

Del ADN a la proteína

LO ESENCIAL · Para qué es esta guía

Vas a ver **diez videos cortos** que cuentan una sola historia: cómo una molécula guarda una receta, la copia, la lee y la convierte en lo que eres. Esta guía va **al lado** de los videos: por cada uno trae lo que hay que mirar, la explicación paso a paso con un símil, un ejemplo resuelto y un ejercicio para el cuaderno. Al final están los errores que casi todos cometen y una autoevaluación con solución.

NOTA · La ruta

Videos 1–3 · La molécula: qué es el ADN, dónde vive, cómo se copia. **Videos 4–7 · De la receta a la proteína:** dogma central, transcripción, código genético, traducción. **Videos 8–10 · Lo que somos y cómo cambiamos:** genotipo y fenotipo, mutaciones, evolución.

1 · ¿Qué es el ADN? La molécula de la vida

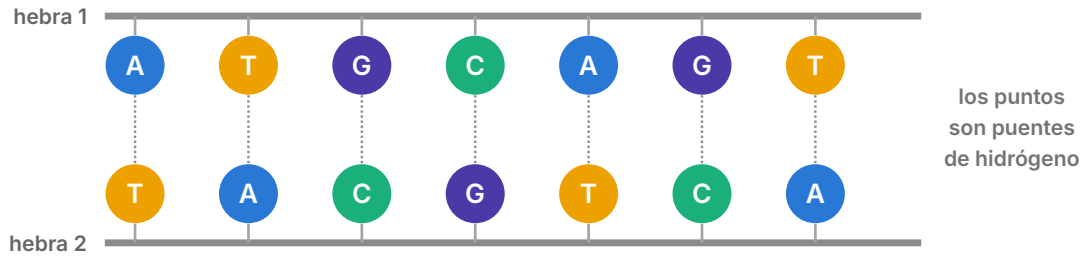
Video 1 · La estructura del ADN

4:22 min · coleggio.com/biblioteca/adn

Mientras lo ves, fíjate en: de qué tres piezas está hecho un nucleótido · cuáles son las cuatro letras · con quién se empareja siempre cada letra.

PROCEDIMIENTO · Paso a paso

- 1 El ADN se arma repitiendo **una sola pieza**: el **nucleótido**.
- 2 Cada nucleótido tiene un **fosfato**, un **azúcar** (desoxirribosa) y una **base nitrogenada**. Solo la base cambia de un nucleótido a otro: ahí está la información.
- 3 Hay cuatro bases — **A** adenina, **T** timina, **G** guanina, **C** citosina— y **no se emparejan al azar**: **A** = **T** con dos puentes de hidrógeno, **G** ≡ **C** con tres.
- 4 Dos cadenas de azúcar–fosfato sostienen los pares de bases y todo se retuerce: la **doble hélice**. Las dos cadenas van en sentidos opuestos (**antiparalelas**).



NOTA · Símil · la escalera de caracol

Las **barandas** son las cadenas de azúcar-fosfato; cada **peldaño** es un par de bases (A con T, G con C); la escalera está **torcida**. Si conoces una baranda, puedes escribir la otra.

Ejemplo 1. Escribir la hebra complementaria de ATGCCA

Se lee la hebra dada de izquierda a derecha y debajo de cada base se escribe su pareja: A → T, T → A, G → C, C → G.



Se comprueba: en ningún peldaño hay A con G ni C con T.

PRÁCTICA · Ahora tú

1. Escribe la hebra complementaria de **GATTACA** y cuenta cuántos puentes de hidrógeno sujetan esos siete peldaños.

Dominar esto te desbloquea: Todo lo que sigue —copiar, transcribir, reparar— es esta regla: **A con T, G con C. Siempre.**

2 · ¿Dónde vive el ADN? Del núcleo al gen

Video 2 · Del núcleo al gen

6:24 min · coleggio.com/biblioteca/adn

Mientras lo ves, fíjate en: el zoom célula → núcleo → cromosoma → ADN → gen · qué es un gen con tus palabras · qué es el genoma.

