

Bosque de **CROMOSOMAS**

Ciudad de las Artes y las Ciencias





© de la presente edición

Ciudad de las Artes y las Ciencias, S. A.
Paseo de la Alameda, 48, entresuelos 1.º y 2.º
46023-Valencia (España)

1.ª edición: abril 2012

COORDINACIÓN DE CONTENIDOS

Sección Didáctica CAC, S. A.

DISEÑO PORTADA

Departamento de Imagen Gráfica CAC, S. A.

FOTOGRAFÍA PORTADA

Javier Yaya Tur

DISEÑO GRÁFICO Y MAQUETACIÓN

Sección de Producción Museo de las Ciencias Príncipe Felipe CAC, S. A.

EDICIÓN

Sección de Publicaciones CAC, S. A.

Queda rigurosamente prohibida, sin la autorización escrita de los titulares del *copyright*, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático.



Índice

¿Cómo fabricar un dinosaurio?	3
¿Qué tiene que ver un gen conmigo?	3
El señor Mendel y sus leyes	3
¿Qué es un cromosoma?	5
Cariotipo	6
Mitosis y meiosis	8
Reproducción sexual	10
Niño o niña	10
Alelos	11
Complicándolo un poco...	12
Genes y enfermedades	12
Hemofilia y daltonismo	12
ADN	13
La estructura del ADN	14
Síntesis de proteínas	18
¿Solo somos nuestros genes?	20
Herencia de los caracteres	21
Mutaciones	22
Evolución y genética	24
El Proyecto Genoma Humano	27
Presente de la genética	27
Ingeniería genética	27
Alimentos transgénicos	28
Clones	29
Medicina	29
Criminología	30
Conclusión	31
La exposición: <i>Bosque de Cromosomas</i>	32
Hazlo tú mismo	34

¿Cómo fabricar un dinosaurio?

1. Encontrar un trozo de ámbar con un insecto en su interior que picó a un dinosaurio.
2. Extraer la sangre conservada en el ámbar.
3. Extraer el patrón genético de esa sangre y completar los fragmentos –si los hay– con ADN de rana.
4. Utilizar los patrones para crear un embrión de dinosaurio dentro de un huevo.
5. Incubar el huevo en una incubadora hasta su eclosión.
6. Hacer crecer el dinosaurio hasta que adquiriera su tamaño completo.

Este es el argumento principal del libro *Parque Jurásico*, de Michael Crichton, que más tarde se convertiría en una conocida película. Pero... ¿qué hay de real en esto? ¿Podríamos llegar a fabricar un dinosaurio?

Y si vamos un poco más allá, planteémonos otras preguntas. ¿Es posible crear clones? ¿Se pueden producir clones humanos? ¿Qué son esas células madre de las que tanto oímos hablar? ¿Se pueden crear plantas o animales luminosos? ¿O bacterias que fabriquen medicinas? ¿Algas que limpien la contaminación?

Todo esto puede parecer ciencia ficción, el argumento de una extraña película futurista..., pero es ciencia: la genética.

¿Qué tiene que ver un gen conmigo?

¿Somos todos iguales o diferentes? ¿Por qué nos parecemos más a los miembros de nuestra familia que a otras personas, por ejemplo, a nuestros compañeros de clase?

Para averiguarlo, primero tenemos que hacer un poco de historia.

El señor Mendel y sus leyes

El monje **Gregor Mendel** fue el primero a quien, en 1865, se le ocurrió pensar en cómo se heredaba la información de padres a hijos, y cómo esa información estaba en nuestro organismo.

Mendel estudió generaciones y generaciones de un tipo concreto de guisante, poniendo especial atención en cómo se heredaban determinados caracteres del mismo: color, rugosidad... Llamó **factor** a lo que determina el aspecto final de cada uno de esos caracteres. Por ejemplo, el factor amarillo o el factor verde, para hacer referencia al color de los guisantes.



Gregor Mendel

De este estudio, Mendel dedujo lo que denominó las **leyes de la herencia**:

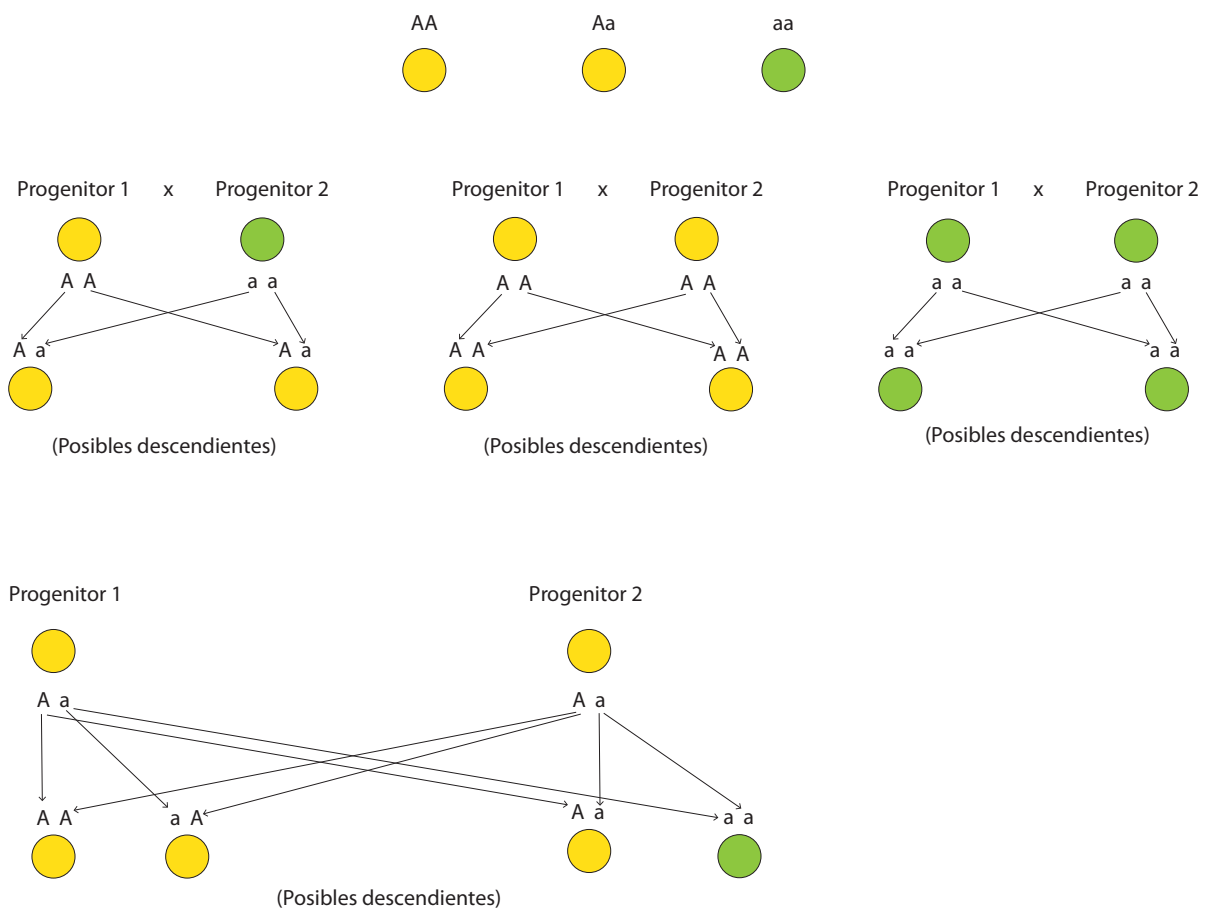
- Cada factor se hereda independientemente de los demás.
- Esta herencia se puede prever mediante leyes sencillas de estadística.

Según Mendel, cada individuo hijo heredaba un factor de su padre y otro de su madre, de manera que siempre se tenía una pareja de factores para cada característica. Aunque en una pareja hubiera dos factores diferentes, se manifestaba el aspecto asociado al factor **dominante**. Al otro factor, que solo se manifestaba si los dos factores son iguales, lo llamó **recesivo**.

A: color amarillo de los guisantes dominante.

a: color verde de los guisantes recesivo.

De manera que:



Hoy en día, sabemos que la realidad es un poco más complicada, pero sus trabajos eran muy acertados para la época. De hecho, sentaron las bases de la genética tal y como la conocemos actualmente. Sus leyes de estadística aún sirven para averiguar la herencia de caracteres.

Sin embargo, sus conclusiones no fueron tomadas en consideración por sus contemporáneos. Hubo de pasar mucho tiempo hasta que su trabajo fue tenido en cuenta. Por ello podemos afirmar que Mendel fue un verdadero adelantado a su tiempo.

ACTIVIDAD:

Herencia familiar de caracteres

Elabora un árbol genealógico de tu familia. Representa a las mujeres como círculos; a los hombres, como cuadrados. Une con una línea las parejas, y en el medio de esta línea, saca otra que lleve a los hijos de cada pareja.

Ahora, elige dos o tres de los siguientes caracteres. Pregunta y observa en tu familia cómo están representados, y refléjalo en tu árbol. Puedes hacer un árbol para cada uno de los caracteres y pintar los círculos y cuadrados con colores. Cada color representará las distintas formas de los caracteres.

- Lóbulo de la oreja pegado o libre.
- Presencia de vello en la segunda falange de los dedos.
- Enrollamiento de la lengua.
- Color de ojos.
- Cabello liso o rizado.
- Diestro/zurdo.

¿Tienes alguno de estos rasgos que no presenten tus padres o al revés? ¿Hay algunos de estos rasgos que estén presentes en ti y no en tus padres, pero sí en tus abuelos? ¿Crees que alguna de estas herencias de caracteres puede explicarse con las leyes de Mendel?

¿Qué es un cromosoma?

Pero ¿dónde están nuestros genes? Para averiguarlo, tenemos que viajar al interior de nuestras células.

Los seres multicelulares –nosotros– estamos formados por células que, aunque muy pequeñas, son enormemente complejas y organizadas. No en vano estas son producto de una larguísima evolución que dura ya más de 4.000 millones de años. Y continúa...

