? A mediados del siglo XX éstas eran algunas de las interrogantes «de moda» en el mundo de la biología. Hoy se sabe que la razón radica en los genes, que contienen la información genética del libro de la vida. Los genes controlan el color de nuestros ojos y de nuestra piel, el tipo de sangre, es decir, determinan la apariencia física y la forma como funciona nuestro cuerpo.

A comienzos del siglo pasado, la comunidad científica ya conocía que los genes se alojaban en los cromosomas y que estos últimos estaban constituidos por proteínas y ácido desoxirribonucleico (ADN), el material hereditario. Ahora quedaba otro misterio por descubrir: la estructura de esta milagrosa sustancia.



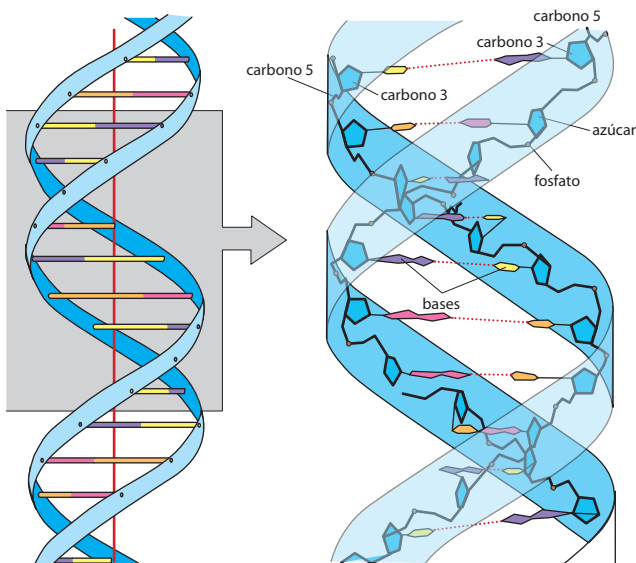
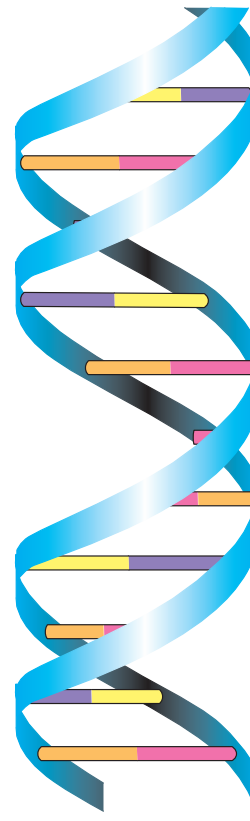
¿Sabías que el ADN fue aislado en 1869 por el bioquímico suizo Johann Friedrich Miescher (1844-1895)? Miescher tenía 25 años de edad cuando descubrió la composición del ADN, pero tuvo que esperar dos años para publicar sus resultados, porque su maestro debía confirmar los datos obtenidos por su joven alumno. Sin embargo, Miescher le pidió a su maestro que se incluyera una nota donde se indicara que el manuscrito había estado listo en 1869, para proteger la prioridad de este magnífico descubrimiento.



Laboratorio de Miescher donde fue aislado el ADN por primera vez.
Fuente: www.fmi.ch/members/marilyn.vaccaro/ewww/index2.html

A título de broma, muchas personas cuando notan que alguien resuelve algún problema un tanto difícil, le dicen: «te mereces un premio Nobel». Pues bien, si hay un hecho que merezca tal reconocimiento es justamente el esclarecimiento de la estructura del ADN, un maravilloso diseño: una doble hélice. En 1953, el bioquímico estadounidense James Watson (1928) y el biofísico británico Francis Crick (1916-2004) publicaron la primera descripción de la estructura del ADN. Estos científicos obtuvieron en 1962, junto con Maurice Frederick Wilkins (1916-2004), el Premio Nobel de Medicina, ya que su modelo permitió comprender el almacenamiento de información en la célula, la síntesis proteica, la replicación del ADN y las mutaciones.