PROCEDIMIENTO · Paso a paso · el zoom

- 1 **Célula:** la fábrica. **Núcleo:** la bóveda donde está el ADN.
- 2 **Cromosoma:** ADN muy enrollado sobre unas proteínas. Tienes **46** en cada célula.
- 3 **Gen:** un **tramo** de ese ADN con la receta de **una proteína**.
- 4 **Genoma:** todos los genes juntos, unos **20 000**.

¿por qué? Estirado, el ADN de una célula mide dos metros. Cabe en el núcleo porque va enrollado en 46 paquetes.

NOTA · Símil · la biblioteca

El **genoma** es la biblioteca completa; cada **cromosoma**, un libro; cada **gen**, una receta dentro del libro. El ADN es el papel y la tinta de todo. El gen **no es «otra cosa»**: es un pedazo del ADN, como la receta es un pedazo del libro.

Ejemplo 2. Ordenar de grande a pequeño: gen · célula · cromosoma · núcleo · nucleótido

Se busca lo que **contiene** a todo lo demás y se baja nivel por nivel: célula → núcleo → cromosoma → gen → nucleótido. El truco: cada cosa contiene a la siguiente. Si dos no se contienen, falta un nivel en medio.

PRÁCTICA · Ahora tú

2. Un compañero dice: «el gen es una molécula distinta del ADN». Escribe en dos líneas por qué está equivocado, usando la palabra **tramo**.

3 · Cómo se copia el ADN: la replicación**▶ Video 3 · La replicación**

4:10 min · coleggio.com/biblioteca/adn

Mientras lo ves, fíjate en: qué se abre y qué queda como molde · por qué las dos copias salen idénticas · qué significa **semiconservativa**.

PROCEDIMIENTO · Paso a paso · la cremallera

- 1 La hélice se **abre** como una cremallera: los peldaños se separan por la mitad.
- 2 Cada hebra vieja queda como **molde**.

3 La **ADN polimerasa** recorre el molde y pone frente a cada base su pareja (A → T, T → A, G → C, C → G).

4 Resultado: **dos** dobles hélices iguales, cada una con una hebra vieja y una nueva. Por eso se llama **semiconservativa**: conserva la mitad.

¿por qué? No se copia «de cero»: la hebra vieja guía a la nueva, como una plantilla que dice qué letra va en cada hueco. Por eso la copia sale casi perfecta.

Ejemplo 3. Replicar la molécula ATG CCA GTT / TAC GGT CAA

Se abre la cremallera: quedan dos hebras sueltas. Frente a cada una se escribe su complementaria (la nueva, en negrita):

copia 1: ATG CCA GTT (vieja) TAC GGT CAA (nueva)

copia 2: ATG CCA GTT (nueva) TAC GGT CAA (vieja)

Las dos copias son idénticas a la original y cada una conserva una hebra vieja.

PRÁCTICA · Ahora tú

3. Replica la molécula cuya hebra superior es TACGGA. Escribe las dos copias completas y marca cuál hebra es «vieja» en cada una.

4 · El dogma central: del ADN a la proteína

Video 4 · El dogma central

4:11 min · coleggio.com/biblioteca/adn

Mientras lo ves, fíjate en: el problema (el ADN no sale del núcleo y las fábricas están afuera) · los tres pasos y sus nombres · qué molécula hace de mensajero.



PROCEDIMIENTO · Paso a paso · el problema y la solución

1 El **ADN** se queda en el núcleo: es el original.

2 **Transcripción:** se copia **un gen** (no todo el ADN) en **ARN mensajero**.

3 El ARNm sale por los **poros** del núcleo al citoplasma.

4 **Traducción:** el **ribosoma** lee el ARNm y arma la **proteína**.

*¿por qué? Dónde ocurre cada paso importa tanto como el paso: transcripción **adentro** del núcleo, traducción **afuera**.*

NOTA · Símil · el libro de recetas en la bóveda

El **ADN** es el libro original: único y valioso, se guarda en la bóveda (núcleo) y nunca sale. Se **fotocopia la receta** que hace falta (ARNm) y la copia va a la cocina (citoplasma), donde el **cocinero** (ribosoma) prepara el plato (proteína). Después la copia se bota: es desechable. Si se daña, se hace otra; el original sigue a salvo, y de un solo gen salen miles de copias a la vez.

