



$$\int_{-0}^{1\infty} f(x - \theta) dx$$

$$\int \frac{(dx)}{\cos(\tau)} dx$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \theta$$

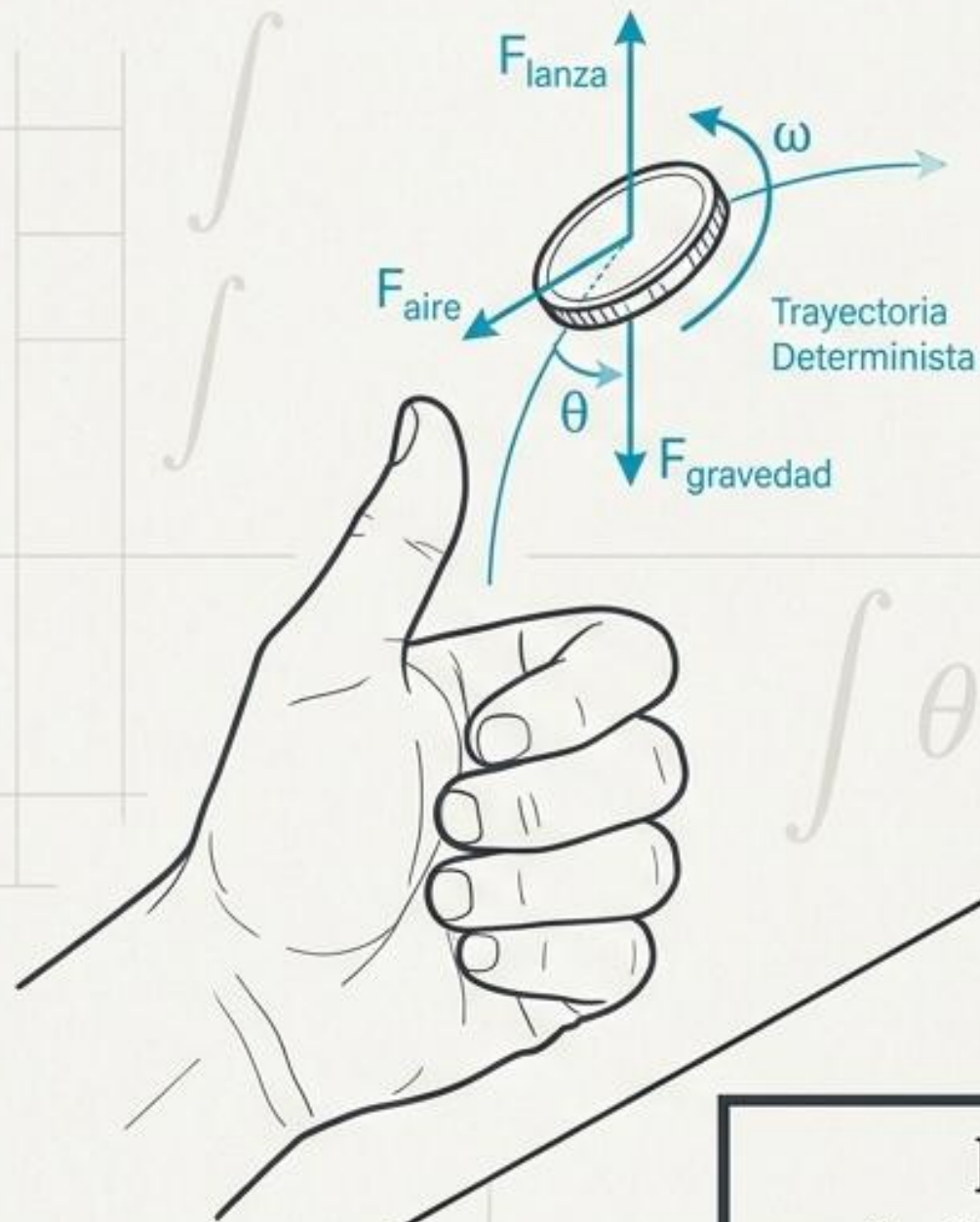
$$\lim_{n \rightarrow \infty} \int f(x) dx$$

$$m(x) = 0$$

La Gran Batalla: Bayes vs. Frecuentistas

La disputa de 200 años sobre la verdadera naturaleza del azar
y cómo define la ciencia moderna.