Cada molécula de ADN está compuesta por dos cadenas formadas por un elevado número de compuestos químicos llamados nucleótidos. La organización en doble hélice de estas cadenas nos recuerda a una escalera de caracol. Cada nucleótido está formado por tres unidades: una molécula de azúcar llamada desoxirribosa, un grupo fosfato y uno de cuatro posibles compuestos nitrogenados llamados bases: adenina (A), guanina (G), timina (T) y citosina (C).



Observa la forma helicoidal del ADN en la figura: la molécula de azúcar (desoxirribosa) en azul ocupa el centro del nucleótido y está rodeada por un grupo fosfato a un lado (líneas negras) y una base nitrogenada al otro (en violeta, amarillo, anaranjado y rosado). El grupo fosfato está a su vez unido a la desoxirribosa del nucleótido siguiente en la cadena. ¿Recuerdas la escalera de caracol? Pues bien, las unidades enlazadas a la desoxirribosa-fosfato forman los lados de la escalera y las bases forman los peldaños, porque están enfrentadas por parejas mirando hacia el interior. Es importante recordar que siempre encontrarás las parejas: adenina con timina (violeta con amarillo), y citosina con guanina (anaranjado con fucsia).

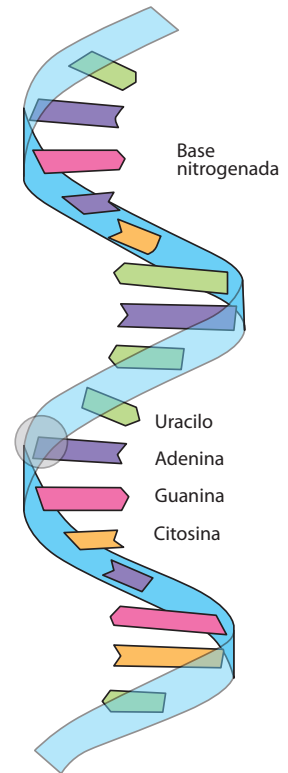
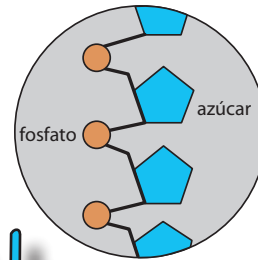


¿Sabías que el ADN es una molécula tan larga que, si se pudiera estirar alcanzaría cerca de metro y medio de longitud? Esta medida es equivalente a 100.000 veces el tamaño de la célula que la contiene.



¿Sabías que para los científicos criminólogos, el ADN puede ser un testigo de excepción? Al escuchar esto jamás pensaríamos que el testigo es el ADN del propio criminal. El ADN recuperado en el sitio del crimen se compara con el de los sospechosos y así pueden hallar al culpable.

En los seres vivos, otra molécula importante es el ARN (ácido ribonucleico), que está formado por una sola cadena de nucleótidos y se diferencia del ADN porque el azúcar de cinco carbonos es una ribosa y presenta la base nitrogenada uracilo en lugar de timina. Hay tres tipos de ARN: el ARN mensajero (ARNm), que se encarga de llevar el mensaje para formar una proteína en particular, en un proceso conocido como transcripción; el ARN de transferencia (ARNt), encargado de transferir los aminoácidos durante la formación de las proteínas, en un proceso denominado transferencia, y el ARN ribosomal (ARNr), que forma parte de los ribosomas, organelos donde ocurre el fenómeno llamado traducción, cuyo producto final es una proteína formada por aminoácidos. La secuencia de estos aminoácidos la proporciona el ARNm.



Actividad experimental

Aislarás el ADN de células vegetales empleando materiales que puedes encontrar en tu hogar.

Materiales: vaso transparente, colador de poros pequeños, mortero y mazo, medidores de tazas, agua corriente, 1 cucharadita de sal, 2 cucharaditas de jabón líquido, alcohol enfriado en la nevera por 15 minutos, licuadora y vainitas tiernas de guisantes.

