

Entender el equilibrio de Hardy-Weinberg (H-W) es más sencillo de lo que parece, y no necesitas ser un experto en probabilidad. Te lo explicaré paso a paso, desde cero, con ejemplos. Es como un "estado de calma" genético en una población.

¿Qué es el equilibrio de Hardy-Weinberg?

Imagina una población grande donde los genes (alelos) no cambian de frecuencia de una generación a otra. Es decir, la proporción de los diferentes tipos de genes se mantiene estable. Esto ocurre solo si se cumplen 5 condiciones:

1. No hay mutaciones (los alelos no cambian).
2. No hay migración (no entran ni salen individuos con alelos diferentes).
3. La población es muy grande (el azar no afecta mucho).
4. Apareamiento aleatorio (no hay preferencias al elegir pareja).
5. No hay selección natural (todos los genotipos tienen igual supervivencia y reproducción).

Si se cumplen estas condiciones, las frecuencias de los alelos y las frecuencias de los genotipos permanecen constantes. La ecuación de H-W describe esta relación.

La Ecuación Clave (¡No te asustes! Es amigable):

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

p: Frecuencia del alelo dominante (por ejemplo, A) en la población (un número entre 0 y 1).

q: Frecuencia del alelo recesivo (por ejemplo, a) en la población (un número entre 0 y 1).

¡IMPORTANTE! $p + q = 1$ (Porque solo hay dos alelos, o es A o es a. Si el 70% son A, el 30% deben ser a).

¿Qué significan p^2 , $2pq$ y q^2 ?

p^2 : Frecuencia (proporción) de individuos homocigotos dominantes (genotipo AA).

$2pq$: Frecuencia (proporción) de individuos heterocigotos (genotipo Aa).

q^2 : Frecuencia (proporción) de individuos homocigotos recesivos (genotipo aa).

$p^2 + 2pq + q^2 = 1$: ¡La suma de todos los genotipos debe ser el 100% de la población!

¿De dónde sale esta ecuación? (La parte de probabilidad simplificada)

Piensa en el apareamiento aleatorio como sacar dos canicas (una de cada padre) de una bolsa gigante que tiene muchas canicas A (proporción p) y canicas a (proporción q).

* Probabilidad de ser AA (p^2): Sacar una canica A del padre Y una canica A de la madre. En probabilidad, "Y" significa multiplicar: $p * p = p^2$.

* Probabilidad de ser aa (q^2): Sacar una canica a del padre Y una canica a de la madre: $q * q = q^2$.

* Probabilidad de ser Aa ($2pq$): Hay dos formas:

* Sacar A del padre Y a de la madre: $p * q = pq$

* Sacar a del padre Y A de la madre: $q * p = pq$

* Total heterocigotos: $pq + pq = 2pq$.

Pasos para Resolver Problemas de Hardy-Weinberg:

¡Sigue esta receta! .

Problema Ejemplo: En una población, el 16% de las personas tienen una enfermedad recesiva (genotipo `aa`). Calcula la frecuencia de los alelos (`A` y `a`) y la frecuencia de los portadores sanos (genotipo `Aa`).

1. Identifica qué te dan y qué te piden:

- * Te dan: Frecuencia del genotipo homocigoto recesivo (`aa`) = 16% = 0.16. Esto es q^2 .
- * Te piden: Frecuencia del alelo `a` (q), frecuencia del alelo `A` (p), frecuencia de los heterocigotos (`Aa`) ($2pq$).

2. Calcula q (frecuencia del alelo recesivo):

- * $q^2 = 0.16$
- * $q = \sqrt{0.16} = 0.4$ (Sacamos la raíz cuadrada).
- * Respuesta Parcial: La frecuencia del alelo `a` (q) es 0.4 (o 40%).

3. Calcula p (frecuencia del alelo dominante):

- * Recuerda: $p + q = 1$
- * $p = 1 - q$
- * $p = 1 - 0.4 = 0.6$
- * Respuesta Parcial: La frecuencia del alelo `A` (p) es 0.6 (o 60%).

