Interacciones entre genes



CRÉDITOS

Un juego de POLYMAT, dentro de Zientzia Jolasak.

Diseño Beñat Olave (POLYMAT). Mecánica inspirada en un juego tradicional de descifrar códigos.

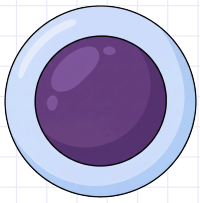
Ciencia Basado en Sanz Larrarte et al., *iScience* 29, 116619 (2026), de Tecnun (Universidad de Navarra), y en su primera versión (arXiv:2509.06891). Las cadenas del juego libre son inventadas para jugar. Las órdenes de los casos y lo que hace cada gen salen de estudios anteriores. Los cita el artículo o su primera versión.

Ilustraciones Generadas con IA (Gemini).

02/45

EL LINFOCITO B

¿Qué es un linfocito B?



Los linfocitos B son glóbulos blancos, células de tus defensas.

Son redondos y casi todo su interior es el núcleo, donde están los genes.

Cada linfocito B reconoce un tipo de cosa extraña, por ejemplo un trozo de un virus.

03/45

LOS GENES

Los genes, unas instrucciones

Un gen es una instrucción de la célula.

Puede estar encendido, y la célula lo usa, o apagado, y no lo usa.



→ **enciende**
⊣ **apaga**

Algunos genes dan órdenes a otros: «¡enciéndete!» o «¡apágate!».

Esas órdenes, junto con señales de fuera, ayudan a que el linfocito se convierta en fábrica.

04/45

LA CÉLULA

Si eres la célula

Lee en voz alta el CASO. Mira a escondidas su otra cara y déjalo en su sitio del tablero.

Compara por número: el eslabón 1 con el 1, el 2 con el 2.

Mismo gen en el mismo sitio: ✔. Gen que está, pero en otro sitio: ⇔. Gen que no está en la cadena: nada.

En las casillas, pon primero las ✔ y después las ⇔, sin decir cuáles. Si no hay ninguna, dilo en voz alta.

Si hay tantas ✔ como eslabones, ¡caso resuelto! Dilo en voz alta.

05/45

EL EQUIPO

Cómo se investiga

Una persona es la célula: lee en voz alta el CASO y mira a escondidas su otra cara.

Las demás investigan: por turnos, una pone en la fila siguiente un gen del caso por eslabón, sin repetir.

La célula pone una ✔ por gen en su sitio y una ⇔ por gen de la cadena en otro sitio.

Cada fila es un experimento y se queda. Vuestra marca es el número de la fila con tantas ✔ como eslabones tiene el caso.

Quien puso la última fila da la vuelta al PREMIO del caso y lo lee en voz alta. Después cambia la célula.

06/45

JUEGO LIBRE

Dad la vuelta a las fichas de gen: por el lado sin nombre son solo símbolos.

La célula pone 2 o 3 símbolos distintos en el sitio del CASO, en línea con sus eslabones. Los tapa con la portada tumbada y dice cuántos son.

Se juega como un caso, sin pista de datos. Con el tablero lleno, vaciad la fila 1 y seguid: será la 9, y así.

Duelo: cada persona o equipo hace una vez de célula. Gana quien acierta en menos filas.

Las cadenas del juego libre son inventadas: no son órdenes de verdad.

07/45

MÉTODO

Cómo lo hizo Tecnun

1 **2×2×2×2×2×2 = 64**

Cada gen puede estar encendido o apagado: con 6 genes, una célula puede estar de 64 maneras.

2

Tecnun miró los datos de más de 28.000 células y apuntó en una tabla cuántas había de cada manera.

3

Con muchos genes, esa tabla sería enorme. Por eso se guarda en una cadena de piezas pequeñas, una por gen: una cadena de datos, no de órdenes.

08/45

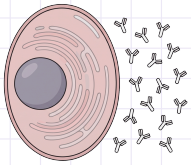
PARA HABLAR

Tecnun no midió esas células: tomó datos públicos, abiertos a todo el mundo, y los estudió con un método nuevo. En cada partida, tú también empezaste con una pista de datos públicos.



