





# RATIO ET NUMEN

PLAUSIBILIDAD DE DIOS

Jesus Fernandez-Pedreira



© 2025 Jesús Fernández-Pedreira Correa.

Todos los derechos reservados.

Se prohíbe la reproducción total o parcial sin permiso.

Primera Edición, Sant Boi de Llobregat, julio de 2025.

Impresión bajo demanda.



A mis hijos, Rafael-Andreu, Marta, Javier  
y David, con todo mi amor.

“Escucha, Israel: El Señor es nuestro Dios, el Señor es solamente uno. Amarás al Señor, tu Dios, con todo tu corazón, con toda tu alma, con toda tu fuerza. Las palabras que hoy te digo las guardarás en tu corazón, las repetirás a tus hijos y hablarás de ellas, en casa y de camino, acostado y levantado” (Deut 6, 4-7).



## CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>RATIO ET NUMEN: ITINERARIO FILOSÓFICO Y CIENTÍFICO HACIA DIOS CÓMO ÚNICA OPCIÓN PLAUSIBLE .....</b> | <b>19</b> |
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>  | <b>19</b> |
| <b>HABLANDO DE DIOS.....</b>   | <b>20</b> |
| <b>LA SINGULARIDAD DEL "EHYEH".....</b>  | <b>21</b> |
| <b>"EYEH ASHER EHYEH": INTERPRETACIONES LINGÜÍSTICAS Y FILOSÓFICAS.....</b>                            | <b>22</b> |
| <b>DE CUÁNDO PROCEDE LA TRADICIÓN QUE LO SUSTENTA .....</b>  | <b>24</b> |
| <b>EL CONTEXTO: LA PREGUNTA POR EL NOMBRE .....</b>  | <b>27</b> |
| <i>El Análisis de la Expresión Hebrea: Ehyeh asher Ehyeh ..</i>  | <i>28</i> |
| <i>Las Capas de Significado: ¿Qué Mensaje Transmitía Dios?</i>   | <i>30</i> |
| <i>La Conexión con el Nombre Sagrado: YHWH (יהוה).....</i>   | <i>33</i> |
| <i>Conclusión: ¿Qué Quiso Decir Dios? .....</i>  | <i>33</i> |
| <b>LA CUESTIÓN DE LA EXISTENCIA DE DIOS .....</b>  | <b>35</b> |
| <b>PROLEGÓMENOS METAFÍSICOS: LOS FUNDAMENTOS DEL SER Y DEL CONOCER .....</b>                           | <b>39</b> |
| <b>EL PRINCIPIO DE INTELIGIBILIDAD: DE LA NADA, NADA PROVIENE.....</b>                                 | <b>39</b> |
| <i>El Axioma Clásico Ex Nihilo Nihil Fit.....</i>  | <i>39</i> |
| <i>La Contradicción Lógica de "la Nada".....</i>   | <i>40</i> |
| <i>Distinción Crucial: Creatio ex Nihilo .....</i>   | <i>40</i> |
| <b>EL PRINCIPIO DE RAZÓN SUFICIENTE (PRS) .....</b>  | <b>43</b> |
| <b>SERES NECESARIOS Y SERES CONTINGENTES.....</b>  | <b>45</b> |
| <b>DEFINICIONES FUNDAMENTALES.....</b>   | <b>45</b> |
| <b>LA CONTINGENCIA RADICAL DEL UNIVERSO.....</b>   | <b>46</b> |
| <b>LA NATURALEZA DEL TIEMPO, EL ESPACIO Y EL INFINITO.....</b>   | <b>49</b> |
| <b>TIEMPO Y ESPACIO COMO CATEGORÍAS DEL MUNDO MATERIAL.....</b>  | <b>49</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <i>El Problema del Infinito Actual</i> .....   | 49        |
| <i>La Imposibilidad de un Regreso Temporal Infinito</i> .....                          | 50        |
| <b>LA VÍA COSMOLÓGICA: EN BUSCA DE UN FUNDAMENTO PARA EL UNIVERSO</b> .....            | <b>53</b> |
| EL ARGUMENTO DESDE LA CONTINGENCIA (VÍA TOMISTA Y LEIBNIZIANA) .....                   | 53        |
| <i>La Tercera Vía de Tomás de Aquino</i> .....   | 53        |
| <i>El Argumento de la Razón Suficiente de Leibniz</i> .....                            | 54        |
| EL ARGUMENTO COSMOLÓGICO KALÂM: EL COMIENZO DEL TIEMPO .....                           | 56        |
| <i>Estructura Silogística</i> .....  | 56        |
| <i>Defensa de la Premisa 1 (Principio Causal)</i> .....                                | 56        |
| <i>Defensa de la Premisa 2 (El Comienzo del Universo)</i> .....                        | 57        |
| <b>LA NATURALEZA DE LA CAUSA PRIMERA: DE LA METAFÍSICA A LA TEOLOGÍA NATURAL</b> ..... | <b>59</b> |
| LOS ATRIBUTOS TRASCENDENTALES DEL FUNDAMENTO DEL SER .....                             | 59        |
| LA CAUSA COMO MENTE: EL ARGUMENTO DE LA PERSONALIDAD .....                             | 61        |
| <i>El Dilema de la Causa Atemporal</i> .....   | 61        |
| <i>La Volición como Solución</i> .....   | 62        |
| <i>Conclusión: La Causa es Personal</i> .....  | 62        |
| <b>CONVERGENCIAS: OTRAS VÍAS HACIA LO DIVINO ....</b>                                  | <b>65</b> |
| EL ARGUMENTO TELEOLÓGICO: EL AJUSTE FINO DEL COSMOS .....                              | 65        |
| <i>Del Diseño Clásico al Ajuste Fino</i> .....   | 65        |
| <i>La Inferencia a la Mejor Explicación</i> .....                                      | 66        |
| EL ARGUMENTO MORAL: EL FUNDAMENTO DEL BIEN .....                                       | 67        |
| <i>La Realidad de la Moral Objetiva</i> .....  | 67        |
| EL ARGUMENTO ONTOLÓGICO: LA LÓGICA DE LA PERFECCIÓN MÁXIMA .....                       | 69        |
| <i>El Argumento Clásico de Anselmo</i> .....   | 69        |
| <i>La Reformulación Modal de Alvin Plantinga</i> .....                                 | 69        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>EL CRISOL DE LA CRÍTICA: OBJECIONES Y RESPUESTAS.....</b>  | <b>73</b>  |
| <b>OBJECIONES A LOS ARGUMENTOS COSMOLÓGICOS .....</b>   | <b>73</b>  |
| <i>Objeciones desde la Física Moderna:.....</i>   | <i>74</i>  |
| <b>OBJECIONES A LOS ARGUMENTOS TELEOLÓGICO Y MORAL .</b>  | <b>75</b>  |
| <i>Objeciones al Diseño: .....</i>  | <i>75</i>  |
| <i>Objeciones a la Moral:.....</i>  | <i>77</i>  |
| <b>SÍNTESIS: HACIA UNA TEODICEA RACIONAL .....</b>  | <b>79</b>  |
| <b>EL CASO ACUMULATIVO PARA EL TEÍSMO .....</b>   | <b>79</b>  |
| <i>El Teísmo como Hipótesis Explicativa Superior .....</i>  | <i>79</i>  |
| <b>EPÍLOGO: FIDES ET RATIO - LA FE EN BUSCA DEL ENTENDIMIENTO .....</b>   | <b>81</b>  |
| <b>SOBRE LA CIENCIA .....</b>   | <b>83</b>  |
| <b>LAS COSAS DEPENDIENTES.....</b>  | <b>84</b>  |
| <b>EL AJUSTE FINO .....</b>   | <b>87</b>  |
| <b>ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS FINAMENTE AJUSTADOS PARA UN UNIVERSO BIÓFILO: UN ESTUDIO OBJETIVO .....</b> | <b>88</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN AL CONCEPTO DE AJUSTE FINO .....</b>  | <b>88</b>  |
| <i>Definición de un Universo Finamente Ajustado.....</i>  | <i>88</i>  |
| <i>Clasificación del Ajuste Fino: Una Taxonomía de la Precisión .....</i>   | <i>90</i>  |
| <b>EL AJUSTE FINO DE LAS CUATRO FUERZAS FUNDAMENTALES .....</b>   | <b>92</b>  |
| <i>La Fuerza Nuclear Fuerte: El Pegamento del Cosmos .....</i>  | <i>92</i>  |
| <i>La Fuerza Electromagnética: La Arquitecta de la Química.....</i>   | <i>94</i>  |
| <i>La Fuerza Nuclear Débil: El Marcapasos de las Estrellas .....</i>  | <i>96</i>  |
| <i>La Fuerza Gravitacional: La Escultora de Galaxias.....</i>   | <i>97</i>  |
| <b>EL AJUSTE FINO DE LA ARQUITECTURA COSMOLÓGICA.....</b>   | <b>99</b>  |
| <i>La Constante Cosmológica (<math>\Lambda</math>): El Equilibrio entre Expansión y Colapso .....</i>             | <i>100</i> |
| <i>El Parámetro de Densidad (<math>\Omega</math>) y la Planitud del Espacio-Tiempo.....</i>                       | <i>102</i> |

|  |            |
|--|------------|
| <i>La Entropía Inicial del Universo: El Origen del Orden...</i>  | 103        |
| EL AJUSTE FINO EN LAS PROPIEDADES DE LA MATERIA Y LOS<br>PROCESOS NUCLEARES .....                          | 106        |
| <i>La Diferencia de Masa Protón-Neutrón: Un Equilibrio para<br/>    la Estabilidad</i> .....               | 106        |
| <i>La Resonancia del Carbono: El Estado de Hoyle y el Origen<br/>    de los Elementos de la Vida</i> ..... | 108        |
| CONCLUSIÓN: UN UNIVERSO EN EL FILO DE LA NAVAJA.....   | 110        |
| <i>Síntesis de los Hallazgos</i> .....   | 110        |
| <b>EL MULTIVERSO.....</b>  | <b>117</b> |
| <b>DESAFÍOS IRRESOLUBLES DE LA HIPÓTESIS DEL MULTIVERSO:<br/>    UN ANÁLISIS CRÍTICO.....</b>              | <b>118</b> |
| <b>UN MARCO PARA LA CLASIFICACIÓN: LA JERARQUÍA DE<br/>    TEGMARK.....</b>                                | <b>118</b> |
| <i>Nivel I: El Multiverso Mosaico (Quilted Multiverse).</i> .....  | 118        |
| <i>Nivel II: El Multiverso Inflacionario.</i> .....  | 123        |
| <i>Nivel III: El Multiverso Cuántico.</i> .....  | 126        |
| <i>Nivel IV: El Conjunto Definitivo (Ultimate Ensemble).</i> ..  | 131        |
| <b>EL ABISMO EPISTEMOLÓGICO: LA FALSABILIDAD Y LA<br/>    DEMARCACIÓN DE LA CIENCIA .....</b>              | <b>135</b> |
| <i>El Problema Central: Lo Inobservable e Infalsable</i> .....   | 136        |
| <i>La Paradoja del Infinito: El Problema de la Medida en la<br/>        Inflación Eterna</i> .....         | 137        |
| <i>El Fracaso de las Medidas Propuestas y la Paradoja de la<br/>        Juventud</i> .....                 | 139        |
| <i>Observadores Patológicos: El Problema del Cerebro de<br/>        Boltzmann</i> .....                    | 140        |
| <i>El Vínculo con el Multiverso</i> .....  | 142        |
| <i>Inestabilidad Cognitiva y Reductio ad Absurdum</i> .....  | 142        |
| <b>LA CRISIS PREDICTIVA: EL PAISAJE DE LA TEORÍA DE<br/>    CUERDAS Y EL PANTANO.....</b>                  | <b>143</b> |
| <i>El Problema del Paisaje: De una Teoría del Todo a una<br/>        Teoría de Cualquier Cosa</i> .....    | 144        |
| <i>Fracaso en la Predicción de Parámetros Clave</i> .....  | 145        |

|   |            |
|---|------------|
| <i>Las Conjeturas del Pantano: Un Intento de Recuperar la Predictividad</i> .....   | 146        |
| ENIGMAS FUNDAMENTALES Y FILOSÓFICOS.....  | 147        |
| <i>El Principio Antrópico: ¿Explicación o Tautología?</i> .....   | 147        |
| <i>La Navaja de Ockham y la Extravagancia Ontológica</i> ....   | 148        |
| <i>La Conservación de la Energía</i> .....  | 149        |
| <i>Conclusión: ¿Solución elegante o ilusión matemática?</i> ..  | 153        |
| <i>Conservación Global vs. Local</i> .....  | 154        |
| LA BÚSQUEDA DE TRAZAS EMPÍRICAS: RESULTADOS NULOS Y PERSPECTIVAS FUTURAS .....  | 158        |
| <i>La Esperanza de Evidencia Indirecta: Colisiones de Burbujas</i> .....  | 159        |
| <i>El Veredicto de WMAP y Planck</i> .....  | 159        |
| CONCLUSIÓN: UNA HIPÓTESIS EN LA FRONTERA DE LA FÍSICA .....   | 160        |
| <b>LA ABIOGÉNESIS.....</b>  | <b>163</b> |
| LA GENERACIÓN ESPONTÁNEA .....  | 164        |
| <b>INFORME CRÍTICO SOBRE EL ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN EN ABIOGÉNESIS: UN ANÁLISIS DE SUS DEBILIDADES Y DESAFÍOS FUNDAMENTALES ...</b> | <b>173</b> |
| EL CAMPO DE LA ABIOGÉNESIS .....  | 174        |
| 1. EL DESAFÍO DE LOS MONÓMEROS: LA SÍNTESIS DE LOS "LADRILLOS" DE LA VIDA.....  | 175        |
| 1.1 <i>La Hipótesis del "Caldo Primordial" y las Limitaciones Críticas del Experimento Miller-Urey</i> .....                                  | 175        |
| 1.2 <i>Evaluación Crítica de Escenarios Alternativos para la Síntesis Prebiótica</i> .....  | 179        |
| 2. EL OBSTÁCULO DE LA POLIMERIZACIÓN: DE MONÓMEROS A MACROMOLÉCULAS FUNCIONALES .....   | 182        |
| 2.1 <i>El Problema Termodinámico de la Hidrólisis en Entornos Acuosa</i> .....  | 182        |
| 2.2 <i>Evaluación Crítica de las Soluciones Propuestas</i> .....  | 183        |
| 3. EL DILEMA CENTRAL: ¿METABOLISMO O GENÉTICA PRIMERO? .....  | 186        |

|   |            |
|---|------------|
| 3.1 <i>La Hipótesis del "Mundo de ARN": Un Paradigma Dominante y sus Profundas Fisuras</i> .....                                  | 187        |
| 3.2 <i>La Hipótesis del "Mundo de Hierro-Azufre": El Metabolismo en la Superficie</i> .....                                       | 190        |
| 3.3 <i>Modelos de Coevolución ARN-Péptido: ¿Una Solución Híbrida?</i> .....   | 191        |
| 4. PROBLEMAS FUNDAMENTALES Y TRANSVERSALES EN LA ABIOGÉNESIS .....  | 192        |
| 4.1 <i>El Enigma de la Homoquiralidad: La "Manualidad" Selectiva de la Vida</i> .....   | 193        |
| 4.2 <i>El Origen del Código Genético y la Maquinaria de Traducción: Un Círculo de Interdependencia</i> .....                      | 194        |
| 4.3 <i>El Problema de la Concentración y la Encapsulación: De la "Sopa Diluida" a la Proto célula</i> .....                       | 196        |
| 5. CRÍTICA EPISTEMOLÓGICA Y RESPUESTAS A DESAFÍOS EXTERNOS .....  | 198        |
| 6. SÍNTESIS DE LAS DEBILIDADES CLAVE.....   | 200        |
| <b>CÁLCULO MATEMÁTICO PROBABILÍSTICO DE LA VIDA POR ABIOGÉNESIS. ....</b>   | <b>203</b> |
| UNA EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA PROBABILIDAD DE LA ABIOGÉNESIS ESPONTÁNEA EN LA TIERRA PRIMITIVA .....                          | 203        |
| <i>PARTE I: El Escenario Prebiótico - Definición de las Restricciones y los Recursos</i> .....                                    | 204        |
| <i>El Impacto Cataclísmico que Creó un Mundo habitable: Análisis del Origen de la Luna y sus Consecuencias para la Vida</i> ..... | 205        |
| CONTINUANDO CON LA ABIOGÉNESIS .....  | 211        |
| LA "SOPA PRIMORDIAL": UN ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS MATERIAS PRIMAS .....   | 214        |
| <b>PARTE II: LOS OBSTÁCULOS PROBABILÍSTICOS DE LA FORMACIÓN DE PROTEÍNAS</b> .....  | 217        |
| 2.1 <i>El Enigma de la Homoquiralidad</i> .....   | 217        |
| 2.2 <i>El Problema de la Especificidad de la Secuencia</i> .....  | 219        |
| 2.3 <i>El Problema de la Formación del Enlace Peptídico</i> ...   | 221        |
| 2.4 <i>Probabilidad Combinada para una Única Proteína Funcional</i> .....   | 223        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>PARTE III: LA HIPÓTESIS DEL "MUNDO DE ARN" BAJO</b>                 |            |
| <b>ESCRUTINIO PROBABILÍSTICO .....</b>                                 | <b>224</b> |
| <b><i>3.1 La Síntesis de Nucleótidos: Una Cascada de</i></b>           |            |
| <b><i>Improbabilidades.....</i></b>                                    | <b>224</b> |
| <b><i>3.2 La Generación Espontánea de una Ribozima Funcional</i></b>   |            |
| <b><i>.....</i></b>  | <b>227</b> |
| <b><i>3.3 Probabilidad Combinada para una Única Molécula de</i></b>    |            |
| <b><i>ARN Funcional.....</i></b>                                       | <b>228</b> |
| <b>PARTE IV: EL ENSAMBLAJE DE LA PROTO CÉLULA Y EL</b>                 |            |
| <b>CÁLCULO FINAL.....</b>  | <b>229</b> |
| <b><i>4.1 La Formación de una Membrana Celular Funcional</i></b>       | <b>229</b> |
| <b><i>4.2 La Probabilidad Acumulada de una Proto célula Mínima</i></b> |            |
| <b><i>.....</i></b>  | <b>231</b> |
| <b>PARTE V: DE LA PRIMERA VIDA AL ANCESTRO COMÚN .....</b>             | <b>234</b> |
| <b><i>5.1 El Desafío de la Supervivencia y la Evolución .....</i></b>  | <b>234</b> |
| <b>CONCLUSIÓN: INTERPRETACIÓN DE LOS NÚMEROS -</b>                     |            |
| <b>IMPROBABILIDAD Y SUS IMPLICACIONES .....</b>                        | <b>236</b> |
| <b>LA PANSPERMIA .....</b>   | <b>241</b> |
| <b>UNA EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA HIPÓTESIS DE LA</b>               |            |
| <b>PANSPERMIA PARA EL ORIGEN DE LA VIDA EN LA TIERRA ..</b>            | <b>242</b> |
| <b>LA LITOPANSPERMIA .....</b>   | <b>243</b> |
| <b><i>Supervivencia a la Eyección: .....</i></b>                       | <b>243</b> |
| <b><i>Supervivencia al Viaje Espacial: .....</i></b>                   | <b>244</b> |
| <b><i>Supervivencia a la Reentrada Atmosférica: .....</i></b>          | <b>245</b> |
| <b><i>Problema de la Direccionalidad y la Probabilidad:.....</i></b>   | <b>245</b> |
| <b><i>Falta de Evidencia Directa: .....</i></b>                        | <b>246</b> |
| <b>LA PANSPERMIA LOCAL .....</b>                                       | <b>246</b> |
| <b><i>Desafíos Físicos (Aunque Menores que en la Panspermia</i></b>    |            |
| <b><i>Interestelar). .....</i></b>                                     | <b>247</b> |
| <b><i>El Problema Crítico de la Ventana Temporal y la</i></b>          |            |
| <b><i>Habitabilidad:.....</i></b>                                      | <b>248</b> |
| <b><i>Falta de Evidencia Directa (El Talón de Aquiles).....</i></b>    | <b>250</b> |
| <b><i>Misiones a Marte.....</i></b>                                    | <b>250</b> |
| <b><i>Probabilidad y Parsimonia .....</i></b>                          | <b>251</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <i>¿Es Necesaria? La panspermia local no resuelve el problema del origen de la vida (abiogénesis), solo lo desplaza a otro planeta. ....</i> | 251        |
| <i>El Precursor Molecular: Supervivencia de los Bloques de Construcción Prebióticos .....</i>  | 253        |
| <i>El Verdadero "Cuello de Botella" no es la Materia Prima: .....</i>  | 255        |
| <i>La Ventana Temporal y la Habitabilidad Temprana:.....</i>   | 255        |
| <b>LA IMPROBABILIDAD DE LA GENERACIÓN ESPONTÁNEA EN LA TIERRA .....</b>  | <b>257</b> |
| <b>LA TIERRA RARA .....</b>  | <b>261</b> |
| <b>UN PLANETA SINGULARMENTE PRIVILEGIADO: UNA DEFENSA ARGUMENTAL DE LA HIPÓTESIS DE LA TIERRA RARA .....</b>                                 | <b>262</b> |
| <i>Introducción: Una Respuesta al Gran Silencio .....</i>  | 262        |
| <b>EL DESAFÍO GALÁCTICO - NAVEGANDO POR LA ZONA HABITABLE.....</b>   | <b>264</b> |
| <i>La Zona de Esterilización Interior.....</i>   | 264        |
| <i>El Desierto de Recursos Exterior .....</i>  | 265        |
| <i>El Peligro de los Brazos Espirales .....</i>  | 266        |
| <b>UN PUERTO SINGULARMENTE TRANQUILO. EL ANÓMALO ENTORNO GALÁCTICO DE LA VÍA LÁCTEA.....</b>   | <b>267</b> |
| <b>LA NORMA DE ANDRÓMEDA VS. LA EXCEPCIÓN DE LA VÍA LÁCTEA.....</b>  | <b>268</b> |
| <i>Las Consecuencias Destructivas de las Fusiones Galácticas .....</i>   | 269        |
| <b>EL PLAN MAESTRO CELESTIAL. ARQUITECTURA DE UN SISTEMA PORTADOR DE VIDA .....</b>  | <b>270</b> |
| <i>La Estrella Adecuada: Un Sol de "Ricitos de Oro" .....</i>  | 271        |
| <i>La Arquitectura Planetaria Adecuada: Un Sistema Ordenado y Estable .....</i>  | 272        |
| <b>LA RECETA TERRESTRE. UNA CONFLUENCIA IMPROBABLE DE ATRIBUTOS PLANETARIOS.....</b>   | <b>274</b> |
| <i>A. El Motor Geológico: Tectónica de Placas.....</i>   | 275        |
| <i>B. La Luna Estabilizadora: Una Colisión Fortuita.....</i>   | 276        |
| <i>C. El Escudo Protector: Un Campo Magnético Global ...</i>   | 277        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>EL PROBLEMA DEL GÉNESIS. LA ABIOGÉNESIS COMO UN<br/>FILTRO FORMIDABLE .....</b>            | <b>279</b> |
| <i>El Laberinto Químico de la Síntesis Prebiótica .....</i>                                   | <i>279</i> |
| <i>El Problema de la Dilución de la "Sopa Primordial" .....</i>                               | <i>280</i> |
| <i>La Barrera Probabilística: Información a partir del Caos.<br/>.....</i>                    | <i>281</i> |
| <b>EL CAMINO CONTINGENTE DE LA EVOLUCIÓN. ESCAPANDO<br/>DEL TAPETE MICROBIANO .....</b>       | <b>283</b> |
| <i>Filtro 1: El Gran Evento de Oxidación (GEO).....</i>                                       | <i>284</i> |
| <i>Filtro 2: La Explosión del Cámbrico y la Lotería de la<br/>Supervivencia .....</i>         | <i>285</i> |
| <i>Filtro 3: Las Extinciones en Masa como Reinicios<br/>Evolutivos.....</i>                   | <i>285</i> |
| <b>CONCLUSIÓN: LA PROFUNDA RAREZA DE LA TIERRA Y UNA<br/>RESPUESTA AL GRAN SILENCIO .....</b> | <b>287</b> |
| <b>EPÍLOGO.....</b>   | <b>291</b> |