4. Calcula $2pq$ (frecuencia de heterocigotos):

- * $2pq = 2 * p * q$
- * $2pq = 2 * 0.6 * 0.4$
- * $2pq = 2 * 0.24 = 0.48$
- * Respuesta Parcial: La frecuencia de los portadores sanos (`Aa`) es 0.48 (o 48%).

5. **(Opcional, pero hacerlo para asegurarse que no hay error en los cálculos)** Verifica con la ecuación completa:

- * $p^2 = (0.6)^2 = 0.36$ (Frecuencia de `AA`)
- * $2pq = 0.48$ (Frecuencia de `Aa`)
- * $q^2 = 0.16$ (Frecuencia de `aa`)
- * Suma: $0.36 + 0.48 + 0.16 = 1.00$ (¡Perfecto, suma 100%!).

Respuesta Final al Problema:

- * Frecuencia del alelo `a` (q): 0.4 (40%)
- * Frecuencia del alelo `A` (p): 0.6 (60%)
- * Frecuencia de portadores sanos `Aa` ($2pq$): 0.48 (48%)

Situaciones Comunes y Cómo Abordarlas:

- 1) Si te dan q^2 (como en el ejemplo): Sigue los pasos 1 al 4 directamente.
- 2) Si te dan p^2 (frecuencia de homocigotos dominantes `AA`):

$$p^2 = \text{valor} \rightarrow p = \sqrt{\text{valor}} \rightarrow q = 1 - p \rightarrow 2pq = 2 * p * q.$$

- 3) Si te dan $2pq$ (frecuencia de heterocigotos `Aa`): No creo que te hagan esta faena porque hay que resolver una ecuación de segundo grado.

* Tienes $2pq$ = valor.

* Y sabes $p + q = 1$.

* Puedes usar $q = 1 - p$ y sustituir: $2 * p * (1 - p) = \text{valor}$, o simplificando $2p^2 - 2p + \text{valor} = 0$.

Resuelves esa ecuación de segundo grado para encontrar p .

$p = (1 \pm \sqrt{1 - 2 * \text{valor}}) / 2$ que daría dos soluciones simétricas, es decir, da lo mismo tomar cualquiera de ellas

4) Si te dan la frecuencia fenotípica del rasgo dominante (individuos AA + Aa):

* El fenotipo dominante incluye AA y Aa . Su frecuencia es $p^2 + 2pq$.

* El fenotipo recesivo (aa) es directamente q^2 .

* Es más fácil empezar por el fenotipo recesivo (aa) porque sabes que es q^2 . Si no te lo dan directamente, calcula la frecuencia del fenotipo recesivo como $1 - (\text{frecuencia del fenotipo dominante})$ y luego eso es q^2 .

Consejos Clave:

1. Empieza siempre por lo que es q^2 : Generalmente es el dato más fácil de identificar (la frecuencia de homocigotos recesivos o del fenotipo recesivo).
2. Asegúrate de usar proporciones (decimales entre 0 y 1): Si te dan un porcentaje (como 16%), conviértelo a decimal (0.16) para los cálculos. Convierte las respuestas finales a porcentajes si se pide.
3. Recuerda $p + q = 1$: Es tu mejor amigo para encontrar p una vez tienes q , o viceversa.
4. La ecuación $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ es para genotipos: Describe las proporciones *esperadas* bajo equilibrio.
5. Verifica tu respuesta: Suma $p^2 + 2pq + q^2$. Debe dar 1 (o 100%). Si no, revisa los cálculos.
6. **Usa una calculadora: Para raíces cuadradas y multiplicaciones.**

¿Por qué es importante Hardy-Weinberg?

* Base: Establece un modelo de cómo se comportan los genes en poblaciones ideales sin fuerzas evolutivas.

* Detectar evolución: Si las frecuencias genotípicas observadas en una población real NO coinciden con las predichas por H-W (p^2 , $2pq$, q^2), ¡es evidencia de que alguna fuerza evolutiva (mutación, migración, selección natural, etc.) está actuando! Es como una línea de base para medir el cambio.

* Medicina: Calcular riesgos de enfermedades genéticas recesivas en poblaciones (como la frecuencia de portadores - $2pq$ - que hicimos en el ejemplo).

¡Practica con varios problemas! Es la mejor forma de afianzarlo.