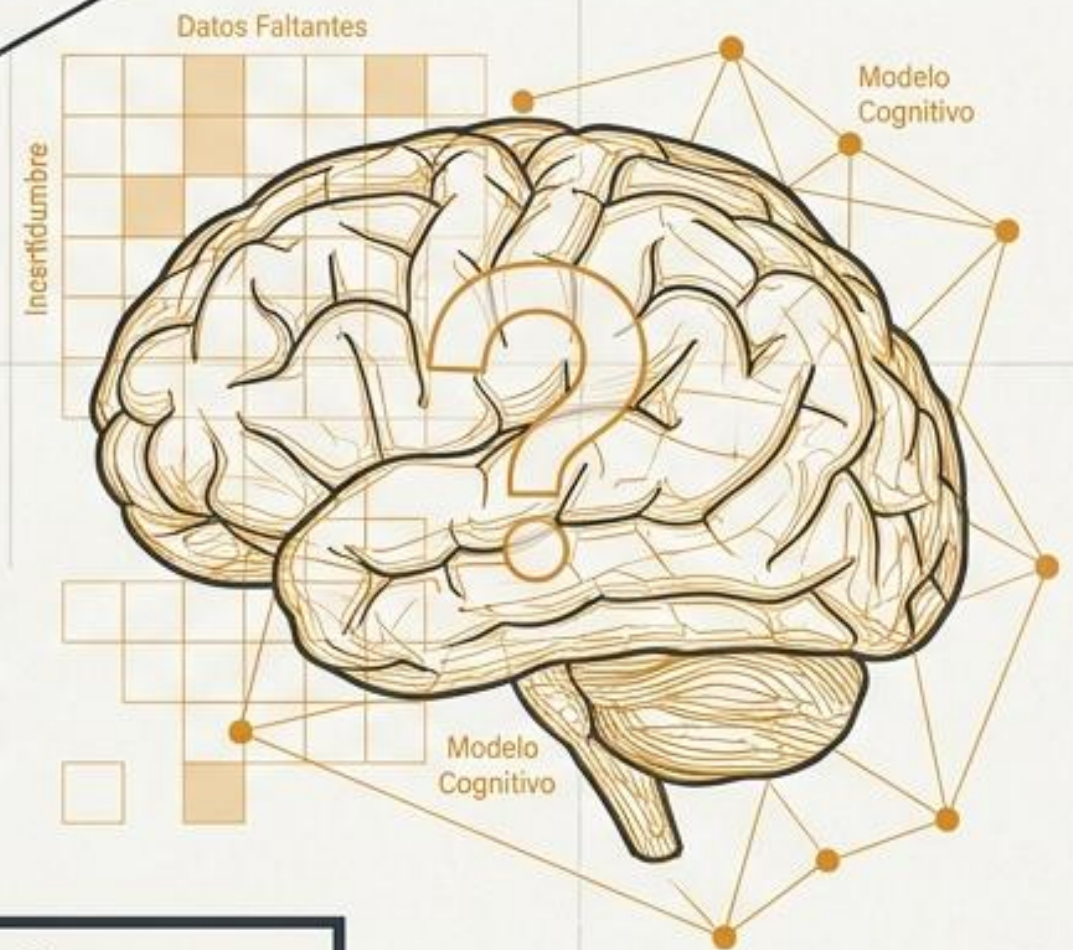
El azar: ¿Una propiedad física irreversible o una simple medida de nuestra ignorancia?



Si conociéramos las leyes físicas exactas y las condiciones iniciales mediante las leyes de Newton, sabríamos exactamente de qué lado caerá una moneda.

Si conociéramos las leyes físicas exactas y las condiciones iniciales mediante las leyes de Newton, sabríamos exactamente de qué lado caerá una moneda.

Entonces, afirmar que hay un '50% de probabilidad'... ¿es describir un *hecho* del universo, o es admitir que *nos falta información*?



Dos filosofías irreconciliables dividen la interpretación del universo.



Frecuentistas

El bando de la objetividad pura.

Sostienen que la probabilidad está 'allá afuera', como una propiedad física del sistema que solo se revela mediante la experimentación incansable.