Procedimiento:

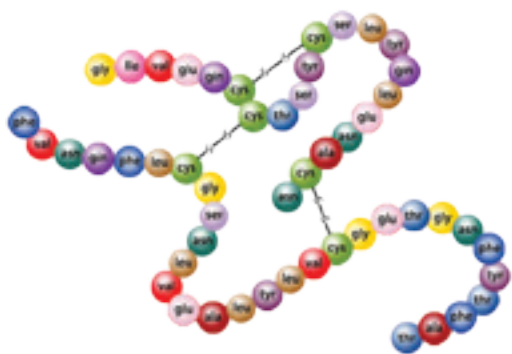
1. Desgrana los guisantes, llena una taza de ellos, transfírelos a un mortero y con el mazo tritúralos lo mejor que puedas (en lugar del mortero, puedes licuar por 30 segundos a velocidad máxima).
2. Agrega 1 taza de agua, 1 cucharadita de sal y las 2 cucharaditas de jabón líquido y sigue triturando. Filtra el triturado con el colador y transfiere el filtrado al vaso transparente. Espera que la mezcla repose por 5 minutos.
3. Agrega muy lentamente por las paredes del vaso 1 taza de alcohol frío, no muevas el vaso y espera por unos 2-3 minutos, pero sin dejar de mirar el contenido.

Y ¡PUM! como por arte de magia aparecerán una serie de filamentos blancos como nubes entre las dos capas de líquido. ¡Ese es el ADN de los guisantes! Deja reposar el contenido por una hora y verás muchas hebras de ADN precipitadas en el alcohol. Esta práctica la puedes repetir con cambur, fresas, cebolla o con la fruta de tu preferencia, pero que tenga abundante pulpa. También la puedes hacer con hígado de pollo para aislar el ADN animal.



Después de que Watson y Crick propusieron el modelo de ADN, se han formulado tres modelos de replicación o duplicación de este compuesto: conservativo, semiconservativo y dispersivo. De estos, el más aceptado por los científicos es el modelo semiconservativo.

La información contenida en el ADN incluye las instrucciones para la producción de todas las proteínas necesarias para el funcionamiento del organismo. Una proteína es un compuesto formado por moléculas pequeñas llamadas aminoácidos, que determinan su estructura y función. La secuencia de aminoácidos de cada proteína está a su vez determinada por uno o varios segmentos de la secuencia de bases del ADN de la siguiente manera: cada secuencia de tres bases nitrogenadas constituye una «palabra» del código genético, que corresponde a un aminoácido específico. Por ejemplo, la palabra GAC (guanina, adenina, citosina) corresponde al aminoácido leucina.