# **RATIO ET NUMEN: ITINERARIO FILOSÓFICO Y CIENTÍFICO HACIA DIOS COMO ÚNICA OPCIÓN PLAUSIBLE**

## **Introducción**

En español, "ratio et numen" se traduce como "razón y espíritu" o "razón y divinidad". La frase latina combina dos conceptos fundamentales: "ratio" (razón, entendimiento) y "numen" (divinidad, poder inspirador, presencia sagrada).

"Ratio" se refiere a la capacidad humana de razonar, pensar lógicamente y comprender. Es la facultad intelectual que permite analizar, discernir y tomar decisiones basadas en la evidencia y la lógica.

"Numen", por otro lado, tiene un significado más complejo y a menudo asociado a lo religioso o espiritual. En la antigua Roma, "numen" se refería a la influencia divina o poder sagrado que se manifestaba en un lugar, objeto o persona. También podía referirse a un dios o deidad específica. En un sentido más amplio, "numen" puede interpretarse como una fuerza inspiradora, un poder misterioso que impulsa la creatividad y la acción.

Por lo tanto, "ratio et numen" sugiere una combinación de la razón humana y lo divino o espiritual.

En resumen, "ratio et numen" es una frase latina que evoca la unión de la razón humana y la fuerza divina,

representando la búsqueda de la armonía entre el entendimiento lógico y la inspiración espiritual.

## **Hablando de Dios**

Si vamos a hablar de Dios, conviene delimitar, previamente, el tema de estudio.

Cuando Moisés preguntó a Dios por su nombre, este le respondió "Yo soy el que soy" (en hebreo: אֶהְיֶה אֲשֶׁר אֶהְיֶה, *Ehyeh asher Ehyeh*). Esta manifestación, pronunciada por Dios, se recoge en el libro del Éxodo (3:14). Este nombre es una de las declaraciones teológicas más profundas de toda la Biblia, y su significado ha sido objeto de intenso estudio filosófico y teológico.

Si esta declaración fuera una invención humana del autor del Exodo, o de su tradición subyacente y originaria, sería sorprendente que una declaración de tal profundidad filosófico-teológica se hiciera en el segundo milenio antes de Cristo, momento original de la tradición oral recogida posteriormente en El Exodo. Y eso, por parte de un Pueblo, el israelita, que, en esos momentos, era poco más que unas tribus de ganaderos nómadas, reconvertidos en esclavos dedicados a la construcción pública en Egipto. Un Pueblo sin infraestructura cultural ni filosófica ninguna.

Para ver lo fuera del alcance que estaba esta declaración sobre la esencia de Dios del nivel cultural del "embrión" del Pueblo de Israel del momento de los hechos, hagamos un estudio preliminar de su profundidad filosófica y complejidad semántica y del momento histórico en que se produce.

La expresión "Eyh Asher Ehyeh" (אֶהְיֶה אֲשֶׁר אֶהְיֶה), traducida como "Yo soy el que soy" o "Yo seré el que

seré" (Éxodo 3:14), representa un concepto revolucionario en la historia de las religiones: Dios como "Ser-en-sí-mismo", absoluto, inefable y autosuficiente, cuya esencia trasciende toda categorización humana. En el contexto del segundo milenio a.C., este concepto es único en su profundidad ontológica y ética.

## **La singularidad del "Ehyeh"**

No hay un paralelo exacto en el segundo milenio a.C. para "Eyh Asher Ehyeh".

Es la primera vez que la esencia divina se define como "Ser puro", trascendente, personal y comprometido éticamente con la humanidad (la liberación de los esclavos es el núcleo del Éxodo).

Mientras otras culturas divinizaban fuerzas naturales o conceptos abstractos, Israel proclama a YHWH como el "Otro absoluto" que elige revelarse.

El concepto inspiró el desarrollo del monoteísmo ético (profetas hebreos) y, siglos después, la filosofía griega (Filón de Alejandría) y la teología cristiana (el "Yo soy" en el Evangelio de Juan).

En palabras del académico Walther Eichrodt: *"El Éxodo no es solo un evento fundacional, sino una revolución teológica: Dios no es una fuerza cósmica, sino la Voluntad que hace historia"*.

## **"Eyh Asher Ehyeh": Interpretaciones Lingüísticas y Filosóficas**

La frase "Eyh Asher Ehyeh" (אֶהְיֶה אֲשֶׁר אֶהְיֶה) es la respuesta que Dios da a Moisés cuando este le pregunta por Su nombre, según la tradición ancestral conservada generación tras generación en cumplimiento del mandato divino: “Las palabras que hoy te digo las guardarás en tu corazón, se las repetirás a tus hijos y hablarás de ellas estando en casa y yendo de camino, acostado y levantado” (Dt 6, 6-7).

Los hebreos tomaron muy en serio esas palabras, y transmitían oralmente, de generación en generación, todas sus tradiciones sagradas, las cuales, más adelante, fueron puestas por escrito.

La palabra אֶהְיֶה (Ehyeh) es la forma imperfectiva en primera persona del singular del verbo אֵהְיֶה (hayah), que significa 'ser' o 'existir'. Debido a las particularidades de la gramática hebrea bíblica, esta forma imperfectiva puede traducirse como 'Yo soy' (presente) o 'Yo seré' (futuro), e incluso como formas modales como 'Yo podría ser', 'Yo sería', o 'Yo debería ser'.

Esta flexibilidad gramatical propicia la diversidad de sus interpretaciones. El significado de la frase completa es objeto de debate, con traducciones comunes al español que incluyen "Yo Soy el que Soy", "Yo soy quien (yo) soy", "Llegaré a ser lo que elija ser", "Yo seré lo que seré", o "Yo soy el Existente". Un análisis exhaustivo sugiere hasta nueve traducciones legítimas, abarcando tiempos pasados, presentes y futuros. La palabra 'asher' (אֲשֶׁר), que conecta las dos formas de 'Ehyeh', puede traducirse como "que" o "quien", dando lugar a "Yo Soy el que Soy" o "Yo

Soy quien Soy". La dificultad en su traducción es tal que algunos estudiosos, como el Rabino Harold Kushner, sostienen que la frase "desafía una fácil traducción", lo que la hace "apropiada para un Dios que abarca polaridades" y trasciende binarios de género, edad o intimidad. Incluso el sonido de "Ehyeh" se describe como una "onda sonora translúcida que escapa de la boca", simbolizando la inefabilidad de Dios.

Las interpretaciones de "Ehyeh Asher Ehyeh" abarcan un espectro rico de significados teológicos y filosóficos:

**Aseidad y Autoexistencia:** Una interpretación prominente concibe "Yo Soy el que Soy" como una expresión de la aseidad de Dios, Su autoexistencia como el ser último e increado que simplemente "es". Esta comprensión se remonta al período intertestamental, evidenciada por la traducción de la Septuaginta como "Yo soy el que es". Santo Tomás de Aquino formuló filosóficamente este concepto, viendo a Dios como la "actualidad de toda actualidad" y la "perfección de todas las perfecciones", donde esencia y existencia se identifican. Dios es la "Fuente de todo ser" y el "Ser necesario".

**Naturaleza Eterna e Inmutable:** Los eruditos sugieren que la frase se refiere a la naturaleza eterna de Dios, un concepto que no se limita a la filosofía helenística, sino que es común en las culturas del Antiguo Cercano Oriente. Dios es "eternamente constante", "siempre presente e inmutable", y "completamente suficiente en Sí mismo". Su existencia se concibe en tiempo presente, "sin conocer pasado ni futuro".

## **De cuándo procede la tradición que lo sustenta**

La tradición que sustenta el Éxodo es mucho más antigua que la fecha de su escritura final. Se cree que las historias y eventos narrados en el Éxodo se transmitieron oralmente durante siglos antes de ser puestos por escrito. Estas tradiciones orales se remontan a las experiencias fundacionales del pueblo de Israel, incluyendo:

**La esclavitud en Egipto:** La memoria de un período de opresión y trabajo forzado.

**La liberación:** El recuerdo de un evento de rescate milagroso.

**El viaje por el desierto:** Las experiencias de nomadismo y las dificultades encontradas.

**La entrega de la Ley en el Monte Sinaí:** La base de su identidad religiosa y social como pueblo elegido.

La datación de los eventos del Éxodo bíblico es uno de los temas más debatidos en la arqueología e historia bíblica. No existe consenso absoluto, pero las principales teorías se agrupan en dos periodos, basadas en evidencia textual, arqueológica y correlaciones con registros egipcios:

### **1. Teoría de la Edad de Bronce Tardía (siglo XV-XIII a.C.)**

**Cronología Alta (aprox. 1446 a.C.):**

Basada en 1 Reyes 6:1, que indica 480 años entre el Éxodo y la construcción del Templo de Salomón (aprox. 966 a.C.).

Apoyada por algunos eruditos conservadores y tradiciones judías.

**Faraón asociado:** Tutmosis III o Amenhotep II (Dinastía XVIII).

### **Cronología Baja (aprox. 1260-1200 a.C.):**

La más aceptada académicamente.

Vincula el Éxodo con el colapso de la Edad de Bronce Tardía y el surgimiento de Israel en Canaán (atestiguado por la Estela de Merneptah, 1208 a.C., que menciona "Israel").

**Faraón asociado:** Ramsés II (Éxodo 1:11 menciona las ciudades de almacenaje "Pitón y Ramsés") o su sucesor Merneptah.

### **2. Teoría de la Edad de Hierro (periodo Hicsos, siglo XVI a.C.)**

Propone que el Éxodo ocurrió durante la expulsión de los hicsos (gobernantes semíticos de Egipto, siglo XVI a.C.).

El relato de José y el ascenso de un faraón "que no conocía a José" (Éxodo 1:8) encajaría con la restauración del poder egipcio nativo (Dinastía XVIII).

**Faraón asociado:** Ahmose I (expulsor de los hicsos).

Evidencia clave en debate:

### **Arqueología de Canaán:**

La teoría del siglo XIII a.C. coincide con el surgimiento de asentamientos en las tierras altas de Canaán, interpretados como los israelitas.

Para el siglo XV a.C., no hay evidencia clara de un cambio poblacional significativo.

### **Ciudad de Pi-Ramsés:**

Construida por Ramsés II (siglo XIII a.C.), mencionada en Éxodo 1:11.

### **Ausencia de registros egipcios:**

Ningún texto egipcio menciona el Éxodo, algo esperado si fue un evento menor o si los registros se perdieron. Tampoco era usual mencionar en los registros las derrotas o hechos vergonzosos para el Faraón.

### **Conclusión:**

Las fechas más plausibles, según evidencias actuales, son:

**-Aprox. 1260-1200 a.C.** (bajo Ramsés II/Merneptah, Edad de Bronce Tardía).

**-Aprox. 1446 a.C.** (bajo Tutmosis III/Amenhotep II, basada en cálculos bíblicos).

**-Periodo Hicsos (siglo XVI a.C.),** aunque con menos apoyo.

Estas tradiciones orales se fueron formando y transmitiendo de generación en generación, y es a partir de ellas que, mucho tiempo después, se fue dando forma al texto escrito que conocemos como el Libro del Éxodo. El propósito de la composición escrita se considera teológico y etiológico: explicar los orígenes de Israel, sus leyes y su pacto con Yahvé.

En resumen, mientras que la tradición que sustenta el Éxodo se remonta a eventos que, según la Biblia, ocurrieron en el segundo milenio a.C. (principalmente el siglo XV o XIII a.C.), la escritura final del Libro del Éxodo probablemente se consolidó mucho más tarde, en el primer milenio a.C. (entre los siglos VI y IV a.C.), a partir de esas tradiciones orales y fragmentos más antiguos, si bien la primera puesta por escrito del Pentateuco debió ser sobre el 1000 a.C. En su destierro, los israelitas consideraron preciso el recoger por escrito sus tradiciones para que no se perdieran ante la incertidumbre histórica de su pervivencia como pueblo o nación. La Biblia también narra que en el regreso del destierro, en un momento dado se halló un libro sagrado del Pentateuco, lo que sugiere una redacción anterior.

## **El Contexto: La Pregunta por el Nombre**

La escena es la siguiente: Moisés, ante una zarza que arde sin consumirse, recibe el encargo divino de liberar a los israelitas de la esclavitud en Egipto. Consciente de la magnitud de la tarea y de la probable incredulidad del pueblo, Moisés hace una pregunta fundamental y práctica:

*"Y si ellos me preguntan: '¿Cuál es su nombre?', ¿qué les responderé?" (Éxodo 3:13).*

En el mundo antiguo, un nombre no era una simple etiqueta. El nombre expresaba la esencia, el carácter y el poder de una persona o de un dios. Conocer el nombre de una deidad implicaba tener una cierta comprensión de su naturaleza y, en algunas creencias paganas, la capacidad de invocarla o manipularla. La pregunta de Moisés es, en el fondo, "¿Quién eres? ¿Cuál es tu naturaleza? ¿Qué poder te define para que yo pueda creer y para que el pueblo te siga?".

### **El Análisis de la Expresión Hebrea: *Ehyeh asher Ehyeh***

La respuesta de Dios es una frase de una riqueza gramatical y semántica extraordinaria.

#### **אֶהְיֶה אֲשֶׁר אֶהְיֶה (Ehyeh asher Ehyeh)**

Vamos a desglosarla:

**Verbo Raíz:** La frase se construye sobre el verbo hebreo **היה (H-Y-H, *hayah*)**, que significa "ser", "existir", "llegar a ser" o "acontecer". Es un verbo de existencia, pero con una connotación dinámica, de existencia en acción.

**Forma Verbal - *Ehyeh* (אֶהְיֶה):** Esta es la primera persona del singular en tiempo *imperfecto*. El tiempo imperfecto en hebreo bíblico es clave para entender el significado. No se corresponde exactamente con nuestro futuro o presente. Denota una acción continua, en curso, repetida o futura. No describe un estado estático, sino una existencia dinámica y activa. Por lo tanto, una traducción literal podría ser "Yo estoy siendo" o, más comúnmente, "Yo seré".

**Conjunción - *Asher* (אֲשֶׁר):** Es un pronombre relativo que conecta las dos partes de la frase. Se traduce como "que", "el cual", "quien".

Juntando las piezas, la traducción más literal de *Ehyeh asher Ehyeh* no es "Yo soy el que soy", sino "Yo seré el que seré" o "Yo estoy siendo quien estoy siendo". La traducción tradicional "Yo soy el que soy" es una interpretación válida, pero que tiende a "helenizar" el concepto, dándole un matiz más estático y filosófico (propio del pensamiento griego) en lugar del dinamismo hebreo.

"Ehyeh Asher Ehyeh" está directamente vinculado al Tetragrámaton, YHWH (יהוה), que es la forma en tercera persona del verbo "ser", significando "Él es" o "Él será".

Dios instruye a Moisés a decir "Yo Soy me ha enviado" (Ehyeh) y luego "El SEÑOR" (YHWH) me ha enviado, lo que indica una intercambiabilidad entre los nombres. Esta conexión subraya la autorrevelación de Dios como el Dios existente y siempre presente. El nombre YHWH es considerado tan sagrado en el judaísmo que a menudo no se pronuncia. Transmite el dominio, el poder y la naturaleza eterna de Dios. El nombre YHWH también denota la "transcendencia absoluta" de Dios, estando "más allá de todas las 'predicaciones' o atributos del lenguaje", pero también Su "inmanencia" a través de Sus relaciones con los patriarcas.

La formulación filosófica de la aseidad de Dios basada en "Ehyeh Asher Ehyeh" fue desarrollada por Santo Tomás de Aquino, aunque San Agustín ya había tenido una intuición general de ello. Las tradiciones filosóficas judías, como la de Maimónides, enfatizan a Dios como el "verdadero Ser" que simplemente "es", existiendo más allá de los

conceptos humanos de tiempo. Ramban, utilizando un Midrash, explica el nombre como un modelo de la relación de pacto, donde la presencia de Dios es recíproca a las acciones del pueblo. Interpretaciones posteriores, incluyendo las del cristianismo, vinculan "Yo Soy" con las afirmaciones divinas de Jesucristo (Juan 8:58), que el pueblo judío percibió como blasfemia, intentando apedrearle.

La ambigüedad gramatical inherente del verbo imperfectivo hebreo 'hayah' (ser) posibilita directamente la riqueza teológica multifacética de "Eyh Asher Ehyeh", permitiendo interpretaciones tanto estáticas (el ser de Dios) como dinámicas (la presencia/acción de Dios). La gramática hebrea permite que 'Ehyeh' signifique 'Yo soy' o 'Yo seré', y esta flexibilidad conduce directamente a las múltiples traducciones y significaciones. Esta característica lingüística no es una deficiencia, sino un rasgo intrínseco del hebreo original que permite una profunda hondura teológica. La frase transmite simultáneamente el ser inmutable de Dios (estático) y Su presencia activa y relacional en la historia (dinámica). Este diseño lingüístico en sí mismo puede considerarse una declaración teológica sofisticada, que permite un concepto de Dios que es tanto trascendente (más allá del tiempo, puro ser) como inmanente (activo en la historia, presente con Su pueblo). Esto sugiere una elección deliberada del lenguaje que facilita una profunda reflexión filosófica, independientemente de si fue una "invención humana" o una "declaración divina".

### **Las Capas de Significado: ¿Qué Mensaje Transmitía Dios?**

La genialidad de la frase radica en que es deliberadamente polisémica, conteniendo múltiples capas de significado

que responden a la pregunta de Moisés en diferentes niveles.

a) La Existencia Absoluta y la Aseidad (El Significado Filosófico)

Esta es la interpretación más conocida y la que resuena con la pregunta original del usuario. Al definirse a través del propio verbo "ser", Dios se presenta como el Ser por excelencia.

Él es la Existencia Misma: No es que Dios *tenga* existencia como una de sus propiedades; *Él es* la Existencia. Su esencia es existir. Todo lo demás (el universo, los seres humanos, la materia) es contingente: existe, pero podría no haber existido. Su existencia depende de otro. Dios, en cambio, es el Ser Necesario. Su no-existencia es una imposibilidad lógica. Como diría más tarde la teología escolástica, *Él es Ipsum Esse Subsistens* (el mismo Ser subsistente).

