

# Falsabilidad y Mundo Probabilístico:

## Fundamentos Conceptuales

### Introducción

Este documento presenta dos conceptos fundamentales para comprender el método científico y la naturaleza de la realidad: el carácter probabilístico del mundo y el principio de falsabilidad. Juntos, explican por qué la ciencia no puede "demostrar que algo NO causa un efecto" y por qué la carga de la prueba recae sobre quien hace afirmaciones positivas.

## 1. Mundo Probabilístico: La Naturaleza de la Realidad

### Definición Fundamental

La realidad física fundamental está gobernada por leyes probabilísticas en lugar de determinísticas absolutas, donde los sistemas exhiben incertidumbre que no puede ser eliminada debido a la complejidad causal infinita a nivel macroscópico y la indeterminación cuántica a nivel fundamental.

### Características Clave

#### 1.1 Complejidad Causal Infinita (Nivel Macroscópico)

Los sistemas del mundo real dependen de un número prácticamente infinito de variables, lo que hace imposible la predicción determinística absoluta incluso cuando las leyes son en principio deterministas.

#### 1.2 Indeterminación Cuántica (Nivel Fundamental)

A nivel fundamental, la mecánica cuántica describe la naturaleza mediante funciones de onda que evolucionan probabilísticamente [1].

#### Regla de Born (explicación simple):

La probabilidad de obtener un resultado particular al medir un sistema cuántico es igual al cuadrado de un número llamado "amplitud de probabilidad" ( $\psi$ ). Si  $\psi = 0.7$ , entonces la probabilidad es  $(0.7)^2 = 0.49 = 49\%$ .

#### 1.3 Tipos de Incertidumbre

- Epistémica:** "No sabemos porque nos falta información" (complejidad práctica)

- **Ontológica:** "La naturaleza misma es inherentemente probabilística" (mecánica cuántica) [2]

## Ejemplos Concretos del Mundo Probabilístico

### Ejemplo 1: Decaimiento Radiactivo (Incertidumbre Ontológica)

- Un átomo de Uranio-238 tiene una vida media de 4.5 mil millones de años
- No podemos predecir exactamente cuándo decaerá un átomo individual
- Solo podemos asignar probabilidades: 50% de decaimiento en 4.5 mil millones de años
- Esta es incertidumbre fundamental y ontológica, no por falta de información
- La naturaleza misma es probabilística a nivel cuántico

### Ejemplo 2: Lanzamiento de Moneda (Complejidad Causal Infinita)

Cuando lanzas una moneda al aire, sabemos que caerá cara o cruz. Pero no podemos predecir cuál será el resultado porque necesitarías conocer infinitas condiciones iniciales con precisión perfecta:

- Fuerza exacta aplicada (en tres dimensiones)
- Ángulo de lanzamiento (precisión de microradianes)
- Velocidad de rotación inicial
- Corrientes de aire microscópicas
- Temperatura del aire y de la moneda
- Humedad relativa
- Vibraciones del suelo
- Densidad del aire a diferentes alturas
- Irregularidades de la superficie de la moneda
- Y miles de variables más...

**Punto clave:** Aunque la moneda tiene un estado determinado en el aire (es cara o cruz en cada instante, solo que no lo sabemos), la cantidad de información necesaria para predecir el resultado es prácticamente infinita. Por lo tanto, en la práctica, tratamos el resultado como probabilístico.

### Ejemplo 3: El Universo Que Produjo a Tu Novia

Para explicar completamente por qué tu novia existe exactamente como es, necesitarías conocer:

- Todos los eventos que llevaron a que sus padres se conocieran en ese momento exacto
- Todos los eventos que llevaron a que sus abuelos se conocieran
- La historia evolutiva completa de la especie humana durante millones de años
- Las condiciones del universo hace 13.8 mil millones de años
- Cada interacción molecular durante su desarrollo embrionario
- Cada experiencia de vida que formó su personalidad
- Cada decisión tomada por miles de generaciones de ancestros

- Las condiciones ambientales de cada momento de la historia humana
- Literalmente TODAS las variables del universo desde el Big Bang

**Conclusión:** Es imposible tener toda esa información. Por lo tanto, vivimos en un mundo donde:

- Sabemos que las cosas tienen causas
- Pero no podemos rastrear todas las causas con precisión absoluta
- Solo podemos hacer afirmaciones probabilísticas sobre relaciones causales