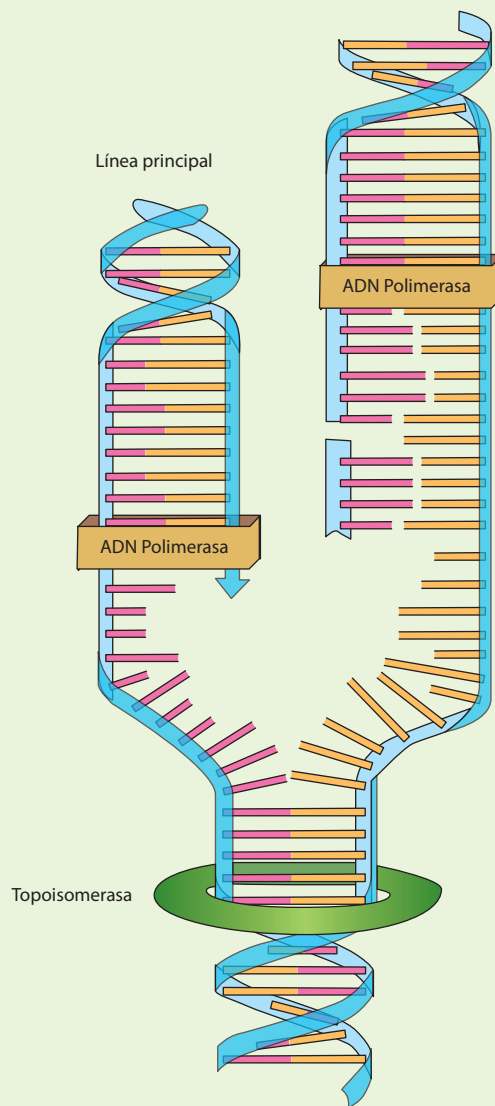


En el collar de perlas de la figura, cada perla representaría un aminoácido y el hilo que las conecta representa los enlaces químicos que los unen. Ahora, imagínate que cada eslabón se ubica en un lugar determinado por la secuencia de nucleótidos dada por el ARNm, que a su vez obtuvo el orden copiándolo del ADN. Por tanto, la proteína de la figura está formada por 51 aminoácidos, y quedó escrita por un segmento de 153 nucleótidos del ADN.

Como hemos visto, la estructura de cada proteína está determinada por uno o varios segmentos específicos de ADN que se llaman genes, y la secuencia de tres bases nitrogenadas determinan un aminoácido; a esta clave «escrita» en los genes se conoce como *código genético*.

Duplicación de ADN

La replicación de las moléculas de ADN tiene lugar en el núcleo. Empezamos con la separación de las dos cadenas del ADN, como en un cierre de cremallera. Cada hebra sirve de plantilla o molde para la formación de la nueva cadena de ADN. Las bases expuestas se unen con los nucleótidos libres complementarios, y de esta manera se forman los pedacitos de una nueva molécula de ADN. A medida que los nucleótidos van encajando en su lugar (observa en la figura la guanina uniéndose con la citosina), una enzima llamada ADN polimerasa los une y asegura el correcto apareamiento de las bases, lo que garantiza que las nuevas copias del ADN sean fieles y exactas al original.



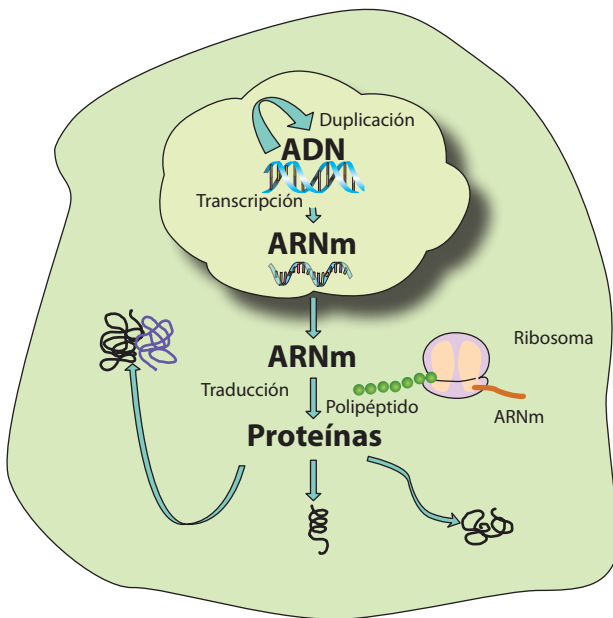
¿Sabías que el cromosoma humano más grande, el número 1, tiene aproximadamente 220 millones de pares de bases?

El código genético

¿Recuerdas la secuencia de tres bases? A cada una la llamamos *codón*; como el código contiene 64 codones, la clave nos da 20 aminoácidos. En la figura observamos en verde los codones que indican la iniciación de la formación de las proteínas y en rojo los que señalan su terminación.

¿Sabías que el código genético es el mismo en todas las especies? Por ejemplo, el codón CUU, que corresponde a la leucina, es el mismo en seres humanos, arañas y mosquitos.

