

# Entropía, Información y Termodinámica

Juan Montoya

Universidad de Antioquia

1 de octubre de 2025

# La Revolución de Shannon: Información como Concepto Físico

## Teoría de la Información (1948)

- **Entropía de Shannon:**  $H = -\sum_i p_i \log_2 p_i$
- Un bit = respuesta a una pregunta sí/no

## Conexión Fundamental

- Entropía termodinámica  $\leftrightarrow$  Entropía informacional
- $S = k \ln W$  (Boltzmann) vs.  $H = \sum p_i \log p_i$  (Shannon)



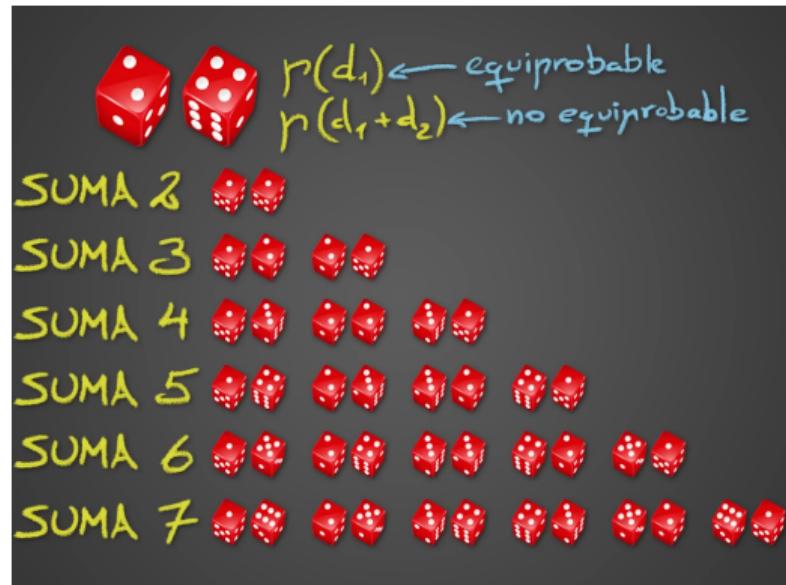
# Entropía: Muy distinta a "desorden"

## ¿Qué NO es la entropía?

- No es simplemente "desorden"
- No depende de percepciones subjetivas
- No siempre aumenta localmente

## ¿Qué SÍ es la entropía?

- Número de microestados:  $S = k \ln \Omega$
- Información faltante sobre el sistema
- Medida de incertidumbre cuantificable



# La Segunda Ley: Estadística, No Determinismo

## Interpretación Moderna (Boltzmann)

- $\Delta S \geq 0$
- Ejemplo: gas expandiéndose en una caja



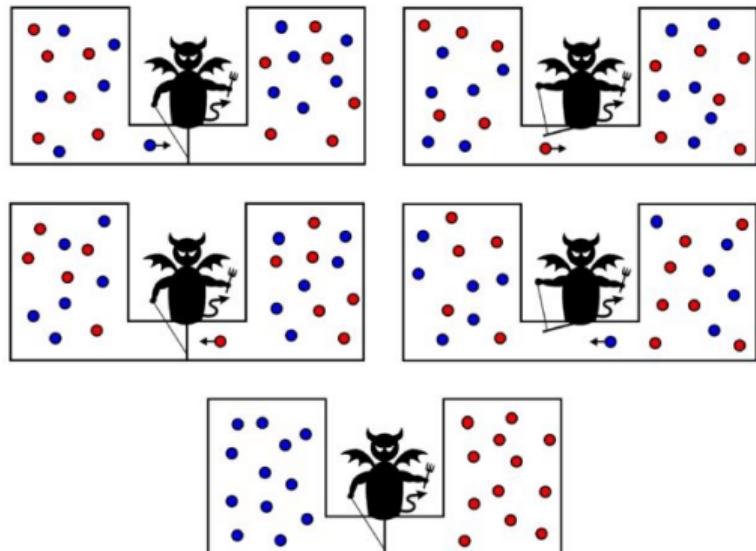
# El Demonio de Maxwell: Información, Trabajo y Borrado

## La Paradoja (1867)

- Demonio inteligente separa moléculas
- Aparentemente viola la segunda ley

## Resolución

- Borrar 1 bit cuesta  $kT \ln 2$  de trabajo
- El demonio debe borrar información