Ejemplo 4. Un fármaco bloquea los poros del núcleo. ¿Qué se detiene primero?

La transcripción **sigue** (ocurre adentro), pero el ARNm **no puede salir**. Los ribosomas se quedan sin mensaje: se detiene la **traducción** y la célula deja de fabricar proteínas nuevas.

PRÁCTICA · Ahora tú

4. Dibuja una célula con su núcleo. Ubica ADN, ARNm y ribosoma donde corresponde y une los tres con flechas rotuladas **transcripción** y **traducción**.

5 · Transcripción: del ADN al ARN mensajero

▶ **Video 5 · La transcripción**

2:32 min · coleggio.com/biblioteca/adn

Mientras lo ves, fíjate en: cómo se llama la máquina y dónde empieza · qué letra cambia en el ARN · qué le pasa al ADN al terminar.

PROCEDIMIENTO · Paso a paso · la máquina copiadora

1 La **ARN polimerasa** se pega en el **promotor**: la señal de «aquí empieza el gen».

2 Abre un tramo de la hélice y usa **una hebra** como **molde**.

3 Frente a cada base del molde pone su pareja... pero **U en vez de T**.

4 En la señal de **terminación** suelta el ARNm. El ADN se cierra intacto. Antes de salir, el ARNm se arregla: caperuza, cola y se recortan los **intrones** (quedan los **exones**).

¿por qué? Se copia solo el gen que hace falta. Por eso una célula del ojo y una del hígado, con el mismo ADN, fabrican proteínas distintas.

DEFINICIÓN · ADN y ARN no son la misma molécula

	ADN	ARN
azúcar	desoxirribosa	ribosa
bases	A T G C	A U G C
hebras	dos (doble hélice)	una
dónde está	se queda en el núcleo	sale al citoplasma
cuánto dura	toda la vida de la célula	horas: es desechable

Ejemplo 5. Transcribir el molde TAC GGA TTC

Base por base: $T \rightarrow A$, $A \rightarrow U$, $C \rightarrow G$, $G \rightarrow C$.

molde	T	A	C	G	G	A	T	T	C
ARNm	A	U	G	C	C	U	A	A	G

ARNm: AUG CCU AAG — sin una sola T. Si aparece una T en el ARNm, hay un error: la timina es **exclusiva** del ADN.

PRÁCTICA · Ahora tú

5. Transcribe este molde y guárdalo (lo vas a usar en los dos bloques siguientes):

TAC CGA AAT CTT TGA CGT ATT

6 · El código genético: el diccionario de la vida

Video 6 · El código genético

2:11 min · coleggio.com/biblioteca/adn

Mientras lo ves, fíjate en: qué es un codón y por qué son tres letras · cuántos codones hay y cuántos aminoácidos · qué tienen de especial AUG y los tres STOP

ATENCIÓN · El problema primero: una tira sin espacios

Al ribosoma le llega AUGGCUUUAGAAACUGCAUAA, sin espacios ni comas. Si se lee de tres

en tres desde la primera letra sale AUG GCU UUA GAA...; desde la segunda, UGG CUU UAG AAA...: otra cosa completamente distinta. El problema no es dónde **parar**: es dónde **empezar**.

PROCEDIMIENTO · Paso a paso · ¿por qué de tres en tres?

- 1 Hay 4 letras y 20 aminoácidos que nombrar.
- 2 De a una letra salen 4 palabras; de a dos, $4 \times 4 = 16$. No alcanza.
- 3 De a tres, $4 \times 4 \times 4 = 64$. Sobra, pero alcanza: por eso varios codones nombran al mismo aminoácido (el código es **redundante**).

¿por qué? Un físico, George Gamow, hizo esta cuenta en 1954 antes de que nadie lo comprobara en el laboratorio.

