



LA HIPÓTESIS DEL TEOSINTE

Guía para el estudiante

MATERIAL ORIGINAL DE



hhmi
BioInteractive

EL ORIGEN DEL MAIZ

❖ INTRODUCCIÓN

La reproducción implica una transmisión de las características de los organismos progenitores a su descendencia, proceso que se conoce como **herencia biológica**.

A lo largo de la historia el fenómeno de la herencia biológica fue observado por diversos científicos. Así, una de las primeras teorías fue planteada por Hipócrates, esta trataba de explicar cómo los niños heredaban las características de sus progenitores. Esta teoría sostenía que pequeños elementos representativos de todas las partes del cuerpo paterno se concentraban en el semen para luego dar lugar a las partes correspondientes del embrión filial. Menos de un siglo más tarde, Aristóteles planteaba que, las características hereditarias se transmitían porque el semen paterno contenía un plan con las instrucciones precisas para modelar la sangre de la madre y dar lugar así al descendiente; es decir, la herencia biológica consistía en la transmisión de la información necesaria para el desarrollo embrionario del individuo.

Pasaron muchos siglos, hasta que durante el S. XIX Gregor Mendel, tras un cuidadoso trabajo experimental, aportó sus opiniones radicalmente nuevas que sirvieron de punto de partida para todas las modernas interpretaciones del fenómeno de la herencia biológica. Mendel dedujo que los caracteres hereditarios del guisante que estudió estaban controlados por unas unidades hereditarias particuladas e independientes que al combinarse expresaban características que hoy conocemos como Fenotipo.

❖ FOCALIZACIÓN

Comprender como se heredan los genes **¿permite hacer predicciones acerca de la frecuencia del fenotipo en la descendencia?**

Yo creo que

Porque

❖ EXPLORACIÓN

Observa el cortometraje *“Estalló el secreto: el misterioso origen del maíz”*.

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.

- Lee la información proporcionada y contesta las preguntas que se desprenderán de la actividad.

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).

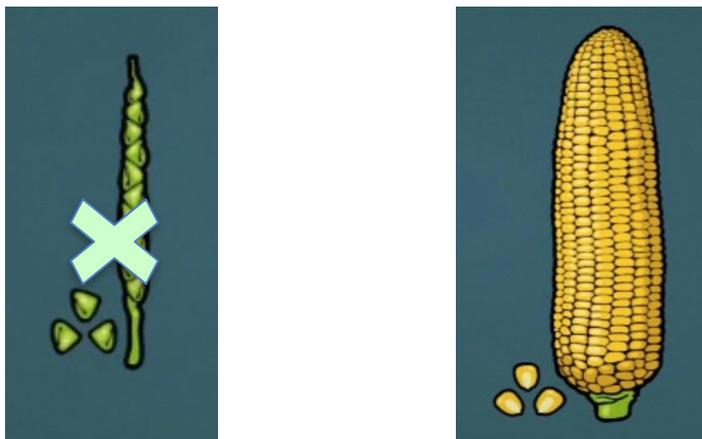


Figura 1. Cruce entre plantas de teosinte y de maíz.

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).

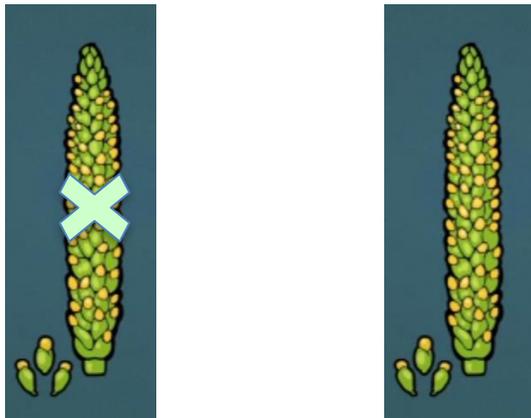


Figura 2. Cruce de plantas de la generación F_1 .