En el interior de las células se llevan a cabo multitud de procesos: se transforman alimentos en energía, se reparan estructuras, se realizan distintas funciones importantes... y se copian a sí mismas. Existe un mundo apasionante y muy ajetreado, donde ocurren muchas cosas al mismo tiempo. Tras cruzar una membrana que las protege como una especie de muralla o barrera, nos encontraríamos nadando en un líquido viscoso. Es el **citoplasma**, y contiene multitud de sustancias y orgánulos encargados cada uno de una función. A nuestro paso, deberíamos ir apartando moléculas de **proteínas**, que flotarían por todas partes... Las proteínas son una serie de moléculas, especialmente importantes, que forman nuestro cuerpo y también el de otros seres vivos. Constituyen los músculos, el colágeno de la piel, regulan el metabolismo de las células... Son algo así como los *ladrillos* de los que estamos hechos.

Si continuamos nuestro viaje a través del citoplasma de la célula, encontraríamos una segunda membrana en el interior, encargada de proteger el núcleo en las **células eucariotas**. Cruzando esta segunda membrana, entraríamos en un espacio reducido, lleno por completo de algo similar a un larguísimo collar de perlas, como una madeja de hilo deshecha. Este extraño collar de perlas se organiza, en determinados momentos importantes de la vida de la célula, en lo que los científicos denominan **cromosomas**.

Hace más de cien años, un grupo de científicos decidió estudiar células en división. Para poder analizarlas en detalle, utilizaron un microscopio y, para observarlas todavía mejor, las tiñeron con un color determinado.

Cuando colocaron bajo la lente del microscopio estas células en división teñidas, se llevaron una gran sorpresa. Allí, en el núcleo de las células, había una serie de cuerpos peculiares que habían adquirido un color muy intenso a causa del tinte, y que tenían una forma muy característica. Los llamaron cromosomas (cuerpos de color).



Walther Flemming

Eduard Strasburger

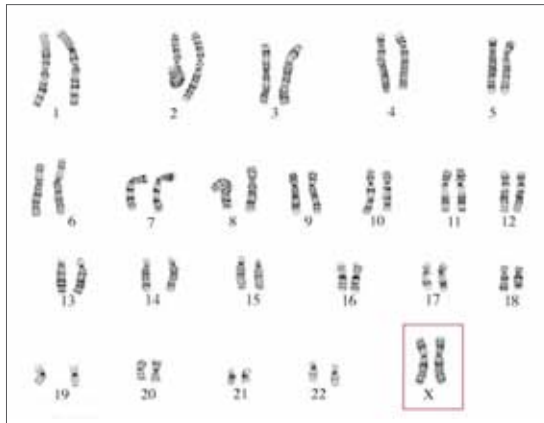
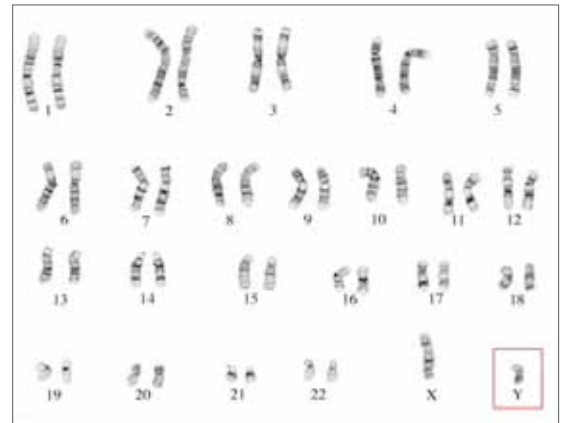
Edouard van Beneden

En **1880-1890**, **Walther Flemming**, **Eduard Strasburger** y **Edouard van Beneden** describieron la formación de los cromosomas en las células en división.

Los cromosomas son, nada más y nada menos, que los portadores de nuestros genes, que, a su vez, contienen la información hereditaria que se transmite de padres a hijos.

Cariotipo

El ser humano cuenta con 46 cromosomas organizados en 23 parejas. Cada pareja tiene la información para hacer las mismas cosas. Más tarde veremos por qué es importante esta disposición en parejas. Al conjunto de esos cromosomas propios de cada especie se le llama **cariotipo**.

**Cariotipo de una mujer****Cariotipo de un varón**

Cada pareja de cromosomas es diferente al resto. Esto es así porque la información que contiene cada cromosoma también es distinta.

Cada especie tiene un número determinado de cromosomas. La cantidad de cromosomas no está relacionada con la complejidad de cada especie ni con ninguna de sus características. El ser humano, como hemos dicho, tiene 46 cromosomas. La lombriz intestinal tiene solo 2; la mosca de la fruta, 8; la cebolla, 16; el perro, 78; y algunas especies de mariposas, imás de 400!

¿Sabías que...

... cuando los científicos descubrieron los cromosomas en la especie humana, los numeraron según el tamaño de cada pareja? Desde el más grande, el 1, hasta el más pequeño, el 22. Más tarde, se dieron cuenta de que cometieron ciertos errores de cálculo, pero ya que habían comenzado a estudiarlos con esos nombres y todos los conocían así, mantuvieron esa nomenclatura.

ACTIVIDAD:

Realización de un cariotipo

Busca en Internet una fotografía de una célula humana en división donde se vean bien los 46 cromosomas. Recórtalos uno a uno y obsérvalos bien. Organízalos por parejas y pégalos, ordenados de mayor a menor en una cartulina. Numera cada pareja y ¡ya tienes un cariotipo!

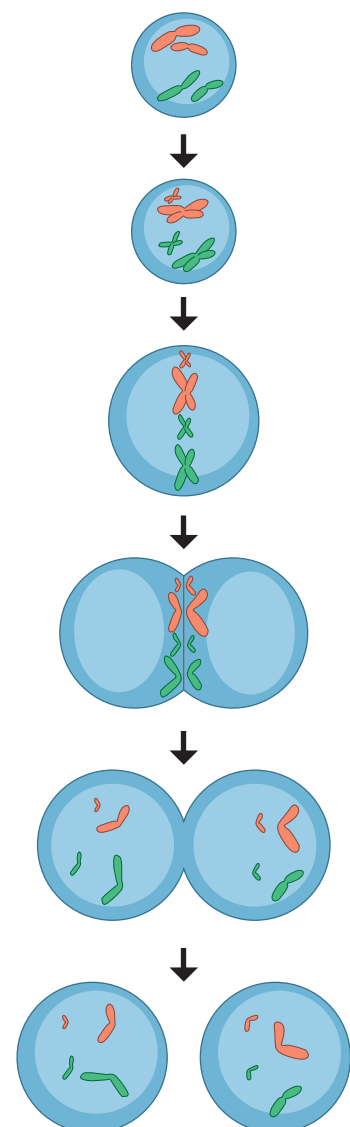
Observa el cariotipo realizado. ¿Corresponde a un hombre o a una mujer? ¿Cómo debería ser en el caso contrario?

Mitosis y meiosis

Cuando una célula se divide, el núcleo también lo hace. Para ello, compacta su contenido, formando lo que conocemos como cromosomas. Las células pueden dividirse de dos formas, que se diferencian en el modo de repartirse los cromosomas. Cada uno de los procesos de división tiene un objetivo diferente.

El modo habitual de dividirse las células se denomina **mitosis**. Una célula se divide por mitosis para hacer muchas copias de sí misma. Ejemplos: el proceso de crecimiento de un organismo donde los huesos, la piel, o los músculos se hacen más grandes; la regeneración de una herida; la renovación constante que nuestro organismo realiza de sus tejidos...

En la mitosis, los cromosomas adoptan la forma de aspa con que normalmente se representan. Cada uno de los dos lados del aspa se denomina **cromátida**, y contiene la misma información genética. Cuando la célula se divide, cada célula hija se lleva una de esas cromátidas. De esta manera, se logran dos células con los mismos cromosomas y el mismo material genético. Son, pues, dos células exactamente iguales.