DEFINICIÓN · AUG no es una orden: es un agarradero

AUG es el codón de la **metionina**, un aminoácido normal. El ribosoma se **arma** sobre el primer AUG que encuentra y desde ahí lee de tres en tres: es el diente de la cremallera por donde entra. Por eso toda proteína **nace con M**.

DEFINICIÓN · STOP tampoco es una orden: es un hueco en el diccionario

Cada aminoácido llega en un **ARNt**, una llave de tres letras que encaja en el codón. Hay ARNt para **61** codones; para UAA, UAG y UGA **nadie fabricó llave**. El ribosoma abre el espacio, no llega nadie, y entra un **factor de liberación** que corta la cadena. La proteína se acaba **porque no hay con qué seguir**.

Ejemplo 6. Leer AUG GCU UUA con la tabla (última página)

Se separa de tres en tres desde el primer AUG y se busca cada codón: **AUG** → Metionina → **M**; **GCU** → Alanina → **A**; **UUA** → Leucina → **L**. Cadena: M-A-L... Empieza con M, como todas.

PRÁCTICA · Ahora tú

6. Toma el ARNm que transcribiste en el bloque 5, sepáralo de tres en tres y, con la tabla, escribe la palabra que sale. ¿Dónde se detiene?

7 · Traducción: la síntesis de proteínas

▶ Video 7 · La traducción

2:01 min · coleggio.com/biblioteca/adn

Mientras lo ves, fíjate en: quién lee el ARNm y quién trae los aminoácidos · qué es el anticodón · qué pasa en el codón de STOP

PROCEDIMIENTO · Paso a paso · la línea de ensamblaje

- 1 **Inicio:** el ribosoma se arma sobre el primer AUG.
- 2 **Elongación:** por cada codón llega un ARNt con su aminoácido; el ribosoma lo pega a la cadena y avanza un codón.
- 3 **Terminación:** en el STOP no llega ningún ARNt; el factor de liberación suelta la cadena.
- 4 La cadena se **pliega** sola y ya es una proteína que funciona.

¿por qué? Símil: el ARNm es la lista de piezas; cada ARNt es un camión que trae una sola pieza y solo puede parquear en su bahía: el codón que encaja con su anticodón. El codón AUG solo encaja con el anticodón UAC.

Ejemplo 7. La proteína completa de AUG GCU UUA GAA ACU GCA UAA

AUG	GCU	UUA	GAA	ACU	GCA	UAA
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
M	A	L	E	T	A	STOP

La cadena **M-A-L-E-T-A** se pliega y sale una proteína. Una proteína real tiene cientos de aminoácidos (la insulina, 51; la hemoglobina, 574), pero el mecanismo es el mismo.

PRÁCTICA · Ahora tú

7. Traduce con la tabla: AUG AUU GAA UUA UAA.
8. Al revés: escribe un ARNm que produzca la proteína **M-A-D-R-E**, con su STOP

8 · Del genotipo al fenotipo: por qué las proteínas te hacen ser tú

▶ Video 8 · Del genotipo al fenotipo

2:07 min · coleggio.com/biblioteca/adn

Mientras lo ves, fíjate en: qué es genotipo y qué es fenotipo · qué hay **en medio** del gen y el rasgo · el caso de la insulina.

DEFINICIÓN · La cadena que conecta el gen con el rasgo

gen → ARNm → proteína → función → rasgo

Genotipo: lo que está escrito (la secuencia de ADN que heredaste). **Fenotipo**: lo que se ve o se mide. Las proteínas son las **obreras** —enzimas, hormonas, estructuras—: ellas producen el rasgo. El gen solo trae la receta.

Ejemplo 8. La insulina

Gen de la insulina (cromosoma 11) → el páncreas lo **transcribe y traduce** → **proteína** insulina, una hormona de 51 aminoácidos → **función**: deja entrar la glucosa a las células → si el gen está dañado, la insulina no sirve: **fenotipo** diabetes.