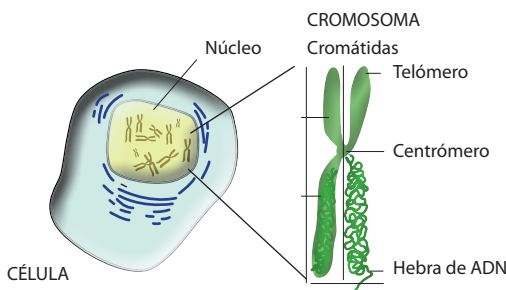
1ª Base	2ª Base								3ª Base
	U		C		A		G		
U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U
	UUC		UCC		UAC		UGC		C
	UUA	Leu	UCA	Ser	UAA	Stop	UGA	Stop	A
	UUG		UCG		UAG		UGG	Trp	G
C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg	U
	CUC		CCC		CAC		CGC		C
	CUA	Leu	CCA	Pro	CAA	Gin	CGA	Arg	A
	CUG		CCG		CAG		CGG	Arg	G
A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U
	AUC		ACC		AAC		AGC		C
	AUA	Ile	ACA	Thr	AAA	Lys	AGA	Arg	A
	AUG	Met	ACG		AAG		AGG	Arg	G
G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U
	GUC		GCC		GAC		GGC		C
	GUA	Val	GCA	Ala	GAA	Glu	GGA	Gly	A
	GUG		GCG		GAG		GGG	Gly	G



Recapitemos lo visto hasta ahora en la figura de la izquierda. Los genes no se transcriben directamente en proteínas; para lograr esto, el mensaje primero debe ser copiado desde el ADN al ARNm; a este proceso lo llamamos transcripción. Luego el ARNm sale del núcleo hacia el citoplasma, donde su información es convertida en una proteína siguiendo el código de los codones; a este proceso se lo llamamos traducción. La secuencia de estos procesos es conocida como «dogma central de la biología celular».

Como se ve en la figura hay otro proceso clave del dogma central de la biología celular, la duplicación o replicación del ADN; éste es fundamental para que pueda ocurrir la división nuclear, que llevaría a una posterior división celular, como pasa en la mayoría de las células.

Durante la división del núcleo, el ADN de la célula madre, que ha sido duplicado previamente, es repartido en dos núcleos hijos, que contienen un cierto número de cromosomas. Por ejemplo, las células del cuerpo de una planta de cebolla tienen 8 pares o 16 cromosomas. A los pares de cromosomas iguales los llamamos homólogos. Los seres humanos tenemos 23 pares de cromosomas homólogos. A una célula que contiene pares de cromosomas homólogos la nombramos diploide (2n, dos cromosomas de cada tipo), y una que solo contenga la mitad de los cromosomas la llamamos haploide (n, un cromosoma de cada tipo).