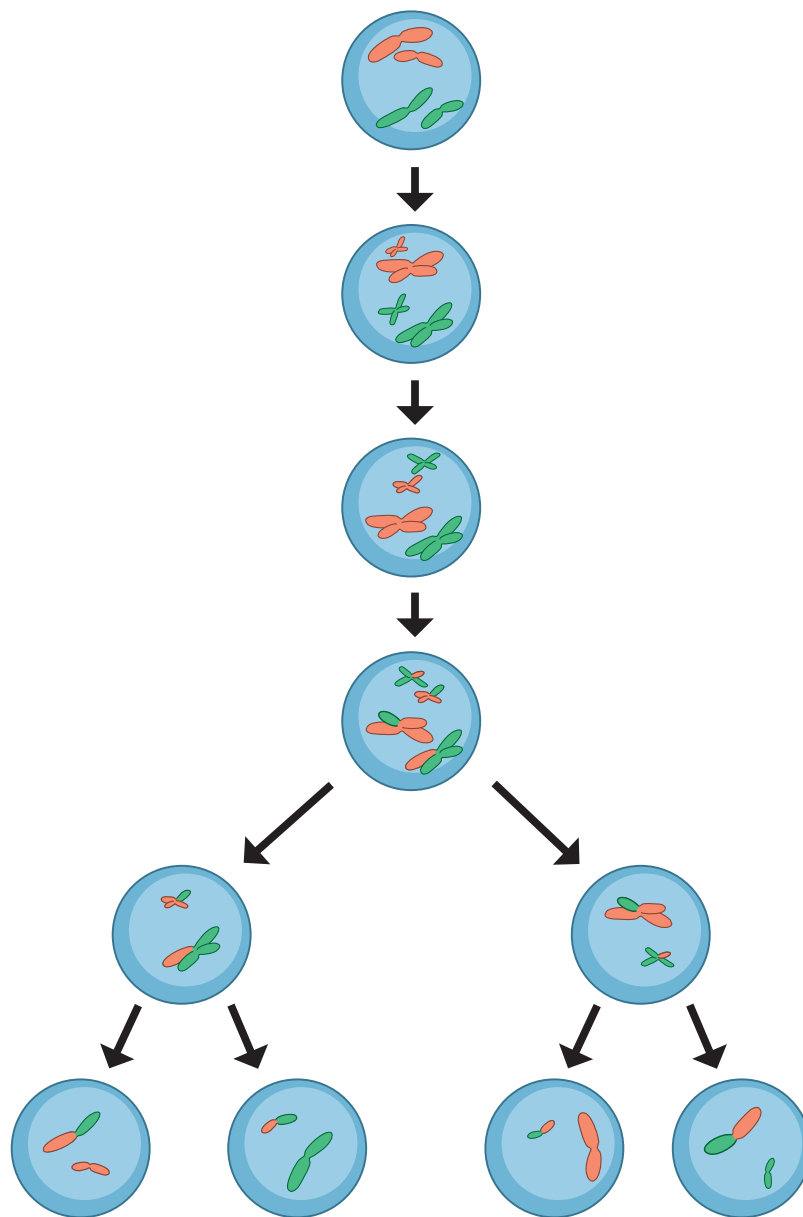


Proceso de mitosis

Existe otro proceso de división de las células: la **meiosis**. En nuestro organismo hay un tipo muy concreto de células que en lugar de tener parejas de cromosomas, poseen un solo cromosoma de cada pareja. Estas excepciones son las células sexuales: los **game-
tos**. Óvulos y espermatozoides presentan un solo cromosoma de cada pareja.

La meiosis es un mecanismo muy complejo, cuyo objetivo es la formación de los gametos. Consta de dos divisiones sucesivas. En la primera división, las parejas de cromosomas se separan. Cada uno de los dos cromosomas de cada pareja va a parar a una célula hija diferente. En la segunda división, las dos cromátidas de cada cromosoma se separan, yendo cada una de ellas, de nuevo, a una de las dos células hijas.

Al final del proceso, obtenemos cuatro células con la mitad de la información genética de la célula original. Además, cada una de esas cuatro células tiene información genética diferente.

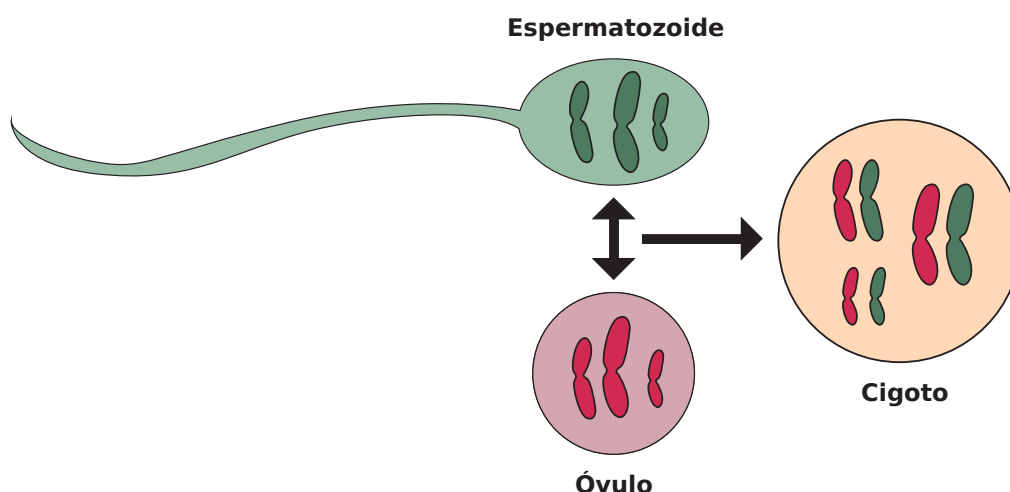


Proceso de meiosis

Reproducción sexual

Pero ¿por qué tiene la célula dos mecanismos distintos de reproducción celular? La reproducción de los seres humanos, como la de muchos otros seres vivos, es sexual. Cuando se produce la fecundación, al fusionarse los gametos, se forma una célula que tiene de nuevo parejas completas de cromosomas.

En esa célula inicial, llamada **cigoto**, cada una de las parejas de cromosomas está compuesta por un cromosoma proveniente de cada gameto. En el caso del ser humano –y de muchos animales–, uno del óvulo y otro del espermatozoide.



Es un elaborado mecanismo para originar descendientes que tengan la mitad del material genético de la madre y la otra mitad, del padre, pero que, a la vez, sean diferentes de ambos. Esta es la explicación al enigma de por qué nos parecemos a nuestros padres.

Este proceso, tan elegante y sencillo, es muy importante y evolutivamente muy beneficioso. La meiosis y la fecundación hacen que un cigoto reciba una de las millones de combinaciones posibles de los cromosomas del padre y la madre. Por eso decimos que, a la larga, la meiosis crea variabilidad en las especies, favoreciendo la evolución.

Posteriormente, esta nueva célula –el cigoto– se dividirá por mitosis para acabar originando un nuevo organismo. Aunque las células formadas tienen genes idénticos, a medida que se activan y desactivan conjuntos de genes, como si fueran interruptores de la luz, dan lugar a células totalmente diferentes que acabarán formando distintos tejidos, órganos...

Niño o niña

La pareja formada por los cromosomas sexuales –X e Y– determina el sexo del organismo. En la especie humana, si en esa pareja hay dos cromosomas X, el sexo será femenino; si la pareja está formada por un cromosoma X y otro Y, el sexo será masculino.

La combinación de los cromosomas XY en un embrión activa un gen encargado de desarrollar los caracteres masculinos. A este gen se le conoce como SRY. Un embrión con dos cromosomas X carece de este gen, originando una niña.

¿Sabías que...

... esto no es así en todas las especies? En las aves y algunos peces, dos cromosomas X dan lugar a un macho. Además, existen algunas especies de saltamontes y escarabajos, en las que hay un solo tipo de cromosoma sexual: las hembras poseen dos cromosomas X (XX); los machos, únicamente uno (X).

Alelos

Ya hemos visto que en cada pareja de cromosomas, un cromosoma procede de nuestra madre y el otro, de nuestro padre.

Aunque los dos cromosomas sean iguales, no contienen la misma información genética. En los dos cromosomas de cada pareja existen genes sobre las mismas cosas, pero ligeramente diferentes. Imaginémonos los dos cromosomas de cada pareja como estanterías idénticas llenas de botes de refresco. Los botes de refresco son iguales y están en la misma posición en una estantería o en otra. Sin embargo, puede ser que en la estantería número uno el bote sea de un refresco de naranja, mientras que el bote situado en la misma posición en la estantería número dos contenga un refresco de limón.

Estas diferentes versiones se llaman **alelos**. Cada uno de nosotros dispone de dos alelos para cada característica: uno en cada uno de los cromosomas de cada pareja. Uno heredado de nuestra madre y otro, de nuestro padre. Aunque puedan existir numerosas versiones de esos alelos, cada uno de nosotros posee dos alelos, que pueden ser iguales o distintos. Por ejemplo, el gen que controla el color de los ojos tiene muchos alelos diferentes, dando lugar a los colores azul, verde, marrón, gris... Pero en la pareja de cromosomas que contiene la información sobre el color de los ojos, puede que uno de los cromosomas tenga la información para los ojos marrones, y el otro para que los ojos sean azules. ¿Qué sucede entonces?

Si nos paramos a recapacitar sobre lo visto hasta ahora, caeremos en la cuenta de que lo que ahora llamamos alelos encaja bastante con lo que Mendel llamaba factores. Mendel también nos explicó, correctamente, qué sucedía con la interacción y la herencia de los distintos factores o, mejor, alelos (dominantes o recesivos), aunque ahora sabemos que la realidad es más complicada.

Complicándolo un poco...

Aunque el proceso en sí ya parece bastante complejo, en realidad es un poco más complicado, si cabe, de lo que imaginamos. Si lo pensamos, es normal. Nuestro organismo –y el de otros seres vivos– es también muy complejo, ¿verdad?

1. Todas las células de un organismo contienen los mismos genes, pero no tienen los mismos genes activos. Por eso hay células tan diferentes o especializadas. Incluso hay algunos genes que se activan solo en determinados momentos.
2. Para la realización de muchas funciones hace falta la interrelación de varios genes que pueden estar en diferentes cromosomas. El color de los ojos, por ejemplo, está controlado por más de un gen: es posible tener los ojos azules, marrones, verdes, grises, color miel...
3. Muchas características de los organismos son continuas. Esto significa que, en lugar de estar divididas en categorías (como el color de los ojos: verde, azul, marrón...), las características varían en un intervalo, como la altura o el peso.
4. Algunos genes realizan la función de controladores de otros conjuntos de genes.
5. Además, también sabemos que muchos genes pueden tener funciones distintas dependiendo de cómo se expresen.
6. Y en los cromosomas hay largas secuencias de material genético que, aparentemente, no tienen ninguna función. Aproximadamente, solo el 3% de nuestro genoma son genes.

Genes y enfermedades

Cuando uno de los dos alelos de un gen no funciona correctamente, puede dar lugar a un gen que origina una enfermedad.

Hay muchas enfermedades determinadas genéticamente. Gran parte de ellas pueden depender de varios genes. Otras también –como la obesidad– tienen, además de una parte genética, un importante factor ambiental o del entorno.

Existen muchos genes defectuosos causantes de enfermedades y síndromes, o que generan predisposición a ellos.

Hemofilia y daltonismo

Cuando nos hacemos una herida o un corte, hay sustancias químicas en la sangre que coagulan las heridas impidiendo que sangren.

Hay un gen que produce una versión defectuosa de una de estas sustancias coagulantes: el factor VIII. En este caso, una persona no pararía de sangrar cuando se corta, pudiendo morir.