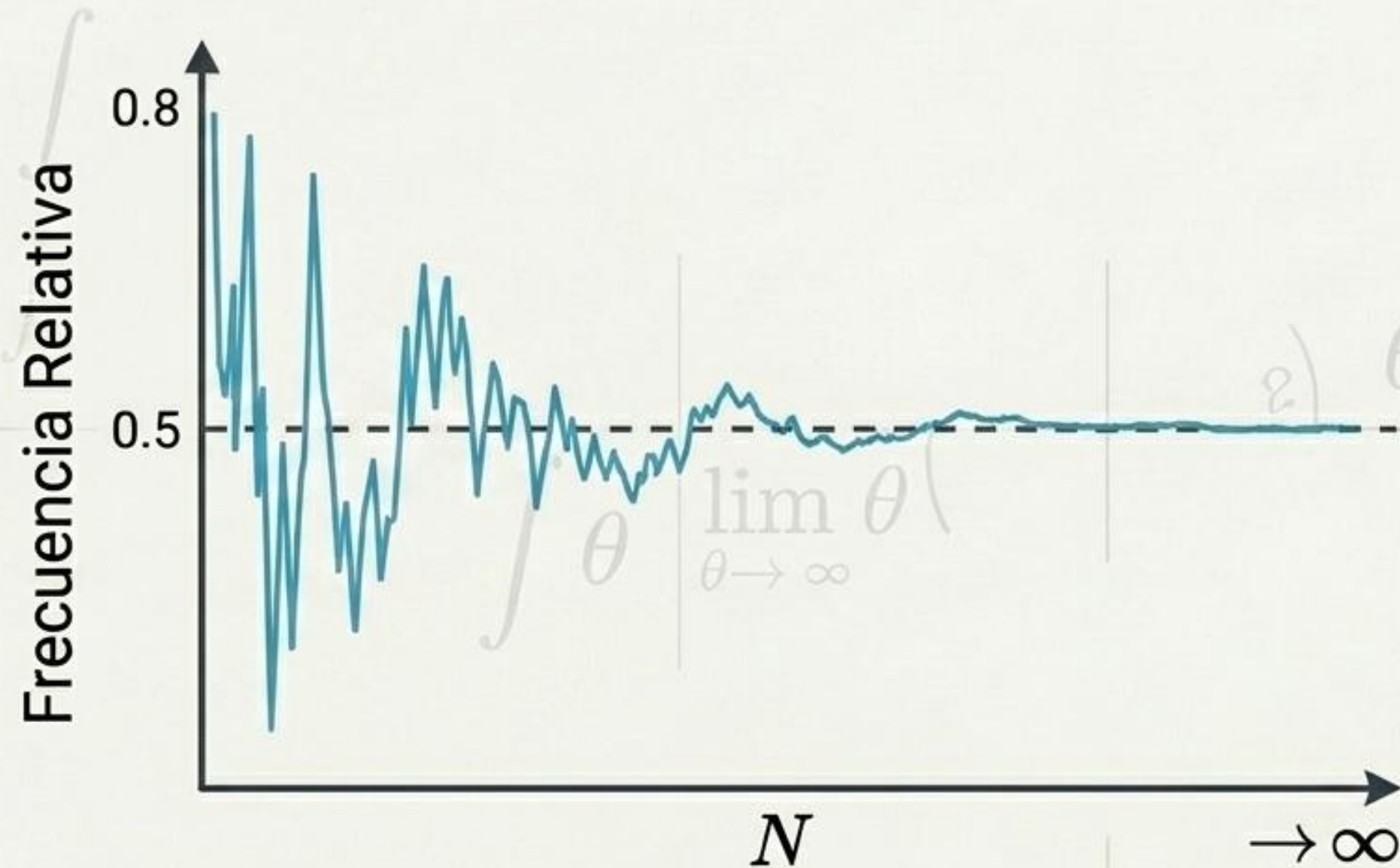


Bayesianos

El bando de la subjetividad coherente.

Sostienen que la probabilidad está 'aquí adentro', en la mente del observador, como un grado de creencia que se actualiza frente a nueva evidencia, respetando los axiomas de Kolmogórov.

El dogma frecuentista: La verdad solo se revela en el infinito.



Probabilidad
objetiva del
evento.

$$P(A) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{n_A}{N}$$

El requisito
ineludible:
repetición
infinita.

Frecuencia relativa
(ocurrencias
divididas por
intentos totales).

La probabilidad solo existe si el experimento puede repetirse de forma idéntica e infinita.

El talón de Aquiles frecuentista: La paradoja de los eventos únicos.