NOTA · Conexión con Mendel (lo de 8.º)

Un **alelo** es una versión del gen → una versión de la proteína. El alelo **dominante** produce una proteína que funciona; con una sola copia suele haber suficiente, y por eso «tapa» al **recesivo**, que produce una proteína alterada o ninguna. Genotipo se escribe; fenotipo se ve; la proteína está en medio.

PRÁCTICA · Ahora tú

9. Arma la cadena gen → ARNm → proteína → función → rasgo para la **lactasa**, la enzima que digiere la leche. ¿Qué fenotipo tiene quien no la produce de adulto?

9 · Mutaciones: cuando la receta cambia

▶ Video 9 · Las mutaciones

2:23 min · coleggio.com/biblioteca/adn

Mientras lo ves, fíjate en: los tres tipos (sustitución, inserción, delección) · por qué una inserción es más grave que una sustitución · la anemia falciforme.

NOTA · Símil · un error de imprenta

«El **gato** come ratones» → «El **garo** come ratones». Una letra cambiada puede no hacer nada, cambiar el significado o volver la frase ilegible. En el ADN pasa lo mismo, y cada caso tiene nombre.

DEFINICIÓN · Tres tipos, tres efectos

tipo	qué pasa	efecto típico
sustitución	una base cambia por otra	cambia un codón; a veces nada
inserción	sobra una base	se corre el marco : todo lo que sigue cambia
delección	falta una base	se corre el marco : todo lo que sigue cambia

Según lo que le pasa al aminoácido, una sustitución es **silenciosa** (mismo aminoácido), de **sentido erróneo** (otro aminoácido) o **sin sentido** (aparece un STOP).

Ejemplo 9. Las tres mutaciones del cuarto codón de MALETA (GAA)

cambio	codón	aminoácido	proteína
3. ^a base A → G	GAG	Glu (E), el mismo	MALETA · silenciosa
2. ^a base A → U	GUA	Val (V)	MALVTA · sentido erróneo
1. ^a base G → U	UAA	STOP	MAL · sin sentido

El segundo caso es **real**: en la hemoglobina, GAG → GUG cambia un Glu por una Val y los glóbulos rojos se deforman en hoz (**anemia falciforme**). Una base entre tres mil millones.

NOTA · No toda mutación es mala

La **mayoría** son silenciosas o neutras. Algunas dañan (anemia falciforme). Otras son **útiles**: digerir leche de adulto empezó como una mutación. Sin mutaciones no habría variación ni evolución.

PRÁCTICA · Ahora tú

10. Inserta una G después del tercer codón de AUG GCU UUA GAA ACU GCA UAA y vuelve a leer de tres en tres. ¿Qué pasó con la proteína desde ahí?

10 · ADN, diversidad y evolución

Video 10 · ADN y evolución

2:20 min · coleggio.com/biblioteca/adn

Mientras lo ves, fíjate en: de dónde sale la variabilidad · qué hace la selección natural con ella · qué nos dice comparar secuencias de ADN.

PROCEDIMIENTO · Paso a paso · de la mutación a la especie

- 1 Cada individuo tiene un ADN **un poco** distinto: mutaciones más la mezcla que ocurre

en la reproducción (**variación**).

2 Si una variante da una proteína que ayuda a sobrevivir, ese individuo deja **más hijos** (**selección natural**).

3 Con el tiempo esa variante se vuelve **común** en la población (**evolución**).

¿por qué? Darwin vio la variación y la selección sin saber nada del ADN. Hoy sabemos que la variación que él vio viene de las mutaciones.

Ejemplo 10. Comparar secuencias

El mismo tramo de un gen en tres especies. Contamos las diferencias con el humano:

humano	ATG CCT GAA TTC GGA	—
chimpancé	ATG CCT GAA TTC GGG	1 diferencia
ratón	ATG CCA GAG TTC GGG	3 diferencias

Menos diferencias = ancestro común **más reciente**: el chimpancé está más cerca (compartimos cerca del 99 % del ADN). Y la diferencia con el chimpancé cae en la 3.^a base del codón: es silenciosa.