El gen que causa esta enfermedad es un alelo recesivo; y además sucede algo muy curioso con él: se encuentra en el cromosoma X. ¿Qué sucede cuando lo posee un hombre, que tiene un cromosoma X y otro Y? Aunque el gen de la hemofilia sea recesivo, no se encuentra con otro gen dominante que lo enmascare, y la enfermedad se manifiesta. Por este motivo, la hemofilia es bastante más frecuente en varones que en mujeres. En muchas mujeres, aunque tengan el alelo recesivo portador de la enfermedad, es enmascarado por el alelo dominante normal, y la enfermedad no se manifiesta. Se dice que son **portadoras**.

Por tanto, a este tipo de herencia asociada al cromosoma X se le llama herencia ligada al sexo.

Sucede lo mismo con el daltonismo. Como en el caso de la hemofilia, el alelo recesivo que lo provoca se encuentra en el cromosoma X. Por tanto, es mucho más frecuente encontrar hombres daltónicos que mujeres. Un individuo con este síndrome tiene problemas para distinguir entre diferentes gamas de colores. Especialmente, entre verdes y rojos.

Muchas personas tienen daltonismo y no lo saben. Para comprobarlo, se creó un sencillo test consistente en una serie de círculos llenos de puntos de colores que forman números. Seguro que puedes encontrarlo en Internet y hacer la prueba.

ADN

Pero, ¿por qué los cromosomas solo aparecen en determinados momentos en la célula? ¿Qué hay en el núcleo antes de que estos aparezcan? ¿De qué están hechos los cromosomas?

Recordad que en nuestro viaje al interior de la célula encontramos en el núcleo algo similar a un larguísimo collar de perlas enredado en una madeja desordenada. Estos hilos desmadejados y enredados que llenan el núcleo son el **ADN**.

Se oye mucho hablar del ADN en los medios de comunicación o en las series de televisión y las películas. Científicos y policías lo mencionan, pero... ¿sabemos qué es el ADN?

ADN –o DNA, en inglés– son las siglas del **ácido desoxirribonucleico**. Como es una palabra bastante compleja, normalmente se le denomina así. ¿Qué tiene de peculiar esta molécula para que sea tan nombrada y conocida?

El ADN, por así decirlo, es el *jefe* de la célula. Es el que sabe lo que hay que hacer y el que lo transmite para el correcto funcionamiento de la célula al completo. Posee la información necesaria para hacer que un organismo funcione. El ADN es una especie de libro de instrucciones para fabricar seres vivos; en él se encuentran nuestros genes. Nuestros cromosomas están formados por ADN.

Imaginad un libro –escrito en un idioma especial– que contenga las instrucciones sobre cómo *fabricar*, por ejemplo, un perro, una ameba o un ser humano... Debería ser un libro muy extenso, ¿verdad? Pues ahora, pensad que ese libro tan extenso es pequeño, muy pequeño. Tanto, que cabría dentro del núcleo de una célula. Y ahora suponed que cada una de las células de ese perro, esa ameba (que solo tiene una) o ese ser humano tiene en su interior una copia de ese libro. Eso es el ADN.

¿Cómo es posible que una molécula tan larga quepa en el núcleo de una pequeñísima célula? El ADN está en el interior de casi todas nuestras células (por ejemplo, los glóbulos rojos no tienen ADN). Para caber en las células, el ADN ha de compactarse en forma de **cromatina**, con ese aspecto de collar de perlas que mencionamos. ¡Es un collar larguísimo!

El ADN es una molécula muy, muy larga. Tan larga, que si pudiéramos estirar el ADN de una sola célula humana, mediría idos metros de longitud! Pero tan estrecha que no podríamos verla ni siquiera con un microscopio normal. Más que un libro sería un pergamino.

Pero hay momentos especiales en la vida de una célula en los que esta se divide. En la mitosis, el ADN tiene que hacer una copia de sí mismo para que cada una de las células resultantes conserve la misma información. El ADN no solo sabe fabricar y organizar organismos, sino también copiarse a sí mismo. Cuando una célula va a dividirse, el ADN de su núcleo va de *mudanza*. Como es tan importante, debe estar especialmente protegido. Por tanto, se compacta en forma de cromosomas.



Friedrich Miescher

En 1869, **Friedrich Miescher** da con la sustancia que más tarde se conocería bajo el nombre de ADN. Lo descubrió estudiando los glóbulos blancos extraídos de vendajes empapados en pus.

Pero ¿cómo puede guardar una molécula información? Nosotros mismos, para poder leer un libro, debemos aprender el código en el que está escrito: conocer las letras, su significado y el idioma en el que está escrito. Solo así conseguiremos comprender su contenido.

Y para empezar a descifrar el ADN, antes tenemos que conocer mejor cómo es la molécula, para poder encontrar las *letras* de su código.

La estructura del ADN

El ADN es una molécula especial. Su estructura es bastante compleja. Tanto, que su descubrimiento fue un problema para la ciencia y, cuando se consiguió, uno de sus grandes avances. El ADN es una doble hélice formada por dos espirales que se enrollan entre sí. Las dos hebras de la molécula de ADN están unidas por unos enlaces especiales a lo largo de toda su longitud, como peldaños en una escalera de caracol.

En 1953 tuvo lugar un importantísimo descubrimiento no solo en la historia de la genética, sino de la ciencia en general. **James D. Watson** y **Francis Crick** publicaron en la prestigiosa revista científica *Nature* un artículo donde se explicaba cuál era la estructura en la que se organizaba el ADN: la estructura de doble hélice.



Estructura de doble hélice

Gracias a una fotografía tomada por el equipo de **Rosalynd Franklin** y **Maurice Wilkins**, Watson y Crick llegaron a la conclusión de que la molécula de ADN es una doble hélice formada por dos moléculas enrolladas entre sí, unidas por enlaces entre partes de esas moléculas en el interior de la doble hélice.

Esta explicación de la estructura reunía la estructura tridimensional de la molécula y su función. Por ello, el descubrimiento de la estructura del ADN está considerado como uno de los hallazgos clave en la historia de la biología.



James D. Watson (izquierda) y Francis Crick (derecha)

Por este descubrimiento, Watson, Crick y Wilkins compartieron el Premio Nobel de Medicina en 1962.

¿Sabías que...

... años más tarde de que Watson, Crick y Wilkins fueran galardonados con el Premio Nobel por sus trabajos sobre la estructura del ADN, se generó una polémica sobre este descubrimiento y su autoría?

Uno de los puntos clave para la comprensión de la estructura fue una fotografía hecha con rayos X de la molécula, la llamada fotografía 51. Esta fotografía fue realizada por una joven investigadora del equipo de Wilkins: Rosalyn Franklin. Parece ser que Wilkins mostró esa fotografía al equipo formado por Watson y Crick, sin avisar previamente a Franklin.

Rosalyn Franklin nunca supo que su fotografía había llegado hasta Watson y Crick, y había sido uno de los elementos decisivos que les ayudó a dilucidar la estructura del ADN.



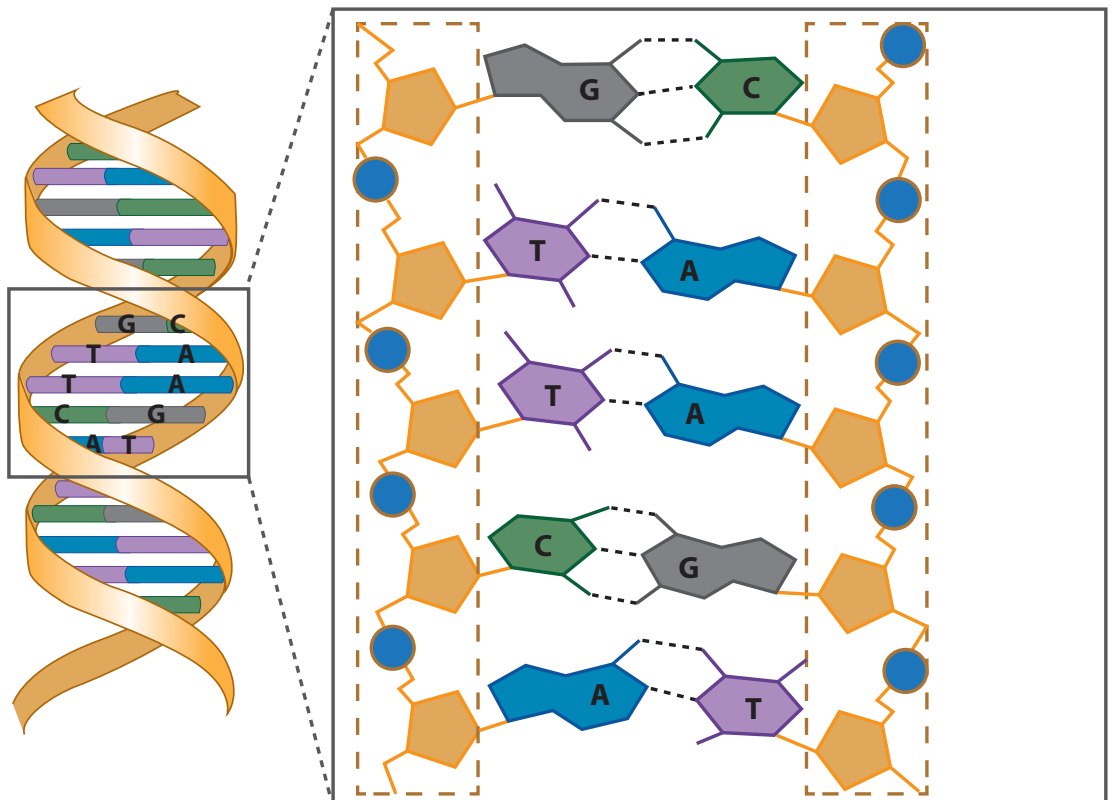
Rosalind Franklin

Los enlaces de la doble hélice –los peldaños de la escalera– se forman entre unas partes especiales de la molécula: los **nucleótidos**.

