



## LA HIPÓTESIS DEL TEOSINTE

### INTRODUCCIÓN

En la película *Estalló el secreto: el misterioso origen del maíz*, se muestra que George Beadle fue el primero en proponer que el teosinte es el ancestro silvestre del maíz. Pocos científicos estuvieron de acuerdo con esta hipótesis, ya que no parecía haber suficiente evidencia que la apoyara. Más adelante en su carrera, el Dr. Beadle llevó a cabo un enorme experimento genético para obtener la evidencia necesaria para justificar su hipótesis.

En esta actividad, desentrañarás las matemáticas y los conceptos detrás de la investigación del Dr. Beadle para comprender de qué manera sus resultados respaldaban la afirmación de que el teosinte es el ancestro silvestre del maíz.

### PROCEDIMIENTO

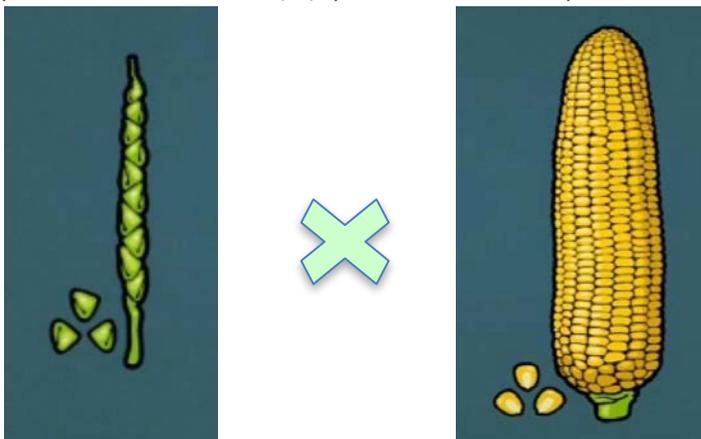
Ve el cortometraje *Estalló el secreto: el misterioso origen del maíz*. Lee la información proporcionada y contesta las preguntas.

#### El experimento del Dr. Beadle

En la película, el narrador explica que muchos científicos dudaron de la hipótesis del Dr. Beadle porque el teosinte y el maíz parecen plantas muy distintas. No parecía probable que el teosinte diera lugar al maíz en el transcurso de los 10,000 años, aproximadamente, que los seres humanos llevaban cultivando plantas, ya que el proceso implicaría cambios en muchos genes; demasiados para que ocurrieran en este corto lapso.

El experimento del Dr. Beadle se dispuso a responder la pregunta: ¿cuántos genes controlan las diferencias entre el maíz y el teosinte? Si se tratara de solo unos pocos genes, entonces su hipótesis se vería reforzada.

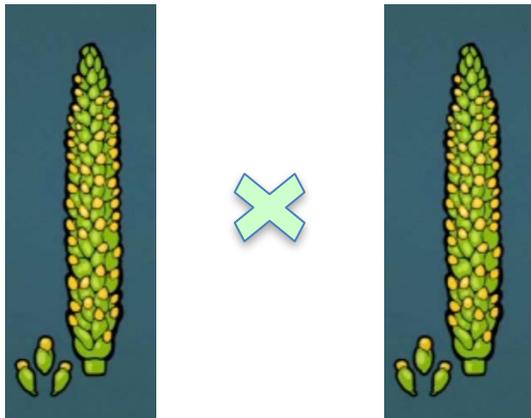
Para contestar a esta pregunta, el Dr. Beadle cruzó plantas de teosinte con plantas de maíz para producir descendencia ( $F_1$ ) que contenía una copia de cada gen del teosinte y del maíz (Figura 1).



**Figura 1.** Cruce entre plantas de teosinte y de maíz.



Las diferentes versiones de un mismo gen (o de cualquier secuencia de ADN) se conocen como **alelos**. Una manera de describir las plantas  $F_1$  es mencionar que, por cada gen, cada planta tenía un alelo del teosinte ( $gen^T$ ) y un alelo del maíz ( $gen^M$ ). El Dr. Beadle cruzó las plantas de la generación  $F_1$  entre sí para crear una generación  $F_2$  (Figura 2).