09/45

¿Por qué importa?



Los anticuerpos se pegan a virus y bacterias y ayudan a eliminarlos.

Las vacunas enseñan a tus linfocitos B a reconocer un microbio sin que te pongas enfermo.

Si después llega el de verdad, tus defensas ya lo conocen.

Financia

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
ZIENTZIA, UNIBERTSITATE ETA BERRIKUNTZA SAILA
DEPARTAMENTO DE CIENCIA, UNIVERSIDADES E INNOVACIÓN

Ezagutza Zabaltzen 2026 · Proyecto Zientziarekin Solasean eta Jolasean.

CC BY-NC-SA 4.0

labur.eus/geneak

2-5 personas · desde 12 años · unos 20 minutos por partida

Una partida son tres casos: del 1 al 3, o del 4 al reto.

Al terminar cada partida, leed MÉTODO y PARA HABLAR.

Qué dicen las pistas

Con 2 eslabones


¡Caso resuelto!


Los dos están, pero al revés.


Uno está en su sitio. El otro no está en esta cadena.

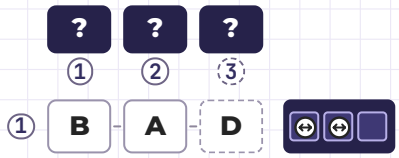

Uno está, pero en el otro sitio. El otro no está en esta cadena.


Ninguno de los dos está en esta cadena.

Las pistas dicen cuántas, no cuáles. Pensad con todas a la vez.

Si os atascáis, buscad las cadenas posibles del caso y tapad con fichas sobrantes las que ya no lo son.

Ejemplo

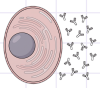


La cadena escondida es A, B, C.

Experimento: B, A, D. Ninguna está en su sitio. B y A están, pero en otro sitio.

La célula pone ⇔ ⇔. D no está en esta cadena.

Si el equipo se atasca, repasa tus pistas y corrige la que esté mal.



Cuando un linfocito B encuentra lo que reconoce y recibe otras señales de alarma, se activa.

Entonces se multiplica y prueba pequeños cambios en sus anticuerpos.

Después, algunas de esas células cambian de trabajo.

Se convierten en células plasmáticas: fábricas que sueltan muchísimos anticuerpos, todos iguales.

En ese cambio, unos genes se encienden y otros se apagan.

1. Los datos públicos te dieron una pista sin gastar ningún experimento. ¿Por qué un laboratorio querría compartir sus datos? ¿Y por qué podría no querer?

2. Las células de los datos son de personas. ¿Quién debería decidir para qué se usan?

3. En un laboratorio, cada experimento gasta muestras, dinero y energía. ¿Cuándo vale la pena hacer uno más?

4

Juntando piezas, se puede mirar cualquier trío de genes a la vez. Así se vio que IRF4, PRDM1 y PAX5 funcionan como un equipo.

5



Guardar la tabla en piezas es una idea que viene de la física cuántica. Pero todo se calculó en un ordenador normal, no en uno cuántico.



Doble cara · voltear por el borde largo · al 100 %

Interacciones entre genes

CASO 3

El interruptor

¿Qué orden hace que el linfocito deje de ser un linfocito B?

Pista de los datos de Tecnun: PRDM1 está relacionado con otro gen de este caso. En el juego, eso significa que está en la cadena.

Genes del caso

REL · PRDM1 · IRF4 · AICDA · PAX5

2 eslabones

1 – 2

12/45

RETO

La cadena de verdad

Ahora la cadena es de tres genes.

Datos de Tecnun: IRF4, PRDM1 y PAX5 funcionan como un equipo, así que están en la cadena. Los datos no dicen quién da la orden.

Genes del caso

REL · RELA · PRDM1 · IRF4 · AICDA · PAX5

3 eslabones

1 – 2 – 3

15/45

PREMIO · CASO 3

?

PRDM1

Se abre al resolver el caso.

18/45

CASO 2

La señal

¿Qué orden pone en marcha el cambio a fábrica de anticuerpos?

Pista de los datos de Tecnun: IRF4 está relacionado con otro gen de este caso. En el juego, eso significa que está en la cadena.