Los nucleótidos están constituidos por varias estructuras; entre ellas, una **base nitrogenada**. Cada nucleótido tiene uno de estos cuatro tipos de bases:

- Adenina (A)
- Timina (T)
- Citosina (C)
- Guanina (G)

La adenina se une siempre con la timina. Y lo mismo ocurre entre la guanina y la citosina (A-T y G-C). De esta manera, las dos hebras de ADN se unen por estas bases, componiendo los peldaños de la escalera.



Estructura del ADN

Erwin Chargaff, en 1950, es quien encuentra la proporción entre los cuatro nucleótidos en el ADN. La cantidad de timina (T) es similar a la de adenina (A); y lo mismo sucede para la citosina (C) y la guanina (G).

Estas bases son muy importantes porque, además de unir las dos hebras espirales de la molécula, forman una especie de frases a lo largo de toda la molécula de ADN. Es decir, la larguísima molécula de ADN tiene dispuestas a lo largo de su longitud series de estas cuatro letras. Algo así: AATCGGCTTTA-GCCGCTACAATTCTTAGC...



Erwin Chargaff

¿Cómo de importante es este orden? Mucho, ya que es precisamente ese orden el que hace que nosotros seamos diferentes, por ejemplo, de una rana o incluso de nuestros padres.

Cada ser vivo –no cada especie, sino cada individuo– tiene un ADN propio que es único e irrepetible, salvo los gemelos, que tienen el mismo. Lógicamente, dos seres de la misma especie tendrán un ADN más parecido entre sí que dos seres de especies diferentes, porque también entre ellos se parecen más. Los genes de dos personas son muy similares, aunque hay algunas diferencias o variaciones. Sin ellas, todos seríamos idénticos.

Podría decirse que el **código genético** es el lenguaje con que están escritos los libros de instrucciones de cada uno de nosotros.

Una de las cosas más increíbles del ADN es que conforma un lenguaje universal común a toda la vida existente en nuestro planeta. Expresa cómo han de desarrollarse, cómo son, cómo funcionan y cómo se perpetúan todos los organismos, desde los más simples a los más complejos. Es un idioma común para todos los seres vivos que pueblan o han poblado alguna vez este planeta.

Y esto es así porque, de algún modo, todos los seres vivos que habitamos –o alguna vez habitaron– la Tierra estamos profundamente relacionados. Nuestra química es la misma, y también lo es nuestra herencia: todos los seres vivos descendemos de un antepasado común. De él hemos heredado ese lenguaje, ese código genético.

“Lo que es válido para una bacteria lo es para el elefante”

Jacques Monod (1910-1976), bioquímico francés y premio Nobel en 1965

Síntesis de proteínas

Esta secuencia de letras que a nosotros nos parece un galimatías es en realidad el lenguaje del ADN. El lenguaje de la vida.

El ADN contiene la información para *fabricar* seres vivos empleando un lenguaje especial basado en estas cuatro letras. Como si de un libro se tratara, estas letras se agrupan de tres en tres para formar palabras: los **tripletes**.

Nuestro cuerpo está formado fundamentalmente por **proteínas**. Las proteínas en nuestro cuerpo cumplen, además, muchas funciones: el transporte de sustancias, la defensa de nuestro organismo, la contracción muscular...

Las proteínas, a su vez, están formadas por unidades más pequeñas llamadas **aminoácidos**. De un modo similar a como un collar está compuesto por muchas cuentas juntas, grandes conjuntos de aminoácidos forman una proteína. Solo hay veinte aminoácidos diferentes, pero combinándolos podemos formar todas las proteínas existentes.

Cada una de esas palabras del ADN de tres letras –o triplete– tiene las instrucciones para generar un aminoácido. Por eso, largas frases de esas palabras son capaces de originar la serie de aminoácidos que da lugar a una proteína determinada.

Cada una de esas frases con las instrucciones para producir una proteína se llama gen. Y ya hemos visto que los genes pueden tener distintas *versiones* llamadas alelos.

Los genes son un conjunto de información que nos define a los seres vivos tal y como somos, y da las pautas para conformar nuestras características y capacidades. Cuando una de esas secuencias contiene la información necesaria para una función o parte de una función –que normalmente se regula, controla o manifiesta a través de una proteína–, se le denomina **gen**. Por ejemplo, hay genes que determinan el color de nuestros ojos, nuestro tipo de pelo o nuestra altura.

En 1941, **Edward Lawrie Tatum** y **George Wells Beadle** demuestran que los genes fabrican proteínas. En 1958, son galardonados con el Premio Nobel por esa demostración.



Edward Lawrie Tatum

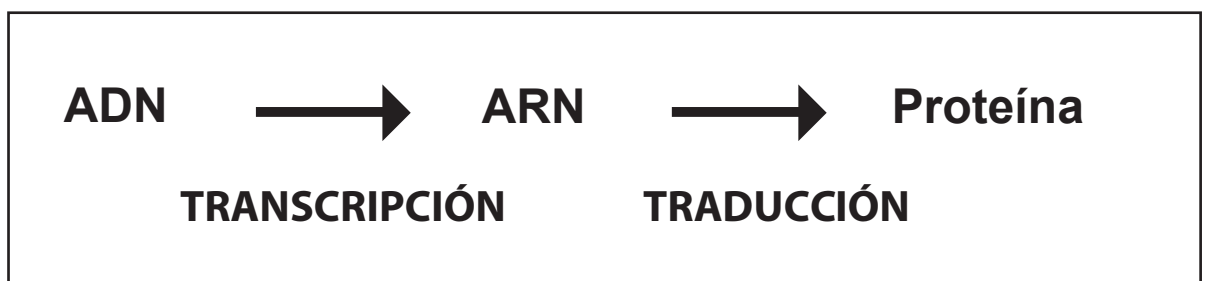


George Wells Beadle

Pero para poder fabricar las proteínas, el ADN debe conseguir sacar la información del núcleo donde se encuentra. Puesto que las moléculas de ADN solo salen del núcleo cuando la célula se divide, necesitan una molécula especial que ejerza de *mensajero*. Esta molécula es el **ARN**, el **ácido ribonucleico**. Es como el hermano pequeño del ADN. Su principal diferencia con él es que el ARN posee una sola cadena.

El ADN en el núcleo desenreda un poco las dos hebras; el ARN va copiando los nucleótidos. Luego saldrá al citoplasma con una copia de las instrucciones y fabricará allí la proteína.

- El proceso mediante el que se transcriben las instrucciones del ADN a una molécula de ARN se llama **transcripción**.
- El proceso mediante el que se traducen las instrucciones del ARN y se fabrica la proteína se llama **traducción**.



Arthur Kornberg



Severo Ochoa

En 1954, **Severo Ochoa** aísla la ARN polimerasa, una de las enzimas (proteína) que intervienen en la replicación del ARN, con la que se comienza a resolver el código genético. Dos años después, su alumno, **Arthur Kornberg**, aísla la polimerasa del ADN. Ambos compartieron el Premio Nobel por sus descubrimientos en 1959.

Severo Ochoa y su equipo descubrieron que algunos tripletes codifican el mismo aminoácido. Se dieron cuenta también de que algunos tripletes marcaban el inicio de la síntesis de una proteína. Otros significan *stop*: al llegar a ellos, dejan de fabricarse aminoácidos y la proteína está completa.

¿Sabías que...

... combinando las 4 bases en grupos de 3, salen 64 combinaciones posibles, aunque solo existen 20 aminoácidos?

¿Solo somos nuestros genes?

En definitiva, el ADN posee la información para *fabricar* nuestro cuerpo. Pero es primordial que sepamos que el ADN no nos hace por completo como somos. También el ambiente y nuestra predisposición, voluntad y gustos nos moldean y hacen como somos.

Los científicos suelen decir que somos 50% de genética y 50% del ambiente que nos rodea.

Por ejemplo, imaginaos a un atleta, un velocista. Puede que, por su genética, ese atleta tienda a tener un cuerpo más o menos capacitado para las carreras, pero es indudable que si entrena duro, irá preparando su cuerpo para alcanzar mayor velocidad.

Otro ejemplo puede ser el color de nuestra piel. Los genes determinan de qué color va a ser nuestra piel. Pero también está determinado por el ambiente. Si tomamos el sol en la playa, ¿verdad que nos pondremos más morenos?

Estos ejemplos pueden aplicarse a muchos más ámbitos. Aunque es indudable que en numerosas ocasiones nuestro propio entorno o lo que nosotros decidamos hacer es igual o incluso más importante. En el caso de dos gemelos genéticamente iguales, también encontramos muchas diferencias, no solo de peso o altura, sino de personalidad, gustos...

Esto es decisivo, porque quiere decir que no somos solo genes. Es decir, para ser como somos, tan importante es la genética (nuestros genes) como el ambiente que nos rodea.

ACTIVIDAD:

La influencia de los genes

Busca ejemplos donde los genes sean decisivos para el desarrollo de una característica determinada: un rasgo, una enfermedad, una tendencia...

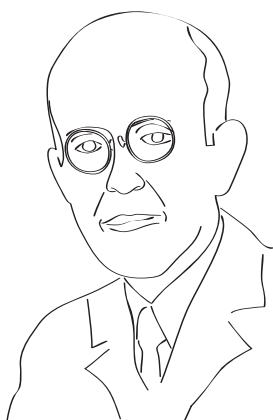
Piensa ahora en otras características donde el ambiente, el comportamiento... prevalezcan sobre el desarrollo de la misma. ¿Qué conclusiones sacas? ¿Cómo explicas que dos gemelos idénticos tengan gustos y personalidades diferentes?

Herencia de los caracteres

Volvamos de nuevo al ejemplo del atleta. ¿Pensáis que todo lo que ese atleta consiga por medio del entrenamiento, la alimentación... es heredable? ¿Que recibimos esas características de nuestros padres o las transmitimos a nuestros hijos? Ahora se sabe que no, que solo se transmite lo que se encuentra en nuestros genes, pero antiguamente se pensaba que era así.

Pero, ¿qué tiene todo esto que ver con el ADN?