El infinito matemático es una hipótesis inalcanzable. Nadie tiene el tiempo ni los recursos para lanzar una moneda infinitas veces.



Peor aún: ¿qué ocurre con eventos que no se pueden repetir? Para un frecuentista ortodoxo, calcular la probabilidad de que "mañana llueva" o de que una teoría física particular sea cierta carece de sentido matemático. Para ellos, la probabilidad de un evento único simplemente no existe.

El prisma bayesiano: La ciencia como actualización constante de creencias.

$$P(H|E) = \frac{P(E|H) \cdot P(H)}{P(E)}$$

$P(H|E)$ (Probabilidad a posteriori)

El nuevo y mejorado grado de creencia tras procesar la evidencia.

La ciencia no descubre verdades absolutas, actualiza sus creencias.

Matriz de Diagnóstico: Anatomía de una rivalidad intelectual.

	Modelo Frecuentista	Modelo Bayesiano
Naturaleza del azar	Hecho físico, objetivo.	Grado de creencia, subjetivo coherente.
Fórmula Principal	Límite de la frecuencia (N \rightarrow infinito)	Teorema de Bayes (P(H E))
Tratamiento de Eventos Únicos	Imposible calcular. Carece de sentido.	Perfectamente calculable con información previa.
Metáfora Fundamental	Descubrir la propiedad oculta de la moneda de la naturaleza.	Apostar racionalmente y cambiar de opinión al ver caer la moneda.

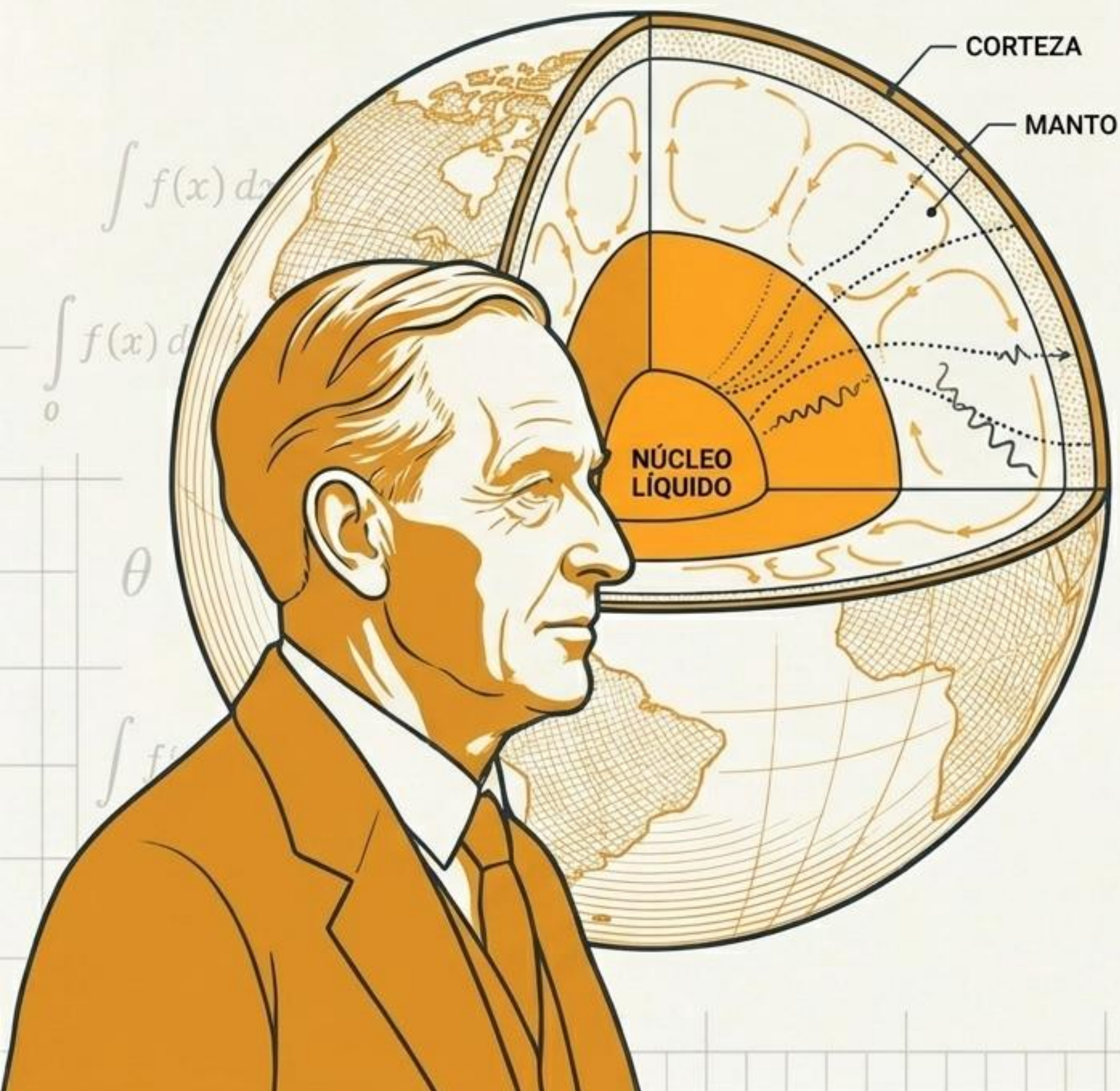
La Guerra de los 200 Años: Del monopolio conceptual al tabú académico.

