

# LA GENÉTICA DEL COMPORTAMIENTO

AUTOR: LAURA PATIÑO



San Marcos

Introducción . . . . .	3
La genética del comportamiento . . . . .	4
El ADN. . . . .	8
Las proteínas . . . . .	10
Pares base de ADN y aminoácidos . . . . .	11
Transcripción y traducción del ADN. . . . .	12
Estructura de aminoácidos de la proteína . . . . .	13
Recombinación genética. . . . .	14
Bibliografía . . . . .	15

Así como toda otra forma de vida, somos el producto de varios millones de años de evolución, el resultado de la batalla por la existencia que han lidiado miles y miles de generaciones de ancestros. El resultado de sus luchas y éxitos se encuentra codificado en nuestros **genes**, las secuencias químicas de **ADN** contenidas en cada célula de nuestro cuerpo, que definen la vida y que hacen que cada uno de nosotros sea único.

Nuestros pensamientos, emociones y conductas también se han visto moldeados por estas batallas pasadas; así, es esencial una adecuada comprensión de la evolución y la genética a fin de entender la psicología. El presente eje proporciona herramientas para entender las implicaciones de la evolución y la genética para la conducta humana.



### **Gen**

Unidad hereditaria que determina cada alternativa (alelo) de un carácter o rasgo genético.

### **ADN o ácido desoxirribonucleico**

Ácido presente en todas las células, es el material hereditario que contiene toda la información genética. Al enrollarse con ayuda de las proteínas llamadas histonas forma los cromosomas.