Hasta ahora hemos visto cómo es el ADN y cómo funciona dentro de nuestro organismo. Pero ¿qué sucede cuando un organismo se reproduce? ¿Qué pasa con el ADN?



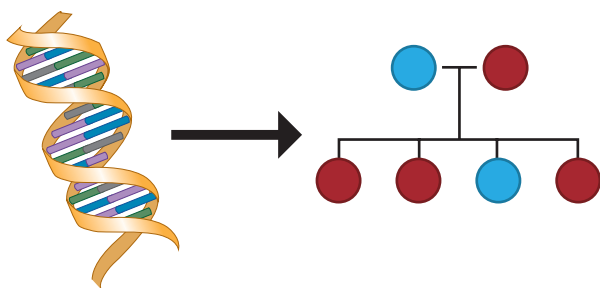
Oswald Avery



Colin McLeod



Maclyn McCarty



En 1944, **Oswald Avery**, **Colin McLeod** y **Maclyn McCarty** demostraron que el ADN se encuentra en la base de la herencia: es el material genético.

Mutaciones

Hasta aquí hemos visto qué es el ADN, cómo se replica y cómo esto explica la herencia de caracteres y el que nos parezcamos a nuestros padres. Pero también hemos hablado de que todos los seres vivos, o que han vivido alguna vez en nuestro planeta, proceden de un antepasado común.

Pero pensemos un poco. Si el ADN se replica con exactitud, ¿de dónde sale esa variedad? ¿Cómo hemos conseguido evolucionar desde el ancestro común entre simios y humanos? ¿Cómo pensáis que ha conseguido cambiar nuestro ADN desde ese ancestro común entre simios y humanos hasta dar lugar a nuestra especie?

En ocasiones, en muy, muy raras ocasiones, cuando el ADN hace una copia de sí mismo, puede cometer un error. Uno de la larga, larguísima serie de nucleótidos –las letras de la frase– es sustituido por otro. De repente, el significado de la frase varía. Entonces se ha producido un cambio. Seguro que habéis oído hablar de estos cambios. Los científicos los llaman **mutaciones**.

Los organismos tenemos mecanismos muy eficaces para evitar y reparar estas mutaciones; a pesar de ello, siguen ocurriendo.

Algunos superhéroes de ficción basan sus superpoderes en estas mutaciones, pero son mutaciones de cómic. Obviamente, no son reales..., aunque desde luego aportan grandes ventajas, ¿verdad?

Las mutaciones pueden ser de muchos tipos; el cambio de un nucleótido es solo uno de ellos. A veces se pierden trozos enteros de cromosoma, se añaden, se cambian de sitio... En ocasiones, incluso aparece un tercer cromosoma en alguna de las parejas.

¿Sabías que...

... el síndrome de Down se produce por la presencia de un cromosoma 21 extra en lugar de la pareja habitual? Se le denominó síndrome de Down porque fue el médico británico John Langdon Haydon Down el primero en describirlo, aunque nunca llegó a descubrir las causas que lo producían.

Las mutaciones reales son muy poco frecuentes de forma natural, y no suelen ser buenas. Al ser cambios al azar, la mayoría son nocivas o incluso letales, porque fabrican proteínas que no funcionan.

Es muy raro que una mutación traiga un cambio beneficioso. Pero estos pequeños e improbables casos son la base de la evolución. Aunque, obviamente, estos escasísimos cambios no explican cómo hemos evolucionado desde el ancestro común con los primates hasta ser la especie que somos ahora. Aún nos falta algo importante.

¿Sabías que...

... algunos factores son desencadenantes de mutaciones? La radiactividad, la luz ultravioleta del sol, algunos agentes químicos, la acción de algunos virus... son capaces de modificar nuestro ADN, generando mutaciones. Por eso, el personal sanitario que trabaja haciendo radiografías debe tomar medidas de protección especiales. Tampoco es recomendable hacerse radiografías con demasiada frecuencia.

ACTIVIDAD:

Noticias en la red

Investiga en Internet el accidente de la central nuclear de Fukushima. Recoge artículos, noticias de prensa y declaraciones de científicos.

¿Por qué resultó tan peligroso para la salud de las personas que vivían cerca? ¿Qué efectos se están produciendo? ¿Cuáles se espera encontrar en el futuro? ¿Qué ha pasado con la agricultura de la zona?

Evolución y genética

La variedad siempre es positiva. Solo necesitamos algo que seleccione de entre esa variedad, favoreciendo los cambios beneficiosos y rechazando los perjudiciales.

Hemos dicho que las mutaciones aparecen en baja frecuencia, pero el ancestro común entre hombres y gorilas, por ejemplo, vivió hace unos ocho millones de años. ¿Creéis que ocho millones de años de mutaciones al azar en baja frecuencia nos han separado de ese ancestro común?

Las mutaciones han sido la base, pero hace falta algo que seleccione las más ventajosas y logre que se transmitan a la descendencia de generación en generación.

Para entenderlo mejor, imaginémonos cómo viven normalmente los seres vivos en su hábitat. En el medio natural, nacen más individuos de los que pueden sobrevivir, y cada uno es diferente de los demás. Un individuo que posea la más ligera ventaja (mejor adaptación, mayor éxito reproductor...) parte con mayores garantías de éxito.

Por tanto, sobrevivirán aquellos que estén mejor adaptados al medio; es decir, los que tengan alguna característica que les permita vivir mejor. A este proceso lo llamamos **selección natural**.

Veamos un caso real:

Uno de esos cambios puntuales de los que hablábamos antes en un nucleótido del ADN humano provoca un cambio en una proteína: la hemoglobina. Como resultado de esta mutación, la gente que la posee tiene unos glóbulos rojos de la sangre deformados en una extraña forma de hoz o media luna. Estos glóbulos rojos son menos eficientes transportando oxígeno que los glóbulos rojos normales –de forma lisa y globular–, y la gente que los posee sufre un tipo de anemia llamada falciforme (en forma de hoz).



Glóbulos rojos en hoz



Glóbulos rojos normales

Estos glóbulos rojos en hoz proporcionan una fuerte resistencia a la malaria. En zonas donde la malaria es la causa de un elevado porcentaje de muerte en la población, esta mutación ha ofrecido una ventaja muy poderosa a quienes son portadores: la misma persona tiene glóbulos rojos normales y glóbulos en forma de hoz, debido a que tiene el gen

en su forma de alelo normal y también en su forma de alelo mutado. Por tanto, aunque esta mutación puede considerarse una desventaja en determinadas condiciones, en otras supone una gran ventaja.

Se puede decir que las mutaciones son las responsables de las variaciones y, por ende, la base genética del proceso de evolución. La selección natural actúa sobre esta variedad y, partiendo de ella, hace evolucionar los seres vivos. Este camino nos ha permitido adaptarnos al medio. Incluso ha llevado a la formación de nuevas especies.

Puede parecer poca cosa, pero tened en cuenta que 4.000 millones de años de evolución son muchos, muchos años.



**Jean-Baptiste-Pierre-Antoine
de Monet de Lamarck**

Jean-Baptiste-Pierre-Antoine de Monet de Lamarck fue un naturalista francés que vivió a caballo entre los siglos XVIII y XIX. Fue un gran científico en su época. Se le conoce por una teoría sobre la herencia de **caracteres adquiridos**.

Lamarck pensaba que los órganos del cuerpo se adquieren o se pierden dependiendo de si los seres vivos los usan o no. Por ejemplo, un herbívoro que estire el cuello para alcanzar las hojas más frescas y altas conseguirá que el cuello se alargue y transmitirá este alargamiento a sus descendientes. Al cabo de suficientes generaciones, este herbívoro habría evolucionado hasta convertirse en lo que es hoy una jirafa.

Esta teoría, publicada en 1800, es conocida como **lamarckismo**. Y, aunque resultó no ser correcta, tiene gran importancia, porque es la primera vez que alguien planteaba una teoría para la evolución de los seres vivos. Hasta el momento, a nadie se le había ocurrido pensar si los seres vivos habían evolucionado unos a partir de otros o de alguna otra manera.

Casi 60 años después, en 1859, Charles Darwin sorprende al mundo con la publicación de su brillante teoría de la evolución de las especies. En su libro *El origen de las especies por medio de la selección natural*, Darwin explica que la causa por la que las especies evolucionan es la selección natural. En el medio natural nacen más individuos de los que pueden sobrevivir, y cada uno es diferente de los demás. Por tanto, solo sobrevivirán aquellos que estén más adaptados al medio porque posean alguna característica que lo permita.

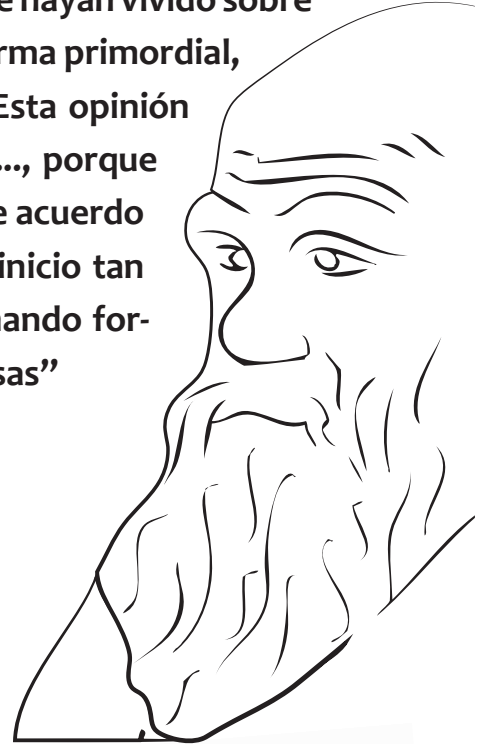
La idea se le ocurrió observando los pinzones de las islas Galápagos, uno de los destinos que visitó en su largo viaje a bordo del *Beagle*. Allí es donde comprobó que cada isla tenía su propia especie de pinzón, cada una con un pico diferente, y se preguntó el porqué. Finalmente pensó que la causa podía ser el diferente tipo de comida que había disponible en cada isla. Y lo consideró una prueba de la selección natural, ya que cada uno había acabado adaptándose al medio en el que vivía.