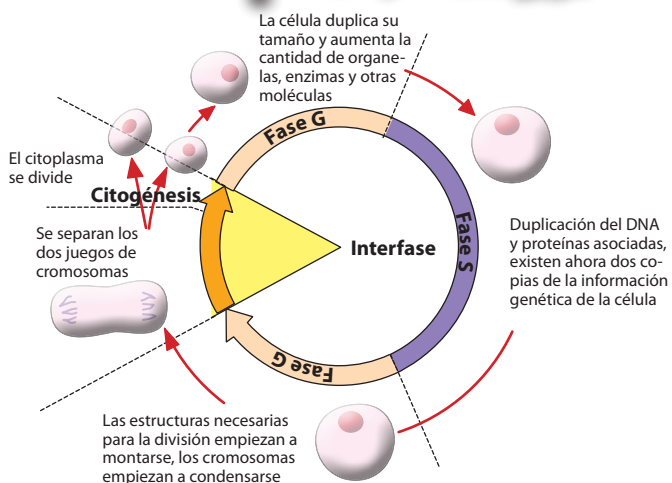
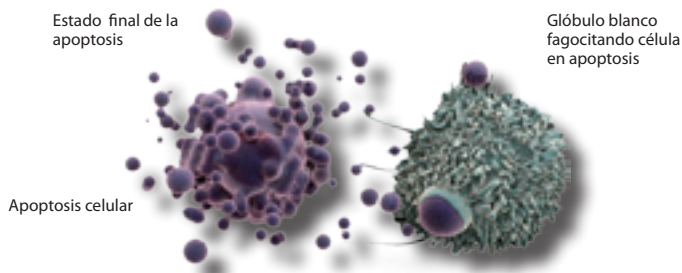
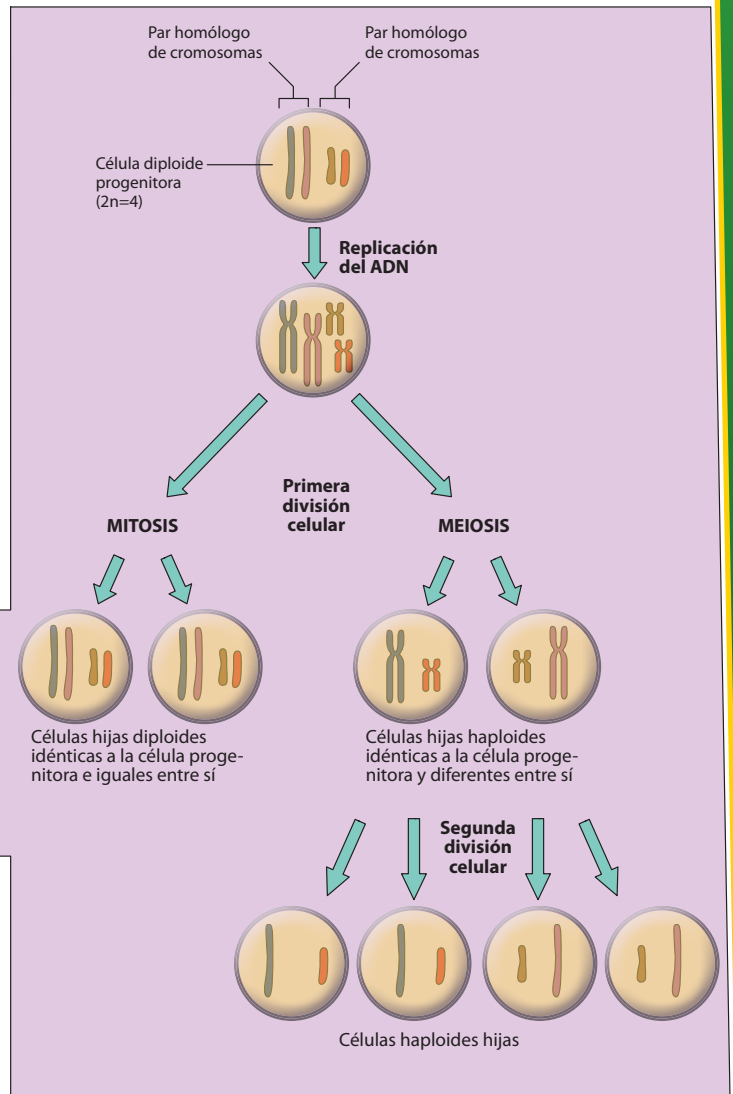
Si nosotros ampliáramos al máximo la composición de los cromosomas, los observaríamos como el brazo derecho de la figura, donde hebras del ADN se ven muy plegadas debido a su unión a proteínas.

Después o paralelo a la división del núcleo, se puede dar el proceso de división celular, que no es otra cosa que la formación de dos células hijas, a partir de una célula madre. La división celular provee células nuevas para el crecimiento, para curar heridas y para reemplazar partes dañadas en el cuerpo. Cuando en la división celular cada célula hija recibe el mismo número cromosómico de la célula madre, estamos hablando de mitosis. Este tipo de división es empleada por los organismos pluricelulares para su crecimiento y reposición de células, mientras que los unicelulares la utilizan para reproducirse.

Cuando los seres humanos llegamos a la adolescencia, comenzamos a producir óvulos y espermatozoides; estos son células especiales llamadas gametos, los cuales se obtienen por meiosis, proceso de división celular durante el cual se forman cuatro células hijas a partir de una célula madre, pero con la mitad del número cromosómico de la célula madre, es decir, que la célula madre es diploide ($2n$) y los gametos son haploides (n). Los seres humanos tenemos 23 cromosomas en cada gameto, de modo que cuando ocurre la fecundación se aparean los 23 cromosomas del espermatozoide con los 23 del óvulo, y de esta manera se forma un cigoto diploide con 46 cromosomas.