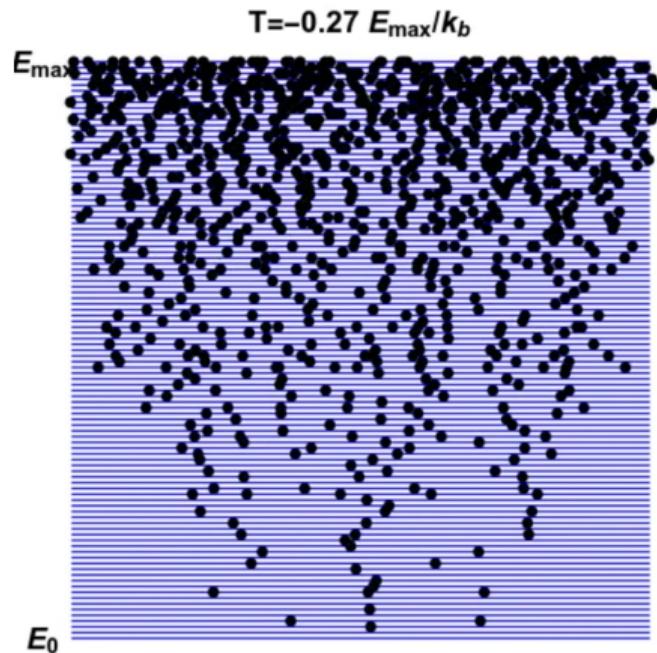
# Temperatura Negativa: Más Caliente que Infinito

## ¿Qué son las temperaturas negativas?

- Sistemas con energía máxima finita
- Inversión de población: más partículas en estados de alta energía

## Ejemplos Reales

- Láseres (inversión de población)
- Gases cuánticos ultrafríos



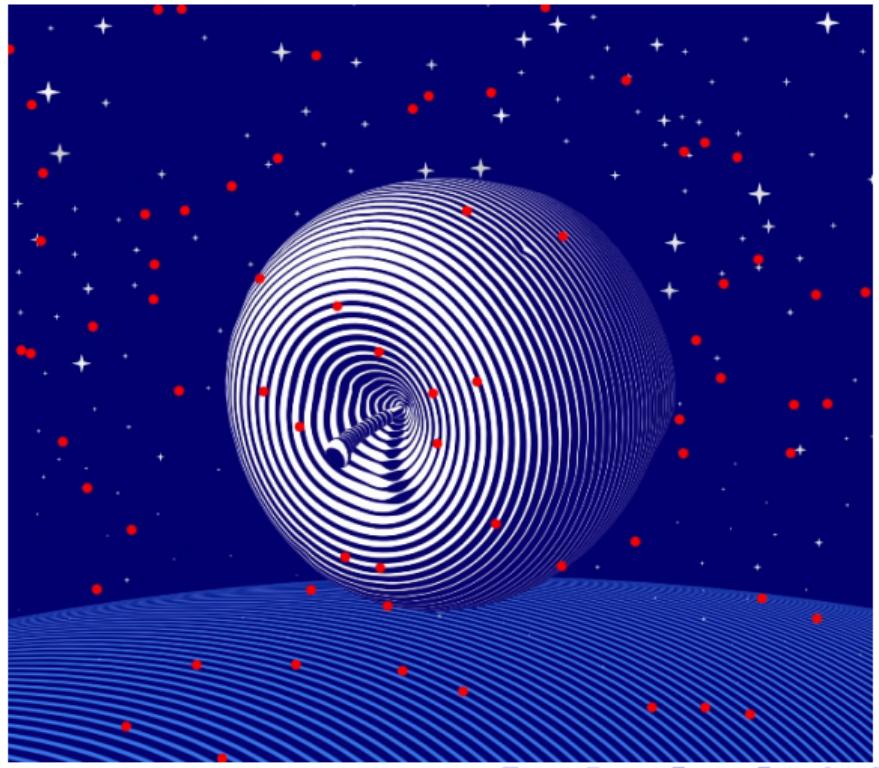
# Termodinámica Cuántica y Gravedad Entrópica

## Termodinámica Cuántica

- Máquinas térmicas cuánticas
- Baterías cuánticas

## Gravedad Entrópica

- Gravedad como fuerza emergente
- Conexión con entropía de agujeros negros



# Conclusiones

## Conceptos

- Información conecta termodinámica, mecánica cuántica y computación
- Entropía: de concepto térmico a medida universal de información

## Implicaciones Filosóficas

- La realidad física podría ser informational
- "It from Bit" (Wheeler)

## Aplicaciones Futuras

- Computación cuántica eficiente
- Nuevas tecnologías de refrigeración