Genes del caso

PRDM1 · IRF4 · AICDA · PAX5

2 eslabones

1 – 2

11/45

CASO 5

Se acabó variar

Cuando la célula ya es una fábrica, deja de variar sus anticuerpos. ¿Qué orden lo consigue?

Pista de los datos de Tecnun: AICDA está relacionado con otro gen de este caso. En el juego, eso significa que está en la cadena.

Genes del caso

REL · RELA · PRDM1 · IRF4 · AICDA · PAX5

2 eslabones

1 – 2

14/45

PREMIO · CASO 2

?

IRF4

Se abre al resolver el caso.

17/45

CASO 1

El guardián

En un linfocito B activado, un gen enciende a otro para que los anticuerpos varíen. ¿Quién a quién?

Pista de los datos de Tecnun: PAX5 está relacionado con otro gen de este caso. En el juego, eso significa que está en la cadena.

Genes del caso

PRDM1 · AICDA · PAX5

2 eslabones

1 – 2

10/45

CASO 4

Un empujón de la familia

Otro gen, que no es IRF4, también ayuda a poner en marcha el cambio. ¿Cuál, y a quién?

Pista de los datos de Tecnun: RELA está relacionado con otro gen de este caso. En el juego, eso significa que está en la cadena.

Genes del caso

REL · RELA · PRDM1 · IRF4 · AICDA · PAX5

2 eslabones

1 – 2

13/45

PREMIO · CASO 1

?

PAX5

Se abre al resolver el caso.

16/45

zientziajolasak.eus · CC BY-NC-SA 4.0

El del cambio

PRDM1 ⊣ apaga PAX5

PRDM1 apaga PAX5: el linfocito se convierte en una fábrica de anticuerpos.

Los datos dicen quién está relacionado con quién. Otros estudios dicen quién da la orden.

En la célula hay más órdenes. Esta es la de este caso.

Al terminar cada partida, leed MÉTODO y PARA HABLAR.

18/45

Da la señal

Hace cosas distintas según cuánto haya.

Con poco IRF4, se enciende AICDA.

IRF4 → enciende PRDM1

Cuando hay mucho IRF4, enciende PRDM1.

Esta orden la cuentan otros estudios, no los datos de Tecnun.

En la célula hay más órdenes. Esta es la de este caso.

17/45

El guardián

Hace que la célula siga siendo un linfocito B.

PAX5 → enciende AICDA

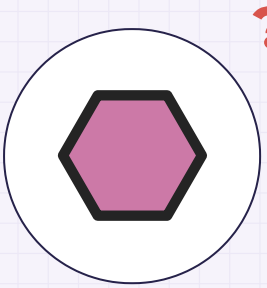
PAX5 enciende AICDA: el linfocito B activado puede variar sus anticuerpos.

Esta orden la cuentan otros estudios, no los datos de Tecnun.

En la célula hay más órdenes. Esta es la de este caso.

16/45

PREMIO · CASO 4

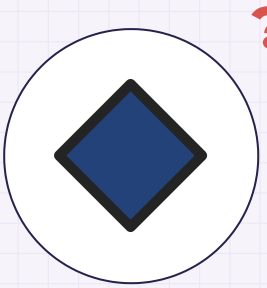


RELA

Se abre al resolver el caso.

19/45

PREMIO · CASO 5



AICDA

Se abre al resolver el caso.

20/45

PREMIO · RETO

6 cadenas posibles

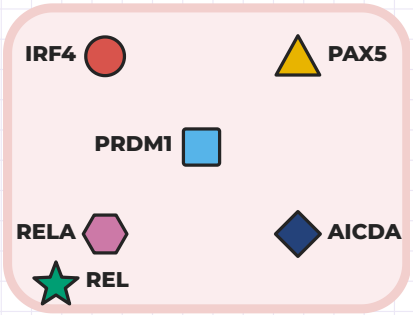
Con los datos de Tecnun, todas llevan IRF4, PRDM1 y PAX5. Sin esos datos, habría 120.