En la figura podemos ver representada a la izquierda la mitosis y, a la derecha, la meiosis. Observa que la célula madre tiene dos pares de cromosomas ($2n$); un par pequeño y un par grande. El ADN se replica duplicando su información genética. Luego de la mitosis las dos células hijas siguen siendo diploides, mientras que de la meiosis se forman cuatro células hijas haploides (Imagen de Peter Russel del Reed College, 1997).

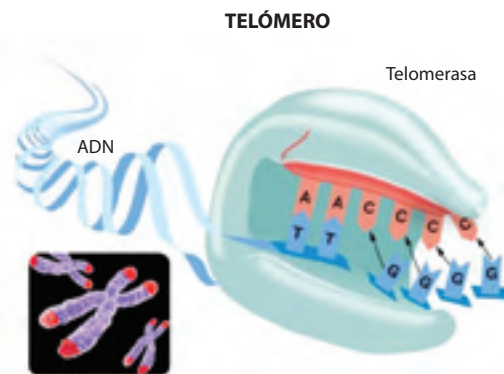
¿Sabías que el ADN se empaqueta en cromosomas durante las divisiones celulares para evitar el rompimiento de sus hebras, y con esto prevenir la pérdida de información genética? Si no se formaran los cromosomas antes de cada división nuclear, cada célula nueva sería una mutante de la anterior.



Así como nosotros nacemos, crecemos y morimos, las células nacen, crecen y se dividen, pero no al azar. Toda su vida está programada en su material genético (ADN) como en la memoria de una computadora. Cuando las células han envejecido, ya no se podrán dividir más y entonces mueren; a este proceso lo conocemos como *apoptosis*, muerte celular programada, y suele ocurrir en diferentes momentos de nuestra vida desde antes de nacer. Por ejemplo, nuestros dedos se forman por la apoptosis de las células de las membranas que los unen en el feto. Todos estos mecanismos, al igual que la división celular, están regulados por el *ciclo celular*.

En busca de la eterna juventud

A los seres humanos nos preocupa el hecho de envejecer, tanto que en muchas películas de ciencia ficción se busca la fuente de la eterna juventud, y tal parece que está relacionada con una proteína que se encuentra en los extremos de los cromosomas, la telomerasa. Esta proteína se encarga de proteger los cromosomas de cambios que puedan resultar peligrosos para el organismo durante la división del núcleo. Las células detienen su división celular en el momento en que los telómeros se acortan, por lo que las células muertas no son reemplazadas, de allí que al llegar a cierta edad avanzada comencemos a padecer enfermedades degenerativas, como por ejemplo el Alzheimer.



La búsqueda de la eterna juventud nos ha llevado a hurgar en otros mecanismos biológicos. Por ejemplo, ¿has escuchado sobre los radicales libres? Son unas moléculas altamente reactivas que son capaces de oxidar a nuestras células, dañándolas, incluyendo al ADN, lo que puede conducir al envejecimiento. Esto fue demostrado por primera vez por científicos de la Universidad de Washington, quienes lograron prolongar la vida de ratones de laboratorio hasta por cinco meses más, modificándolos genéticamente para que produjeran antioxidantes.

¿Consideras conveniente detener el proceso natural de envejecimiento? ¿Piensas que la vejez es una enfermedad que los médicos pueden curar? ¿Estás de acuerdo con que los científicos continúen la búsqueda de la eterna juventud?

¿Sabías que el Dr. Reinhard Stindl, de la Universidad de Viena, piensa que una de las diez amenazas que podrían destruir la humanidad, además del cambio climático, es la pérdida generacional de los telómeros, lo que conduciría a envejecimientos y enfermedades prematuras en una humanidad futura?