Aseidad y Auto-suficiencia: Su existencia no proviene de nadie ni de nada. No tiene causa. Esto lo diferencia radicalmente de los dioses paganos, que tenían genealogías, nacimientos y dependían de los sacrificios para su sustento. Dios se revela como la Primera Causa Incausada que el pensamiento filosófico griego buscaría.

b) La Soberanía y la Indefinibilidad (El Rechazo a ser Controlado)

Esta interpretación se centra en el carácter dinámico y futuro de la frase: "Yo seré el que seré".

Rechazo a ser Encapsulado: Al responder de esta manera, Dios se niega a ser definido por categorías humanas o a entregar un nombre que pueda ser usado para controlarlo, como se creía en la magia antigua. Es como si dijera: "No puedes ponerme en una caja. No soy un dios más de tu panteón. Mi naturaleza la definiré Yo mismo a través de mis actos".

Libertad y Soberanía Absoluta: "Yo seré el que seré" implica que Sus acciones futuras no están determinadas por nada ni nadie fuera de Sí mismo. Él actuará según su propia voluntad y propósito. El pueblo no debe esperar un dios predecible según sus estándares, sino un Dios soberano y libre.

### c) La Fidelidad y la Presencia Activa (El Significado Relacional y Pactual)

Esta interpretación se enfoca en el contexto inmediato de la liberación de Israel.

Una Promesa de Presencia: La forma verbal "Yo seré" es una promesa directa. Inmediatamente antes de revelar su nombre, Dios le dice a Moisés: "Yo estaré (seré) contigo" (Éxodo 3:12), usando la misma palabra, *Ehyeh*. Por lo tanto, *Ehyeh asher Ehyeh* puede entenderse como una reafirmación enfática de esta promesa: "Yo soy el que estará ahí para vosotros. Mi esencia es ser-con-vosotros".

Definido por la Salvación: El nombre es una garantía de que Dios intervendrá activamente en la historia para salvar a su pueblo. Su ser se revelará en el hacer: en las plagas, en la apertura del mar, en la entrega de la Ley. El mensaje para Moisés y para Israel es: "Sabréis quién soy por lo que haré por vosotros. Soy el Dios que actúa y que cumple sus promesas".

## **La Conexión con el Nombre Sagrado: YHWH (יהוה)**

Inmediatamente después, en el versículo 3:15, Dios le da a Moisés el nombre que debe usar ante el pueblo: **YHWH** (a menudo transcrito como Yahvé o Jehová). Este nombre está directamente relacionado con *Ehyeh*.

*Ehyeh* ("Yo seré") es la primera persona del verbo *hayah*.

*YHWH* es universalmente entendido como la tercera persona del mismo verbo: "Él es", "Él será" o incluso "Él que causa que las cosas sean".

La conexión es profunda y hermosa:

Dios revela su naturaleza íntima a Moisés en primera persona: "Mi esencia es 'Yo Seré'" (*Ehyeh*).

Luego, le da la forma en tercera persona para que el pueblo se refiera a Él: "Diles que 'Él Es' (*YHWH*) me ha enviado".

El nombre personal de Dios (*YHWH*) es la manifestación pública de su revelación íntima (*Ehyeh*).

### **Conclusión: ¿Qué Quiso Decir Dios?**

Dios no quiso decir una sola cosa, sino que entregó una definición de sí mismo que abarca múltiples realidades a la vez:

Ontológicamente: Él es el Ser Absoluto, la fuente de toda existencia, eterno e incausado. Su esencia es ser.

Soberanamente: Él es radicalmente libre e indefinible por conceptos humanos, un Ser que no puede ser manipulado ni controlado.

Relacionalmente: Él es un Dios personal y fiel cuya existencia se manifiesta como una presencia activa y salvadora en la historia de su pueblo.

El mensaje que estaba transmitiendo es que Él es el único Dios verdadero, fundamentalmente diferente de los ídolos. No es un ser estático y distante, sino la realidad misma, dinámica y comprometida con su creación, cuyo carácter se revelaría plenamente a través de sus actos de redención. "Yo soy el que es" significa que Él es la única respuesta final a todas las preguntas sobre el ser, la causa y el propósito.

## LA CUESTIÓN DE LA EXISTENCIA DE DIOS

Visto lo anterior, es decir, a lo que nos referimos cuando decimos “Dios”, no podemos por menos que comenzar diciendo que afirmar que Dios existe es una tautología, una verdad de Perogrullo. Dios, por definición, es “La Existencia”. Por tanto, decir que “La Existencia existe” es una perogrullada propia del “Libro Gordo de Petete”, no de un tratado académico.

Sin embargo, sorprendentemente, a pesar de la inanidad de afirmar que “La Existencia no existe”, hay muchos que lo afirman: Como suele decirse, “Vivir para ver...”

Pues sí, por sorprendente que sea, la cuestión de la existencia de Dios, aun siendo una obviedad, ha ocupado a la mente humana desde los albores de la filosofía, y no siempre para afirmarla.

Bueno, a pesar de que demostrar por demostrar es tontería y de que lo obvio no precisa demostración, si hay que demostrar se demuestra.

Sin embargo, antes de embarcarnos en tal investigación, es imperativo delimitar la naturaleza de la pesquisa. El término "prueba" o "demostración" se emplea con significados distintos en diferentes dominios del saber. Una prueba científica se fundamenta en la verificación empírica, la repetibilidad y la falsabilidad (A ver si se enteran los defensores del Multiverso y la Abiogénesis).

Una demostración matemática procede con rigor deductivo a partir de axiomas dentro de un sistema formal cerrado (A ver si se enteran los de la Tierra 2.0).

Pero la demostración filosófica, particularmente en el ámbito de la metafísica, opera de una tercera manera: parte de principios primarios de la razón, como el principio de no contradicción, y de observaciones generales sobre la realidad, para construir, mediante la deducción y la inferencia a la mejor explicación, un caso coherente sobre la estructura última de la existencia.

Eso no significa que sus deducciones sean menos válidas que las que se obtienen mediante el método científico, al contrario, habitualmente son mucho más sólidas e irrefutables. Por ejemplo, si yo digo que el todo es mayor que la parte, mi conclusión no ha requerido verificación empírica ninguna, sin embargo, es irrefutable. No solo una inferencia plausible, sino verdad irrefutable. Así que ya basta de desacreditar a la razón humana en acción (filosofía).

Algunos afirman que la verdad no puede obtenerse mediante la filosofía. ¿Es eso verdad? Parece ser que, por lo menos, una verdad sí puede obtenerse: que no puede obtenerse ninguna verdad. Bueno, dejando las bromas aparte, es obvia la contradicción en que caen los que afirman como verdad absoluta que no existe la verdad absoluta.

Entonces, en filosofía igual que en ciencia, se pueden obtener conclusiones y hallazgos absolutamente verdaderos y otros plausibles, así como identificar lo falso (falsabilidad).

Immanuel Kant, en su *Crítica de la Razón Pura*, distinguió tres tipos de argumentos para la existencia de Dios: el ontológico, el cosmológico y el físico-teológico (o teleológico). Este marco histórico revela que la razón ha explorado múltiples vías para abordar lo divino. Este libro se inscribe en esa tradición. Exploraremos la existencia de Dios desde la filosofía y desde la ciencia, para llegar a conclusiones, unas certeras y otras plausibles. Ya se verá sobre la marcha, según vayamos avanzando, pues nada está aún determinado en esta investigación en que avanzaremos juntos, autor y lector. El propósito es construir un caso acumulativo, una argumentación convergente que demuestre que la hipótesis teísta —la existencia de un Creador personal, trascendente e inmanente— posee una coherencia interna y un poder explicativo superiores a sus cosmovisiones rivales, principalmente el naturalismo ateo.

Se argumentará que, aunque la razón no pudiera alcanzar una certeza indudable (cosa que no afirmo), sí puede llegar a una conclusión probable y bien justificada: plausible, y que es la única conclusión plausible frente al resto de propuestas que se examinarán detenidamente.

El método consistirá en examinar una serie de fenómenos y mostrar cómo el teísmo ofrece un marco más satisfactorio y racionalmente completo para explicarlos. Este itinerario no busca eliminar el misterio, sino demostrar que la creencia en Dios, lejos de ser un salto ciego, puede ser un paso iluminado por la razón, una conclusión a la que se llega tras un riguroso análisis filosófico en diálogo con la ciencia contemporánea.



# **PROLEGÓMENOS METAFÍSICOS: LOS FUNDAMENTOS DEL SER Y DEL CONOCER**

Antes de construir los argumentos principales, es indispensable establecer los cimientos conceptuales sobre los cuales se edificarán. Sin un acuerdo sobre estos principios metafísicos fundamentales, cualquier debate sobre la existencia de Dios se disuelve en un diálogo de sordos, carente de un terreno común para el discurso racional. Esta sección se dedica a definir y defender los axiomas de la inteligibilidad, la distinción modal entre necesidad y contingencia, y la naturaleza del tiempo y el infinito.

## **El Principio de Inteligibilidad: De la Nada, Nada Proviene**

### **El Axioma Clásico Ex Nihilo Nihil Fit**

El principio de que "de la nada, nada surge" (*ex nihilo nihil fit*) es uno de los pilares del pensamiento racional occidental. Su origen se remonta a la filosofía griega, donde fue sostenido con máxima consecuencia por los pensadores de la escuela eleática. Parménides argumentaba que solo el Ser es, mientras que el No-Ser, la nada, no es. Por tanto, el Ser debe ser eterno, pues si se hubiera originado, tendría que haber surgido del No-Ser, lo cual es imposible. Meliso de Samos y, posteriormente, el poeta epicúreo Lucrecio, reiteraron esta máxima: "ninguna cosa nace de la nada; no puede hacerlo la divina esencia". Este principio no es una mera preferencia

estética, sino una afirmación sobre la inteligibilidad misma de la realidad: un origen desde la nada absoluta es un suceso sin causa, sin razón y, en última instancia, ininteligible.

### **La Contradicción Lógica de "la Nada"**

"La nada", por definición, es la ausencia total de ser, propiedades y potencialidad. Afirmar que "la nada existe" es predicar la existencia de la no-existencia, una violación directa y flagrante del principio de no contradicción, que sostiene que una cosa no puede ser y no ser al mismo tiempo y en el mismo sentido. Un enunciado que afirma "A y no-A" es lógicamente falso y carece de sentido proposicional. Filósofos como Kant abordaron este concepto límite, no como una entidad positiva, sino como un "concepto vacío" (*nihil negativum*), un constructo que se contradice a sí mismo, como "una figura rectilínea de dos lados". Por lo tanto, el universo no pudo surgir de la nada, entendida como no-ser absoluto, porque la nada no tiene existencia ni potencial para producir algo.

### **Distinción Crucial: *Creatio ex Nihilo***

A primera vista, el principio *ex nihilo nihil fit* parece contradecir la doctrina teológica de la *creatio ex nihilo* (creación de la nada). Sin embargo, esta tensión se resuelve al distinguir cuidadosamente los niveles de causalidad. El principio griego se aplica a la causalidad *dentro* del orden natural: un ser finito y contingente no puede generar ser a partir de la nada absoluta. Los teólogos como Tomás de Aquino aceptaban plenamente este principio para el mundo natural. La *creatio ex nihilo*, en cambio, no describe un evento intramundano. No afirma que "algo" (un ente material) surgió de un "vacío" preexistente. Afirma que la totalidad del orden natural —

el conjunto de espacio, tiempo, materia y leyes— fue traído al ser por un acto de una Causa trascendente que no es parte de ese orden. La "nada" de la que se crea no es un sustrato material, sino la ausencia total de cualquier realidad creada preexistente. Esta distinción es vital: una cosa es un cambio dentro del universo, y otra muy distinta es el origen del universo mismo.

Es decir, para ser absolutamente rigurosos con el lenguaje, Dios no crea de la nada. Crea cosas que antes no existían, pero las crea desde sí mismo. Él las crea desde la existencia, no desde la nada. Las cosas creadas no son Dios, pero proceden de Dios, no de la nada.

La nada no existe (por definición). Como ejemplo analógico, podemos señalar el espacio interestelar, llamado “el vacío”, dónde se pensaba en la ciencia anterior más primitiva que no había nada. No es cierto que esté vacío, este constituido por “nada”. Esto ya podíamos haberlo afirmado intuitivamente, incluso en el siglo I d.C., por decir algo; porque si yo me pongo un traje de astronauta (del siglo I d.C., si quieres), y salgo al vacío espacial, no estoy en la nada, estoy en algún sitio, pues mi materia siempre está en algún sitio, no puede estar en la nada.

Obviamente, con los avances de la ciencia que siempre confirman y acreditan la verdad (incluida la existencia de Dios), hoy día sabemos que “el vacío” no está realmente vacío de todo, sino que lo constituye la materia oscura o cualquier otra cosa o nombre que queramos darle, pero materia con propiedades físicas. Esa materia y energía oscuras constituyen el 95% del Universo, siendo la materia ordinaria (la que podemos ver) sólo el 5% del Universo.

Por otro lado, no es que Dios esté en todas partes, sino que todo lo que existe está en La Existencia, o sea, en Dios. Obviamente las cosas no pueden estar en la nada. En la nada no hay nada (otra verdad de Perogrullo, pero hay que decirlo, pues parece que algunos no se enteran).

Es en ese sentido que San Pablo, un adelantado a su tiempo, dijo: “En Dios vivimos, nos movemos y existimos”. Obvio. Qué lo sepas...

O sea, que no está Dios por un lado, y nosotros (el Universo) por otro lado fuera de Él, como dos entes que van cada uno por su lado y, si eso, pueden contactar. No es así.

Tampoco es que estemos “dentro” de Dios. En Dios no hay “dentro” ni “fuera”.

Simplemente estamos en Dios. Y no hay otra. Y esto es así porque no hay otra. No es como lo de los italianos: “E vero, ma si non e vero e ben trovato”. No, en este caso “e vero” porque no hay otra. Y, normalmente, si no hay otra, esa es la correcta. Además, por si eso fuera poco, fuera de Dios no hay nada. La Existencia es, o sea, es todo. No hay existencia localizada, y extramuros la nada. La nada no existe, luego no puede compartir nada con la existencia (ni limitarla, ni bordearla).

Entonces, asentado lo anterior, los ateos la han cagado, pero bien cagada. Decir que no existe lo que está en todas partes, o mejor dicho, aquello que lo contiene todo, es la pifia cósmica más grande que se puede hacer.

## **El Principio de Razón Suficiente (PRS)**

El corolario moderno del principio de inteligibilidad es el Principio de Razón Suficiente (PRS), formulado célebremente por Gottfried Wilhelm Leibniz. Sostiene que todo lo que existe tiene una explicación para su existencia, ya sea en la necesidad de su propia naturaleza o en una causa externa. Este principio se opone directamente a la idea de "hechos brutos", es decir, realidades que simplemente "son" sin ninguna razón o explicación ulterior. Aceptar el PRS no es un postulado teísta gratuito, sino una condición de posibilidad para la empresa racional, tanto científica como filosófica. La ciencia opera bajo un PRS metodológico, buscando constantemente causas y leyes que expliquen los fenómenos. Negar el PRS a nivel metafísico equivaldría a afirmar que el universo en su totalidad podría ser un hecho bruto, una renuncia a la explicación que detendría en seco la investigación racional. Es el motor que nos impulsa a preguntar: "¿Por qué existe algo en lugar de nada?".



# **SERES NECESARIOS Y SERES CONTINGENTES**

Una vez establecido que la realidad es inteligible y que todo tiene una razón de ser, el siguiente paso es analizar las modalidades de la existencia. La distinción entre lo necesario y lo contingente no es una invención teológica, sino una categoría fundamental de la lógica modal y la metafísica.

## **Definiciones Fundamentales**

Un ser contingente es aquel que existe, pero podría no haber existido. Su existencia es dependiente de algo más. Santo Tomás de Aquino lo define como "lo que puede ser y puede no ser". Todo lo que observamos en nuestra experiencia directa, desde una persona, que depende de sus padres para existir, hasta un planeta o una galaxia, que dependen de procesos físicos y componentes materiales, es contingente. Su existencia no es auto-explicativa.

Un ser necesario, en cambio, es aquel que existe y no puede no existir. Su existencia es auto-suficiente y se explica por su propia naturaleza. Es aquello que "es y no puede no ser". Su no existencia implicaría una contradicción. Mientras que los entes contingentes tienen la razón de su existencia fuera de sí mismos, un ser necesario la tiene dentro de sí.

## La Contingencia Radical del Universo

El argumento central de esta sección es que el universo, entendido como la totalidad de la materia, la energía, el espacio y el tiempo, es un ser contingente. Esta conclusión se deriva de varias líneas de razonamiento:

**Contingencia de sus partes:** El universo es el conjunto de todas sus partes (galaxias, estrellas, átomos, etc.). Cada una de estas partes es, sin excepción, contingente. Son compuestas, sujetas a cambio, y obedecen leyes físicas como la segunda ley de la termodinámica, que dicta un aumento inexorable de la entropía y una eventual "muerte térmica". Si todas las partes de un todo son contingentes, el todo no puede volverse necesario por una mera agregación. Argumentar lo contrario es cometer una falacia de composición. La suma de partes dependientes no puede dar como resultado un todo auto-existente.

**Contingencia de su estructura:** Es lógicamente concebible que el universo no hubiera existido en absoluto, o que hubiera existido con un conjunto diferente de leyes físicas y constantes fundamentales. Como Leibniz argumentó, el mundo real es solo uno entre un número infinito de mundos posibles que existen como ideas en la mente de Dios, y su existencia actual depende de un decreto divino. El hecho de que podamos concebir coherentemente su no-existencia demuestra que no existe por necesidad de su propia naturaleza.

La aceptación de la contingencia del universo es el paso lógico que obliga a la razón a buscar una explicación fuera del propio universo. Si el cosmos fuera un ser necesario, sería su propia explicación y la búsqueda terminaría ahí. Pero al demostrarse que es contingente, se establece la necesidad racional de una causa o fundamento

trascendente que explique por qué este universo contingente existe en lugar de nada.



# **LA NATURALEZA DEL TIEMPO, EL ESPACIO Y EL INFINITO**

Para abordar adecuadamente la causalidad del universo, es crucial analizar la naturaleza de sus dimensiones más fundamentales: el tiempo y el espacio, y su relación con el concepto de infinito.

## **Tiempo y Espacio como Categorías del Mundo Material**

La filosofía y la física modernas convergen en la idea de que el tiempo y el espacio no son contenedores vacíos y absolutos (la visión de Newton), sino que son formas de existencia de la materia en movimiento. Son relacionales, intrínsecamente ligados a los eventos y objetos físicos. Como afirmó Minkowski, "el espacio por sí mismo, y el tiempo por sí mismo están condenados a desaparecer como meras sombras y sólo una cierta unión de ambos preservará una realidad independiente". El tiempo es el aspecto numerable o medible del cambio y el movimiento. En este sentido el tiempo y el espacio son, por su propia naturaleza, categorías mensurables, las coordenadas en las que se despliega la cadena de causas y efectos del mundo material.

## **El Problema del Infinito Actual**

La noción de un "tiempo infinito" presenta profundas dificultades filosóficas. Es vital distinguir entre un infinito

potencial y un infinito actual. Un infinito potencial es un proceso que siempre puede continuar, como contar números o dividir una línea; nunca se alcanza un "final". El infinito potencial podría considerarse en categorías abstractas, como los números, que sólo están en la mente, pero no en sucesos temporales materiales.

Un infinito actual, por otro lado, sería un conjunto real, completo y transfinito de miembros, como una colección que contuviera un número infinito de objetos discretos.

La intuición de que "tiempo infinito" es una contradicción porque el tiempo es mensurable y el infinito inconmensurable apunta a un problema más profundo y riguroso. La objeción principal contra un pasado temporal infinito no es tanto sobre la "medida", sino sobre la imposibilidad lógica de formar un infinito actual mediante adición sucesiva.

### **La Imposibilidad de un Regreso Temporal Infinito**

El argumento de que el pasado debe ser finito se puede formular de dos maneras principales, una filosófica y otra científica, que convergen notablemente.

**El Argumento Filosófico (Argumento Cosmológico Kalām):** Este argumento, popularizado en la filosofía medieval islámica y defendido hoy por filósofos como William Lane Craig, sostiene que un regreso temporal infinito de eventos es metafísicamente imposible. La razón es que una serie temporal de eventos se forma por adición sucesiva: un evento ocurre, luego otro, y así sucesivamente. Para llegar al momento presente ("hoy"), la serie de eventos pasados debe haber sido "atravesada" o "completada". Sin embargo, es imposible atravesar o completar un número infinito de elementos uno por uno.

Si el pasado fuera infinito, la cadena de eventos nunca podría llegar hasta el presente, de la misma manera que uno no puede terminar de contar hasta el infinito. Ilustraciones como la paradoja de un tren con un número infinito de vagones que necesita pasar para que el último vagón llegue a la estación demuestran este absurdo. La existencia de un infinito actual en la realidad física también conduce a paradojas lógicas irresolubles, como las ejemplificadas por el famoso "Hotel de Hilbert". Por lo tanto, la serie de eventos pasados debe ser finita, lo que implica que el universo tuvo un comienzo.

**La Corroboración Científica:** Esta conclusión filosófica *a priori* encuentra un apoyo extraordinario en la cosmología *a posteriori* del siglo XX.