①	②	③
PRDM1	IRF4	PAX5
PRDM1	PAX5	IRF4
IRF4	PRDM1	PAX5
IRF4	PAX5	PRDM1
PAX5	PRDM1	IRF4
PAX5	IRF4	PRDM1

21/45

MAPA

El mapa de la célula



Poned alrededor cada caso resuelto. Al terminar el reto, dad la vuelta a esta carta.

22/45

CADENAS · CASO 1

4 cadenas posibles

Con los datos de Tecnun, todas llevan PAX5. Sin esos datos, habría 6.

①	②	①	②
PAX5	PRDM1	PRDM1	PAX5
PAX5	AICDA	AICDA	PAX5

23/45

CADENAS · CASO 2

6 cadenas posibles

Con los datos de Tecnun, todas llevan IRF4. Sin esos datos, habría 12.

①	②	①	②
PRDM1	IRF4	IRF4	PRDM1
AICDA	IRF4	IRF4	AICDA
PAX5	IRF4	IRF4	PAX5

24/45

CADENAS · CASO 3

8 cadenas posibles

Con los datos de Tecnun, todas llevan PRDM1. Sin esos datos, habría 20.

①	②	①	②
PRDM1	REL	REL	PRDM1
PRDM1	IRF4	IRF4	PRDM1
PRDM1	AICDA	AICDA	PRDM1
PRDM1	PAX5	PAX5	PRDM1

25/45

CADENAS · CASO 4

10 cadenas posibles

Con los datos de Tecnun, todas llevan RELA. Sin esos datos, habría 30.

①	②	①	②
REL	RELA	RELA	REL
PRDM1	RELA	RELA	PRDM1
IRF4	RELA	RELA	IRF4
AICDA	RELA	RELA	AICDA
PAX5	RELA	RELA	PAX5

26/45

CADENAS · CASO 5

10 cadenas posibles

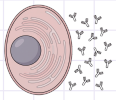
Con los datos de Tecnun, todas llevan AICDA. Sin esos datos, habría 30.

①	②	①	②
AICDA	REL	REL	AICDA
AICDA	RELA	RELA	AICDA
AICDA	PRDM1	PRDM1	AICDA
AICDA	IRF4	IRF4	AICDA
AICDA	PAX5	PAX5	AICDA

27/45

RETO

¡El linfocito ya es una fábrica de anticuerpos!



IRF4 —enciende→ PRDM1 —apaga⊣ PAX5

Cuando hay mucho IRF4, enciende PRDM1. Y PRDM1 apaga PAX5.

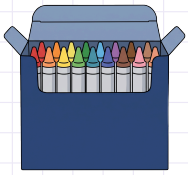
Tecnun midió que IRF4, PRDM1 y PAX5 funcionan como un equipo. Las flechas, quién da la orden, las cuentan otros estudios.

Dad la vuelta al MAPA. Después, leed MÉTODO y PARA HABLAR.

21/45

GEN · AICDA

El de la variedad



Ayuda a variar los anticuerpos.

PRDM1 —apaga⊣ AICDA

PRDM1 apaga AICDA: la fábrica deja de variar sus anticuerpos.

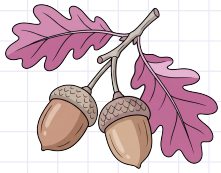
Esta orden la cuentan otros estudios, no los datos de Tecnun.

En la célula hay más órdenes. Esta es la de este caso.

20/45

GEN · RELA

El pariente



REL y RELA son parientes, pero hacen trabajos distintos.

RELA —enciende→ PRDM1

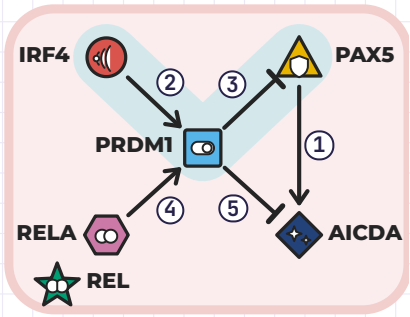
RELA ayuda a encender PRDM1.

Esta orden la cuentan otros estudios, no los datos de Tecnun.

En la célula hay más órdenes. Esta es la de este caso.