# La genética del comportamiento



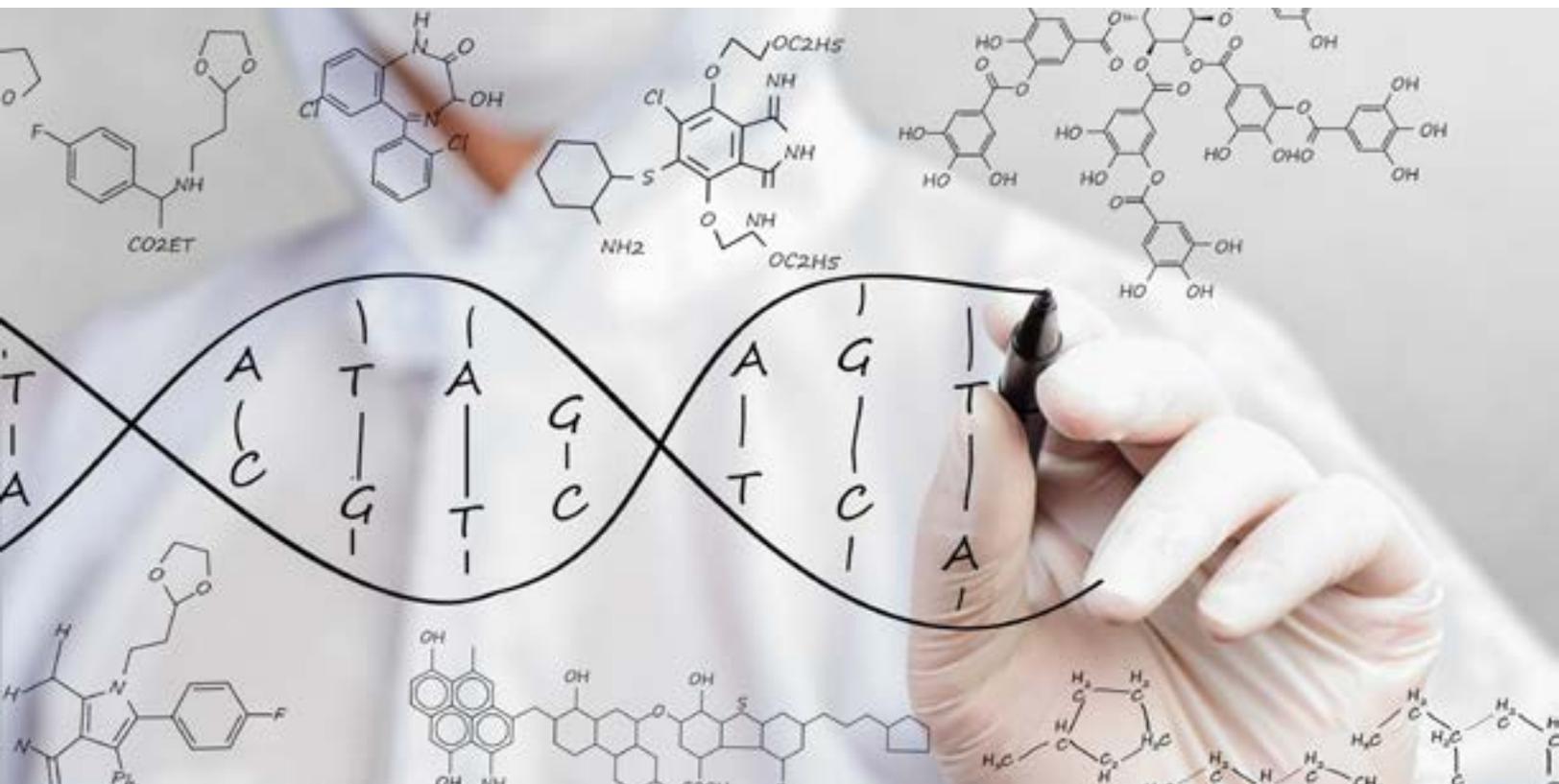


Figura 1.

Fuente: shutterstock/189666014



### Cromosomas

Estructura visible al microscopio que se observa antes de la duplicación celular en el núcleo de las células. Por lo general, tiene forma de bastoncillo. Está compuesto por el llamado ácido desoxirribonucleico (ADN) y algunas proteínas. El número de e identificación de utilizando ello cromosomas es siempre el mismo para todos los individuos de una especie y para todas las células de un individuo, excepto para las sexuales (espermatozoides y óvulos), cuyo número se reduce a la mitad.

De acuerdo con lo visto en los módulos anteriores, se hace evidente que los cambios en los genes repercuten en cambios en el comportamiento. Sin embargo, debe aclararse que el comportamiento en sí no es heredado. **Lo que se hereda es la información genética almacenada en los cromosomas que se encuentran localizados en el núcleo de las células germinales (o sexuales). Es por medio de las células germinales que la información e instrucciones codificadas en el ADN cromosómico se transmiten a la progenie.**

Estas instrucciones dirigen el desarrollo de los organismos desde sus etapas embrionarias y son importantes para las funciones celulares, de tejidos, de órganos y de sistemas durante la duración completa de la vida de un individuo. De particular interés para nuestra discusión es el reconocimiento de que la información genética y su procesamiento resultan de crucial importancia para el funcionamiento del cerebro, llegando a influir –como veremos– en diversos aspectos del comportamiento. Lo sorprendente es la especificidad y la estrecha relación existente entre esos dos aspectos de la biología.



## Ejemplo

**Mutantes** de *Drosophila* y de abeja impiden la ejecución de fases muy concretas del cortejo sexual o del cuidado de las celdas de la colmena sin alterar las demás fases. Estos hechos sugieren que lo que subjetivamente podemos considerar una pauta de comportamiento coherente y completa (en los casos anteriores, el cortejo y el cuidado de la celda, respectivamente) es, en realidad, una sucesión de componentes más elementales.

El estudio de las relaciones entre los genes y el comportamiento suele consistir en comparar un determinado comportamiento de un animal normal con el de un mutante. Alternativamente, se puede utilizar también la estrategia de seleccionar por cruzamientos sucesivos individuos con una determinada característica de comportamiento (p. ej., la agresividad) para estudiar después las diferencias genéticas que puedan existir con la estirpe normal o hipoagresiva. Finalmente, un tercer abordaje puede consistir en estudiar un determinado **carácter** de comportamiento en animales que han recombinado fragmentos conocidos de su genoma para identificar las regiones cromosómicas candidatas a poseer uno o varios genes responsables, en mayor o menor grado, de ese carácter. Esos fragmentos se conocen como QTL (*Quantitative Trait Loci*).



### Mutante

Individuo en el que uno o varios caracteres hereditarios están modificados en relación con sus ascendientes, después de producirse la modificación química de un gen. Un gen modificado.



### Carácter

Característica morfológica, fisiológica o conductual de un organismo.



## ¡Datos!

1. Con frecuencia, un determinado carácter de comportamiento puede estar determinado por varios QTL de diferentes valores o potencias.
2. Se dice, en ese caso, que ese carácter es de herencia poligénica, lo que significa que varios genes, con diferente grado de importancia, intervienen en la determinación de ese carácter.
3. Es muy importante tener un buen control de los factores ambientales cuando se efectúa un experimento de comportamiento y elegir adecuadamente los organismos con los que se quiere comparar (organismos controles o normales).
4. La fiabilidad de un determinado resultado depende de su reproducibilidad, como en cualquier otro campo de la ciencia.