**La Teoría del Big Bang:** El modelo estándar de la cosmología indica que el universo comenzó a existir en un punto finito en el pasado, hace aproximadamente 13.8 mil millones de años, a partir de una singularidad de densidad y temperatura extremas. Este evento marca el comienzo del tiempo y el espacio mismos.

**La Segunda Ley de la Termodinámica:** Esta ley establece que en un sistema cerrado, la entropía (desorden) tiende a aumentar. Si el universo hubiera existido desde una eternidad pasada, ya debería haber alcanzado un estado de máximo desorden o "muerte térmica", un equilibrio en el que no es posible ningún cambio significativo. El hecho de que nuestro universo todavía tenga energía utilizable y procesos ordenados indica que no ha existido eternamente.

**El Teorema de Borde-Guth-Vilenkin (BGV):** En 2003, los cosmólogos Arvind Borde, Alan Guth y Alexander Vilenkin demostraron un teorema que establece que

cualquier universo que, en promedio, se haya estado expandiendo a lo largo de su historia no puede ser infinito en el pasado, sino que debe tener un límite espacio-temporal pasado, es decir, un comienzo. Este teorema es notablemente general y se aplica incluso a modelos de multiverso.

La convergencia de la metafísica deductiva y la física empírica en la conclusión de que el universo tuvo un comienzo absoluto constituye uno de los pilares más sólidos para la segunda premisa del argumento Kalām.

# **LA VÍA COSMOLÓGICA: EN BUSCA DE UN FUNDAMENTO PARA EL UNIVERSO**

Una vez establecidos los principios de inteligibilidad, contingencia y la finitud del pasado, estamos equipados para desplegar los argumentos cosmológicos. Estos argumentos parten de la existencia y naturaleza del cosmos para inferir la existencia de una Causa Primera o un Fundamento último. Se examinarán dos familias principales de este argumento: el que parte de la contingencia y el que parte del comienzo temporal.

## **El Argumento desde la Contingencia (Vía Tomista y Leibniziana)**

Los argumentos de la contingencia son particularmente robustos porque no dependen necesariamente de si el universo tuvo un comienzo en el tiempo. Funcionan incluso en la hipótesis de un universo eterno, ya que se ocupan de la dependencia ontológica en el aquí y ahora.

## **La Tercera Vía de Tomás de Aquino**

La tercera de las "Cinco Vías" de Santo Tomás de Aquino es un argumento clásico de la contingencia. Su enfoque no es una cadena causal lineal que se extiende hacia el pasado (*in fieri*), como una fila de fichas de dominó cayendo. Más bien, se trata de una cadena de dependencia existencial

jerárquica (*in esse*), que pregunta qué sostiene a la realidad en existencia en este mismo instante.

La lógica del argumento es la siguiente: Observamos en el mundo seres que son contingentes; pueden existir o no existir. Si todo en la realidad fuera contingente, entonces existiría la posibilidad de que nada existiera. Aquino argumenta que si en algún momento nada existió, sería imposible que algo comenzara a existir, ya que de la nada, nada surge. Por lo tanto, no todo puede ser contingente. Debe existir al menos un ser cuya existencia no es meramente posible, sino necesaria. Este Ser Necesario es la fuente última del ser para todas las cosas contingentes, el fundamento que impide que la realidad se deslice hacia la no-existencia. Es crucial notar que este argumento permite la posibilidad de un universo que no tenga un principio en el tiempo, ya que la dependencia que describe es vertical y simultánea, no horizontal y secuencial.

### **El Argumento de la Razón Suficiente de Leibniz**

Gottfried Wilhelm Leibniz ofrece una formulación diferente pero complementaria del argumento de la contingencia, basada en su Principio de Razón Suficiente (PRS). El argumento se desencadena por la pregunta metafísica más fundamental: "¿Por qué hay algo en lugar de nada?".

La lógica leibniziana procede así:

1. Todo lo que existe tiene una explicación para su existencia.
2. El universo, como la suma de todos los entes contingentes, existe y por lo tanto requiere una explicación.

3. Esta explicación no puede encontrarse *dentro* de la serie de entes contingentes. Apelar a otro ente contingente para explicar la serie simplemente pospone la pregunta, generando una regresión explicativa viciosa. Explicar cada parte de una colección no explica por qué la colección en su totalidad existe.
4. Por lo tanto, la razón suficiente para la existencia del universo debe encontrarse fuera de la serie de contingentes, en un Ser que no es contingente, es decir, un Ser Necesario.
5. Este Ser Necesario contiene en sí mismo la razón de su propia existencia; su esencia implica su existencia.

Estos dos argumentos, el tomista y el leibniziano, aunque parten de ángulos ligeramente diferentes (la posibilidad de no-ser frente a la necesidad de una explicación), convergen en la misma conclusión: la existencia de un Ser Necesario como fundamento de toda la realidad contingente.

La presentación conjunta de estos argumentos crea un dilema estratégico para el crítico. Si el universo tuvo un comienzo, el argumento Kalām (que se verá a continuación) se aplica con toda su fuerza. Si, por el contrario, se argumenta que el universo es eterno o que el concepto de "comienzo" es incoherente, los argumentos de contingencia de Aquino y Leibniz permanecen intactos, ya que su validez no depende de la finitud del pasado. Para refutar el caso cosmológico en su totalidad, el crítico debe abordar ambas líneas de razonamiento.

## El Argumento Cosmológico Kalām: El Comienzo del Tiempo

A diferencia de los argumentos de contingencia, el argumento cosmológico Kalām depende explícitamente de la finitud del pasado, lo que lo convierte en un punto de encuentro único entre la metafísica medieval y la cosmología contemporánea. Su fuerza reside en su elegante estructura lógica y el robusto apoyo que sus premisas reciben tanto de la filosofía como de la ciencia.

### Estructura Silogística

El argumento se presenta comúnmente en forma de un silogismo simple y deductivamente válido:

- **Premisa 1:** Todo lo que comienza a existir tiene una causa.
- **Premisa 2:** El universo comenzó a existir.
- **Conclusión:** Por lo tanto, el universo tiene una causa.

Si las dos premisas son verdaderas, la conclusión se sigue necesariamente. Por lo tanto, la defensa del argumento se centra en justificar la veracidad de cada premisa.

### Defensa de la Premisa 1 (Principio Causal)

La primera premisa se apoya en una de las intuiciones metafísicas más fundamentales: "algo no puede surgir de la nada" (*ex nihilo nihil fit*). Afirmar que algo puede aparecer en la existencia sin causa alguna es, como señala Craig, "peor que la magia", pues en la magia al menos hay un mago y un sombrero. La experiencia universal y la práctica científica confirman este principio causal.

La principal objeción contemporánea proviene de la física cuántica, donde ciertos fenómenos, como la aparición de "partículas virtuales", parecen ocurrir sin causa. Sin embargo, esta objeción se basa en un malentendido de lo que es el "vacío cuántico". El vacío cuántico no es la "nada" filosófica (no-ser absoluto), sino un mar de energía fluctuante regido por leyes físicas precisas. Las partículas virtuales no surgen *ex nihilo*, sino *de* la energía del vacío, de acuerdo con las leyes de la mecánica cuántica. Por lo tanto, la física cuántica no proporciona un ejemplo genuino de algo que surge de la nada.

## **Defensa de la Premisa 2 (El Comienzo del Universo)**

La segunda premisa, que el universo comenzó a existir, se defiende con dos líneas de argumentación que ya se introdujeron en la Parte I y que aquí se profundizan.

**Argumentos Filosóficos:** Se basan en la imposibilidad de un infinito actual. Como se argumentó anteriormente, una serie infinita de eventos pasados no puede ser atravesada por adición sucesiva para llegar al presente. Si el pasado fuera infinito, el hoy nunca habría llegado. Esta imposibilidad metafísica de una regresión temporal infinita implica necesariamente que la serie de eventos pasados es finita y, por lo tanto, el universo tuvo un comienzo.

**Argumentos Científicos:** La cosmología del siglo XX ha proporcionado una evidencia empírica abrumadora a favor de esta premisa. La expansión del universo, trazada hacia atrás en el tiempo, apunta a un origen en el Big Bang. La segunda ley de la termodinámica sugiere que un universo eternamente existente ya habría alcanzado la muerte térmica. Y el teorema BGV refuerza la conclusión de que cualquier universo en expansión debe tener un

comienzo, independientemente de la física específica que lo gobierne.

Dado el sólido apoyo filosófico y científico para ambas premisas, la conclusión de que el universo tiene una causa es lógicamente ineludible. Esta conclusión sirve como punto de partida para la siguiente fase de la investigación: determinar la naturaleza de esa causa.

# LA NATURALEZA DE LA CAUSA PRIMERA: DE LA METAFÍSICA A LA TEOLOGÍA NATURAL

Habiendo establecido la alta plausibilidad de que el universo tiene una Causa, el itinerario filosófico se adentra ahora en la teología natural. El objetivo de esta sección es deducir los atributos de esta Causa Primera a partir de la naturaleza de su efecto: el cosmos. Este proceso no consiste en postular atributos arbitrariamente, sino en inferirlos lógicamente, mostrando cómo el "Ser Necesario" de los filósofos se alinea de manera sorprendente con el concepto clásico de Dios.

## Los Atributos Trascendentales del Fundamento del Ser

El método aquí es un análisis conceptual: dado que la Causa originó el universo, debe poseer propiedades que son lógicamente anteriores o trascendentes a las propiedades del universo mismo.

**Incausado y Necesario:** Este es el punto de partida. Como término final de la regresión causal (ya sea temporal o jerárquica), la Causa Primera no puede, por definición, tener una causa anterior. Es la causa no causada, el motor inmóvil. Su existencia no es contingente, sino necesaria; existe por la necesidad de su propia naturaleza.

**Atemporal y Eterno:** El universo es la totalidad del espacio-tiempo. La causa del tiempo no puede estar ella misma en el tiempo. Debe existir "fuera" del flujo temporal, en un estado que los filósofos llaman eternidad. Estar fuera del tiempo implica que no tiene un comienzo ni un fin, ni una sucesión de momentos en su propio ser.

**Aespacial e Inmaterial:** De manera análoga, como causa del espacio y de toda la materia y energía dentro de él, la Causa Primera no puede ser espacial ni material. Debe ser un ente inmaterial o espiritual. Si fuera material, sería parte del universo y estaría sujeta a sus leyes, lo que la haría contingente y necesitaría a su vez una causa.

**Inmutable y Simplísimo:** La inmutabilidad (incapacidad de cambiar) se sigue directamente de su atemporalidad. El cambio es un proceso que ocurre en el tiempo. Un ser eterno está exento de cambio y, por lo tanto, es inmutable. Aristóteles lo describió como "acto puro" (*actus purus*), un ser sin potencialidades no realizadas. De su inmaterialidad y necesidad se deduce la simplicidad (ausencia de partes). Un ser compuesto de partes es contingente, ya que su existencia depende de la composición y cohesión de dichas partes. Un ser necesario debe ser, por tanto, metafísicamente simple, sin composición.

**Omnipotente:** Como la causa sin restricciones de la totalidad de la realidad contingente, debe poseer un poder suficiente para producirla *ex nihilo*. Este poder, al no estar limitado por ninguna condición material o temporal preexistente, se describe adecuadamente como omnipotencia.

Este proceso deductivo proporciona una respuesta directa y contundente a la objeción popular, a menudo atribuida a

Bertrand Russell: "¿Qué causó a Dios?". Esta pregunta comete un error de categoría. El principio causal, tal como se formula en los argumentos ("Todo lo *que comienza a existir...*" o "Todo lo *contingente...*"), se aplica a los seres dentro del tiempo y la contingencia. La Causa Primera, al ser deducida como atemporal, inmaterial y necesaria, no pertenece a la clase de entidades que requieren una causa según los propios términos del argumento. No es una excepción arbitraria a la regla; es una categoría de ser fundamentalmente diferente, cuya existencia es necesaria para explicar la regla en primer lugar.

## **La Causa como Mente: El Argumento de la Personalidad**

Hasta ahora, los atributos deducidos describen un Fundamento del Ser que podría parecer abstracto o impersonal. Sin embargo, un último paso lógico crucial revela que esta Causa debe ser personal.

### **El Dilema de la Causa Atemporal**

Aquí surge una paradoja aparentemente formidable, planteada por primera vez por los filósofos islámicos Kalām como Al-Ghazali. Si la Causa del universo es atemporal e inmutable, y si todas las condiciones para la creación estaban eternamente presentes en esa Causa, ¿por qué el universo no es también eterno? ¿Por qué comenzó a existir hace un tiempo finito, hace unos 13.8 mil millones de años, en lugar de haber coexistido eternamente con su Causa? Una causa mecánica y determinista, dadas las condiciones suficientes, produce su efecto de inmediato y necesariamente. Si la Causa es eterna, el efecto (el universo) también debería serlo.

## La Volición como Solución

La única solución coherente a esta paradoja es postular que la Causa Primera no es una fuerza mecánica e impersonal, sino un **agente personal dotado de libre albedrío**. Solo una mente libre puede poseer la capacidad de originar un efecto temporal sin sufrir ningún cambio en sí misma. La decisión de crear es un acto de volición que puede ser simultáneo (desde la perspectiva de la eternidad) con su efecto, pero que inicia una secuencia temporal.

Una analogía ayuda a ilustrar este punto: imaginemos a un hombre sentado desde la eternidad. El estado de estar sentado no causa por sí mismo que se ponga de pie. Sin embargo, el hombre puede *elegir libremente* ponerse de pie en un momento determinado. El acto de la voluntad es lo que introduce un nuevo efecto en el tiempo sin que una causa mecánica previa lo determine. De manera similar, la Causa Primera, existiendo eternamente, puede elegir libremente traer el universo a la existencia en un primer momento del tiempo.

## Conclusión: La Causa es Personal

Por lo tanto, la inferencia más racional es que la Causa del universo es una Mente trascendente, inmaterial, atemporal, inmensamente poderosa e inteligente, que eligió libremente crear el cosmos. Este atributo de la personalidad no es una adición sentimental o religiosa, sino una deducción filosófica necesaria para resolver una profunda paradoja en la relación entre una causa eterna y un efecto temporal.

Este paso es de suma importancia, ya que establece un puente conceptual entre el "Dios de los filósofos" —el Ser

Necesario, el Acto Puro— y el Dios de la teología revelada, a quien se le atribuyen los rasgos de mente, voluntad y propósito. La conclusión de una Causa personal hace que la identificación final con el Dios teísta sea filosóficamente plausible y coherente.



## **CONVERGENCIAS: OTRAS VÍAS HACIA LO DIVINO**

Habiendo trazado una ruta desde el cosmos hasta una Causa Primera personal, esta sección explora otros argumentos filosóficos que, partiendo de diferentes facetas de la realidad —el orden, la moralidad y el concepto mismo de perfección—, convergen en una conclusión similar. La fuerza de este caso acumulativo reside en la consiliencia de estas líneas de evidencia independientes.

### **El Argumento Teleológico: El Ajuste Fino del Cosmos**

El argumento teleológico, o argumento del diseño, sostiene que ciertos rasgos del universo exhiben un orden y un propósito que son mejor explicados por una inteligencia diseñadora.

#### **Del Diseño Clásico al Ajuste Fino**

Históricamente, el argumento se basaba en analogías con artefactos humanos. La más famosa es la analogía del relojero de William Paley: si al caminar por un campo encontramos un reloj, con sus partes complejas dispuestas para cumplir una función (medir el tiempo), inferimos la existencia de un relojero. De igual manera, al observar la complejidad funcional de los organismos vivos, como el

ojo, deberíamos inferir un Diseñador divino. En el siglo XX, el bioquímico Michael Behe actualizó esta línea de pensamiento con el concepto de complejidad irreductible, argumentando que ciertos sistemas biológicos, como el flagelo bacteriano, están compuestos por múltiples partes interdependientes que deben estar todas presentes para que el sistema funcione. Tales sistemas, según Behe, no podrían haber evolucionado gradualmente a través de la selección natural, ya que los pasos intermedios no serían funcionales, apuntando así a un diseño deliberado.

Sin embargo, la forma más potente y contemporánea del argumento teleológico proviene de la cosmología: el ajuste fino de las constantes universales. Los físicos han descubierto que las constantes fundamentales de la naturaleza —como la fuerza de la gravedad, la fuerza nuclear fuerte y débil, la masa del protón y el neutrón, y la constante cosmológica que impulsa la expansión del universo— están ajustadas con una precisión asombrosa dentro de un rango extremadamente estrecho que permite la existencia de un universo estable y capaz de albergar vida. Si cualquiera de estas constantes variara en una fracción infinitesimal, el universo sería estéril: o se habría colapsado sobre sí mismo segundos después del Big Bang, o se habría expandido tan rápidamente que ninguna estrella o galaxia podría haberse formado.

### **La Inferencia a la Mejor Explicación**

El ajuste fino no se presenta como una prueba deductiva, sino como una inferencia a la mejor explicación. Existen tres posibles explicaciones para esta asombrosa "conspiración" de las constantes:

**Necesidad Física:** Las constantes tienen los valores que tienen por una necesidad intrínseca; no podrían ser de otra

manera. Sin embargo, no existe ninguna "Teoría del Todo" que demuestre esto, y parece que los valores son contingentes.

**Azar:** Simplemente tuvimos una suerte cósmica inconcebiblemente grande. Nuestro universo es el resultado de una lotería cósmica en la que las probabilidades de ganar eran prácticamente nulas.

**Diseño:** Las constantes fueron establecidas deliberadamente por una Inteligencia trascendente con el propósito de permitir la existencia de vida.

El argumento sostiene que el Diseño es la explicación más plausible, elegante y menos *ad hoc*. Mientras que el darwinismo puede explicar la apariencia de diseño en la biología, no existe un mecanismo naturalista análogo que explique por qué las leyes y constantes fundamentales del cosmos están ajustadas para la vida. El ajuste fino se refiere a las condiciones iniciales del juego, no a los resultados del juego una vez que ha comenzado.

## **El Argumento Moral: El Fundamento del Bien**

Este argumento se aleja de la cosmología para centrarse en la experiencia humana de la moralidad.

### **La Realidad de la Moral Objetiva**

El punto de partida es la afirmación de que los seres humanos experimentan ciertos valores y deberes morales como objetivamente reales, es decir, verdaderos y vinculantes independientemente de la opinión personal o cultural. Propositiones como "la tortura de inocentes por

placer es mala" o "la compasión es buena" no se perciben como meras preferencias subjetivas (como el gusto por un helado) o convenciones sociales (como conducir por la derecha), sino como verdades sobre la realidad. Aunque las aplicaciones pueden variar culturalmente, existe un núcleo de ley moral común a la humanidad, lo que C.S. Lewis llamó el *Tao*.

### **Formulación del Argumento**

El argumento se puede estructurar de la siguiente manera:

**Premisa 1:** Si Dios no existe, los valores y deberes morales objetivos no existen.

**Premisa 2:** Los valores y deberes morales objetivos existen.

**Conclusión:** Por lo tanto, Dios existe.

La defensa del argumento se centra en la primera premisa. Las explicaciones naturalistas de la moralidad, como la ética evolutiva, pueden explicar por qué tenemos *creencias* morales (por ejemplo, el altruismo recíproco favoreció la supervivencia del grupo). Sin embargo, lo que no pueden hacer es fundamentar los *deberes* morales objetivos. Si la moralidad es simplemente un subproducto de la evolución para la supervivencia, entonces no hay nada objetivamente *malo* en actuar en contra de ella; simplemente sería actuar en contra de un instinto programado. El naturalismo describe lo que *es* (nuestros instintos morales), pero no puede fundamentar lo que *debe ser* (nuestras obligaciones morales). Este es el famoso problema del "ser-deber ser" o la "guillotina de Hume".

Un Legislador Divino, cuya naturaleza es el Bien mismo, proporciona un fundamento sólido y objetivo para la ley moral. Los deberes morales son objetivos porque se basan en el carácter inmutable de un Dios bueno y personal, y son prescriptivos porque son la expresión de Su voluntad.

## **El Argumento Ontológico: La Lógica de la Perfección Máxima**

El argumento ontológico es único porque es un argumento puramente *a priori*, que procede no de la observación del mundo, sino del análisis del concepto mismo de Dios.

### **El Argumento Clásico de Anselmo**

En su *Proslogion*, San Anselmo de Canterbury definió a Dios como "aquello mayor que lo cual nada puede pensarse" (*aliquid quo maius cogitari nequit*). Argumentó que un ser que existe tanto en la mente como en la realidad es "mayor" que un ser que existe solo en la mente. Por lo tanto, si Dios, el ser más grande concebible, existiera solo en la mente, podríamos concebir un ser aún mayor: uno que también existiera en la realidad. Esto sería una contradicción. Por lo tanto, para ser verdaderamente "aquello mayor que lo cual nada puede pensarse", Dios debe existir necesariamente en la realidad.

### **La Reformulación Modal de Alvin Plantinga**

El argumento de Anselmo ha sido objeto de críticas durante siglos. Sin embargo, en el siglo XX, el filósofo Alvin Plantinga lo reformuló utilizando la lógica modal (la lógica de la posibilidad y la necesidad) y la semántica

de los "mundos posibles". La versión de Plantinga se puede simplificar así:

1. Se define a un "Ser Máximamente Grande" como un ser que es omnipotente, omnisciente y moralmente perfecto en *todo mundo posible*.
2. Se postula la premisa clave: Es posible que un Ser Máximamente Grande exista.
3. A partir de aquí, la lógica modal (específicamente, el sistema axiomático S5) se encarga del resto. Si la existencia de un ser necesario es *posible*, entonces es *necesaria*. Si un Ser Máximamente Grande existe en *un* mundo posible, entonces, por definición (al ser máximamente grande), debe existir en *todos* los mundos posibles.
4. Si existe en todos los mundos posibles, entonces existe en el mundo real (actual).
5. Por lo tanto, un Ser Máximamente Grande existe.