Siglo XVIII-XIX: Thomas Bayes y Pierre-Simon Laplace dominan. La probabilidad es "sentido común reducido a cálculo".

Actualidad: Renacimiento exponencial impulsado por la computación moderna, la Inteligencia Artificial y la astrofísica.

1890-1940: Ascenso de Fisher, Pearson y Neyman. La probabilidad a priori es repudiada como "seudociencia". Las revistas científicas rechazan sistemáticamente los artículos bayesianos.

TABÚ



Sir Harold Jeffreys y el enigma del núcleo terrestre.

A mediados del siglo XX, la estadística bayesiana sobrevivía en las sombras, custodiada por polímatas que enfrentaban problemas irrepetibles.

Jeffreys necesitaba saber qué había en el centro del planeta. No podía cavar un pozo, ni podía generar 10,000 terremotos en laboratorio para satisfacer la estadística frecuentista de Fisher. Tenía una única Tierra y datos sísmicos ruidosos e incompletos.

La inducción científica requiere probabilidad bayesiana.

$$\int_0^a f(x) dx$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx$$



$$\lim_{n \rightarrow \infty} \int f(x) dx$$

El Rescate: Jeffreys perfeccionó a Bayes. Demostró que la única regla matemática consistente para deducir leyes generales desde datos parciales es el enfoque bayesiano.

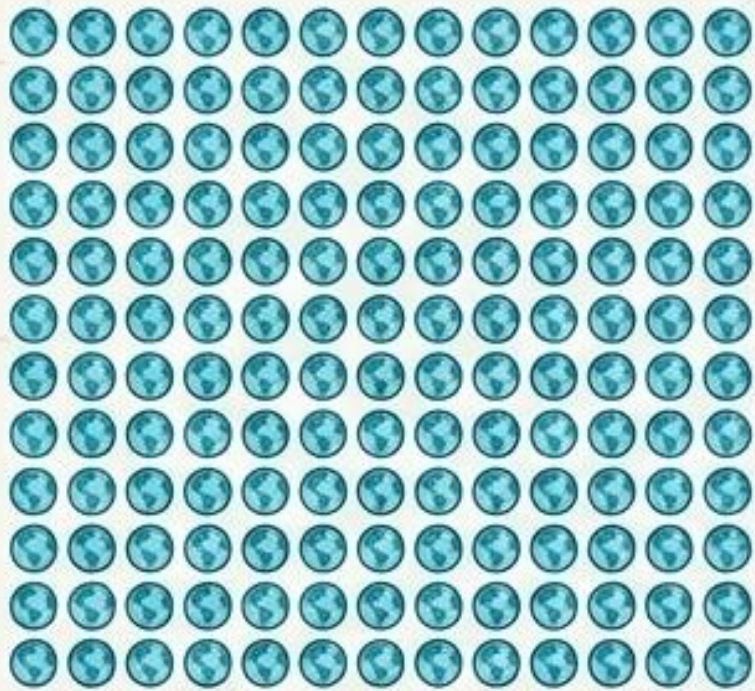
Priors de Jeffreys: Creó probabilidades iniciales "no informativas" basadas en la teoría de la información para evitar prejuicios arbitrarios.

Resultado: Con evidencia limitada y ruidosa, infirió de manera estadísticamente correcta el estado líquido del núcleo terrestre.