Centrándonos en resultados en seres humanos, en 1993, Brunner et al comunicaron que, en una familia europea, la mitad de los varones se distinguía por poseer una serie de rasgos particulares de conducta como impulsividad, agresividad y niveles bajos de inteligencia. Estudios genético-moleculares determinaron que estos rasgos anormales de comportamiento se debían a una **mutación** en el gen, localizado en el cromosoma X, que codifica la enzima monoaminooxidasa de tipo A.



### Mutación

Cambio en la información hereditaria debida al azar. Este cambio puede comprender desde un par de bases en el ADN hasta segmentos enteros de cromosomas.

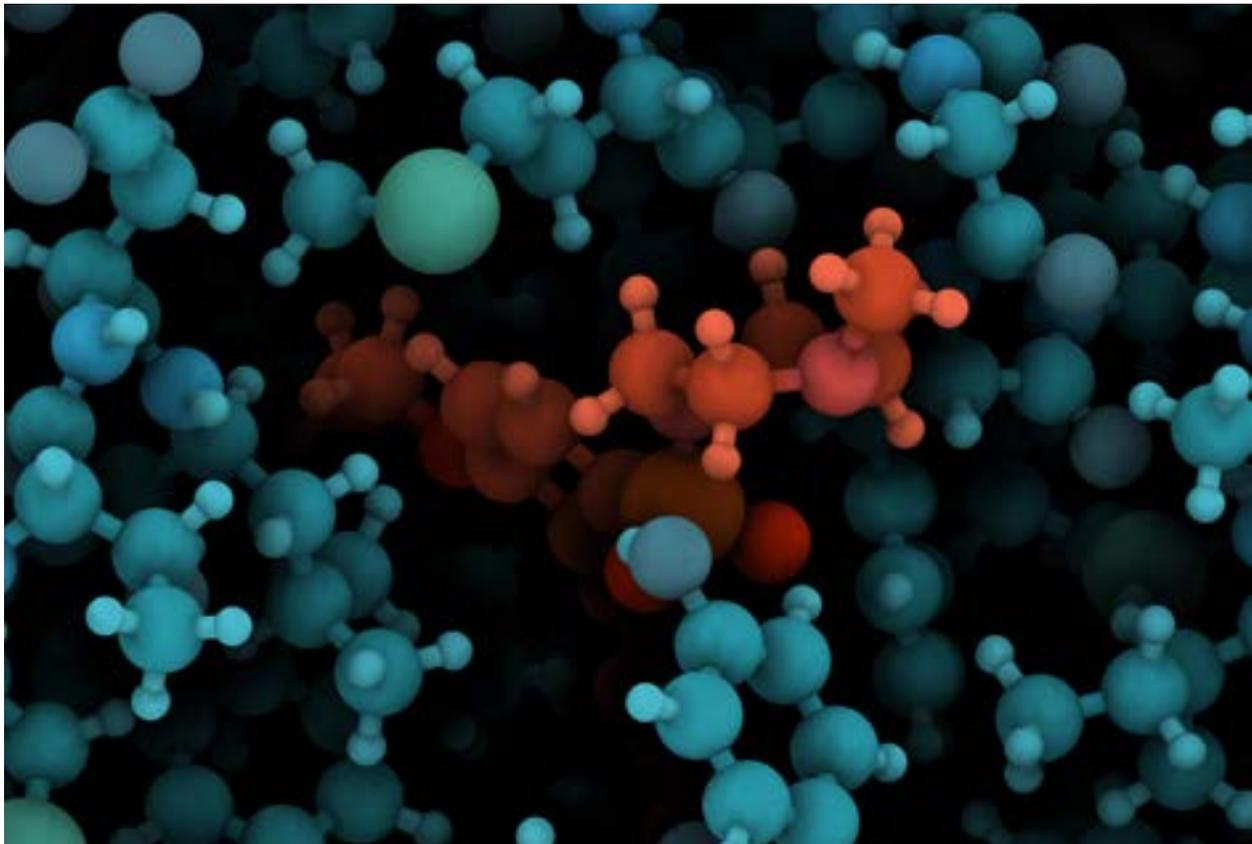


Figura 2.  
Fuente: shutterstock/254632465

Esta enzima es esencial para el metabolismo de varios tipos de neurotransmisores claves para la función normal del cerebro y las actividades mentales. Más adelante se encontró que mutaciones en el promotor (la región del ADN que regula la expresión de un determinado gen) del gen codificante de una proteína que funciona como un transportador sináptico del neurotransmisor serotonina, origina altos niveles de ansiedad y comportamiento neurótico en seres humanos. En muchos casos, estos trastornos hereditarios de comportamiento son causados por la expansión de trinucleótidos, codificantes de glutamina, y muestran el fenómeno de anticipación, cuando las generaciones posteriores tienen una presentación más temprana o grave que la presentación en las generaciones anteriores.