Siguiendo con el ejemplo de las jirafas que usábamos en el caso de Lamarck, Darwin lo explicaría así: de entre todos los herbívoros –puesto que todos son algo diferentes entre

ellos- habrá algunos que tengan de por sí el cuello más largo. Como estos podrán llegar a más cantidad de hojas, comerán mejor y, por tanto, tendrán mayores probabilidades de sobrevivir y también de reproducirse, transmitiendo su característico cuello largo a sus descendientes. Obviamente, la mayoría de descendientes tendrá esa característica.

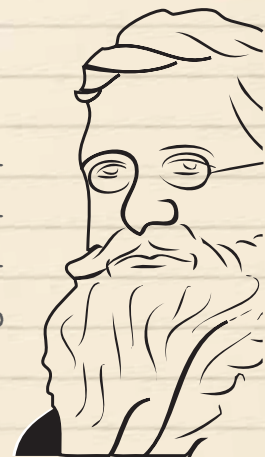
“Probablemente todos los seres orgánicos que hayan vivido sobre esta tierra han descendido de alguna única forma primordial, a la que se infundió vida por primera vez... Esta opinión sobre el origen de la vida tiene su grandeza..., porque mientras este planeta ha ido dando vueltas de acuerdo con la ley fija de la gravedad, a partir de un inicio tan sencillo han evolucionado y siguen evolucionando formas sin fin, las más bellas y las más maravillosas”

Charles Darwin, *El origen de las especies* (1859)



¿Sabías que...

... Alfred Russel Wallace colaboró **intensamente** con Darwin en sus estudios y publicaciones para elaborar la teoría de la **selección natural**? Por todo ello, Darwin lo **consideró** siempre coautor de su teoría.



En la actualidad, la teoría de Darwin y Wallace se ha ido revisando y ampliando atendiendo a los nuevos conocimientos científicos obtenidos, pero los principios básicos siguen siendo válidos en la actualidad.

El Proyecto Genoma Humano

El Proyecto Genoma Humano representa una de las iniciativas científicas más ambiciosas de la historia. Fundamentalmente, trata de entender el modelo genético de nuestra especie.

En febrero de 2001 se alcanzó el hito de conocer las *letras* –la secuencia de nucleótidos– que forman el genoma de nuestra especie, así como su localización. El resultado final se publicó en 2003 en dos de las más prestigiosas revistas de ciencia: *Science* y *Nature*.



De los resultados de este vasto estudio se deduce que los humanos poseemos algo más de 30.000 genes, una cantidad bastante inferior a la que se suponía. Aunque, a cambio, parecen bastante más complejos: un gen puede realizar varias funciones distintas.

Los datos obtenidos ayudarán a los científicos a asociar caracteres humanos y enfermedades con distintos genes, lo que supondrá importantes avances, especialmente en el ámbito de la medicina.

Portada de *Nature*

Presente de la genética

La humanidad ha recorrido un largo camino antes de conocer la existencia de ese código genético.

Sin embargo, desde hace siglos el ser humano ha estado manipulando genéticamente algunas especies sin saberlo... Por ejemplo, cuando cultivaba los vegetales en la antigüedad. Desde entonces, la ciencia ha evolucionado mucho. ¿En qué campos se está trabajando en la actualidad? ¿Cuáles son sus aplicaciones?

Ingeniería genética

La ingeniería genética es la rama de la biología que trata de la manipulación de los genes. La ingeniería genética consigue alterar el ADN de un organismo, introduciendo en él genes de otro diferente.

Puesto que todos los organismos compartimos el mismo código genético, es posible insertar el gen de una especie en el genoma de otra y que este siga funcionando.

El objetivo es conseguir en un organismo determinadas características que no le son propias, pero que por alguna razón pueden serle útiles. A través de ello se consigue, por ejemplo, cultivar plantas resistentes al clima o a las plagas; incrementar la productividad de una cosecha; aumentar la cantidad de leche –incluso logrando que contenga los medicamentos necesarios para tratar algún tipo de enfermedad– producida por una especie determinada de vaca; crear microorganismos que degraden contaminantes...

Los organismos que se han obtenido de este modo se denominan organismos **transgénicos** o, simplemente, transgénicos.

¿Sabías que...

... se han creado por ingeniería genética nuevos tipos de peces que se venden como mascota? Estos peces –inicialmente se desarrollaron como detectores de contaminantes– se han diseñado a partir de una especie de peces cebra a los que se les ha insertado un gen luminoso, por lo que se convierten en peces fluorescentes.

Alimentos transgénicos

Una de las aplicaciones más destacadas y controvertidas de la ingeniería genética es la creación de alimentos transgénicos.

Ahora que el ser humano conoce el secreto del ADN de estas especies, la selección que antes se realizaba exclusivamente en función de la experiencia puede verse aumentada y acelerada en el tiempo. Ya es factible crear variedades de plantas más productivas o con determinadas características útiles para su cultivo: resistentes a plagas, que contengan nutrientes adicionales o medicamentos...

La opinión sobre los alimentos transgénicos está muy dividida. Hay quien opina que pueden ser la solución –o parte de ella– a la hambruna de los países menos desarrollados, y quien los considera un riesgo para la salud.

ACTIVIDAD:

Debate

Forma varios equipos en clase para que cada uno investigue por su cuenta sobre los alimentos transgénicos en Internet. Recopilad noticias de prensa, opiniones de científicos, avances... ¿Qué ventajas presentan estos alimentos? ¿Qué desventajas? Que cada grupo comente y analice ventajas y desventajas. ¿Cuál es la opinión del grupo?

Realizad un debate entre equipos en clase. ¿Estáis a favor o en contra? ¿Qué argumentos habéis usado para defender vuestra postura? Haced uso de la información encontrada para motivar vuestra opinión.

Clones

Uno de los temas que más controversia está generando en el campo de la genética es la clonación. La clonación consiste en conseguir un organismo completo a partir de tejido o células de otro, donde ambos organismos tendrían exactamente el mismo ADN.

¿Para qué puede usarse la clonación? Por ejemplo, si un caballo fuera un gran corredor, se podrían hacer clones del mismo y conseguir muchos más caballos tan buenos como el primero.

La clonación ha sido desde siempre un terreno muy propicio para la especulación y la ciencia ficción. En 1996 se obtuvo el primer mamífero clonado artificialmente de la historia: la famosa oveja Dolly. Desde entonces se han clonado muchos más mamíferos: perros, gatos, ratones... De hecho, en EE. UU. una empresa se dedicó durante varios años a crear y comercializar clones de mascotas fallecidas.

Sin embargo, ya sabemos que no todo en un ser vivo es genética: el ambiente, lo aprendido, las experiencias... también modifican los organismos. Obviamente, ese animal clonado no sería el mismo que tenían anteriormente, ni mostraría el mismo comportamiento o carácter, aunque tuviera los mismos genes.

Si el tema ya es comprometido en cuanto a la clonación de mascotas, mucho más si cabe en el caso de los seres humanos.

¿Es posible la clonación humana? En principio, el hombre, como mamífero, plantea los mismos problemas técnicos que la clonación de, por ejemplo, un perro..., aunque plantee muchos más problemas éticos. ¿Qué pasaría si se generaran clones de humanos?

Medicina

Muchas de las enfermedades humanas tienen base genética. El estudio de los genes ayuda a diagnosticar precozmente estas enfermedades e incluso a tratarlas.



El **diagnóstico precoz** es muy importante en determinadas enfermedades, ya que permite conocer la existencia de una enfermedad antes de que se manifieste. Esto se consigue analizando el genoma de una persona, lo que proporciona tiempo suficiente para elaborar un tratamiento apropiado.

La **terapia génica** consiste en intentar curar determinadas enfermedades mediante la ingeniería genética. Se pueden obtener sustancias útiles para el hombre, creando organismos que fabriquen estas sustancias. Ejemplo: bacterias a las que se les insertan genes para que produzcan determinadas sustancias, como insulina, hormonas, vacunas...

También se trabaja en la mejora genética de especies para su uso como fuente de órganos humanos para trasplantes.

Seguro que en algún momento habéis escuchado hablar de las **células madre**. Son un tipo de células que no están especializadas; es decir, que aún no son células del hígado, de los ojos, de la piel..., con la facultad de cambiar hasta convertirse en cualquiera de los tipos de células que hay en nuestro organismo.

Por lo tanto, imaginad lo importantes que son para la medicina. Los médicos las pueden implantar en tejidos heridos, enfermos o dañados. Estas células darían lugar a células nuevas de esos tejidos, reparando las lesiones o las enfermedades en los órganos.

Hasta hace no demasiado, se creía que estas células solo se encontraban en embriones humanos, por lo que su estudio y uso estaba sujeto a mucha controversia y amplios debates. Sin embargo, hoy en día ya se sabe que estas células también están en el cordón umbilical del feto. Al mismo tiempo, los investigadores han conseguido obtener células madre a partir de células adultas especializadas.

En un futuro próximo, los científicos confían en que la investigación con células madre revolucione la medicina, encontrando el modo de tratar enfermedades hasta ahora incurables: lesiones cardíacas, Parkinson...

Criminología

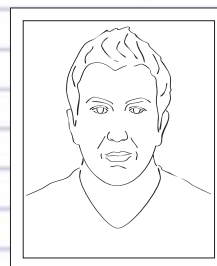
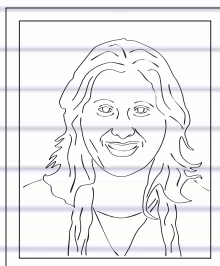
También en las investigaciones policiales, el estudio del ADN facilita mucha información, sobre todo como identificador de personas. Ya que cada persona posee un ADN propio y particular, su análisis permite una correcta e innegable identificación.