Parálisis vs. Acción: El dilema del cambio climático global.

$$\int_0^a f(x) dx$$

Parálisis Frecuentista



Exige observar 10,000 planetas idénticos emitiendo CO2 durante un siglo para calcular una probabilidad "objetiva".

Resultado: Inacción política justificada por la falta de certeza estadística perfecta.

Acción Bayesiana



$$\int_0^a f(x) |f(x) dx$$
$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{p(x) - f(x)}{t}$$
$$\int_0^a p_i \sum_{n=1}^n p(\sigma_i, y) dx$$
$$+ K \left(\sum_{n=0}^n p(\sigma_i, y) \right)$$
$$+ P \left(\sum_{n=1}^n p(\sigma_i, y) \right)$$



Toma la física de Arrhenius como Prior, alimenta el modelo con datos satelitales (Verosimilitud), y actualiza continuamente el riesgo.

Resultado: Entrega un "95% de creencia coherente", permitiendo tomar decisiones bajo incertidumbre extrema.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \int f(x) da$$

El desafío de Marte: Calculando la incertidumbre de lo desconocido.

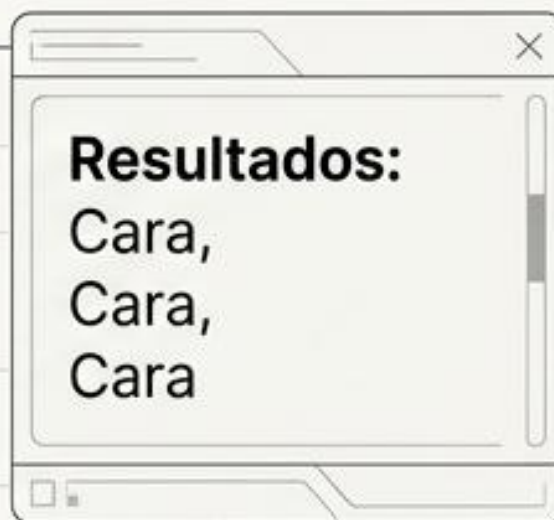
$$\int (e^{-\theta x}) dx$$

El Escenario:

Encontramos una moneda extraterrestre. No sabemos nada sobre su peso o simetría.

Definimos theta como la probabilidad oculta de que salga "Cara Alienígena".

$$\int f(x, y) dx$$



La Acción:

Lanzamos la moneda 3 veces. El resultado es 3 Caras (C, C, C).

$$\lim_{n \rightarrow \infty} f(x)$$

La Pregunta:

Matemáticamente, ¿cuál es la probabilidad de que el próximo lanzamiento sea Cara?

$$\lim_{h \rightarrow \infty} B(\theta)$$

Modelando la ignorancia pura: La Distribución Beta.