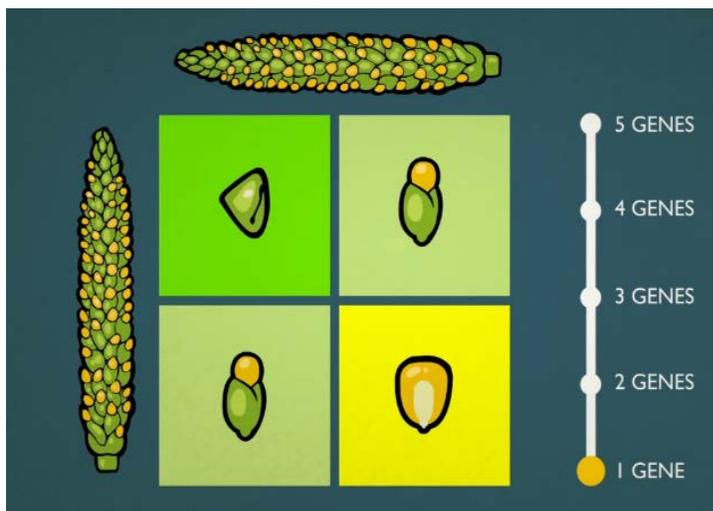


**Figura 2.** Cruce de plantas de la generación  $F_1$ .

### ¿Un gen?

Si un solo gen, el **gen X**, con dos alelos,  $X^T$  y  $X^M$ , controlaba todas las diferencias fenotípicas entre el teosinte y el maíz, entonces el Dr. Beadle habría esperado los resultados resumidos en la **Figura 3**.

*Nota:* Si bien los símbolos dominantes y recesivos de los alelos son por lo general letras mayúsculas y minúsculas (por ejemplo, **A** y **a**), se utilizan diferentes tipos de símbolos cuando el patrón de herencia no es dominante-recesivo (por ejemplo,  $A^1$  y  $A^2$ ).



**Figura 3. Resultados esperados del cruce  $F_1$  si solo un gen controla todas las diferencias entre el teosinte y el maíz.**

Los cuadrados representan los fenotipos de las semillas de las plantas de la generación  $F_2$ . El cruce predice que si se cruzaran dos híbridos  $F_1$ , 1/4, o el 25%, de la descendencia  $F_2$  sería igual al teosinte (esquina superior izquierda), 1/4, o el 25%, sería igual al maíz (esquina inferior derecha), y 1/2, o el 50%, sería igual a los híbridos  $F_1$ .



En tus estudios sobre genética es probable que te hayas familiarizado con los **cuadros de Punnett**. Los cuadros de Punnett son una herramienta para ayudar a predecir las proporciones de los distintos fenotipos y genotipos de la descendencia de un cruce genético entre dos progenitores. La Figura 3 utiliza imágenes para representar la proporción de fenotipos de la descendencia predicha. En la mayoría de casos, sin embargo, los cuadros de Punnett incluyen los genotipos de la descendencia. Usa lo que has aprendido para responder las preguntas siguientes.

### PREGUNTAS

- Usando los símbolos de los alelos  $A^T$  y  $A^M$ , completa el cuadro de Punnett mediante los siguientes pasos:
  - identifica el genotipo de las plantas progenitoras  $F_1$  en la Figura 3:
  - escribe los alelos que cada progenitor contribuye al cruce en las líneas correspondientes (ten en cuenta que si un solo gen controla el fenotipo, cada progenitor contribuye con solo uno de los **dos** alelos posibles); y
  - determina los posibles genotipos de la descendencia  $F_2$ .

**Genotipo  $F_1$**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Genotipo $F_1$	_____	_____
_____	Genotipo $F_2$	Genotipo $F_2$
_____	Genotipo $F_2$	Genotipo $F_2$

- Si la descendencia homocigota del alelo  $A^T$  ( $A^T A^T$ ) es igual al teosinte, y la descendencia homocigota del alelo  $A^M$  ( $A^M A^M$ ) es igual al maíz, identifica:
  - La proporción y el porcentaje de la descendencia que se espera sea igual al teosinte.  
\_\_\_\_\_
  - La proporción y el porcentaje de la descendencia que se espera sea igual al maíz.  
\_\_\_\_\_
  - La proporción y el porcentaje de la descendencia que se espera tenga una combinación de características del teosinte y del maíz.  
\_\_\_\_\_
- ¿Cuál cuadro de Punnett —el que dibujaste, o el de la Figura 3— encuentras más informativo? Explica tu respuesta.



**¿Dos genes?**

¿Qué sucedería si dos genes, **A** y **B**, determinaran todas las diferencias entre el maíz y el teosinte?