El argumento de Plantinga traslada el debate de si Dios existe a si la existencia de Dios es *lógicamente posible*. Si se concede la premisa de la posibilidad, la conclusión de la existencia necesaria se sigue con rigor lógico.

Aunque a menudo se considera el menos persuasivo de los argumentos para el no creyente, el argumento ontológico cumple una función importante. Primero, demuestra la coherencia racional de la creencia en un ser necesariamente existente. Segundo, y más importante en el contexto de este libro, muestra una profunda sinergia con los argumentos *a posteriori*. Los argumentos cosmológicos y teleológicos, al concluir la existencia plausible de una Causa personal, inteligente y poderosa, fortalecen enormemente la premisa clave de Plantinga. Si la razón, partiendo del mundo, nos lleva a la conclusión

de que tal ser probablemente existe, entonces ciertamente su existencia es, como mínimo, *lógicamente posible*.

Este no es el argumento más poderoso para la existencia de Dios, pero lo incluimos por su valor histórico e intuitivo. Veremos y hemos visto, argumentos más fuertes e indiscutibles.



## **EL CRISOL DE LA CRÍTICA: OBJECIONES Y RESPUESTAS**

Un caso filosófico robusto no solo debe presentar argumentos a su favor, sino también demostrar su capacidad para resistir las críticas más agudas. Esta sección se dedica a un análisis honesto y riguroso de las principales objeciones a los argumentos presentados, junto con las respuestas teístas correspondientes.

### **Objeciones a los Argumentos Cosmológicos**

Los argumentos que parten del cosmos para llegar a una Causa Primera han sido objeto de un intenso escrutinio filosófico y científico.

**La Crítica de Hume a la Causalidad:** David Hume argumentó que nuestro concepto de causalidad se basa en la observación de una "conjunción constante" entre eventos en nuestra experiencia. Sostuvo que no tenemos justificación para extrapolar este principio más allá de la experiencia y aplicarlo al universo en su totalidad, ya que no tenemos experiencia de la creación de universos. La respuesta teísta señala que el principio de causalidad no es una mera generalización inductiva, sino un principio metafísico fundamental de la inteligibilidad. Negarlo socavaría no solo la metafísica, sino la propia ciencia.

**La Crítica de Kant:** Immanuel Kant, si bien aceptaba la fuerza del argumento cosmológico, sostenía que el principio de causalidad solo es aplicable al mundo de los fenómenos (lo que podemos experimentar) y no al mundo

nouménico (las cosas en sí mismas), donde residiría Dios. Además, afirmó que el argumento cosmológico depende ilegítimamente del argumento ontológico para pasar de un ser contingente a un ser absolutamente necesario. La defensa contemporánea argumenta que Kant presupone su propia y compleja epistemología. Si se rechaza la estricta división fenómeno/nómeno, la crítica pierde su fuerza. Además, el argumento de la contingencia no necesariamente se apoya en el ontológico; deduce la necesidad de la Causa a partir de la contingencia del efecto, no del mero concepto de perfección.

**La Objeción de Russell "¿Qué causó a Dios?":** Esta es quizás la objeción más popular. Como se anticipó, se basa en un error de categoría. El argumento afirma que todo lo contingente o que *comienza a existir* tiene una causa. La Causa Primera, deducida como necesaria y atemporal, no pertenece a esta categoría. No es una excepción arbitraria, sino la condición de posibilidad para la existencia de seres causados.

### **Objeciones desde la Física Moderna:**

**-Fluctuaciones del Vacío Cuántico:** Se objeta que las partículas virtuales surgen de la "nada" sin causa. La respuesta es que el vacío cuántico no es la "nada" filosófica (ausencia de ser), sino un sustrato físico con una rica estructura, energía y gobernado por leyes. Es un "algo" que causa, no una "nada" de la que algo surge.

**-Modelos de Universo Eterno/Cíclico:** Se proponen modelos cosmológicos que evitan un comienzo absoluto. Sin embargo, estos modelos a menudo se enfrentan a problemas teóricos insuperables, como la segunda ley de la termodinámica, que implicaría que un universo cíclico acumularía entropía con cada ciclo, haciendo que un

pasado infinito sea insostenible. Además, el teorema BGV parece aplicarse incluso a estos escenarios, lo que sugiere que un comienzo es ineludible.

## **Objeciones a los Argumentos Teleológico y Moral**

Los argumentos basados en el orden y la moralidad también se enfrentan a críticas.

### **Objeciones al Diseño:**

**Crítica Darwiniana:** La teoría de la evolución por selección natural de Darwin ofrece una explicación (muy discutible) para la complejidad y la apariencia de diseño en el mundo biológico, para evitar recurrir a un diseñador. La respuesta teísta moderna podría conceder este punto si fuera demostrable (que no lo es), pero señala que la evolución darwiniana no explica el ajuste fino *cosmológico*. La evolución opera sobre las leyes de la física y la química; no explica por qué esas leyes son precisamente las que permiten que la evolución ocurra. Además, los avances de la ciencia en este campo, de momento lo que acreditan es la no plausibilidad de la abiogénesis y la extrema dificultad de que exista en el Universo la Tierra 2.0, como ya veremos en detalle más adelante, en la parte de estudio científico detallado de este tratado.

**Hipótesis del Multiverso:** Esta es la principal alternativa naturalista al ajuste fino. Postula la existencia de un vasto (quizás infinito) conjunto de universos, cada uno con diferentes constantes físicas. En un conjunto tan grande, no es sorprendente que al menos uno, por puro azar, tenga las condiciones adecuadas para la vida. Nosotros,

naturalmente, nos encontramos en ese universo. Las objeciones a esta hipótesis son varias:

**-Falta de Evidencia:** Es una hipótesis puramente metafísica sin evidencia empírica directa.

**-Problema del Generador de Universos:** Un mecanismo capaz de generar múltiples universos probablemente requeriría su propio "ajuste fino" para producir universos ordenados en lugar de caos.

**-Problema de los Cerebros de Boltzmann:** En un multiverso aleatorio, es estadísticamente mucho más probable que surja un observador mínimo (un "cerebro de Boltzmann" flotando en el vacío con falsos recuerdos) que un universo vasto, ordenado y complejo como el nuestro. Esto socava la confianza en nuestras propias facultades cognitivas.

**-Navaja de Ockham:** La hipótesis teísta (un Dios) es ontológicamente más simple que la postulación de un número infinito o vasto de universos no observables.

**-Requiere de dimensiones adicionales y teoría de cuerdas,** que no sólo no han podido acreditarse, sino que la ciencia, muestra claramente su imposibilidad.

**-La hipótesis del Multiverso no soluciona los problemas de causalidad,** ni rebate los argumentos teístas, sólo los traslada a otro escenario. Si existe un multiverso material, para el mismo es válido todo lo dicho con anterioridad.

**-Problema del infinito.** Un multiverso con infinitos universos requeriría materia y energía infinita. No es posible ni materia ni tiempo infinitos, como ya vimos; por

lo que infinitos multiversos, entre los que se da uno como el nuestro, no es posible. ¿Materia infinita? ¿De dónde iba a salir la materia infinita? Materia es una categoría mensurable, e infinito es una categoría inconmensurable. Por tanto “materia infinita” es una contradicción lógica, una incongruencia.

**-La ciencia actual** nos indica que la hipótesis del multiverso no funciona. Ya redundaremos sobre esto más adelante.

### **Objeciones a la Moral:**

**El Dilema de Eutifrón:** Planteado por Platón, este dilema pregunta: "¿Algo es bueno porque Dios lo ordena, o Dios lo ordena porque es bueno?". Si es lo primero, la moralidad parece arbitraria. Si es lo segundo, la moralidad es independiente de Dios, y Dios se vuelve superfluo como fundamento moral. La respuesta teísta clásica es una tercera opción: el dilema es falso. Dios no inventa el bien arbitrariamente ni se conforma a un estándar externo. Más bien, la naturaleza misma de Dios es el estándar del Bien. Sus mandatos son una expresión de su carácter intrínsecamente bueno, justo y amoroso. El mal es un defecto, y Dios no tiene defectos, por tanto, algo es bueno cuando no es defectuoso. El dilema es falso: Dios no ordena, sino que, didácticamente, indica dónde se encuentra el mal para guiarnos a nuestra perfección, pero respeta la libertad del hombre, quien elige libremente lo que quiere y hace. Es por eso por lo que Dios no condena a nadie, los que se condenan, se condenan ellos a sí mismos en su actuar libre, en su elección.

**Explicaciones Naturalistas de la Moralidad:** Se argumenta que la moralidad puede explicarse a través de la evolución y la sociología. La respuesta teísta, como se

vio, es que estas teorías pueden explicar el origen de nuestras *creencias* morales (el *ser*), pero no pueden fundamentar la existencia de *deberes* morales objetivos (el *deber ser*).

## **SÍNTESIS: HACIA UNA TEODICEA RACIONAL**

Tras haber recorrido las diversas vías argumentativas y haberlas sometido al crisol de la crítica, esta sección final busca integrar los hilos en un tejido coherente, presentando un caso unificado y reflexionando sobre las implicaciones de las conclusiones alcanzadas.

### **El Caso Acumulativo para el Teísmo**

La fuerza de la teología natural no reside en un único argumento. Su poder persuasivo surge de la convergencia de múltiples líneas de evidencia independientes que, partiendo de aspectos dispares de la realidad, apuntan hacia una misma conclusión. Es la acumulación de indicios —la existencia de un cosmos contingente en lugar de la nada, su comienzo en el tiempo, su orden, su asombroso ajuste fino para la vida, la existencia de la conciencia y la razón, y la realidad de una ley moral objetiva— lo que constituye un caso formidable para el teísmo. En realidad, cuando algo es cierto, todas las perspectivas desde las que se contempla lo confirman, como no podría ser de otro modo.

### **El Teísmo como Hipótesis Explicativa Superior**

Para los que niegan o para los que dudan, quizás el enfoque más fructífero para evaluar la cuestión es el de la "inferencia a la mejor explicación", un método fundamental tanto en ciencia como en filosofía. Se trata de preguntar qué cosmovisión, el teísmo o el naturalismo

ateo, ofrece un marco más coherente, con mayor poder explicativo, mayor alcance y mayor parsimonia para dar cuenta de la totalidad de nuestra experiencia.

El filósofo Richard Swinburne ha sido un destacado defensor de este enfoque, argumentando que la hipótesis de la existencia de Dios da sentido a toda nuestra experiencia de una manera que ninguna otra explicación puede igualar. El teísmo explica:

**Por qué existe algo en lugar de nada:** Postula un Ser Necesario. El naturalismo debe aceptar la existencia del universo como un hecho bruto e inexplicable.

**Por qué el universo es ordenado y gobernado por leyes matemáticas elegantes:** Postula una Mente Legisladora. El naturalismo debe aceptar este orden como otro hecho bruto.

**Por qué las constantes físicas están finamente ajustadas para la vida:** Postula un Diseñador con un propósito. El naturalismo debe recurrir a la improbabilidad extrema del azar o a la hipótesis metafísica y no parsimoniosa del multiverso.

**Por qué existen la conciencia, la razón y la moralidad objetiva:** Postula un Creador personal y bueno que nos hizo a su imagen. El naturalismo lucha por reducir estos fenómenos a meros subproductos de procesos materiales no guiados, socavando su validez objetiva.

El teísmo, por lo tanto, no es una hipótesis científica que compite con la física o la biología. Es una hipótesis *metafísica* que busca explicar por qué existe un mundo en el que la física y la biología son posibles. En esta competencia de cosmovisiones, el teísmo emerge como un

marco más racionalmente satisfactorio y explicativamente completo que sus principales rivales.

## **Epílogo: Fides et Ratio - La Fe en Busca del Entendimiento**

Este itinerario filosófico ha buscado demostrar la plausibilidad racional de la existencia de un Ser que es la Causa Primera incausada, un Ser Necesario, atemporal, inmaterial, omnipotente, omnisciente, perfectamente bueno y personal. La convergencia de los argumentos cosmológicos, teleológicos, morales y ontológicos dibuja el perfil de una entidad que se alinea de manera inequívoca con el Dios del teísmo clásico.

La razón, por sí sola, puede no ser capaz de probar la totalidad del contenido de una fe religiosa específica, o sí.

No puede demostrar dogmas o eventos históricos revelados. Sin embargo, lo que sí puede hacer, y lo que este estudio ha intentado mostrar, es establecer un sólido *praeambula fidei* —un preámbulo a la fe—.

Esto puede despejar el camino de objeciones intelectuales que presentan la creencia como algo irracional o anticientífico. Puede mostrar que el edificio de la fe no se asienta sobre el vacío de la credulidad, sino sobre un fundamento metafísico que la razón misma considera plausible.

En última instancia, el viaje de la razón nos lleva al umbral del misterio. Pero nos permite acercarnos a ese umbral no con un salto ciego en la oscuridad, sino con la confianza de que el camino hasta ese punto ha sido iluminado por la propia luz de la razón. El espíritu que ha guiado esta obra

es, pues, el de Anselmo: *fides quaerens intellectum*, la fe que busca el entendimiento, en la convicción de que la verdad, ya sea alcanzada por la filosofía o por la revelación, no puede contradecirse a sí misma.

## **SOBRE LA CIENCIA**

La ciencia, para alcanzar su saber, utiliza el método científico. Esto vuelve a ser una verdad de Perogrullo, pero hay que recordarlo, porque resulta que algunos científicos que se llenan la boca con que solo lo que se “ve y se pesa” es saber “serio”, resulta que luego, cuando los resultados empíricos no son los que ellos quieren, comienzan a olvidar sus propios principios para entrar en elucubraciones fantasiosas que no son susceptibles de que se les aplique el método científico ni ningún otro.

La ciencia se ocupa de la materia y de cómo funciona esta. Por tanto, las ciencias experimentales, no están cualificadas para hablar de cosas que trasciendan lo material, como el amor, la compasión, el valor, la justicia, la empatía, etc.

El campo de actuación de la ciencia es el del estudio de lo que puede refrendarse experimentalmente o, al menos, se cree posible que pueda refrendarse en un futuro, para lo cual se investiga. Si una hipótesis no puede ser verificada por medios cuantitativos, y se sabe que tampoco podrá ser verificada en el futuro, entonces dicha hipótesis deja de ser científica. Por tanto, para cualquier parámetro del mundo físico, el uso del concepto “infinito” es incorrecto, como indicó preclaramente el Doctor en Física Manuel M<sup>a</sup> Carreira, dado que “ninguna medida realizada con un aparato finito puede darnos un valor estrictamente infinito. Solamente puede aparecer un valor indefinidamente creciente como un límite de un proceso físico para el que no podemos lógicamente asignar un término. También es incorrecta la suposición de «otros Universos» si uno define «Universo» como la totalidad

de cuanto existe de orden material, directa o indirectamente susceptible de verificación experimental, al menos por sus efectos pasados o presentes en el entorno observable. «Otro Universo» es, automáticamente, pura ficción no-científica si se propone como solución de un problema” (Carreira, 2001, p. 14”).

Y continúa Carreira:

“Podríamos decir que la ciencia es una respuesta al «cómo» ocurren las cosas en el mundo de la materia, con referencia causal solamente a las causas más inmediatas. Esta respuesta solamente puede formularse en el marco de leyes que describen procesos con modos de proceder constantes a partir de condiciones iniciales. Si no son conocidas las condiciones iniciales con exactitud, la aplicación de las leyes no puede dar lugar a predicciones fiables. Si no se conocen las leyes, no es posible pasar de una situación primitiva a otra posterior. Como las leyes son descripciones generalizadas del proceder de la materia, ya presuponen su existencia y propiedades. Consecuentemente, no puede aplicarse el método científico a problemas que implican la estricta creación o aniquilación de algo material. Se podría decir, brevemente, que la ciencia sólo trata de las transformaciones de la materia”.

## **Las cosas dependientes**

Las cosas dependientes tienen una explicación externa de su existencia, *ceteris paribus*.

Por tanto, es precisa una explicación externa del total de todas las cosas dependientes en términos de algo no dependiente, es decir, algo autoexistente.

Los totales de cosas dependientes son, por naturaleza, dependientes.

Los elementos dependientes no pueden, por sí solos, sumar un total independiente.

Se ha querido argumentar que “el infinito”, “la inflación eterna”, justifica que existan las cosas dependientes, contingentes.

Aunque fuera posible la explicación de “el infinito” (que ya hemos visto que no); parafraseando a Leibniz, si los libros de geometría se copiaran de otros libros de geometría, ad infinitum, seguramente podríamos seguir preguntándonos por qué hay libros de geometría. En general, puede parecer indiferente qué elementos dependientes incluya la cadena o su longitud. A menos que podamos identificar una diferencia relevante entre alguna cadena en particular, es necesario explicar la cadena en términos de algo externo a ella. Para explicar el origen de lo dependiente es preciso algo independiente o causa incausada.

Algunos, como Russell, confundiendo categorías, dijeron que la causa incausada también precisaba una causa. Obviamente lo independiente no depende de nada, mientras que lo dependiente sí, y si hay cosas dependientes es preciso que haya algo independiente.

Otros han sostenido que la materia es lo que no es contingente, lo independiente. Eso es absurdo: si todas las cosas materiales son contingentes, entonces la materia es contingente. Para cualquier porción puramente contingente de la realidad, si no difiere de otras cosas dependientes (no autoexistentes) en algún aspecto identificable, entonces tenemos motivos para esperar que también dependa de algo anterior, *ceteris paribus*.

Y esto nos lleva a considerar que, tras haber deducido la necesidad de Dios creador del Universo, ahora debemos plantearnos si Dios es también, directamente, el creador de la vida en el Universo, o si esta surgió sin intervención directa de Dios, por las características generadoras del propio Universo.

Bueno, en cualquier caso, Dios sería la Causa Primera de todo, y, como dijo Suarez, la causa de la causa está en mejor predicamento que la causa del efecto. Así que si Dios hubiera creado el Universo y éste hubiera generado a los seres vivos que lo habitan, el mérito principal sería de Dios como creador del creador. Si yo barro el suelo, yo soy la causa de que esté limpio. Si construyo un robot que lo barre, el robot es la causa de que el suelo esté limpio, pero yo soy la causa del robot y, al final, si el suelo está limpio es por mí. Como decíamos, la causa de la causa está en mejor predicamento que la causa del efecto.

Aun así y todo, lo anterior es más una elucubración humana que un modo de actuar de Dios pues, probablemente, en Dios no hay dos momentos de crear el Universo y dejar que actúe en la creación del hombre, sino que todo es una misma cosa.

Por otro lado, al estudiar las leyes y fuerzas del Universo no parece en absoluto que éste tenga ninguna capacidad creadora de vida, por lo que podríamos deducir que Dios creó el Universo y creó directamente la vida en él. Y esto para evitarnos cualquier duda sobre la autoría.

Es a esto a lo que vamos a dedicar la subsiguiente investigación. En esa línea estudiaremos la plausibilidad del Ajuste Fino del Universo y de La Tierra Rara y la inanidad del Multiverso, de la Abiogénesis y de la Panspermia.

## EL AJUSTE FINO

En su obra *The Anthropic Cosmological Principle* (1986), John D. Barrow y Frank J. Tipler analizaron y enumeraron un total de doce parámetros o “factores” cuya sintonía fina resulta esencial para la aparición y sostenimiento de la vida en el universo. La más mínima variación en cualquiera de ellos la habría impedido, lo cual excluye al azar por simple teoría de probabilidades.

Desde entonces, todos los avances de la Ciencia no han hecho sino confirmar y ampliar este estudio, con el descubrimiento de nuevos parámetros finamente ajustados para la posibilidad de la vida en el entorno estudiado: el Cosmos.

El Universo está finamente ajustado para la aparición y conservación de la vida en él, lo cual excluye el azar y acredita un diseño inteligente y, por tanto un diseñador. Más adelante examinaremos los falaces contraargumentos y mostraremos su inanidad, pero en primer término, exponemos la cuestión.

## **Análisis de los Parámetros Físicos Finamente Ajustados para un Universo Biófilo: Un Estudio Objetivo**

El "ajuste fino del universo" se define como la observación de que un conjunto de constantes físicas fundamentales, condiciones iniciales y parámetros cosmológicos poseen valores que se encuentran dentro de un rango extraordinariamente estrecho, el cual es un requisito indispensable para la existencia de un universo que permita la formación de estructuras complejas, la química del carbono y, en última instancia, la vida tal como la conocemos. Las consecuencias de desviaciones mínimas de dichos valores imposibilitarían la vida. El análisis se adhiere estrictamente a los datos científicos.