Cuestiones de bioética

Rosalind Elsie Franklin. Una científica olvidada

Rosalind Franklin nace el 25 de julio de 1920 en Kensington, Londres, y muere el 16 de abril de 1958 en Chelsea, Londres. A sus 31 años de edad era una de las personas con mayor experiencia en cristalografía, logrando las mejores imágenes del ADN, lo que la condujo a sugerir la forma helicoidal del ADN y su estructura de bases nitrogenadas. Rosalind trabajaba en conjunto con Wilkins, cuando este, aparentemente sin su permiso, le mostró a Watson y Crick las imágenes obtenidas por ella. Estas imágenes constituyeron la base de modelo de ADN publicado en 1953. El mismo Watson reveló: «Cuando vi la fotografía, me quedé boquiabierto, y se me aceleró el pulso». Así que Rosalind, además de soportar los desaires de la época por ser mujer, no fue reconocida por sus aportes sobre el ADN. Ella muere a los 37 años de edad por cáncer de ovario, ocasionado posiblemente por su trabajo con rayos X.



El Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV)

En las áreas marinas de nuestro país podemos hallar una enorme diversidad de especies, desde formas unicelulares hasta pluricelulares y desde organismos autótrofos, como las algas y plantas marinas, hasta organismos heterótrofos como los peces, moluscos, corales, esponjas y otros animales acuáticos. En Venezuela, existen instituciones que hacen esfuerzos importantes para investigar no solo esta gran diversidad de seres vivos, sino el entorno físico-químico donde estos se encuentran, entre ellas podría



mencionarse a la Fundación La Salle de Ciencias Naturales en su campus de Nueva Esparta. Pero sin duda la institución pionera en las ciencias y tecnologías marinas y pesqueras es el Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV); una institución científica de primera línea tanto en el país como en toda la cuenca caribeña y en la región del Atlántico tropical.

El IOV fue fundado en 1958 bajo el auspicio del Dr. Francisco de Venanzi y la Asociación Venezolana para el avance la Ciencia (Asovac), pero comenzó sus actividades en octubre de 1959. Su sede se estableció en la ciudad de Cumaná y desde entonces ha estado adscrito a la Universidad de Oriente, siendo su núcleo primigenio. Son tan numerosas las actividades desplegadas por esta institución en los campos de la oceanografía física, biológica y aplicada que se ha convertido en un eslabón

fundamental en el desarrollo de la región nororiental del país. Para ejecutar con la mayor eficiencia sus actividades, el IOV ha contado con el apoyo invaluable de dos buques: *Guaiquerí I* y *Guaiquerí II*, y sus respectivas tripulaciones.

Es pertinente destacar el hecho que el IOV cuenta con una planta de investigadores de muy alto nivel científico y académico, pero al mismo tiempo comprometidos con su entorno sociocultural. La mayoría de

sus investigadores son docentes de la Universidad de Oriente. Desde 1971, el IOV, con el apoyo de varias universidades nacionales e internacionales e instituciones públicas y privadas, administra el Postgrado en Ciencias Marinas, único en su tipo y de carácter internacional. Son muy numerosos los logros obtenidos por el IOV en sus más de 50 años de fundado, los mismos han sido difundidos principalmente gracias al Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela, una publicación reconocida por la comunidad científica en todo el mundo.

No se podría finalizar esta muy breve semblanza del IOV sin mencionar a dos de sus directores: el Dr. Pedro Roa Morales, su fundador, seguramente el primer geólogo marino nacido en Venezuela, y el Dr. Fernando Cervigón, natural de España pero afectivamente margariteño, autor de la obra clásica *Los peces marinos de Venezuela*.

Para saber más...

Biggs, A., Kapicka, C. y Lundgren, L. (2000). *Biología. La dinámica de la vida*. McGraw-Hill, México D.F.

Hopkin, K.; Bray, D.; Alberts, B. (2005). *Introducción a la biología celular*. Editorial Médica Panamericana.

Matsudaira, P.; Berk, A.; Lodish, H. (2005). *Biología celular y molecular*. Editorial Médica Panamericana.

Paniagua Gómez-Álvarez, R. (2007). *Biología celular*. Editorial McGraw-Hill. edición, México D.F.

Rivero, M., Collado, J. y Lachtermacher, M. (2001). *El ADN va a la escuela*. [Disponible: <http://www.odnavaiaescola.com/indexspn.htm>].