**Por más que deseemos ser especiales, la idea de que 'el universo conspira a nuestro favor' contradice la evidencia fundamental de un mundo probabilístico. Conspirar requiere intención, planificación, agencia y propósito— propiedades que el universo físico simplemente no posee. Somos un resultado estadísticamente posible entre infinitas posibilidades, producto de leyes impersonales que operan sin distinguir entre nuestros deseos y cualquier otro evento aleatorio. No es que quiera disminuir nuestro valor, sino reconocer la realidad: el universo no conspira ni a favor ni en contra - simplemente ES, y nosotros interpretamos patrones donde solo existe aleatoriedad gobernada por probabilidad.**

## **Implicación Crucial para la Ciencia**

En un mundo probabilístico:

- No podemos alcanzar certeza del 100% sobre la ausencia de fenómenos
- Solo podemos decir: "La probabilidad de X es extremadamente baja basándose en toda la evidencia disponible"
- Las predicciones científicas son probabilísticas, no absolutas
- La complejidad causal infinita hace imposible el conocimiento completo de cualquier sistema macroscópico

## **2. Falsabilidad: El Criterio de Demarcación Científica**

### **Definición**

**Una hipótesis es científica si especifica qué observaciones empíricas la refutarían. La carga de la prueba recae sobre quien hace una afirmación positiva, NO sobre quien la niega.**

### **Principio de Russell: La Tetera Orbital**

Bertrand Russell ilustró este concepto perfectamente:

*"Si yo dijera que existe una tetera de porcelana orbitando entre la Tierra y Marte, tan pequeña que ningún telescopio puede detectarla, nadie podría refutarme. Pero sería absurdo esperar que otros crean mi afirmación solo porque no pueden demostrar que estoy equivocado."*

## Características Esenciales

### 1. Asimetría Lógica:

- No puedes verificar una ley universal (requiere infinitas observaciones)
- Puedes falsificarla con una sola contra-observación

### 2. Carga de la Prueba:

- Quien afirma que algo existe o causa un efecto debe probarlo
- NO es responsabilidad de otros demostrar la negación

### 3. Hipótesis Nula como Posición por Defecto:

- $H_0$ : NO hay efecto (posición por defecto)
- $H_1$ : SÍ hay efecto (afirmación que requiere evidencia)

## Ejemplos de Falsabilidad

### Ejemplo 1: Tu Tetera en Júpiter

- **Afirmación no falsable:** "Existe una tetera dando vueltas alrededor de Júpiter"
- **Problema:** No puedes probar que NO existe (imposible inspeccionar todo Júpiter simultáneamente)
- **Carga de prueba:** Quien afirma que existe debe encontrarla y mostrarla

## 3. Por Qué es Incorrecto Intentar "Demostrar Que las Cosas NO Causan"

### Problema Lógico Fundamental

No puedes probar negativos universales por tres razones entrelazadas:

#### 3.1 Imposibilidad por Complejidad Causal Infinita

Para demostrar que X definitivamente NO causa Y, necesitarías:

- Conocer todas las variables relevantes en el universo
- Controlar todas las condiciones posibles
- Examinar todos los casos en todo tiempo y espacio
- Esto es prácticamente imposible debido a la complejidad causal infinita

#### 3.2 Inversión de Carga de Prueba

- **CORRECTO:** "Quien afirma que X causa Y debe proveer evidencia"
- **INCORRECTO:** "Demuestra que X NO causa Y"

### 3.3 Hipótesis Nula No es Falsable

- $H_0$ : Tylenol NO causa autismo → No falsable (posición por defecto)
- $H_1$ : Tylenol CAUSA autismo → Falsable (afirmación que requiere evidencia)

### Conexión con Mundo Probabilístico

La naturaleza probabilística del mundo refuerza por qué no podemos "probar negativos":

- La complejidad causal infinita hace imposible examinar todas las variables
- La incertidumbre cuántica añade aleatoriedad fundamental
- Juntas implican que nunca podemos tener certeza absoluta sobre ausencias