4. Usando los símbolos de los alelos **A<sup>T</sup>/A<sup>M</sup>** y **B<sup>T</sup>/B<sup>M</sup>**, completa el cuadro de Punnett a continuación mediante los siguientes pasos:

- identifica el genotipo de las plantas progenitoras **F<sub>1</sub>** en la Figura 3;
- escribe los alelos aportados por cada progenitor **F<sub>1</sub>** en los espacios correspondientes (ten en cuenta que si se trata de dos genes, cada progenitor aporta una de las **cuatro** posibles combinaciones de alelos); y
- determina los posibles genotipos de la descendencia **F<sub>2</sub>**.

		<b>Genotipo F<sub>1</sub></b>			
		_____	_____	_____	_____
<b>Genotipo F<sub>1</sub></b>	_____	Genotipo F <sub>2</sub>	Genotipo F <sub>2</sub>	Genotipo F <sub>2</sub>	Genotipo F <sub>2</sub>
	_____	Genotipo F <sub>2</sub>	Genotipo F <sub>2</sub>	Genotipo F <sub>2</sub>	Genotipo F <sub>2</sub>
	_____	Genotipo F <sub>2</sub>	Genotipo F <sub>2</sub>	Genotipo F <sub>2</sub>	Genotipo F <sub>2</sub>
	_____	Genotipo F <sub>2</sub>	Genotipo F <sub>2</sub>	Genotipo F <sub>2</sub>	Genotipo F <sub>2</sub>

5. ¿Cuántos genotipos **F<sub>2</sub> diferentes** existen? Haz una lista de los genotipos e identifica para cada uno si es que el fenotipo que le corresponde sería: igual al maíz, igual al teosinte, o una mezcla de los dos.



6. Identifica:

- a. La proporción y el porcentaje de la descendencia que se espera sea igual al teosinte (es decir, solo han heredado alelos del teosinte).

\_\_\_\_\_

- b. La proporción y el porcentaje de la descendencia que se espera sea igual al maíz (es decir, solo han heredado alelos del maíz).

\_\_\_\_\_

- c. La proporción y el porcentaje de la descendencia que se espera sea igual a una mezcla de teosinte y maíz.

\_\_\_\_\_

### ¿Tres genes?

¿Qué sucedería si tres genes, **A**, **B**, y **C**, determinaran todas las diferencias entre el maíz y el teosinte?

7. Usando los símbolos de los alelos  $A^T/A^M$ ,  $B^T/B^M$  y  $C^T/C^M$ , completa PARTE del cuadro de Punnett a continuación mediante los siguientes pasos:

- identifica los genotipos de las plantas progenitoras  $F_1$  en la Figura 3;
- escribe los posibles alelos aportados por cada progenitor  $F_1$  (ten en cuenta que si se trata de tres genes, cada progenitor puede contribuir cualquiera de las **ocho** combinaciones de alelos);
- identifica resaltando o dibujando un círculo alrededor de los genotipos de cada progenitor que tiene solo alelos del teosinte;
- escribe los genotipos de la descendencia  $F_2$  que resultaría de este cruce (es decir, del cruce de progenitores que tienen solo alelos del teosinte) en el cuadro de Punnett;
- identifica resaltando o dibujando un círculo alrededor de los genotipos de cada progenitor que tiene solo alelos del maíz; y
- escribe los genotipos  $F_2$  de la descendencia que resultaría de este cruce (es decir, del cruce de progenitores que tienen solo alelos del maíz) en el cuadro de Punnett.

Una vez que hayas completado estos pasos, responde las pregunta 8.



**Genotipo F<sub>1</sub>**

**Genotipo F<sub>1</sub>**

_____	Genotipo F <sub>2</sub>							
_____	Genotipo F <sub>2</sub>							
_____	Genotipo F <sub>2</sub>							
_____	Genotipo F <sub>2</sub>							
_____	Genotipo F <sub>2</sub>							
_____	Genotipo F <sub>2</sub>							
_____	Genotipo F <sub>2</sub>							
_____	Genotipo F <sub>2</sub>							

8. Identifica la proporción y el porcentaje de la descendencia que se espera sea igual al teosinte mediante los siguientes pasos:

¿Cuántos genotipos F<sub>2</sub> escribiste en el cruce entre los progenitores F<sub>1</sub> con alelos del teosinte solamente?