$$\int_0^a f(x)dx$$

Densidad

0

0.2

0.4

0.6

0.8

1

Probabilidad theta

$$\lim_{h \rightarrow \infty} E(i)$$

$$\lim_{h \rightarrow \infty} f(x)$$

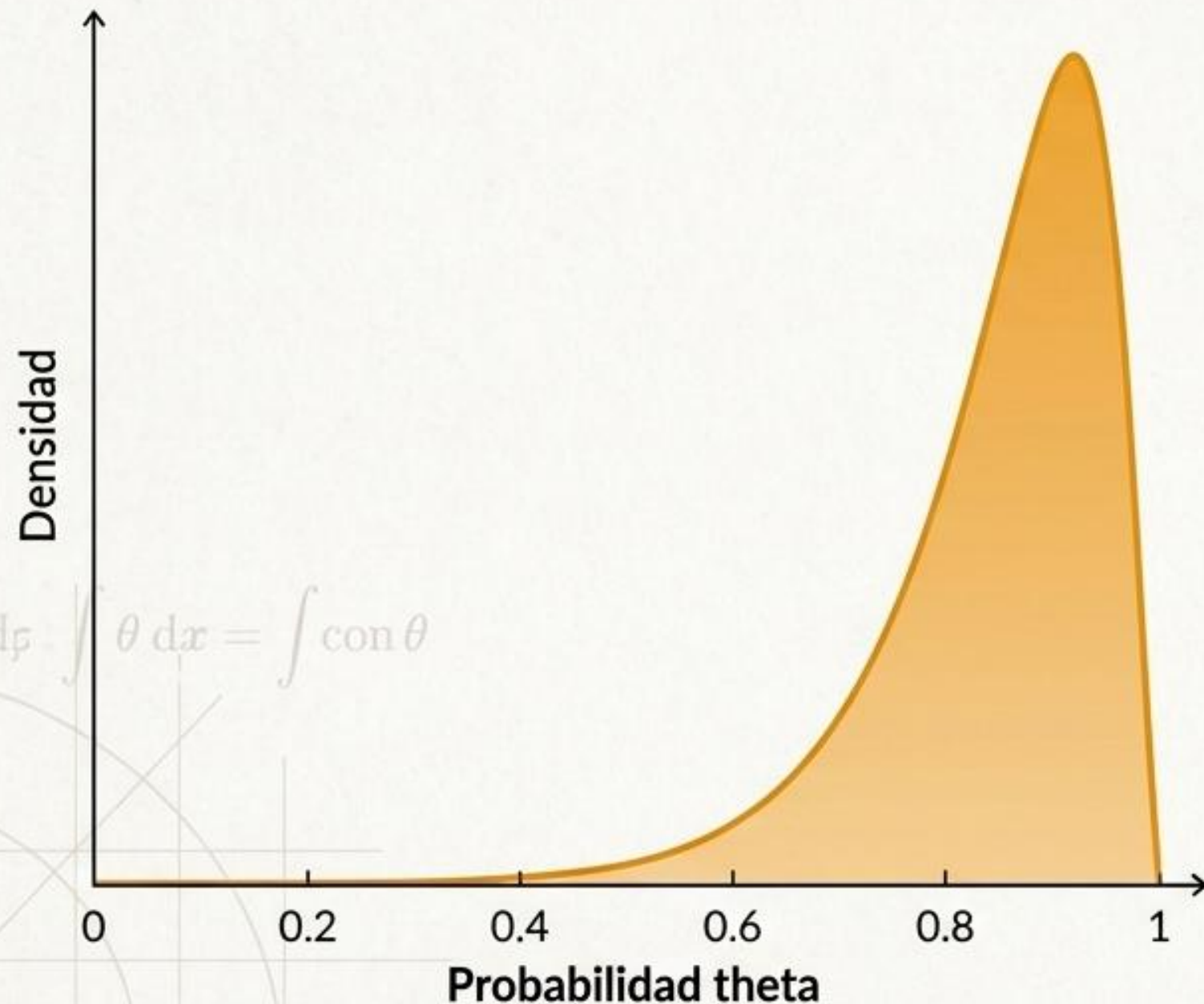
Como theta es continuo entre 0 y 1, usamos la **Distribución Beta(alfa, beta)** donde **alfa** = caras + 1 y **beta** = secas + 1.

La Línea Plana (Beta(1,1)):
Antes de lanzar la moneda extraterrestre, observamos 0 caras y 0 secas. El resultado es una línea perfectamente horizontal.

Significado: El '**Prior Uniforme**'.
Ignorancia matemática total.
Creemos firmemente que cualquier probabilidad entre el 0% y el 100% es igualmente posible.

θ

La actualización de la mente: Certeza matemática con margen de duda.



Respuesta Frecuentista

Cálculo: Caras / Tiros = $3 / 3 = 100\%$.