### **Introducción al Concepto de Ajuste Fino**

#### **Definición de un Universo Finamente Ajustado**

El tejido de la realidad, tal como lo describe la física moderna, está sustentado por un conjunto de leyes fundamentales. Estas leyes, a su vez, están cuantificadas por una serie de constantes físicas: números fijos que aparecen en las ecuaciones y que determinan la escala y la intensidad de los fenómenos naturales. El Modelo Estándar de la física de partículas, por ejemplo, contiene aproximadamente 25 de estos parámetros cuyos valores no son predichos por la teoría misma; deben ser medidos experimentalmente. El concepto de "ajuste fino" surge de la observación de que los valores de estas constantes, junto con ciertas condiciones iniciales del universo,

parecen estar exquisitamente calibrados para permitir la existencia de un cosmos biófilo, es decir, un universo capaz de generar y sostener vida compleja.

Para un profano, este concepto puede ilustrarse mediante la analogía de una "receta cósmica". Si se imagina la creación de un universo como la preparación de un pastel, las constantes físicas y las condiciones iniciales serían los ingredientes y las instrucciones de cocción. La evidencia del ajuste fino sugiere que esta receta es extraordinariamente sensible. Una variación ínfima en la cantidad de cualquiera de los "ingredientes" —una pizca más de gravedad, una pizca menos de fuerza electromagnética— no daría como resultado un pastel ligeramente diferente, sino un desastre incomedible: un universo estéril, incapaz de formar estrellas, planetas o la química compleja necesaria para la vida. Como señaló el astrónomo Martin Rees, "las leyes que rigen nuestro universo parecen finamente ajustadas para nuestra existencia".

Es crucial establecer una distinción fundamental: este informe no aborda un ajuste fino para la especie humana en particular, lo que sería una visión antropocéntrica. Más bien, se centra en las condiciones mucho más generales que son prerequisites para cualquier forma de vida compleja imaginable basada en la química del carbono. Estas condiciones incluyen la existencia de un universo estable y longevo, la formación de galaxias y estrellas de segunda y tercera generación, la síntesis de una diversidad de elementos químicos más allá del hidrógeno y el helio,

y la posibilidad de que estos elementos se combinen en moléculas estables y complejas como el ADN.

### **Clasificación del Ajuste Fino: Una Taxonomía de la Precisión**

El fenómeno del ajuste fino no es monolítico; se manifiesta en diferentes dominios de la física y la cosmología. Para un análisis sistemático, es útil clasificar los parámetros finamente ajustados en tres categorías principales, revelando la naturaleza multifacética y profundamente arraigada de esta precisión en la estructura del cosmos.

**Ajuste de Constantes Fundamentales:** Esta categoría incluye los parámetros numéricos adimensionales que determinan la intensidad relativa de las fuerzas fundamentales y las interacciones entre partículas. Son los "diales" del universo que fijan la potencia de la gravedad, el electromagnetismo y las fuerzas nucleares. Ejemplos paradigmáticos son la constante de gravitación universal ( $G$ ), que en su forma adimensional es extraordinariamente pequeña, y la constante de estructura fina ( $\alpha$ ), que establece la fuerza de la interacción electromagnética.

**Ajuste de Condiciones Iniciales:** Esta categoría se refiere a los parámetros que describen el estado del universo en sus momentos más tempranos, inmediatamente después del Big Bang. Estos no son constantes de la naturaleza en el mismo sentido que las anteriores, sino valores de contorno que determinaron la evolución posterior del cosmos. Los ejemplos más notables incluyen la densidad inicial de materia-energía, que debía estar increíblemente cerca de un valor crítico

para evitar un colapso o una expansión desbocada (el "problema de la planitud"), y la entropía inicial del universo, que tuvo que ser extraordinariamente baja para permitir la formación de estructuras ordenadas.

**Ajuste Estructural o Formal:** Esta es una categoría más abstracta que se refiere a las propias características de las leyes físicas, más allá de los valores numéricos de sus constantes. Incluye aspectos como el número de dimensiones espaciales y temporales del espacio tiempo. Por ejemplo, se ha demostrado que las órbitas planetarias estables, un requisito para la vida, solo son posibles en un universo con tres dimensiones espaciales. En un universo con cuatro o más dimensiones espaciales, la ley de la gravedad del inverso del cuadrado sería una ley del inverso del cubo (o superior), y los planetas caerían en espiral hacia sus estrellas o escaparían hacia el infinito. Esto desmonta la teoría de cuerdas necesaria para el multiverso.

Esta taxonomía revela que el ajuste fino no es una colección de coincidencias aisladas, sino que parece exhibir una estructura jerárquica. El ajuste preciso de los parámetros más fundamentales, como las fuerzas y las masas de las partículas elementales, se propaga hacia arriba, creando las condiciones necesarias para que surjan ajustes finos en niveles de mayor complejidad, como las resonancias nucleares en las estrellas y la estabilidad de la química orgánica. Por ejemplo, la delicada diferencia de masa entre el protón y el neutrón no es un número fundamental en sí mismo, sino una consecuencia de las masas de los quarks y de la interacción de las fuerzas

fuerte y electromagnética. A su vez, esta diferencia de masa es crucial para la estabilidad de los átomos y la nucleosíntesis. De manera similar, la famosa resonancia del carbono, esencial para la vida, es un estado energético específico dictado por las leyes de la fuerza nuclear fuerte. Este estudio se estructurará para reflejar esta cadena de dependencia, comenzando por los pilares más fundamentales del cosmos y ascendiendo hacia sus consecuencias más complejas.

## **El Ajuste Fino de las Cuatro Fuerzas Fundamentales**

Las interacciones que gobiernan el universo se pueden reducir a cuatro fuerzas fundamentales: la fuerza nuclear fuerte, la fuerza electromagnética, la fuerza nuclear débil y la gravedad. La intensidad y el comportamiento de cada una de estas fuerzas están determinados por constantes de acoplamiento, cuyos valores deben encontrarse en un equilibrio extraordinariamente preciso no solo individualmente, sino también en relación unas con otras, para permitir un universo biófilo.

### **La Fuerza Nuclear Fuerte: El Pegamento del Cosmos**

La fuerza nuclear fuerte es la más poderosa de las cuatro interacciones fundamentales. Su función principal es actuar como el "pegamento" que mantiene unido el universo a nivel subatómico. Primero, confina a las partículas elementales llamadas quarks en tripletes para formar protones y neutrones. Segundo, su fuerza residual une a estos protones y neutrones para formar los núcleos atómicos, superando la inmensa fuerza de repulsión

electromagnética entre los protones de carga positiva. La intensidad de esta fuerza se caracteriza por una constante de acoplamiento adimensional,  $\alpha_s$ , cuyo valor a las energías típicas dentro de un núcleo es aproximadamente 1. Este valor la convierte en unas 137 veces más fuerte que el electromagnetismo.

El análisis de las consecuencias de variar la intensidad de la fuerza fuerte revela un ajuste extremadamente fino, con márgenes de tolerancia muy estrechos para la existencia de la química y las estrellas.

**Si la fuerza fuerte fuera más intensa:** Un aumento de tan solo un 2% a un 4% tendría consecuencias catastróficas. Con un aumento del 2%, el "diprotón" —un núcleo hipotético compuesto por dos protones— se volvería estable. En el universo primitivo, esto habría provocado que todo el hidrógeno se fusionara casi instantáneamente en diprotones en lugar de seguir la lenta y controlada cadena de fusión que alimenta a las estrellas. Sin hidrógeno, no habría agua ( $H_2O$ ), ni la química orgánica basada en hidrocarburos, ni estrellas de larga duración como el Sol que queman hidrógeno durante miles de millones de años. Un universo así sería oscuro y estéril, compuesto principalmente de helio. Si el aumento fuera aún mayor, de hasta un 50%, todo el hidrógeno se habría consumido en los primeros minutos del Big Bang, impidiendo por completo la formación de estrellas de la secuencia principal.

**Si la fuerza fuerte fuera más débil:** Las consecuencias serían igualmente desoladoras. Una disminución de solo un 5% haría que el deuterio —un núcleo compuesto por

un protón y un neutrón, el primer y crucial peldaño en la fusión estelar— fuera inestable. La cadena de reacciones nucleares que produce helio y, posteriormente, todos los elementos más pesados, se rompería en su primer eslabón. El universo consistiría únicamente en hidrógeno, sin la diversidad elemental necesaria para la formación de planetas rocosos o la biología. Si la fuerza se debilitara en un **9%**, las estrellas serían incapaces de sintetizar elementos más allá del deuterio. Con una disminución del **50%**, la fuerza fuerte ya no sería capaz de superar la repulsión electromagnética entre los protones. Los núcleos atómicos más allá del hidrógeno simple no podrían mantenerse unidos, y la materia compleja, tal como la conocemos, no existiría.

### **La Fuerza Electromagnética: La Arquitecta de la Química**

La fuerza electromagnética es la segunda en intensidad y gobierna las interacciones entre partículas con carga eléctrica. Es la fuerza responsable de casi todos los fenómenos de nuestra vida cotidiana: mantiene a los electrones en órbita alrededor de los núcleos para formar átomos, dicta las reglas de los enlaces químicos que crean las moléculas, y subyace a los fenómenos de la luz, la electricidad y el magnetismo. Su intensidad está determinada por una constante adimensional fundamental conocida como la **constante de estructura fina**, denotada por la letra griega alfa ( $\alpha$ ). Su valor es aproximadamente **1/137.036**.

El valor de  $\alpha$  está finamente ajustado tanto en su magnitud absoluta como en su relación con la fuerza fuerte.

**Si la fuerza electromagnética fuera más intensa:** Un aumento en el valor de  $\alpha$  incrementaría la fuerza de repulsión entre los protones dentro de los núcleos atómicos. Esto desestabilizaría muchos de los núcleos de elementos pesados, que son cruciales para la vida. Para que los núcleos atómicos sean estables, la fuerza fuerte debe ser significativamente más poderosa que la repulsión electromagnética. En las estrellas, una mayor repulsión entre protones dificultaría la fusión nuclear, haciendo que las estrellas fueran más frías y tuvieran vidas mucho más cortas, probablemente insuficientes para el desarrollo de la vida en los planetas circundantes.

**Si la fuerza electromagnética fuera más débil:** Una disminución en  $\alpha$  haría que los electrones estuvieran menos ligados a los núcleos atómicos. Esto alteraría fundamentalmente la naturaleza de los enlaces químicos, haciendo imposible la formación de las moléculas complejas y estables necesarias para la biología. En el interior de las estrellas, la barrera de repulsión entre protones sería menor, lo que llevaría a una fusión nuclear descontrolada y rápida. Las estrellas quemarían su combustible de manera explosiva en lugar de hacerlo de forma estable durante miles de millones de años.

**Ajuste Fino Relacional con la Fuerza Fuerte:** La relación entre  $\alpha$  y  $\alpha_s$  es uno de los ejemplos más claros de ajuste fino interdependiente. La producción de carbono y oxígeno en las estrellas, dos elementos absolutamente esenciales para la vida, depende de un delicado equilibrio entre estas dos fuerzas. Este equilibrio afecta a los niveles de energía de resonancia nuclear, como el estado de Hoyle

del carbono-12. Los cálculos muestran que un cambio de tan solo un **4%** en la intensidad de la fuerza electromagnética, o un **0.5%** en la fuerza fuerte, alteraría estos niveles de resonancia de tal manera que las estrellas producirían abundantemente carbono u oxígeno, pero no ambos. Un universo sin uno de estos dos elementos sería incapaz de albergar la vida tal como la conocemos.

### **La Fuerza Nuclear Débil: El Marcapasos de las Estrellas**

La fuerza nuclear débil es la tercera en intensidad y opera a distancias subatómicas extremadamente cortas. Su papel es más sutil pero no menos crucial. Es la responsable de la desintegración radiactiva, en particular la desintegración beta, un proceso en el que un neutrón se convierte en un protón (o viceversa), emitiendo un electrón y un neutrino. Esta capacidad de cambiar el "sabor" de los quarks es única de la fuerza débil. Esta transformación es fundamental para dos procesos cósmicos vitales: la conversión de hidrógeno en helio en estrellas como el Sol y la explosión de supernovas que distribuyen los elementos pesados por el universo. Su constante de acoplamiento,  $\alpha_w$ , es del orden de  $10^{-6}$ , lo que la hace aproximadamente un millón de veces más débil que la fuerza fuerte.

La extrema debilidad de esta fuerza es, paradójicamente, una de sus características más finamente ajustadas.

**Si la fuerza débil fuera más intensa:** Si fuera apreciablemente más fuerte, las reacciones nucleares que dependen de ella ocurrirían con mucha mayor facilidad. En el universo primitivo, esto habría llevado a una

conversión casi total del hidrógeno en helio, dejando muy poco combustible para las estrellas de larga duración. Las estrellas que se formaran quemarían su combustible a un ritmo vertiginoso, explotando como bombas en lugar de brillar de forma estable durante eones. Además, en el colapso de una estrella masiva, los neutrinos (que solo interactúan a través de la fuerza débil) quedarían atrapados en el núcleo denso de la estrella. Esto sofocaría la onda de choque que causa la explosión de la supernova, impidiendo la dispersión de elementos pesados como el carbono, el oxígeno y el hierro en el cosmos.

**Si la fuerza débil fuera más débil:** Si su intensidad fuera menor, la interacción entre protones para iniciar la fusión nuclear en las estrellas sería demasiado ineficaz. Las estrellas como el Sol no podrían encenderse o brillarían con una intensidad mucho menor. La nucleosíntesis del Big Bang habría producido una cantidad diferente de helio, alterando la composición inicial del universo de manera que la formación estelar posterior se vería comprometida. Además, las supernovas no explotarían con la energía suficiente para expulsar sus capas externas, atrapando los elementos pesados en sus remanentes estelares y dejando el resto del universo estéril. El astrónomo Martin Rees estimó que un cambio en la relación entre la fuerza débil y la fuerza fuerte de solo **1 parte en 10,000** habría impedido las explosiones de supernova.

### **La Fuerza Gravitacional: La Escultora de Galaxias**

La gravedad es, con diferencia, la más débil de las cuatro fuerzas, pero su alcance es total, lo que la convierte en la

fuerza dominante a escalas cosmológicas. Es la responsable de la formación y cohesión de todas las grandes estructuras del universo: planetas, estrellas, sistemas solares y galaxias. Su intensidad está determinada por la constante de gravitación universal,  $G$ . En términos adimensionales, comparando la atracción gravitatoria entre dos protones con su repulsión electromagnética, la gravedad es asombrosamente débil, con una constante de acoplamiento,  $\alpha_g$ , del orden  $10^{-39}$ . Este valor extremadamente pequeño es otro parámetro críticamente ajustado.

**Si la gravedad fuera más intensa:** Un ligero aumento en la fuerza de la gravedad tendría efectos dramáticos. La materia se habría agrupado mucho más densa y rápidamente. Las estrellas se habrían formado con menos masa, pero su presión interna habría sido mucho mayor, haciendo que se calentaran a temperaturas extremas y quemaran su combustible nuclear en tan solo unos pocos millones de años, en lugar de miles de millones. Este lapso de tiempo es insuficiente para que la vida compleja tenga la oportunidad de evolucionar. Además, un universo con una gravedad más fuerte se habría expandido más lentamente y podría haberse vuelto a colapsar en un "Big Crunch" mucho antes de que se formaran estructuras estables. Se ha calculado que un aumento en la intensidad de la gravedad de solo **1 parte en  $10^{34}$**  en relación con el rango total de las fuerzas habría resultado en un universo sin planetas capaces de albergar vida.

**Si la gravedad fuera más débil:** Si la gravedad fuera incluso una fracción más débil de lo que es, su capacidad

para aglutinar la materia después del Big Bang habría sido insuficiente para superar la expansión inicial del universo. Las nubes de gas primordiales nunca se habrían condensado para formar las primeras estrellas y galaxias. El universo sería una vasta, oscura y diluida sopa de hidrógeno y helio, desprovista de cualquier estructura compleja.

El equilibrio de las cuatro fuerzas revela un principio fundamental: cada una debe tener la intensidad "justa" no solo en términos absolutos, sino en relación con las demás. La fuerza fuerte debe ser lo suficientemente potente para crear núcleos, pero no tanto como para eliminar el hidrógeno. La fuerza electromagnética debe ser lo suficientemente débil para permitir núcleos estables, pero lo suficientemente fuerte para formar átomos y moléculas. La fuerza débil debe ser lo suficientemente ineficaz para permitir que las estrellas brillen durante miles de millones de años, pero lo suficientemente activa para que brillen. Y la gravedad debe ser extraordinariamente débil para permitir un universo vasto y longevo, pero lo suficientemente persistente para construir las galaxias y estrellas que lo habitan. Es un sistema interdependiente en el que la alteración de un solo parámetro provoca el colapso de toda la estructura biófila.

¿Casualidad?: No lo creo.

## **El Ajuste Fino de la Arquitectura Cosmológica**

Más allá de las fuerzas que operan dentro del universo, la estructura global y la evolución del cosmos en sí mismas

dependen de un conjunto de parámetros que también exhiben un ajuste fino extraordinario. Estos parámetros definen la "arquitectura" del espacio tiempo: su tasa de expansión, su geometría y su estado inicial.

### **La Constante Cosmológica ( $\Lambda$ ): El Equilibrio entre Expansión y Colapso**

La constante cosmológica, representada por la letra griega lambda ( $\Lambda$ ), fue introducida originalmente por Albert Einstein en sus ecuaciones de la relatividad general para permitir un universo estático. Aunque más tarde la descartó, las observaciones de supernovas distantes a finales de la década de 1990 revelaron que la expansión del universo se está acelerando, lo que resucitó la necesidad de una constante cosmológica con un valor pequeño y positivo. Hoy en día,  $\Lambda$  se interpreta como la densidad de energía intrínseca del vacío, una forma de "energía oscura" que ejerce una presión negativa, empujando el espacio tiempo y provocando su expansión acelerada.

El valor observado de  $\Lambda$  es asombrosamente pequeño, del orden de  **$10^{-122}$  en unidades de Planck**. Este valor es el protagonista del que se considera el problema de ajuste fino más extremo de toda la física. La razón es la enorme discrepancia entre el valor medido y el valor teóricamente "natural" predicho por la física de partículas. Las teorías cuánticas de campos sugieren que las fluctuaciones de energía del vacío deberían contribuir a  $\Lambda$ , produciendo un valor que es entre  **$10^{53}$  y  $10^{120}$  veces mayor** que el que observamos.

**Si  $\Lambda$  fuera significativamente mayor (y positiva):** La fuerza repulsiva de la energía oscura habría sido tan inmensa que habría dominado sobre la gravedad desde los primeros instantes del universo. La materia nunca habría tenido la oportunidad de agruparse para formar galaxias, estrellas o planetas. El universo se habría expandido a un ritmo tan violento que se habría diluido en una nada fría y vacía casi instantáneamente.

**Si  $\Lambda$  fuera negativa y de gran magnitud:** La energía del vacío habría actuado como una forma de antigravidad, pero en sentido atractivo, sumándose a la gravedad de la materia. Esta fuerza gravitacional adicional habría detenido la expansión del universo y provocado su colapso en un "Big Crunch" una fracción de segundo después de su nacimiento.

La precisión requerida para que  $\Lambda$  se encuentre en el estrecho rango que permite la vida es de **1 parte en  $10^{120}$** . Esta precisión es difícil de comprender. Una analogía utilizada para ilustrarla es la de un arquero que dispara una flecha a través del universo observable (una distancia de miles de millones de años luz) y acierta en un blanco de un centímetro cuadrado. Otra analogía es que si se eligiera un átomo al azar de entre todos los átomos del universo observable, la probabilidad de acertar en uno preseleccionado sería mayor que la probabilidad de que la constante cosmológica tuviera su valor biófilo por azar.

## El Parámetro de Densidad ( $\Omega$ ) y la Planitud del Espacio-Tiempo

El destino y la geometría del universo a gran escala están determinados por su densidad total de materia y energía. Los cosmólogos utilizan un parámetro adimensional llamado **omega ( $\Omega$ )** para describir esta propiedad.  $\Omega$  se define como la relación entre la densidad real del universo y un valor teórico conocido como la "densidad crítica". La densidad crítica es el valor exacto que se necesita para que la geometría del universo sea "plana" (euclidiana a gran escala).

-Si  $\Omega > 1$ , el universo tiene una densidad superior a la crítica, su geometría es cerrada (como la superficie de una esfera) y la gravedad eventualmente detendrá la expansión y provocará un colapso.

-Si  $\Omega < 1$ , el universo tiene una densidad inferior a la crítica, su geometría es abierta (como una silla de montar) y se expandirá para siempre.

-Si  $\Omega = 1$ , el universo es plano y se expandirá para siempre, pero a un ritmo que se desacelera constantemente (en ausencia de energía oscura).

Las mediciones precisas del fondo cósmico de microondas, la radiación remanente del Big Bang, han revelado que el valor actual de  $\Omega$  es asombrosamente cercano a 1. Nuestro universo es, a todos los efectos prácticos, plano. Esto presenta un problema de ajuste fino conocido como el "**problema de la planitud**". La razón es que un valor de  $\Omega = 1$  es un punto de equilibrio inestable. Como un lápiz perfectamente equilibrado sobre su punta,



tiene una dirección ("la flecha del tiempo"): los huevos se rompen pero no se recomponen, y el calor fluye de los objetos calientes a los fríos, pero no al revés.