¿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).*

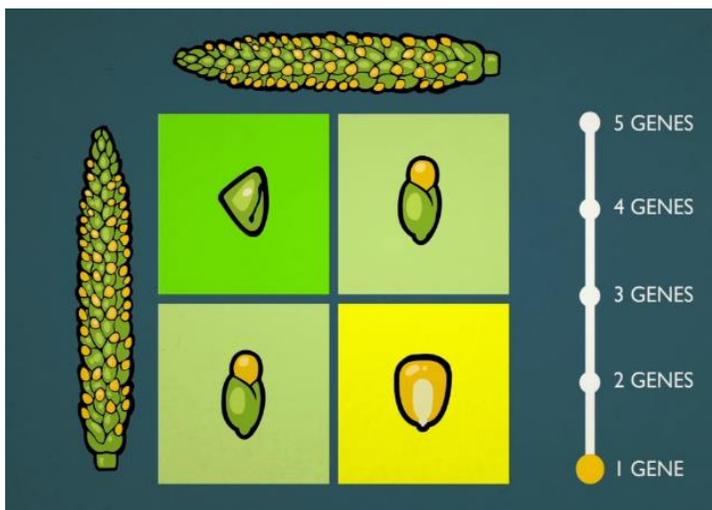


Figura 3. Resultados esperados del cruce F_1 si solo un gen controla todas las diferencias entre el teosinte y el maíz. Los cuadrados representan los fenotipos de las semillas de las plantas de la generación F_2 . El cruce predice que si se cruzaran dos híbridos F_1 , 1/4, o el 25%, de la descendencia 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 DE APLICACIÓN Y ANÁLISIS

1. Usando los símbolos de los alelos A^T y A^M , completa el cuadro de Punnett mediante los siguientes pasos:
 - a. **identifica** el genotipo de las plantas progenitoras F_1 en la Figura 3:
 - b. **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
 - c. **determina** los posibles genotipos de la descendencia F_2 .

Genotipo F_1

	_____	_____
<u>Genotipo F_1</u>	_____	_____
	Genotipo F_2	Genotipo F_2
	_____	_____
	Genotipo F_2	Genotipo F_2

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:
 - a. La proporción y el porcentaje de la descendencia que se espera sea igual al teosinte.

 - b. La proporción y el porcentaje de la descendencia que se espera sea igual al maíz.

 - c. La proporción y el porcentaje de la descendencia que se espera tenga una combinación de características del teosinte y del maíz.

3. ¿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^T/A^M y B^T/B^M , completa el cuadro de Punnett a continuación mediante los siguientes pasos:

- identifica el genotipo de las plantas progenitoras F_1 en la Figura 3;
- escribe los alelos aportados por cada progenitor F_1 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_2 .

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

5. ¿Cuántos genotipos F_2 **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 los alelos);
- dibuja un círculo alrededor de los genotipos de cada progenitor que solo tienen 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;
- dibuja un círculo alrededor de los genotipos de cada progenitor que solo tienen 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 preguntas 8 y 9.

	Genotipo F_2	Genotipo F_2						



			Genotipo F ₂					
_____	Genotipo F ₂							
_____	Genotipo F ₂							
_____	Genotipo F ₂							
_____	Genotipo F ₂							
_____	Genotipo F ₂							
_____	Genotipo F ₂							
_____	Genotipo F ₂							

Genotipo F₁

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

a. ¿Cuántos genotipos F₂ escribiste en el cruce entre los progenitores F₁ con alelos del teosinte solamente?

b. Toma el número total de individuos F₂ iguales al teosinte y divídelo entre el número total de posibilidades F₂ 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 _____

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.



❖ REFLEXIÓN Y EVALUACIÓN

15. Comprender cómo se heredan los genes ¿permite a los científicos hacer predicciones acerca de la frecuencia de los rasgos hereditarios en la descendencia? ¿Coincidió su predicción realizada? Explique cuál fue el razonamiento que utilizó para realizar su inferencia.

16. Indique 2 conclusiones a las que pudo llegar luego de realizar la guía.

❖ AUTORES

Escrito (original en inglés) por Mark Bloom, PhD, y Ann Westbrook, PhD, BSCS; Paul Beardsley, PhD, Cal Poly Pomona.

Editado por Stephanie Keep, asesora; Laura Bonetta, PhD, HHMI.

Revisado por Alexandra York, University of Wisconsin.

Adaptación Chile:

Karin González Allende, Profesora de Biología y Cs. Naturales. Académica DEP, Facultad de Filosofía y Humanidades, U Chile.



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Colaboración y edición Ma. Fernanda Álvarez, Profesora de Biología y Cs. Naturales, Asesora Pedagógica BNI.

MATERIAL ORIGINAL DE