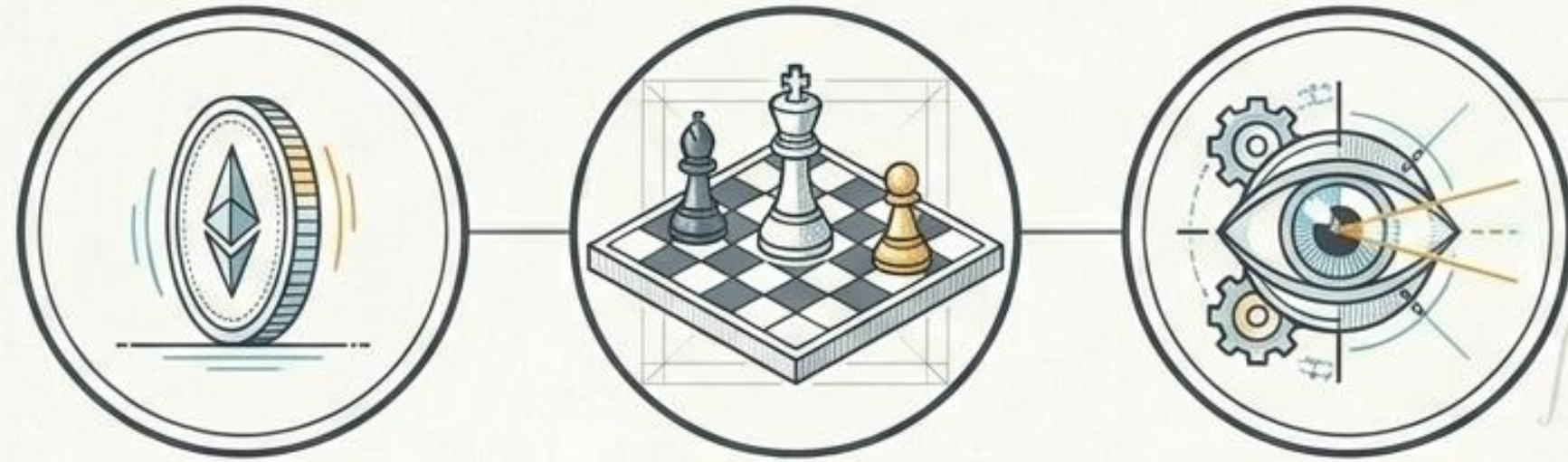
Fallo lógico: Afirma falsamente que siempre saldrá cara, negando cualquier posibilidad de que exista el otro lado.

Respuesta Bayesiana

Curva: Beta(4,1).

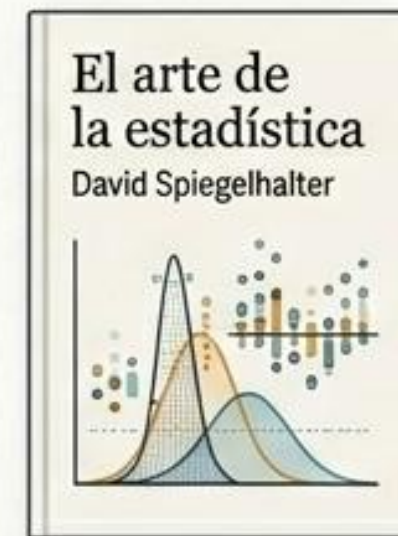
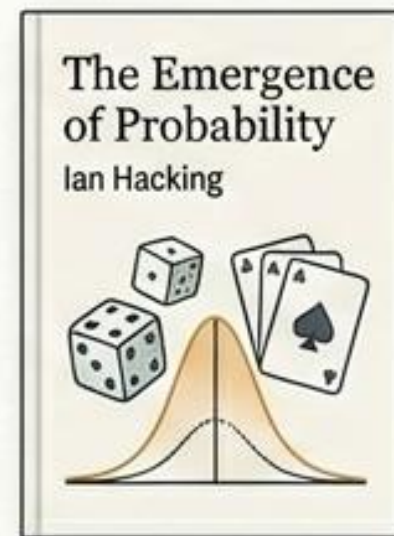
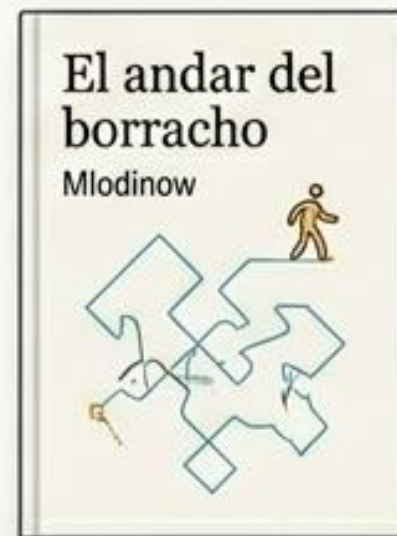
Regla de Sucesión de Laplace = $4 / 5 = 80\%$.

Sabiduría: El modelo confía **altísimamente** en que saldrá cara (80%), pero inteligentemente **reserva un 20%** al margen de duda.



El azar físico existe, pero el raciocinio bayesiano navega la realidad.

Hoy, la dominancia de la Inteligencia Artificial, la medicina de precisión y la exploración espacial demuestran que el legado de Bayes y Jeffreys triunfó.
La ciencia no exige omnisciencia; exige actualización lógica constante.



En un universo fundamentalmente incierto, la mente científica debe estar siempre dispuesta a cambiar de opinión.