LO ESENCIAL · Un solo código para todos los seres vivos

AUG es metionina en una bacteria, en un árbol y en ti. El código genético se fijó hace unos 3 800 millones de años y no ha cambiado: todos descendemos del mismo **ancestro común**.

PRÁCTICA · Ahora tú

11. ¿Por qué todos los seres vivos usamos el mismo código genético? Responde en tres líneas usando las palabras **ancestro común**.

Los cinco errores que casi todos cometen

ATENCIÓN · Cázalos antes de que se instalen

«**El ARN también lleva timina.**». No: donde el molde dice A, el ARN pone U. La T es exclusiva del ADN.

«**Una base = un aminoácido.**». No: son tres letras por aminoácido. Una base sola no dice nada.

«**La proteína se arma en el núcleo.**». No: se arma en el ribosoma, en el citoplasma. El ARNm sale; el ADN no.

«**STOP es una orden.**». No: es un codón sin llave. La cadena se suelta porque no hay con qué seguir.

«**Toda mutación es mala.**». No: la mayoría no cambian nada y algunas ayudan.

Autoevaluación (con solución)

NOTA · Cómo usarla

Tapa la línea de **Respuesta**, resuelve en el cuaderno y destapa. Si fallas, vuelve al bloque de ese video antes de seguir.

PRÁCTICA · Del ADN a la proteína

● Básico

1. Transcribe el molde TAC CGA.

Respuesta · AUG GCU. T → A, A → U, C → G; C → G, G → C, A → U.

2. Traduce lo que te dio.

Respuesta · AUG = M (metionina), GCU = A (alanina): **M-A**.

3. Si la tercera base del segundo codón del ARNm cambia por A, ¿qué aminoácido sale? Ponle nombre a esa mutación.

Respuesta · GCA también es alanina: la proteína no cambia. Es una sustitución **silenciosa**.

● Intermedio

4. ¿Cuántos puentes de hidrógeno sujetan los peldaños de GATTACA con su complementaria?

Respuesta · Complementaria CTAATGT. Pares: G-C (3) + A-T (2) + T-A (2) + T-A (2) + A-T (2) + C-G (3) + A-T (2) = **16** puentes.

5. Un ARNm dice AUG UUA UAG GCU. ¿Cuántos aminoácidos tiene la proteína?

Respuesta · Dos: M y L. En UAG no llega ningún ARNt y la cadena se suelta; el GCU de después ya no se lee.

● Reto

6. Explica por qué una inserción de una base en el codón 50 afecta a todos los codones siguientes y una sustitución en ese mismo codón, no.

Respuesta · El ribosoma lee de tres en tres sin espacios. Una sustitución cambia una letra pero deja los grupos donde estaban; una inserción desplaza todas las letras un lugar, así que **todos** los codones de ahí en adelante se agrupan distinto (corrimiento del marco).

Tabla de codones (reducida)

Solo trae los codones que se usan en esta guía y en el taller. AUG es el codón de inicio (metionina). Los tres STOP no tienen aminoácido.

codón	aminoácido	letra
AUG	Metionina	M
GCU · GCC · GCA	Alanina	A
UUA · UUG	Leucina	L
GAA · GAG	Ácido glutámico	E
ACU · ACC	Treonina	T
CGU · CGC	Arginina	R
UCU · UCC	Serina	S
AUU · AUC	Isoleucina	I
AAU · AAC	Asparagina	N
GAU · GAC	Ácido aspártico	D
CCU · CCC	Prolina	P
UGU · UGC	Cisteína	C
CAU · CAC	Histidina	H
GUU · GUA	Valina	V
UUU · UUC	Fenilalanina	F
UAA · UAG · UGA	<i>ninguno</i>	STOP

NOTA · Regla de complementariedad

De ADN a ADN (replicación): $A \rightarrow T \cdot T \rightarrow A \cdot G \rightarrow C \cdot C \rightarrow G$. De ADN a ARN (transcripción): $A \rightarrow U \cdot T \rightarrow A \cdot G \rightarrow C \cdot C \rightarrow G$.