## ¡Datos!

1. Estos descubrimientos no solo demuestran el impacto de variaciones en la función génica en el comportamiento, sino que también reflejan la importancia de la comprensión de procesos genético-moleculares para poder esclarecer su relevancia en el comportamiento.
2. Es importante considerar que muchas de las características de comportamientos complejos –los que se reconocen como normales y los que caracterizan varios trastornos mentales– son generalmente el resultado de la interacción e interrelación de varios genes.

La interrelación entre genes, **proteínas** y circuitos neurales subyacentes de formas de comportamiento se ha documentado por medio del estudio de varias formas de vida, desde las más sencillas hasta las más complejas. Tanto en organismos invertebrados (gusanos, moluscos y moscas) como en organismos vertebrados (roedores y aves) se han podido aplicar principios de genética molecular y genética clásica para examinar de una forma directa la influencia de genes en el comportamiento.



### Proteínas

Macromoléculas formadas por cientos o miles de aminoácidos, diversas funciones en los seres vivos, como transportadores, catalizadores estructurales, etcétera.

## El ADN

La molécula de ADN consiste de una secuencia de unidades; cada unidad se denomina nucleótido y está formada por un grupo de fosfatos y azúcares con una base adherida. La molécula completa de ADN consiste de dos hebras complementarias apareadas torcidas alrededor de sí mismas de manera similar a la de una escalera libre en espiral, cada hebra compuesta de una secuencia de nucleótidos. Los peldaños de la escalera están constituidos de grupos alternados de azúcares y fosfatos, químicamente unidos entre sí por pares de bases. Las dos hebras forman una doble hélice. Esta estructura de ADN tenía sentido tanto química como biológicamente lo anunciaron Watson y Crick (1953).



Figura 3.  
Fuente: shutterstock/259192112

La totalidad de la molécula de ADN está formada por genes (también conocidos como cistrones) que se componen de dos partes: **intrones** que son secuencias de código activo, y **exones** que son secuencias de no codificación que pueden ser mucho más largas que las secuencias de codificación.

El principio y final de un gen están señalados por secuencias específicas de bases, mismas que proporcionan una especie de sistema de puntuación dentro del mensaje del ADN. La mayoría de las secuencias de bases del ADN no codifican para los genes, es decir, los genes codifican para secuencias de aminoácidos.