Para que el universo actual contenga estructuras altamente ordenadas (galaxias, estrellas, planetas, seres vivos) y para que la flecha del tiempo exista, el universo tuvo que comenzar en un estado de entropía extraordinariamente bajo, es decir, un estado de un orden increíblemente alto. Estadísticamente, un estado de alta entropía (un gas térmico uniforme y sin rasgos distintivos) es abrumadoramente más probable que un estado de baja entropía. El hecho de que el universo no comenzara en este estado de máximo desorden, sino en uno de altísimo orden, es otro profundo problema de ajuste fino.

El eminente físico y matemático Sir Roger Penrose se propuso cuantificar la improbabilidad de este estado inicial de baja entropía. Su cálculo se basa en comparar el volumen del "espacio de fases" (el espacio matemático que contiene todas las configuraciones posibles del universo) correspondiente al estado inicial observado con el volumen total del espacio de fases disponible.

**Probabilidad de un Estado Biófilo:** Penrose calculó que la probabilidad de que el universo comenzara en un estado de baja entropía compatible con la vida por puro azar es de **1 parte en  $10^{10}$  elevado a la 123**.

**Magnitud del Número:** Es imposible exagerar la inmensidad de este número. No es  $10^{123}$ , que ya es un número gigantesco. Es 10 elevado a una potencia que es, a su vez, 10 elevado a la 123. Escrito en notación decimal,

sería un 1 seguido de  $10^{123}$  ceros. Para ponerlo en perspectiva, el número total de partículas subatómicas (protones, neutrones, electrones) en todo el universo observable se estima en "solo"  $10^{80}$ . No habría suficientes partículas en el universo para escribir todos los ceros de este número. Penrose mismo comentó que la precisión del "objetivo" del Creador tuvo que ser de una parte en

$10^{10}$  elevado a la 123

Estos tres parámetros cosmológicos —la constante cosmológica, el parámetro de densidad y la entropía inicial— revelan una tensión fundamental en la arquitectura de un universo biófilo. Debe existir un delicado equilibrio entre las fuerzas expansivas que proporcionan el tiempo y el espacio necesarios para la evolución, y las fuerzas contractivas de la gravedad que permiten la formación de estructuras complejas.  $\Lambda$  y la energía inicial impulsan la expansión, mientras que  $\Omega$  (la densidad de materia) la frena. La baja entropía inicial asegura que la materia esté distribuida de una manera tan ordenada que la gravedad pueda actuar de forma constructiva, formando galaxias y estrellas en lugar de colapsar inmediatamente en un mar de agujeros negros. La arquitectura del cosmos está, por tanto, equilibrada en el filo de una navaja entre un universo que se expande demasiado rápido para formar nada y uno que colapsa demasiado rápido para que algo dure.

## **El Ajuste Fino en las Propiedades de la Materia y los Procesos Nucleares**

El ajuste fino no se limita a las fuerzas fundamentales y a la cosmología a gran escala. Se extiende hasta las propiedades más íntimas de las partículas que componen la materia y los procesos nucleares que forjan los elementos en el corazón de las estrellas. Dos de los ejemplos más notables son la diminuta diferencia de masa entre el protón y el neutrón, y la existencia de una resonancia nuclear precisa en el carbono-12.

### **La Diferencia de Masa Protón-Neutrón: Un Equilibrio para la Estabilidad**

Los protones y los neutrones, los componentes de los núcleos atómicos, tienen masas muy similares pero no idénticas. El neutrón es ligeramente más masivo que el protón. La masa del protón es de aproximadamente 938.27 MeV, mientras que la del neutrón es de 939.56 MeV. La diferencia de masa es de solo  **$\sim 1.293$  MeV**, lo que significa que el neutrón es apenas un **0.14%** más pesado que el protón. Esta pequeña discrepancia, que es aproximadamente 2.5 veces la masa de un electrón, es de una importancia capital para la estructura y la estabilidad de todo el universo material.

**Si el neutrón fuera más ligero que el protón:** Si la balanza se inclinara en la otra dirección, incluso por una fracción minúscula, el protón, en lugar del neutrón, sería la partícula inestable. Un protón libre se desintegraría espontáneamente en un neutrón, un positrón y un neutrino. En un universo así, los átomos de hidrógeno, cuyo núcleo

es un único protón, no serían estables. Sin hidrógeno estable, no habría química, ni agua, ni estrellas como el Sol. El universo sería una sopa fría y muerta de neutrones y otras partículas, incapaz de formar estructuras complejas.

**Si la diferencia de masa fuera ligeramente mayor:** Si la masa del neutrón aumentara en solo **1.4 MeV** (un incremento de menos de una parte en 700 de su masa total), la desintegración beta de los neutrones sería mucho más eficiente. En los primeros minutos del Big Bang, la gran mayoría de los neutrones se habrían descompuesto en protones antes de que tuvieran la oportunidad de unirse a ellos para formar deuterio. La nucleosíntesis primordial se habría detenido en seco, y el universo estaría compuesto casi exclusivamente de hidrógeno. Las estrellas posteriores no tendrían el deuterio necesario para iniciar sus cadenas de fusión de manera eficiente, y la producción de helio y elementos más pesados sería imposible. La vida de las estrellas de helio primordial, si se formarían, sería demasiado breve para permitir la evolución biológica.

**Si la diferencia de masa fuera ligeramente menor:** Si la diferencia de masa entre el neutrón y el protón fuera menor que la masa de un electrón (**0.511 MeV**), el proceso de captura de electrones (un protón y un electrón se combinan para formar un neutrón y un neutrino) se volvería energéticamente favorable. Esto habría provocado la conversión de la mayoría de los protones en neutrones durante el universo primitivo. Un universo así estaría dominado por neutrones, lo que llevaría a la

formación masiva de estrellas de neutrones y agujeros negros, en lugar de estrellas de larga duración y la rica diversidad de elementos que observamos.

La estabilidad de la materia y la posibilidad de una química compleja dependen de que el neutrón sea *un poco* más pesado que el protón, pero no *demasiado* pesado. El rango permitido para esta diferencia de masa es extraordinariamente estrecho.

### **La Resonancia del Carbono: El Estado de Hoyle y el Origen de los Elementos de la Vida**

La vida, tal como la conocemos, está basada en el carbono debido a su capacidad única para formar cadenas moleculares largas y complejas. Sin embargo, la producción de carbono en el universo no es un proceso sencillo. El carbono-12 se forja en el interior de las estrellas gigantes rojas a través del "**proceso triple-alfa**": dos núcleos de helio-4 (partículas alfa) se fusionan para crear un núcleo de berilio-8. Este isótopo de berilio es extremadamente inestable y se desintegra de nuevo en dos partículas alfa en unos  $10^{-16}$  segundos. Para que se forme carbono, un tercer núcleo de helio debe chocar con el efímero núcleo de berilio-8.

En la década de 1950, los cálculos mostraron que esta reacción era demasiado lenta e improbable para explicar la abundancia observada de carbono en el cosmos. El astrónomo Fred Hoyle se dio cuenta de que la única manera de que la reacción fuera lo suficientemente eficiente era si el núcleo de carbono-12 poseía un estado de energía excitado, o una "resonancia", con una energía casi exactamente igual a la energía combinada de un

núcleo de berilio-8 y un núcleo de helio-4. Hoyle predijo que debía existir tal estado de resonancia a una energía de aproximadamente **7.7 MeV** por encima del estado fundamental del carbono-12. Impulsado por la predicción de Hoyle, un equipo de físicos nucleares en Caltech buscó y encontró experimentalmente la resonancia exactamente donde Hoyle dijo que estaría, a una energía de **7.65 MeV**. Este nivel de energía se conoce ahora como el “**Estado de Hoyle**”.

Este estado de resonancia es un ejemplo notable de ajuste fino nuclear.

**Si la energía del Estado de Hoyle fuera ligeramente mayor:** Un aumento de tan solo **200-300 keV** (aproximadamente un **4%** más alto, en **7.95 MeV**) reduciría drásticamente la tasa de producción de carbono. Las estrellas no fabricarían suficiente carbono para que la vida pudiera surgir.

**Si la energía del Estado de Hoyle fuera ligeramente menor:** Si el nivel de resonancia fuera solo un poco más bajo (por ejemplo, en **7.596 MeV**), la reacción sería tan eficiente que casi todo el carbono producido se fusionaría inmediatamente con otra partícula alfa para formar oxígeno-16. El universo tendría abundante oxígeno pero carecería de carbono, haciendo imposible la vida basada en el carbono.

El ajuste es, por tanto, doble. El Estado de Hoyle debe existir justo por encima de la energía combinada de  $\text{Be-8} + \text{He-4}$  para que el carbono se produzca eficientemente, pero no debe ser demasiado eficiente para que no todo el

carbono se convierta en oxígeno. Este delicado equilibrio, que depende en última instancia de las constantes de las fuerzas fuerte y electromagnética, asegura que el universo produzca cantidades significativas de ambos elementos, ambos indispensables para la vida. Un cambio de tan solo **0.5%** en la fuerza fuerte o **4%** en la fuerza electromagnética sería suficiente para desajustar esta resonancia y esterilizar el cosmos.

## **Conclusión: Un Universo en el Filo de la Navaja**

### **Síntesis de los Hallazgos**

El análisis presentado en este estudio demuestra que el concepto de un universo finamente ajustado no se basa en un único parámetro aislado, sino en una red compleja e interconectada de constantes físicas, condiciones cosmológicas y propiedades de la materia. Desde la escala de las fuerzas fundamentales que gobiernan las interacciones subatómicas hasta la arquitectura a gran escala del cosmos, los valores que observamos en la naturaleza parecen estar confinados a rangos extraordinariamente estrechos para permitir la existencia de un universo biófilo.

La evidencia revela una jerarquía de precisión. En la base se encuentran las intensidades de las cuatro fuerzas fundamentales, cuyos valores relativos deben mantener un equilibrio delicado a lo largo de 39 órdenes de magnitud. Este ajuste fundamental permite la existencia de núcleos atómicos estables, estrellas de larga duración y la formación de galaxias. A un nivel superior, las

propiedades de las partículas elementales, como la minúscula diferencia de masa entre el protón y el neutrón, están finamente calibradas, lo que garantiza la estabilidad del hidrógeno y la viabilidad de la nucleosíntesis. Esto, a su vez, permite la existencia de resonancias nucleares precisas, como el estado de Hoyle en el carbono, que son esenciales para forjar los elementos básicos de la vida. Finalmente, la propia estructura del universo —su planitud, su expansión controlada por una constante cosmológica casi nula y su estado inicial de un orden improbable— proporciona el escenario estable y duradero necesario para que la complejidad emerja y evolucione.

Tal conjunción de “casualidades finas” ha hecho reconocer a todos los científicos que no es posible que se produzcan y conjuguen por casualidad, por azar. Existe un Diseño Inteligente que habla de un Diseñador. Dios le llamamos.

Sin embargo, hay científicos que, entrando en explicaciones extra científicas fantásticas, rechazan lo que la ciencia empíricamente demuestra, intentando negar lo innegable.

La hipótesis de la creación, como vemos y seguiremos viendo, es altamente plausible hasta el punto de poder afirmar de ella que se asemeja mucho a una proposición analítica por falta de alternativa válida.

Responde al principio de parsimonia, a la Navaja de Ockham y es la única hipótesis falsable que existe al comprobarse científicamente que toda otra alternativa queda descartada por imposible. Eso es un método

científico basado en la investigación empírica: cuando para un suceso sólo cabe un número determinado de explicaciones plausibles, y se demuestra empíricamente que todas menos una son imposibles, la que queda es la auténtica y la única posible.

Entonces, esto es ciencia aunque los negacionistas afirmen falazmente que Dios se encuentra fuera del campo de lo científico. Que a Dios no lo pueda abarcar plenamente la ciencia no significa que sea algo extra científico, sino que la ciencia humana es limitada como lo es la razón humana.

Habiendo creado Dios el Universo, nada de él le es ajeno, ni siquiera la ciencia, pues Dios es el creador de la ciencia. Por tanto, afirmar que la ciencia es ajena a Dios es una contradicción lógica. A Dios se llega también por la ciencia, cuando menos a su existencia.

Sin embargo, ciertos científicos, apóstatas encubiertos de la Ciencia, se empeñan incansables e irredentos, por sesgos religiosos preconcebidos, en intentar ofrecer una explicación diversa para lo obvio, a fin de intentar desesperadamente dejar a Dios fuera de la ecuación.

Como veremos, en este empeño negacionista, sectario, dogmático y recalcitrante, no han tenido éxito.

Ante la realidad de las cosas, ante la verdad, es difícil argumentar en contra y, claro está, sólo se puede hacer mediante fantasías irreales. De ese tenor son las supuestas explicaciones científicas que pretenden sacar a Dios de la ecuación, y que nos ofrecen los negacionistas disfrazadas de ciencia a fin de confundir a los más cautos, pues como

dijo Joseph Goebbels, ministro de Propaganda de Hitler, "una mentira repetida mil veces se convierte en verdad".

A estos efectos, los negacionistas han propuesto las explicaciones alternativas más insólitas, y las han repetido mil veces de modo que se han convertido en “verdad oficial”. Si alguien las niega lo convierten ipso facto en un “charlatán” marginal, con una simple sonrisa condescendiente: La Falacia de Apelación al Ridículo.

De entre esta multitud de explicaciones alternativas sólo vamos a considerar y desacreditar científicamente a tres de ellas, por ser las que tienen más apariencia de “científicas” y ser las que con más facilidad pueden llevar a caer en el engaño: El Multiverso, la Abiogénesis y la Panspermia.

Estos negacionistas no ignoran que dichas hipótesis se han demostrado falsas científicamente, por lo que su engaño es de mala fe, y su contumacia plantea preguntas respecto de sus propósitos.

Añadir que la peor mentira es la que tiene mayor parte de verdad, pues las mentiras muy groseras, muy obvias, nadie las cree. Son las que tienen apariencia de verdad las que son peligrosas. En esa categoría se encuentran el Multiverso, la Abiogénesis y la Panspermia: basándose en datos reales, los manipulan para acabar concluyendo resultados falsos, a sabiendas.

Así, los negacionistas, incurren en las siguientes Falacias:

**Falacia de la Petición de Principio (*Petitio Principii* o Razonamiento Circular):** Si la opinión personal ya

presupone la verdad de la conclusión a la que se quiere llegar, entonces se está cayendo en un razonamiento circular. La opinión no justifica la conclusión, sino que la conclusión ya está implícita en la opinión misma.

**Falacia de la Afirmación Gratuita:** Similar a la petición de principio, pero más simple. Es cuando se hace una afirmación (una opinión personal) sin ninguna justificación, esperando que sea aceptada sin pruebas.

Cuando la **Falacia de la Afirmación Gratuita** se une a la manipulación de datos, la situación se vuelve más compleja y engañosa. Básicamente, se trata de **presentar una conclusión o interpretación de los datos como un hecho autoevidente, sin ofrecer una justificación real, y al mismo tiempo, los datos que se presentan han sido seleccionados o presentados de forma sesgada para apoyar esa afirmación infundada.**

Podríamos denominarla una **combinación de Falacias** o, para ser más precisos en la descripción, se intensifican las características de otras falacias:

**-Afirmación Gratuita con Evidencia Incompleta/Sesgo de Confirmación:** Esta es la combinación más directa. La afirmación gratuita (la conclusión no justificada) se "respalda" con la presentación selectiva de datos verdaderos que, por sí solos, no demuestran esa conclusión, pero que se usan para dar una apariencia de validez. La persona no argumenta lógicamente, simplemente afirma algo y muestra unos pocos datos que *parecen* confirmarlo, ignorando todos los demás.

**Ejemplo:** Imagina a alguien que afirma tajantemente: "La gente ya no lee libros en papel, todo el mundo usa e-readers ahora." (Afirmación gratuita). Luego, para "demostrarlo", dice: "Mira, en mi círculo de amigos, de las últimas 10 personas a las que les pregunté, 8 usan un e-reader." (Manipulación de datos reales por evidencia incompleta/muestra no representativa). La afirmación inicial no tiene justificación sólida, y los "datos" que ofrece son una anécdota selectiva que no prueba la generalidad que afirma.

**-Afirmación Gratuita como parte de un *Hombre de Paja* (si se distorsiona el argumento del oponente):** Si la afirmación gratuita sirve para simplificar o caricaturizar la postura de un oponente, y luego se usan datos manipulados para "demostrar" que esa caricatura es falsa o absurda.

**Afirmación Gratuita y *Ad Verecundiam* Implícita:** La afirmación gratuita a menudo lleva consigo una apelación implícita a la autoridad del hablante ("lo digo yo, y eso es suficiente"). Si además se "demuestra" con datos sesgados, el mensaje subyacente es "Confía en mi afirmación no justificada, y mira estos datos (convenientemente elegidos) que parecen darme la razón."

**En esencia, cuando una afirmación gratuita se "apoya" en datos manipulados, lo que ocurre es que la falta de justificación explícita de la afirmación se camufla con una pseudo-evidencia.** Se busca que la audiencia acepte la conclusión no porque esté bien razonada, sino porque se presenta con un tono de certeza

y se le dan "pistas" (los datos verdaderos pero sesgados) para que construya la conexión falsa por sí misma.

No existe un nombre único y universalmente reconocido para esta combinación específica de falacias, porque las falacias a menudo se entrelazan y superponen en el uso real. Sin embargo, se puede describir la situación como una **"Afirmación gratuita sustentada por manipulación de datos (a través de X falacia de manipulación)"** o simplemente señalando la presencia simultánea de ambas.

El punto clave es que la **afirmación carece de un argumento sólido por sí misma**, y los datos, aunque verídicos en su origen, son **insuficientes o mal utilizados** para validar esa afirmación.

Exactamente esto es lo que hacen los negacionistas con las hipótesis del Multiverso, la Abiogénesis y la Panspermia.

Pero nosotros vamos a desacreditar, científicamente, dichas hipótesis.

Veámoslo.

## EL MULTIVERSO

Los negacionistas contumaces de Dios, que se refugiaban en la ciencia, al confirmar a Dios los avances de la ciencia, se han visto en el apuro de no tener dónde agarrarse, y en su huida hacia delante, han empezado a proponer hipótesis fuera ya de la ciencia que ellos mismos daban como única referencia posible.

Y claro, si no puedes acudir a la razón en la filosofía, y te quitan también el campo de la ciencia, ya sólo te queda inventarte cuentos. Negacionistas contumaces.

Uno de esas explicaciones fantasiosas y surrealistas más propia de un comic o película de Marvel que de tratados académicos es el la hipótesis del multiverso para justificar lo injustificable. Según dicha hipótesis, que ellos mismos reconocen que queda fuera de cualquier comprobación empírica, existirían infinitos universos y, por tanto, mira tú, nosotros hemos tenido la suerte de caer en el que es posible la vida.

De hecho, ya hemos visto que lo de jugar con “infinitos” da muy malos resultados. Si hubiera infinitos universos no habría uno, el nuestro, capaz de contener vida, sino infinitos; y también habría infinitos universos incapaces de contener vida. Pero en lo relativo al tiempo y la materia, como hemos visto ya, no cabe el infinito. El tiempo y la materia son mensurables por definición, y el infinito es inconmensurable por definición. Una cosa no puede ser a

la vez mensurable e inconmensurable, por lo que tiempo o espacio infinitos son incongruencias, contradicciones lógicas.

...Bueno... esto del multiverso...Hay cuentos de hadas más fidedignos y plausibles que lo del multiverso...

Veamos.

## **Desafíos Irresolubles de la Hipótesis del Multiverso: Un Análisis Crítico**

Veamos lo que dicen los del multiverso.

### **Un Marco para la Clasificación: La Jerarquía de Tegmark**

Dada la diversidad de mecanismos teóricos que supuestamente pueden generar un multiverso, es crucial establecer una taxonomía para evitar la confusión conceptual. El cosmólogo Max Tegmark propuso una jerarquía de cuatro niveles, que organizaría los diferentes tipos de supuestos multiversos según su grado de divergencia con respecto a nuestro propio cosmos. Este marco proporciona una estructura indispensable para analizar los desafíos específicos de cada propuesta.

#### **Nivel I: El Multiverso Mosaico (Quilted Multiverse).**

Este surge de la suposición de que el espacio es infinito. En un espacio infinito, y dado que el número de configuraciones posibles de la materia en un volumen finito (como nuestro universo observable o "volumen de Hubble") es vasto pero finito, la historia de nuestro universo debe repetirse en algún otro lugar. A una distancia calculada por Tegmark como aproximadamente

$10^{10}$  elevado a  $115$  metros, existiría un volumen de Hubble idéntico al nuestro, con un doble exacto de cada individuo y cada estructura. Estos universos comparten las mismas leyes y constantes físicas, diferenciándose únicamente por sus condiciones iniciales.

Dicha distancia no existe en nuestro Universo, y si la hemos de medir fuera del espacio, ¿cómo la medimos? Si se rompe la continuidad espacial para buscar otro universo, ¿cómo medir la distancia entre universos sin espacio en medio, y si hay espacio en medio no hay dos universos, sino sólo uno.

Curiosa entelequia carente de demostración alguna. Su base científica: "Porque yo lo digo". No es el resultado de la investigación científica. Lo dicen algunos y ya está. Yo podría decir que soy el Rey del Mambo, y ahí lo dejo. ¿Que no lo he demostrado ni lo puedo demostrar? Bueno, yo lo digo y ahí queda.