\_\_\_\_\_

Toma el número total de individuos F<sub>2</sub> iguales al teosinte y divídelo entre el número total de posibilidades F<sub>2</sub> en el cuadro de Punnett general. Identifica la proporción y el porcentaje de la descendencia que se espera sea igual al maíz.

Proporción: \_\_\_\_\_ Porcentaje: \_\_\_\_\_



### ¿Una mejor manera?

Como puedes ver, los cuadros de Punnett para fenotipos que involucran varios genes pueden ser muy complicados. Si reconoces los patrones, puedes hacer un modelo matemático para averiguar cuán común o raro sería un genotipo o fenotipo en particular, dependiendo del número de genes involucrados.

Para ello, empieza por averiguar cuántas combinaciones distintas de alelos podría contribuir cada progenitor  $F_1$  a la generación  $F_2$ . Cuando está involucrado un solo gen — $A$ —, cada uno de los progenitores podría contribuir uno de los **dos** alelos:  $A^T$  o  $A^M$ . Cuando están involucrados dos genes — $A$  y  $B$ —, cada uno de los progenitores podría contribuir cualquiera de las **cuatro** combinaciones de alelos:  $A^T B^T$ ,  $A^M B^T$ ,  $A^T B^M$ , o  $A^M B^M$ . Cuando están involucrados tres genes, cada uno de los progenitores podría contribuir cualquiera de las **ocho** combinaciones de alelos, y así sucesivamente.

- A continuación, determina la proporción de la descendencia  $F_2$  que esperarías que herede alelos solo del teosinte. Ya has determinado esta cifra en función de tus cruces.
  - Cuando está involucrado un solo gen, se esperaba que  $\frac{1}{4}$  de la descendencia  $F_2$  fuera igual al teosinte porque heredaron solo alelos del teosinte. Ten en cuenta que 4 es  $4^1$ .
  - Cuando están involucrados dos genes, se esperaba que  $\frac{1}{16}$  de la descendencia  $F_2$  fuera igual al teosinte porque heredaron solo alelos del teosinte. Ten en cuenta que 16 es  $4^2$ .
  - Cuando están involucrados tres genes, se esperaba que  $\frac{1}{64}$  de la descendencia  $F_2$  fuera igual al teosinte porque heredaron solo alelos del teosinte. Ten en cuenta que 64 es  $4^3$ .
9. ¿Notas el patrón? ¿Qué proporción de la descendencia  $F_2$  se puede esperar que sea igual al teosinte si cuatro genes controlaran las diferencias entre el maíz y el teosinte? Explica tu respuesta.
10. Escribe una fórmula en el siguiente formato para representar tu modelo:  $x = y/z^w$ . Define cada una de las variables, o reemplázalas con constantes (números).
11. Usa tu fórmula (y muestra tu trabajo) para predecir la proporción de la descendencia  $F_2$  que se espera sea igual al teosinte si:
- estuvieran involucrados 5 genes
  - estuvieran involucrados 10 genes
  - estuvieran involucrados 100 genes



Cortometraje  
***Estalló el secreto: el misterioso origen del maíz***

12. ¿Cómo se compararía la probabilidad de que un descendiente herede todos sus alelos del teosinte con la probabilidad de que un descendiente herede todos sus alelos del maíz? Explica tu respuesta.

**Los resultados del Dr. Beadle:** el Dr. Beadle no sabía a ciencia cierta cuántos genes estaban involucrados en la determinación de las diferencias entre el teosinte y el maíz, aunque pensaba que era un número relativamente pequeño. Cultivó 50,000 plantas  $F_2$  para poner a prueba sus ideas sobre el número de genes involucrados en la transformación del teosinte en maíz.

El Dr. Beadle descubrió que aproximadamente 1 de cada 500 plantas  $F_2$  era idénticas al teosinte, y un número similar era igual al maíz.

13. Usa la evidencia de tu modelo matemático para apoyar o refutar la conclusión del Dr. Beadle de que cuatro o cinco genes están involucrados en las diferencias entre el teosinte y el maíz.
14. Un club de ciencias estudiantil replica el experimento del Dr. Beadle, pero en una escala mucho menor. Cultivan 500 plantas  $F_2$  y no encuentran ninguna que sea igual al teosinte. ¿Eso significa que el Dr. Beadle llegó a una conclusión errónea acerca de la genética del teosinte y el maíz? Explica por qué o por qué no.

**Referencia:**

Doebley, J. (2004). The Genetics of Maize Evolution. *Annual Review of Genetics*. 38:37–39.