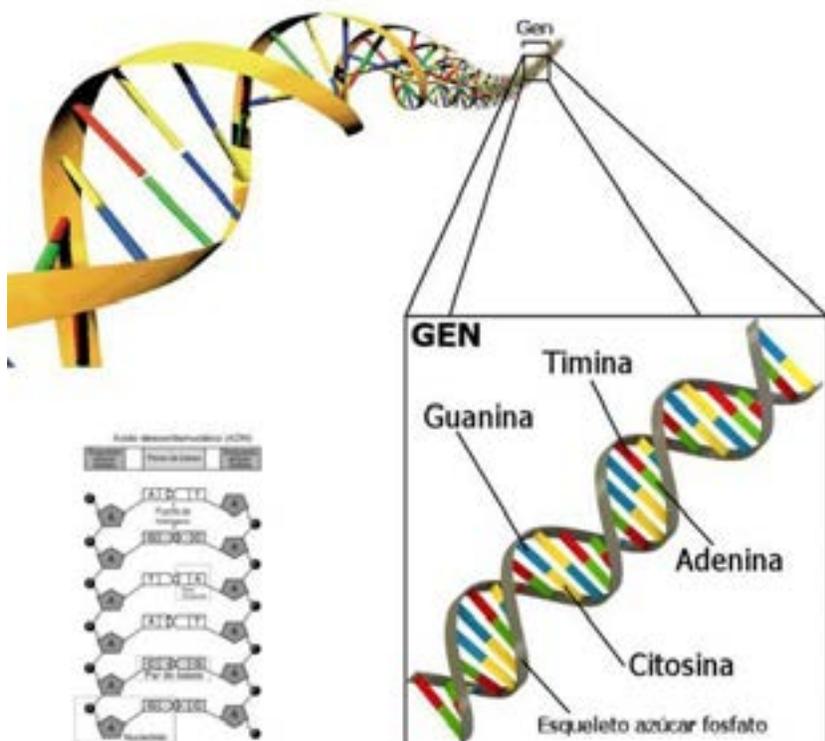


Figura 4.  
Fuente: shutterstock/259192112



### Intrones

Bloques de secuencias inactivas del ADN en los genes de eucariotes que se intercalan con los exones (secuencias que codifican la proteína) y se transcriben, pero no se traducen.



### Exones

Bloques (fragmentos) de secuencias de ADN que constituyen a los genes y que codifican para dominios discretos de las proteínas; se intercalan con codifican (intrones) en numerosos genes de células de organismos eucariotes).



### Aminoácidos

Moléculas que comparten la misma estructura básica y cada una posee un grupo químico que la distingue del resto. A partir de ellos se construyen las proteínas, que constan de cientos y miles de aminoácidos. Existen solo veinte tipos esenciales para los seres vivos, diez de ellos los sintetiza la célula, los otros diez los toma de los alimentos.

## Las proteínas

Un único gen puede contener miles de pares base en la molécula de ADN; la secuencia de estos pares base codifica para la **síntesis de proteínas** específicas. Las proteínas forman la base del sistema nervioso y producen todas las demás células (la queratina forma el pelo de los mamíferos y las plumas de las aves; y el colágeno forma la estructura de nuestros huesos y dientes), además que actúan como transportadores (la hemoglobina, la proteína roja que transporta el oxígeno en la sangre) y de servir funciones importantes en los procesos metabólicos, catalizados por una gama de proteínas denominadas enzimas.



### Síntesis de proteínas

Proceso por el que la información genética, codificada en el ADN, es transcrita a una secuencia codificada del ARN m, presumiblemente usando un ADN como plantilla y, por ende, convertida en una cadena de polipéptidos.



### ¡Importante!

Aunque el código de ADN es idéntico en cada célula del cuerpo, dentro de una célula particular solo se expresa un subconjunto de genes en la forma de síntesis proteínica. Las proteínas están hechas de secuencias de aminoácidos. Es la forma tridimensional de las secuencias de aminoácidos la que define la función de la proteína.