19/45

MAPA



→ enciende · ⊣ apaga

Funcionan como un equipo: lo midió Tecnun

En la célula hay más órdenes. Estas son las de este juego.

22/45

ES
labur.eus/geneak
Zientzia Jolasak
Party game
Tecnologías cuánticas
Interacciones entre genes

28/45

Poned el tablero en el centro. Quien hace de célula se sienta en el lado donde va el CASO.

Al lado del tablero, en columna, los tres PREMIOS de la partida, cerrados. Junto a cada uno, su CASO.

Antes del primer caso, leed en voz alta LOS GENES por las dos caras.

29/45

Si eres la célula

Compara por número: el eslabón 1 con el 1, el 2 con el 2.

Mismo gen en el mismo sitio: ›.

Gen que está, pero en otro sitio: ↕.

Gen que no está en la cadena: nada.

En las casillas, pon primero las › y después las ↕, sin decir cuáles. Si no hay ninguna, dilo en voz alta.

30/45

1 2 3

31/45

› en su sitio ↕ en otro sitio

1 2

32/45

3 4

33/45

3 4

34/45

5 6

35/45

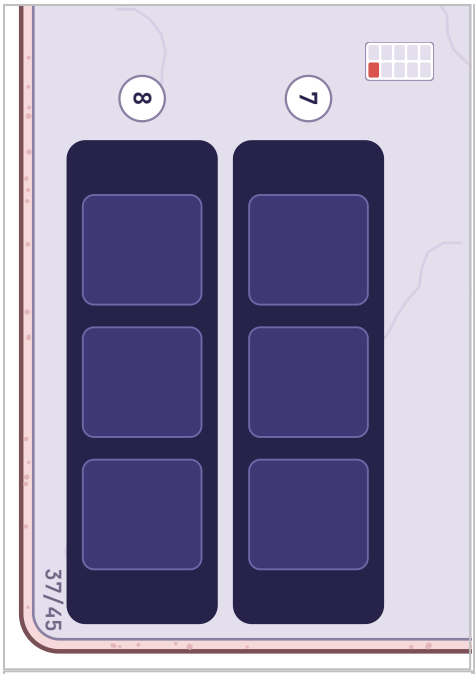
5 6

36/45

7 8

En una célula de verdad, los genes no están en fila: la cadena es un dibujo.


ES
Party game
Zientzia Jolasak
Tecnologías cuánticas
labur.eus/geneak
Interacciones entre genes