### Consecuencias para la Inferencia Estadística

| Operación                    | Estatus Lógico                                      |
|------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Rechazar $H_0$ con evidencia | Válido                                              |
| Fallar en rechazar $H_0$     | Válido (no hay evidencia suficiente)                |
| "Probar" $H_0$               | INVÁLIDO (lógicamente imposible)                    |
| "Aceptar" $H_0$              | Impreciso (mejor: "No hay evidencia contra $H_0$ ") |

### Ejemplos Aplicados

#### Ejemplo 1: Tylenol y Autismo

**Incorrecto:** "Prueba que Tylenol NO causa autismo"

**Correcto:** "Quien afirma que Tylenol causa autismo debe proveer evidencia. Tras estudios extensos con millones de casos y control de miles de variables, no hay evidencia de relación causal. Por lo tanto, la probabilidad de causalidad es extremadamente baja ( $\approx 0$ ). Sin embargo, debido a la complejidad causal infinita, nunca podemos alcanzar certeza absoluta de ausencia."

#### Ejemplo 2: Dragones Invisibles

**Incorrecto:** "Prueba que NO existen dragones invisibles en mi garaje"

**Correcto:** "Sin evidencia positiva de su existencia, la posición por defecto es que no existen. La carga de prueba recae sobre quien afirma su existencia. Sería imposible examinar todas las ubicaciones posibles y todos los momentos del tiempo para 'probar' su ausencia."

## 4. Integración: Mundo Probabilístico + Falsabilidad

### Relación Conceptual

Mundo Probabilístico

↓

(Complejidad Causal Infinita + Incertidumbre Cuántica)

↓

+ Falsabilidad

↓

= Conocimiento Científico

↓

- → Solo podemos refutar afirmaciones positivas
- → No podemos probar ausencias universales
- → Carga de prueba sobre quien afirma
- → **Conclusión: Es incorrecto intentar demostrar que algo NO causa**

### Tabla Síntesis

| Concepto             | Definición                                                                      | Implicación                                                   |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Mundo Probabilístico | La realidad exhibe incertidumbre por complejidad causal y aleatoriedad cuántica | No hay certeza absoluta sobre ausencias                       |
| Complejidad Causal   | Sistemas dependen de infinitas variables                                        | Imposible conocimiento completo de causas                     |
| Falsabilidad         | Solo afirmaciones positivas son falsables                                       | La ciencia refuta, no verifica                                |
| Carga de Prueba      | Quien afirma debe probar                                                        | No se puede exigir "prueba de negativo"                       |
| Hipótesis Nula       | Posición por defecto (ausencia de efecto)                                       | No es falsable, solo puede ser rechazada                      |
| Consecuencia         | —                                                                               | <b>Es lógicamente imposible "demostrar que algo NO causa"</b> |

## 5. Conclusión: Implicaciones para la Práctica Científica

## Principios Rectores

### 1. Nunca intentes "probar" que algo NO causa un efecto

- Lógicamente imposible debido a complejidad causal infinita
- Invierte la carga de la prueba incorrectamente

### 2. Exige evidencia positiva para afirmaciones positivas

- "X causa Y" requiere demostración empírica
- Ausencia de evidencia no es evidencia de ausencia, pero tampoco es razón para creer

### 3. Reconoce la naturaleza probabilística del conocimiento

- Todas las conclusiones científicas son probabilísticas
- La certeza absoluta no existe en ciencia empírica
- La complejidad causal impide conocimiento completo

### 4. Usa correctamente la hipótesis nula

- $H_0$  es posición por defecto, no una afirmación a probar
- Solo puede ser rechazada con evidencia suficiente, nunca "probada"

## Aplicación Práctica

Cuando enfrentes afirmaciones extraordinarias:

- **Pregunta correcta:** "¿Cuál es la evidencia de que X causa Y?"
- **Pregunta incorrecta:** "¿Puedes probar que X NO causa Y?"

## Referencias

1. Pitowsky, I. (2006). "Quantum Mechanics as a Theory of Probability" [Link]
2. Wetterich, C. (2024). "The Probabilistic World II: Quantum Mechanics from Classical Statistics" [Link]
3. Caves, Fuchs, & Schack (2002). "Quantum Probabilities as Bayesian Probabilities" [Link]
4. Popper, K. (1963). "Science as Falsification" [Link]

*Universidad de Puerto Rico en Aguadilla*

*Departamento de Matemáticas*

*Prof. José Neville Díaz Caraballo*