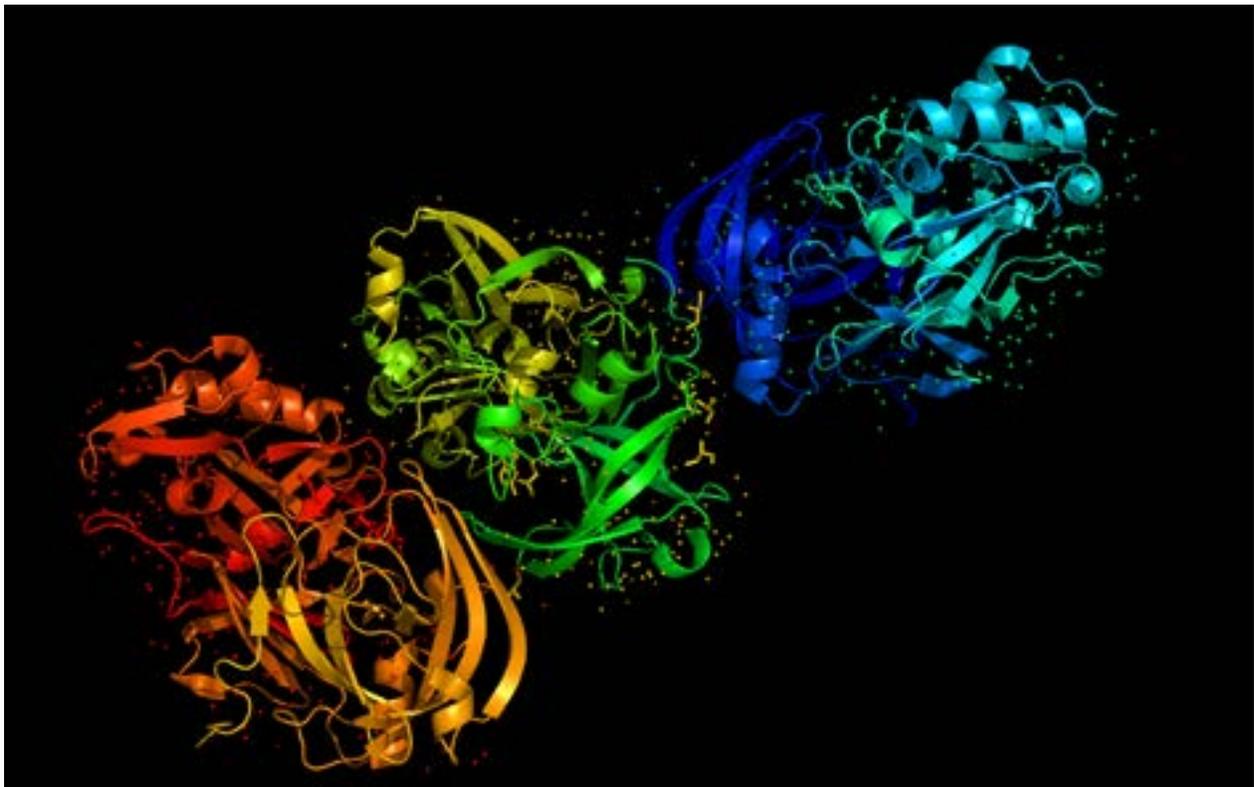


Figura 5.

Fuente: shutterstock/60972853

Cada aminoácido se comporta de manera específica en un sentido químico, de tal modo que las diferentes secuencias de aminoácidos producen proteínas con diferentes propiedades. Por ejemplo, la hemoglobina tiene una secuencia de 144 aminoácidos y la insulina tiene una secuencia diferente de 51 aminoácidos. El "código genético" especifica la relación entre las secuencias de pares base en la molécula de ADN y la producción de las secuencias de aminoácidos que forman las proteínas del cuerpo. Cada célula de nuestro cuerpo puede contener 10.000 diferentes tipos de proteínas.