IRF4	IRF4	IRF4
IRF4	IRF4	IRF4
PRDM1	PRDM1	PRDM1
PRDM1	PRDM1	PRDM1

38/45

PAX5	PAX5	PAX5
PAX5	PAX5	PAX5
AICDA	AICDA	AICDA
AICDA	AICDA	AICDA

39/45

REL	REL	REL
REL	REL	REL
RELA	RELA	RELA
RELA	RELA	RELA

40/45

IRF4	PRDM1	PAX5
IRF4	PRDM1	PAX5
IRF4	PRDM1	PAX5
IRF4	PRDM1	PAX5

41/45

AICDA	REL	RELA
AICDA	REL	RELA
AICDA	REL	RELA
AICDA	REL	RELA

42/45

✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓

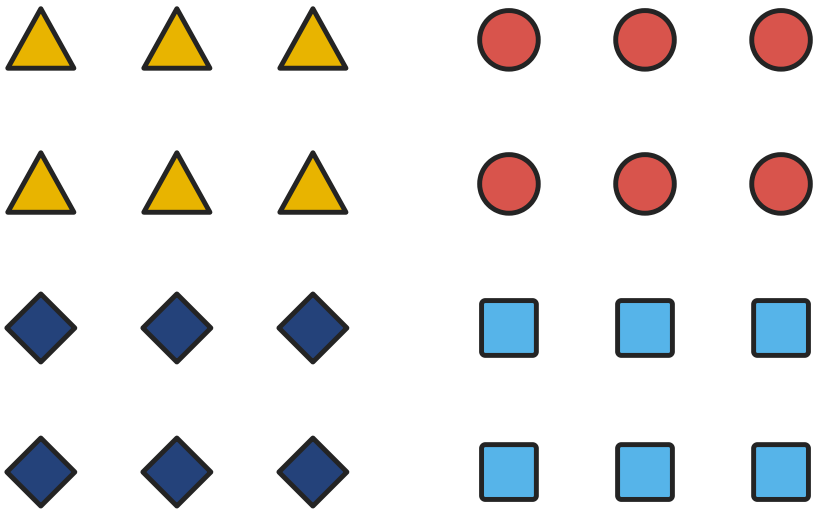
43/45

✓	✓	✓	✓
↔	↔	↔	↔
↔	↔	↔	↔
↔	↔	↔	↔

44/45

↔	↔	↔	↔
↔	↔	↔	↔
↔	↔	↔	↔
↔	↔	↔	↔
↔	↔	↔	↔

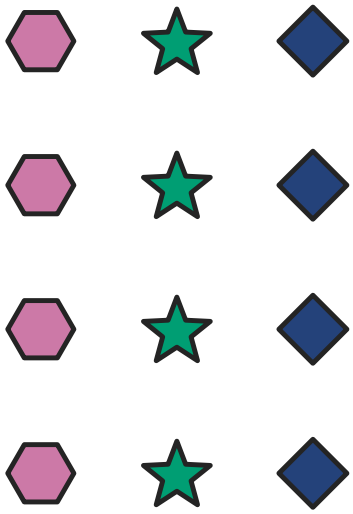
45/45



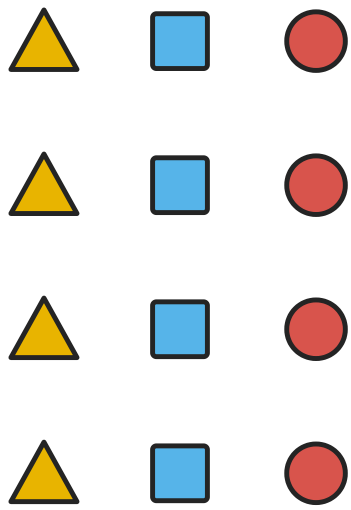
39/45

38/45

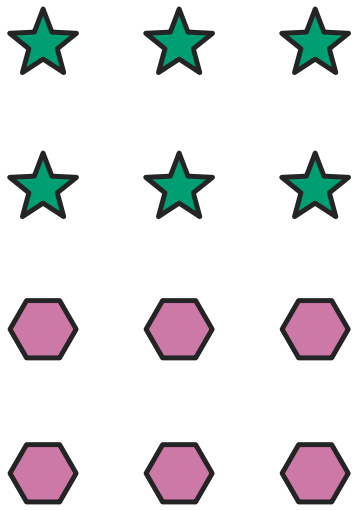




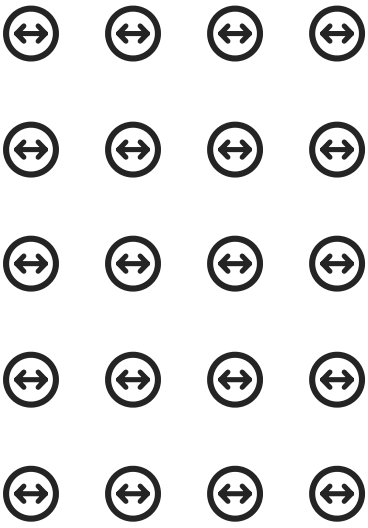
42/45



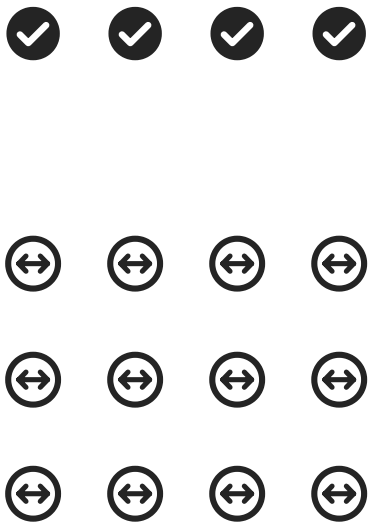
41/45



40/45



45/45



44/45



43/45