ACTIVIDAD:

Debate

En la escena de un crimen se ha encontrado un cabello del culpable. Los científicos de la policía lo analizan y obtienen un patrón de ADN (el de la derecha).

Arrestan a tres sospechosos y analizan el ADN extraído de muestras de sangre de los mismos (a la izquierda). ¿Quién es el culpable?



Conclusión

A lo largo de la historia, la ciencia ha vivido algunos momentos especialmente decisivos, como el que nos plantearon, entre otros, Aristarco, Copérnico y Galileo. Hipócrates sustituyó a curanderos y místicos, y estableció los principios de la medicina tal cual la conocemos hoy en día; Newton encontró las leyes que regían la física del universo; Einstein revolucionó nuestra visión de la realidad con algunas teorías que parecían desafiar el sentido común...

Paraos a pensar lo que cada uno de estos avances en la ciencia ha significado realmente para nosotros. Somos lo que somos gracias a todos los descubrimientos que nos aporta o ha aportado la ciencia: mayores o menores, rápidos o lentos, importantes, más banales o decisivos... El ser humano se encuentra donde le han llevado sus conocimientos.

Y, aunque no nos demos cuenta, seguramente estamos participando en uno de esos momentos clave de la ciencia. Situar el Sol en el centro de nuestro sistema planetario fue un triunfo de la razón y el método científico, que cambió nuestra manera de ver el universo en que vivimos... A principios de este siglo, el hombre descifró el genoma de nuestra especie. ¿Cuán importante llegará a ser este hecho?

El genoma encierra el secreto de la vida. ¡Hemos aprendido a leer el idioma en el que está escrito nuestro libro de instrucciones! Ahora conocemos el lenguaje en el que se redacta nuestra esencia, lo que somos. El descubrimiento del genoma humano es uno de los grandes hitos de la ciencia. Y, puesto que trata directamente sobre nosotros mismos, representa un paso decisivo para nuestra especie. La genética será posiblemente la ciencia fundamental del siglo XXI.

¿Dónde nos puede llevar el conocer con exactitud el idioma en el que está escrita la identidad de todos los seres? ¿Qué nos puede aportar saber leer las instrucciones de la vida? Hay muchos debates abiertos sobre este tema.

Tanto en esta guía como en la propia exposición *Bosque de Cromosomas*, damos respuesta a la pregunta “¿De dónde venimos?”. Indagando en nuestro origen y el de todos los seres vivos, encontramos una de las materias pioneras con más sorpresas y posibilidades en investigación de nuestros días: la genética.

La exposición: *Bosque de Cromosomas*



¿Qué es?

Bosque de Cromosomas es una extensa exposición que, básicamente, trata sobre la genética humana, pero que también procura explicar nuestra propia naturaleza. No solo cuestiones orgánicas, sino incluso psicológicas o éticas... Además, y puesto que muchos de nuestros genes los compartimos con otros seres vivos, en *Bosque de Cromosomas* se desarrollan contenidos sobre la vida animal o vegetal.

Bosque de Cromosomas ocupa unos 3.500 metros cuadrados y cuenta con más de 100 módulos interactivos. La exposición está concebida como un gran bosque donde los 23 pares de cromosomas de la especie humana aparecen, por parejas, como grandes árboles.

Cada pareja de cromosomas tiene a su alrededor multitud de información, módulos, juegos, noticias, curiosidades... que nos abrirán las puertas al mundo del ADN y sus secretos.



De aquello que nos hace, en parte, como somos, y nos acerca –separándonos a la vez– a otros seres vivos de nuestro planeta.

A raíz de la publicación de los resultados del Proyecto Genoma Humano, el Museo de las Ciencias Príncipe Felipe inició un arduo trabajo de recopilación, organización, tratamiento y uso de la información concerniente al mismo, dando lugar a una de las exposiciones sobre genética más grandes del mundo.

Cómo se organiza

El contenido se estructura en varios niveles alrededor de cada pareja de cromosomas (los cromosomas X e Y por separado).

Base

En la base de los cromosomas gigantes, se ubican los módulos interactivos que versan sobre genes concretos de cada cromosoma o sus funciones. Hay más de 100 módulos en la exposición que abordan muy diversos temas: desde la formación y función de los huesos, hasta la visión en tres dimensiones, pasando por nuestra capacidad de aprendizaje, nuestra relación con otros organismos e, incluso, la cantidad de agua que albergamos.

Muro lateral

En el muro se dispone la información acerca de esos cromosomas y genes concretos: fotografías microscópicas de cada cromosoma; esquemas con algunos de los genes descubiertos; paneles con los principales síndromes, disfunciones o enfermedades asociadas; noticias de prensa actuales sobre investigación; ordenadores con acceso a las páginas de Internet de centros de investigación genética de referencia...

HAZLO TÚ MISMO

Experimento: extracción casera de ADN

Con este experimento puedes ver cómo es realmente tu ADN.

MATERIALES

1. Agua.
2. Jabón de lavavajillas.
3. Alcohol de 96° muy frío (manténlo en el congelador la noche anterior).
4. Sal común.
5. Algunos vasos de plástico.
6. Varias cucharas de postre (pueden ser de plástico).
7. Una pipeta de plástico.

PREPARACIÓN DE LOS MATERIALES

Prepara una mezcla de agua y sal: Llena un vaso de plástico con agua hasta la mitad. Añade dos cucharadas de sal y remueve bien hasta disolver la sal.

Prepara otra mezcla con agua y jabón: pon jabón en otro vaso de plástico hasta cubrir el fondo. Llena el vaso hasta la mitad con agua. Remueve con una cuchara para mezclarlo, con cuidado para que no se forme espuma.

Estas disoluciones rompen las paredes y las membranas de las células, para liberar el contenido del citoplasma.

DESARROLLO

Prepara tu muestra de saliva: coge un vaso de plástico y añade un poco de agua del grifo. Enjuágate la boca con fuerza, moviendo el agua de una mejilla a otra durante un minuto. Con el movimiento del agua en la boca, se desprenden algunas células de las mejillas y quedan suspendidas en la saliva. Escupe el contenido de la boca en el vaso.

Añade la mezcla de agua con sal a la muestra de saliva: Llena la pipeta con la mezcla de agua y sal, y echa el líquido en el vaso, haciéndolo resbalar por las paredes. Hazlo dos veces.

A continuación añade la mezcla de agua y jabón a la muestra de saliva: Llena la pipeta con esta mezcla y echa el líquido en el vaso con tu muestra, haciéndolo resbalar muy despacio sus paredes para que no se forme espuma. Hazlo dos veces.

Añade a la muestra de saliva el alcohol de 96° muy frío: Llena la pipeta con alcohol y échalo en el vaso haciéndolo resbalar con sumo cuidado por sus paredes. Hazlo dos veces. Espera un minuto. Se habrán formado dos capas. Entre ellas aparecerán unos hilillos casi imperceptibles, esponjosos, de color blanco. ¡Ahí está tu ADN! Prepara un vaso limpio y añade una pequeña cantidad de alcohol de 96°, aproximadamente 1/5 parte del vaso. Traslada tu ADN a este vaso con ayuda de la pipeta de plástico.

JUEGO:

¿Verdadero o falso?

Organiza a tus alumnos en equipos de cuatro o cinco personas. Cada grupo debe elegir un capitán o portavoz y tener dos tarjetas: una roja y otra verde.

El profesor irá diciendo frases sobre genética que pueden ser verdaderas o falsas. Los grupos dispondrán de unos minutos para hablar entre ellos y decidir la respuesta. Transcurrido ese tiempo, el capitán debe mostrar una de las tarjetas: roja, si creen que es falsa; verde, si creen que es verdadera. En el caso de que sea falsa, pueden, además, escribir en un papel la opción verdadera.

Por cada tarjeta mostrada correctamente, el equipo obtendrá un punto. Si la frase es falsa y el equipo entrega la respuesta correcta en el papel, consigue dos puntos extra.

Gana el equipo que, expuestas todas las frases, logre más puntos.

1. Si consiguiéramos estirar el ADN de cada célula, tendría más de dos metros de largo.
2. El ADN de cada uno de nosotros es en un 99,9% idéntico al de la persona que tenemos al lado.
3. Nuestro ADN es en un 90% igual al de un ratón.
4. Nuestro ADN se encuentra en parte dentro de nuestras células y en parte fuera de ellas.
5. ADN significa alcohol desoxinitronucleico.
6. La especie humana tiene 23 cromosomas, 12 parejas y uno suelto.
7. Tenemos el 20% de ADN de nuestro padre y el 80% de nuestra madre.
8. ADN significa ácido desoxirribonucleico.
9. Tenemos el 50% de ADN de nuestro padre y el 50% de nuestra madre.
10. Los descubridores de la estructura de la molécula de ADN fueron James Watson y Francis Crick.
11. Todas las mutaciones son perjudiciales.
12. El ancestro común a todos los seres vivos se llama Julián.
13. Cualquier animal que tenga dos cromosomas X será hembra; si tiene XY, será macho.
14. La especie humana tiene 12 parejas de cromosomas, 24 cromosomas en total.
15. Los caracteres que nosotros desarrollamos a lo largo de nuestra vida -por ejemplo, fuertes músculos- podemos transmitirlos a nuestra descendencia.

1.	V	6.	F	11.	F	16.	F
2.	F	7.	F	12.	F	17.	F
3.	V	8.	V	13.	F		
4.	F	9.	V	14.	F		
5.	F	10.	V	15.	F		

Solución

Bosque de **CROMOSOMAS**

Ciudad de las Artes y las Ciencias

**CIUDAD DE LAS ARTES
Y LAS CIENCIAS**

ESTA CIUDAD ES OTRO MUNDO

SOM divulgació



i (+34) 902 100 031 • www.cac.es

CIUDAD DE LAS ARTES Y LAS CIENCIAS • Av. Autopista del Saler • 46013 Valencia (España)

Empresa certificada ISO 9001 (n.º 5000383) / ISO 14001 (n.º 5000383-MA) BVQi