## Pares base de ADN y aminoácidos

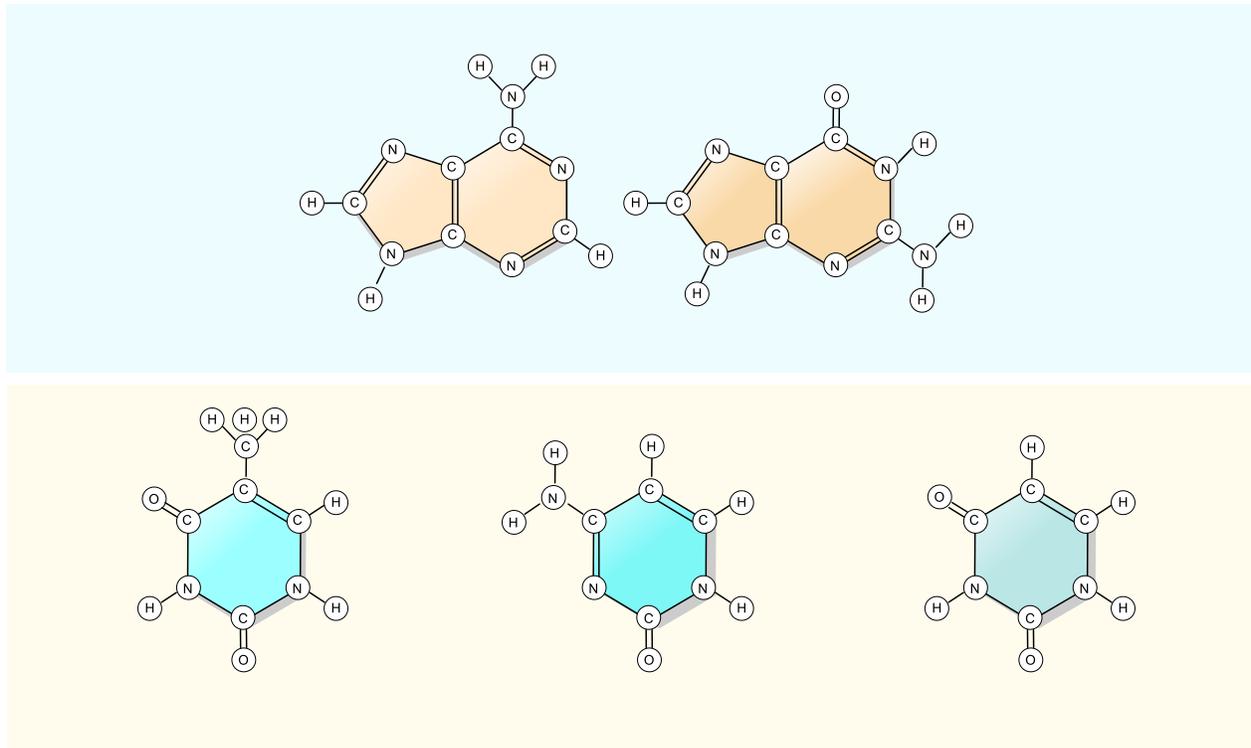


Figura 6.  
Fuente: shutterstock/649901779

La secuencia de nucleótidos en un gen especifica la secuencia de aminoácidos dentro de la proteína. Existen cuatro tipos de nucleótidos en el ADN; difieren únicamente en la parte basal de la unidad del nucleótido. El grupo azúcar-fosfato es el mismo en los cuatro: adenina (A), citosina (C), guanina (G) y timina (T). A y G pertenecen al grupo químico denominado purinas; C y T son pirimidinas. Dentro de la doble hélice, la A de una hebra siempre se aparea con una T en la otra; y C y G siempre se aparean entre sí. Así, si se conocen los nucleótidos de una de las hebras, también se conocerá la secuencia de la segunda hebra. **Este apareamiento de los pares base es esencial para la replicación genética, que supone que la doble hélice se abra y se reconstruya durante la división celular.**



### División celular

Forma de reproducción de las células. Existen diferentes procesos mediante los cuales se lleva a cabo, desde la simple división del citoplasma con material genético disperso que realizan las bacterias, hasta los más elaborados procesos conocidos como mitosis y meiosis, donde existe un alto grado de organización del material genético (en forma de cromosomas) antes, durante y después de la división.

Una secuencia de tres letras (llamada tripleta o **codón**) codifica para un aminoácido, pero existen 64 posibles variaciones de estos códigos triples de cuatro bases. De hecho, no hay 64 aminoácidos; solo existen 20 aminoácidos y una tripleta de "alto", por lo que solo se requieren 21 afirmaciones de codificación triple. Ya que no puede haber un código uno a uno entre tripletas y aminoácidos, la mayoría de los 64 mensajes en el código de tripletas son redundantes y varios codones tienen el mismo significado.

## Transcripción y traducción del ADN

En la primera etapa, una molécula intermedia denominada ácido ribonucleico mensajero (ARNm) se transcribe a partir del ADN (este proceso se denomina transcripción). El ARNm tiene una estructura similar a la del ADN, excepto que solo contiene una hebra y se encuentra presente una base llamada uracilo (U) en lugar de la timina (T).

El código genético se expresa en términos de codones dentro del ARNm. La transcripción se lleva a cabo dentro del núcleo de la célula. Después de que la molécula de ARNm se ha formado en el gen, abandona el núcleo y viaja a una de las estructuras del **citoplasma**, llamado ribosoma.

El ribosoma es el sitio de la segunda etapa principal en la producción de proteínas, es el lugar en el que la secuencia de aminoácidos se toma de la secuencia del ARNm y donde se arma la proteína. A medida que las diferentes células se especializan para distintas funciones, se expresan diferentes segmentos de la secuencia del ADN.

La molécula del ARNm pasa a través del ribosoma de manera similar a la de una cinta (cassette) a través de la cabeza de una grabadora, este es el proceso de traducción. La molécula recién sintetizada de ARNm reproduce la secuencia completa del gen, incluyendo a los intrones y después se procesa o madura recortando los intrones y uniendo la secuencia de codificación. La traducción en sí se logra por medio de otro tipo más de **ARN**, llamado ARN de transferencia (ARNt).



### Codón

Conjunto de tres nucleótidos (bases del ADN o ARN m) adyacentes que regularmente codifican un aminoácido (o la terminación de una cadena).



### Citoplasma

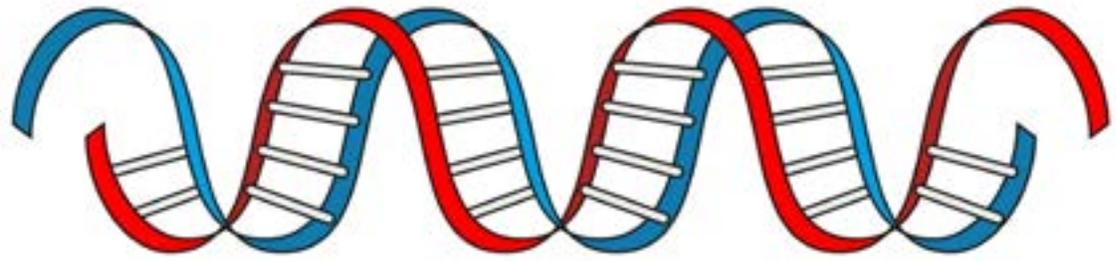
Parte fundamental de toda célula viviente (animal o vegetal), excluyendo el núcleo; está compuesta esencialmente de proteínas y contiene gran número de corpúsculos (organelos celulares) de funciones diversas (mitocondrias, vacuolas, plastos, etcétera).



### ARN

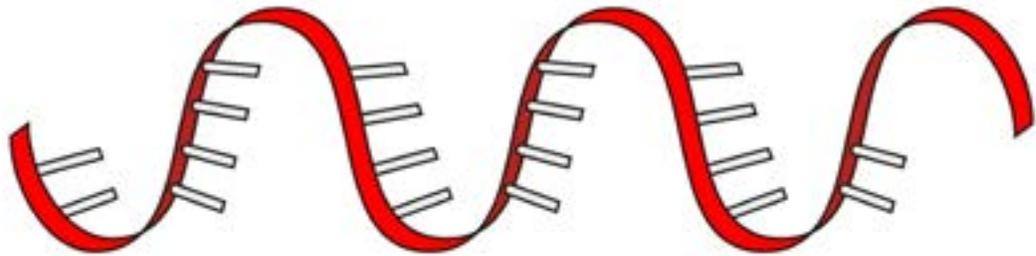
Abreviatura común del ácido ribonucleico, uno de los dos ácidos nucleicos, localizado esencialmente en los ribosomas del citoplasma celular. Ciertas clases de en la transcripción de la información genética contenida en el ADN aminoácidos a los ribosomas para su incorporación en proteínas (ARNt) ARN intervienen transportan (ARNm), y constituyen a los ribosomas (ARNr).

DNA



Transcription

mRNA



Translation

Protein



Figura 7.  
Fuente: shutterstock/695774170

### Estructura de aminoácidos de la proteína

Diferentes proteínas tienen diferentes números de aminoácidos (cerca de 100 a 300). Por ejemplo, la insulina tiene 51 aminoácidos. Una proteína de 300 aminoácidos necesita aproximadamente 1.000 nucleótidos base (es decir, 300 por 3, más otros 100 para la "señal promotora" que precede una secuencia genética).

## Recombinación genética

La recombinación genética, es un proceso importante que conduce al intercambio de segmentos entre moléculas de ADN, se produce bajo la dirección de un grupo de enzimas.

Es una nueva combinación de genes producto del entrecruzamiento y la distribución independiente se llama recombinación genética. La posible combinación de genes debido a la distribución independiente se puede calcular mediante la fórmula  $2n$ , donde  $n$  es el número de pares de cromosomas.



### Recombinación

Intercambio de material hereditario entre cromosomas homólogos durante la meiosis.



### Ejemplo

Por ejemplo, las plantas de guisantes tienen siete pares de cromosomas. Para los siete pares de cromosomas, las posibles combinaciones son 27 o 128 combinaciones. Como cualquier **gameto** masculino posible puede fecundar cualquier gameto femenino posible, el número posible de combinaciones después de la fecundación es 16,384 ( $128 \times 128$ ).

En los humanos, el número posible de combinaciones luego de la fecundación sería  $223 \times 223$ ; o sea, más de 70.000 millones. Este número no incluye la recombinación genética producida por el entrecruzamiento.



### Gameto

Célula sexual, espermatozoide y óvulo, que porta cada uno la mitad del material genético (por lo que son haploides) y que al unirse conforman el cigoto o huevo fecundado, a partir del cual se genera un nuevo ser vivo.



### Video

*Replicación del ADN*  
unProfesor

[https://www.youtube.com/watch?v=\\_vsNWjMVRbY](https://www.youtube.com/watch?v=_vsNWjMVRbY)

Bartrés, F. D., y Redolar, R. D. (2008). *Bases genéticas de la conducta*. Barcelona, España: Editorial UOC.

Karp, G., (2014). *Biología celular y molecular*. (7 ed.), México, D. F., México: Editorial McGraw-Hill Interamericana.

# BIBLIOGRAFÍA