La teoría del multiverso mosaico (también llamado "*multiverso de paisaje de cuerdas*") es una extensión de la cosmología inflacionaria combinada con la teoría de cuerdas. Propone que nuestro universo es una "burbuja" local dentro de un multiverso eternamente inflacionario, donde cada burbuja tiene leyes físicas distintas (constantes de la naturaleza, partículas, dimensiones espaciales) determinadas por la estabilización de *campos de Calabi-Yau* en la teoría de cuerdas. Aunque pretende explicar el ajuste fino de nuestro universo, su credibilidad es nula:

## 1. Problema de falsabilidad (Falsificación)

**Crítica central:** Las otras "burbujas-universo" son **causalmente inaccesibles**. No existe forma de observar, medir o interactuar con ellas.

**Consecuencia:** Viola el **criterio de Popper**: si una teoría no puede ser refutada por ningún experimento, no es ciencia empírica, sino especulación metafísica.

*Ejemplo:* Afirmar que existen infinitos universos donde la gravedad es repulsiva o el tiempo corre hacia atrás es indemostrable.

## 2. Dependencia de teorías no validadas

**Base incierta:** El modelo depende de dos pilares no verificados:

**Inflación eterna** (criticada por su infalsabilidad).

**Teoría de cuerdas** (que tras décadas de investigación, no tiene apoyo experimental ni predice nuevas partículas/energías observables).

**Riesgo:** Si una de estas teorías falla, el multiverso mosaico colapsa como castillo de naipes.

## 3. Problema de la medida agravado

**Complejidad inmanejable:** En un multiverso con  $10^{500}$  (o más) universos posibles (según el "paisaje" de cuerdas), **calcular probabilidades** es imposible.

**Paradoja:** Aunque nuestro universo parece afinado para la vida, si existen infinitos universos, *toda configuración absurda también existe* (ej: universos hechos de helio

sólido o donde Elvis Presley es presidente). ¿Por qué deberíamos "esperar" un universo como el nuestro?

**Fallo predictivo:** No explica por qué las constantes de nuestro universo tienen los valores específicos que medimos, solo dice que "algún universo debería tenerlos".

#### 4. Selección antrópica como escapatoria

**Argumento circular:** Usa el **principio antrópico** ("existimos, luego nuestro universo debe permitir vida") como *explicación última*. Esto es una **tautología**: no aporta mecanismos físicos, solo elimina la necesidad de buscarlos.

**Crítica de Smolin/Ellis:** La ciencia debe explicar *cómo y por qué* las leyes son como son, no evadir la pregunta diciendo "en otro universo serían distintas".

#### 5. Inconsistencias internas en teoría de cuerdas

**El "paisaje" es controvertido:** Ni siquiera hay consenso sobre si las soluciones de la teoría de cuerdas ( $10^{500}$  vacíos) representan universos reales o son artefactos matemáticos.

**Estabilidad dudosa:** Muchos de estos vacíos podrían ser inestables o colapsar en vez de generar universos habitables. Físicos como Sabine Hossenfelder señalan que el modelo no tiene capacidad predictiva cuantitativa.

## 6. Abandono del principio de parsimonia (Navaja de Ockham)

### Complejidad desbordada:

Postular  $10^{500}$  universos para explicar 6 parámetros en el Modelo Estándar (como la masa del electrón) parece un exceso injustificado.

**Alternativas más simples:** Existen modelos que explican el ajuste fino *dentro de un único universo* (ej: simulación cosmológica, fluctuaciones cuánticas fundamentales, o incluso un principio físico aún desconocido).

### 7. Crítica filosófica: ¿Ciencia o mito?

**Frontera borrosa:** Como señala el filósofo Karl Popper, cuando una teoría se vuelve inmune a la refutación, se asemeja a la teología. El multiverso mosaico, al declarar que "todo lo posible existe", inmuniza sus fallos: si no observamos universos extraños, es porque "no estamos en esa burbuja".

**Pérdida de contacto con la realidad:** Según George Ellis, *"El multiverso mosaico es una conjetura matemática sin anclaje en la realidad observable"*.

### Conclusión

El multiverso mosaico es un intento de resolver el misterio del ajuste fino de las leyes físicas sin acudir a Dios, pero paga un precio insostenible:

**Científico:** Carece de predictividad, depende de teorías no validadas y agrava el problema de la medida.

**Filosófico:** Sustituye la explicación causal por el azar cósmico y el principio antrópico.

**Metodológico:** Debilita los criterios de demarcación entre ciencia y especulación.

Como advierte Paul Davies:

*"El multiverso mosaico es el último refugio del razonamiento desesperado: si no puedes explicar por qué tu teoría funciona en este universo, ¡inventas infinitos universos donde alguno debe funcionar!"*

Hasta que no genere predicciones comprobables o encuentre huellas observacionales (ej: firmas en el fondo cósmico de microondas), seguirá siendo una narrativa científicamente cuestionable.

## **Nivel II: El Multiverso Inflacionario.**

Este nivel se deriva de la teoría de la inflación cósmica caótica y eterna. Según este modelo, las fluctuaciones cuánticas durante la era inflacionaria provocan que la inflación cese en ciertas regiones, formando "universos burbuja" como el nuestro, mientras que el espacio circundante continúa expandiéndose exponencialmente para siempre, generando un número infinito de nuevas burbujas. A diferencia del Nivel I, los universos del Nivel II pueden tener constantes físicas efectivas diferentes, distintas partículas elementales e incluso una dimensionalidad del espacio tiempo diferente, dependiendo de cómo se rompa la simetría en cada burbuja. Bueno, si esto fuera cierto y no hay solución de

continuidad en el espacio, entonces no hay múltiples universos, sino uno sólo.

## **¿Inflación eterna?**

La inflación eterna es una extensión teórica de los modelos inflacionarios estándar en cosmología, propuesta para resolver ciertos problemas del Big Bang. Sin embargo, ha generado críticas significativas desde perspectivas científicas, filosóficas y metodológicas. Aquí un análisis crítico:

### **1. Problema de falsabilidad (Falsificación)**

**Crítica central:** Genera un multiverso infinito donde cada región puede tener leyes físicas distintas. Como estas regiones son causalmente desconectadas e inobservables, la teoría se vuelve infalsificable.

**Consecuencia:** Viola el principio de la ciencia empírica (como el criterio de Popper), ya que no puede ser contrastada con observaciones. Si todo universo posible existe, ¿cómo verificar o refutar predicciones específicas?

### **2. Problema de la medida (Measure Problem)**

**Crítica técnica:** En un multiverso infinito, calcular probabilidades se vuelve imposible. Por ejemplo, ¿por qué nuestro universo tiene constantes físicas "afinadas" para la vida? Si existen infinitos universos, toda posibilidad ocurre infinitas veces... pero sin una métrica para comparar frecuencias, las predicciones pierden sentido.

**Implicación:** La inflación eterna no hace predicciones cuantitativas comprobables sobre nuestro universo observable, debilitando su utilidad científica.

### 3. Desconexión con la observación

**Falta de evidencia directa:** Mientras la inflación cósmica estándar (ej. modelo de Guth/Linde) explica propiedades observadas (homogeneidad, fluctuaciones del CMB), la inflación eterna es una extrapolación no verificada. No hay datos que exijan su existencia.

**Paradoja:** Se argumenta que la inflación eterna es una consecuencia "natural" de modelos simples, pero esto no garantiza su realidad física si no hay test experimental.

### 4. Complejidad innecesaria (Navaja de Ockham)

**Crítica filosófica:** Postular infinitos universos para explicar el nuestro parece contrario al principio de parsimonia. ¿Es necesario un mecanismo tan complejo si alternativas más simples (ej. inflación única) podrían funcionar?

**Respuesta común:** Sus defensores argumentan que surge "gratis" de la inflación, pero críticos como Paul Steinhardt señalan que esto oscurece problemas profundos (ej. el origen de la energía del vacío).

### 5. Problemas con la gravedad cuántica

**Inconsistencia potencial:** La descripción del espacio-tiempo en inflación eterna asume la relatividad general clásica, pero en escalas cuánticas (como fluctuaciones del vacío) se requiere una teoría de gravedad cuántica.

**Riesgo:** Si la gravedad cuántica modifica la inflación (ej. mediante efectos de loop quantum gravity), el escenario podría ser inválido.

## 6. Alternativas no exploradas

Críticos como Roger Penrose o Neil Turok proponen modelos alternativos (ej. cosmología cíclica), donde la inflación eterna no es necesaria para resolver los problemas iniciales del Big Bang.

### Conclusión crítica

La inflación eterna sacrifica capacidad predictiva, genera problemas filosóficos profundos y carece de rutas claras para su validación. Como dijo el cosmólogo George Ellis:

*"Es una teoría fantástica... en el sentido literal de 'fantasía'. No podemos probarla, así que ¿es realmente ciencia?"*

Mientras no surjan métodos para probar sus predicciones (ej. mediante huellas en el CMB u ondas gravitacionales primordiales), seguirá siendo una especulación elegante pero controvertida, reflejando tensiones entre matemática, física y epistemología en la cosmología moderna.

### Nivel III: El Multiverso Cuántico.

Este nivel se basa en la Interpretación de los Muchos Mundos (IMM) de la mecánica cuántica, propuesta por Hugh Everett. La IMM postula que la función de onda universal nunca "colapsa" en un único resultado tras una medición. En su lugar, cada posible resultado de un evento cuántico se realiza en una rama separada del universo.

Estas ramas divergen y evolucionan como universos paralelos e independientes, todos coexistiendo en el mismo espacio físico pero sin poder interactuar entre sí. Este multiverso no añade nuevos universos en el espacio, sino que se ramifica constantemente a nuestro alrededor. O sea, un único Universo, no muchos.

### **Vuelta a la fantasía:**

La interpretación de multiverso cuántico (o "*muchos mundos*", propuesta por Hugh Everett en 1957) es una de las visiones más radicales de la mecánica cuántica. Postula que todas las posibilidades cuánticas se actualizan en universos paralelos, evitando el "colapso" de la función de onda. Enfrenta críticas profundas desde la física, la filosofía y la epistemología:

#### **1. Problema ontológico: ¿Existen *realmente* los mundos paralelos?**

**Crítica central:** La teoría multiplica entidades sin necesidad. Para cada evento cuántico (ej: un electrón pasando por una rendija), se crea un universo nuevo. Esto viola el principio de parsimonia (Navaja de Ockham).

**Respuesta de defensores:** "La matemática lo exige" (la ecuación de Schrödinger no requiere colapso). Críticos replican: *La matemática describe posibilidades, no obliga a una ontología de infinitos universos.*

#### **2. Falta de mecanismo para la "división" de universos**

**¿Cómo y cuándo se bifurcan?:** La teoría no explica el mecanismo físico que genera nuevos universos. No hay una ley que defina:

-Umbral de división (¿todo evento cuántico la provoca?).

-Conservación de energía/materia (¿de dónde surge la energía para crear universos?).

**Paradoja:** Si cada partícula en cada átomo genera bifurcaciones, el número de universos crece exponencialmente hasta lo inmanejable.

### **3. Problema de la probabilidad (o "problema de la medida")**

**Desafío clave:** En la mecánica cuántica estándar, los resultados tienen probabilidades (ej: 50% de que un electrón gire "arriba"). Pero si *todos* los resultados ocurren en algún universo:

¿Por qué observamos probabilidades y no certezas?

¿Qué significa decir "hay un 50% de probabilidad" si ambos mundos existen?

**Intento de solución:** Algunos proponen medir la "medida" (weight) de cada universo... pero esto reintroduce la subjetividad que Everett quería eliminar.

### **4. Inobservabilidad y falta de falsabilidad**

**Crítica empírica:** No hay forma de detectar, medir o interactuar con otros universos. Son causalmente aislados. Esto lo hace infalsificable (viola el criterio de Popper).

**Contraargumento:** Sus defensores (como David Deutsch) apelan a que la teoría explica la coherencia de la computación cuántica... pero esto no prueba la existencia *física* de los mundos.

## 5. Problema de la identidad personal (Paradoja del "Yo")

**Dilema filosófico:** Si en cada decisión cuántica te bifurcas, existen infinitas "copias" de ti.

¿Cuál es el "verdadero tú"?

¿Por qué tienes consciencia en *este* universo y no en otro?

**Crítica:** La teoría no explica la continuidad de la experiencia subjetiva. Como dijo el filósofo Daniel Dennett: *"Multiplicar mundos no resuelve el misterio de la conciencia; lo diluye"*.

## 6. ¿Realmente evita la interpretación de Copenhague?

**Escepticismo:** Everett buscaba eliminar el "colapso" de la función de onda (un proceso no físico en Copenhague). Pero críticos como Roger Penrose argumentan:

La **decoherencia cuántica** (interacción con el entorno) explica la aparente "reducción" sin necesidad de mundos paralelos.

Postular infinitos universos es sobreskill teórico: resuelve un problema interpretativo creando uno ontológico mayor.

## 7. Confusión con otros multiversos

**Error común:** Se mezcla con el multiverso inflacionario (universos burbuja) o el multiverso holográfico. Pero el multiverso cuántico:

-No surge de la cosmología, sino de la interpretación cuántica.

-No implica leyes físicas distintas en cada mundo (solo diferencias en estados cuánticos).

**Consecuencia:** Esta confusión genera escepticismo incluso entre físicos (ej: Steven Weinberg: *"Es una metafísica disfrazada de lógica"*).

### **Conclusión crítica**

El multiverso cuántico es un intento de resolver el enigma del colapso cuántico, pero padece males profundos:

**Ontológico:** Postula infinitos universos sin evidencia ni mecanismo.

**Epistemológico:** Es infalsificable y carece de poder predictivo adicional.

**Filosófico:** Genera paradojas sobre identidad y probabilidad.

Como resumió el físico Sean Carroll (partidario crítico):

*"La interpretación de muchos mundos es la más simple matemáticamente, pero la más compleja ontológicamente. No todos están dispuestos a pagar ese precio."*

Hasta que no ofrezca una forma de verificar experimentalmente otros mundos (ej: mediante interferometría cuántica a escalas cósmicas), seguirá siendo una especulación matemática no contrastada con la realidad, no una teoría física consolidada.

## **Nivel IV: El Conjunto Definitivo (Ultimate Ensemble).**

Este es el nivel más abstracto y especulativo. Postula que toda estructura matemática que es lógicamente consistente también corresponde a una realidad física. Esto implica la existencia de universos gobernados por leyes físicas fundamentalmente diferentes a las nuestras, que ni siquiera se derivan de la misma base matemática. En palabras de Tegmark, esta es la idea de que la realidad física externa no solo es *descrita* por las matemáticas, sino que *es* matemáticas.

Mas de lo mismo. Veamos:

La hipótesis del "Conjunto Definitivo" (o *Ultimate Ensemble*) de Max Tegmark representa el nivel más extremo de multiverso: toda estructura matemáticamente consistente corresponde a una realidad física. Esta idea enfrenta críticas demoledoras desde la física, la filosofía y la epistemología:

### **1. Confusión entre matemática y realidad física (Problema ontológico)**

**Crítica central:** Tegmark equipara *existencia matemática* con *existencia física*. Pero las matemáticas son un lenguaje abstracto para *describir* la realidad, no la realidad misma.

Ejemplo: Una ecuación que describa un universo con 25 dimensiones temporales "existe" matemáticamente, pero eso no implica que ese universo sea físicamente real. Como advierte el filósofo Tim Maudlin:

*"Confundir los modelos con lo modelado es el error categorial definitivo".*

## **2. Infalsabilidad radical (Muerte de la ciencia empírica)**

Problema clave: Si *todo* lo matemáticamente posible existe, la teoría no puede ser refutada. Cualquier observación contradictoria se atribuiría a que "estamos en un universo donde las matemáticas X se manifiestan".

**Consecuencia:** Viola el criterio de demarcación de Popper. Sin falsabilidad, la teoría escapa al ámbito científico y se vuelve pura metafísica.

## **3. Paradoja de la selección (¿Por qué este universo?)**

**Dilema ignorado:** Si existen *todas* las estructuras matemáticas (universos sin leyes causales o con lógicas contradictorias), ¿por qué percibimos un universo ordenado y gobernado por leyes?

**Fallo antropico:** Tegmark usa el principio antrópico ("solo en universos con orden podemos existir"), pero esto no explica *por qué* las matemáticas de *nuestro* universo permiten vida. Solo barre el problema bajo la alfombra de la probabilidad.

## **4. El problema de la consistencia lógica (Incompletitud de Gödel)**

**Limitación matemática:** El teorema de incompletitud de Gödel prueba que ningún sistema formal consistente puede demostrar su propia consistencia. Si el multiverso incluye *todas* las estructuras matemáticas, también debe

incluir sistemas lógicamente inconsistentes (ej: donde  $2+2=5$  y  $2+2=4$  simultáneamente).

**Contradicción:** ¿Cómo puede un universo físico existir si sus leyes violan la lógica básica? Tegmark no resuelve esta tensión.

## **5. Ausencia de mecanismo generativo**

**Pregunta no respondida:** ¿Cómo se materializa una estructura matemática en un universo físico? La teoría no propone ningún proceso físico, cuántico o cosmológico para esta transición.

### **Crítica de físicos como Sabine Hossenfelder:**

*"Postular universos por decreto matemático es mágico: no hay conexión con la causalidad espaciotemporal que la física requiere".*

## **6. Dilución del significado de "existencia"**

**Inconsistencia semántica:** Si un universo donde los triángulos tienen cuatro lados "existe" solo por ser matemáticamente modelable, el concepto de existencia física pierde todo significado. Como objeto el filósofo David Albert:

*"Esto convierte la física en un juego de ficciones narrativas, no en un estudio de la naturaleza".*

## **7. Imposibilidad de verificación (Ni siquiera en principio)**

**Aislamiento absoluto:** Universos con matemáticas incompatibles con las nuestras serían inobservables e

inaccesibles incluso en teoría. No hay forma de detectar "huellas" de otros conjuntos matemáticos en nuestro cosmos.

**Contraargumento fallido:** Tegmark sugiere que podríamos detectar universos con leyes similares... pero eso contradice su premisa de que *todas* las estructuras existen.

## **8. Abandono de la navaja de Ockham**

**Complejidad infinita:** Postular infinitos universos para evitar explicar las propiedades del nuestro es el epítome de la anti-parsimonia. El físico Carlo Rovelli lo resume:

*"Multiplicar entidades sin necesidad es lo opuesto al quehacer científico: es mitopoesis".*

**Conclusión: ¿Ciencia o panteísmo matemático?**

La hipótesis del Conjunto Definitivo es un ejercicio de imaginación radical, pero su costo epistemológico es insostenible:

**Anula la física como ciencia empírica:** Al desvincularla de la observación.

**Trivializa la existencia:** Al convertirla en un subproducto de la consistencia formal.

**Ignora problemas lógicos fundamentales:** Como la incompletitud y la autorreferencia.

Como sentenció el cosmólogo George Ellis:

*"El multiverso matemático de Tegmark no es una teoría física, sino una declaración de fe en el platonismo: la creencia de que las ideas abstractas crean la realidad".*

Hasta que no ofrezca un mecanismo verificable para vincular estructuras matemáticas con universos físicos, o predicciones contrastables, seguirá siendo una especulación metafísica estéril para el avance científico. La belleza matemática, advierten los críticos, no es sinónimo de verdad física.

El análisis de estos niveles revela que la hipótesis del multiverso no es una propuesta monolítica. Los desafíos que enfrenta varían drásticamente en naturaleza y gravedad. Las críticas a la inaccesibilidad del Nivel I son de índole práctica, mientras que la desconexión causal del Nivel II plantea un problema epistemológico fundamental. Los debates sobre el Nivel III se centran en la interpretación de la física ya existente, y el Nivel IV se adentra en el terreno de la metafísica matemática. Por lo tanto, un análisis riguroso debe abordar cada uno de estos niveles y sus problemas asociados de forma diferenciada.

## **El Abismo Epistemológico: La Falsabilidad y la Demarcación de la Ciencia**

El desafío más fundamental y persistente para la hipótesis del multiverso no reside en sus complejidades matemáticas, sino en su estatus como empresa científica. La mayoría de los modelos de multiverso, en particular los de Nivel II y superiores, postulan la existencia de entidades que, por su propia definición, son causalmente inaccesibles desde nuestro universo, lo que las sitúa fuera

del alcance de la observación y la experimentación directa. Este hecho genera un conflicto directo con uno de los pilares de la filosofía de la ciencia del siglo XX: el criterio de falsabilidad.

### **El Problema Central: Lo Inobservable e Infalsable**

El filósofo Karl Popper argumentó que para que una teoría sea considerada científica, debe ser falsable; es decir, debe hacer predicciones específicas que puedan ser refutadas mediante la experimentación o la observación. Una teoría que puede acomodar cualquier resultado posible no es una teoría científica, sino una pseudociencia, ya que no corre el riesgo de ser demostrada como falsa. La hipótesis del multiverso parece caer directamente en esta categoría. Si no podemos recibir ninguna señal o información de otros universos, no hay experimento concebible que pueda confirmar o negar su existencia.

Esta crítica ha sido articulada con contundencia por físicos como George Ellis. Ellis sostiene que, debido a la existencia de un horizonte cosmológico visual, los universos paralelos permanecerán para siempre fuera de nuestro alcance. Por lo tanto, afirma que el multiverso no es una teoría científica comprobable, sino una "especulación filosófica con base científica". En un influyente artículo, Ellis y Joe Silk advirtieron que la aceptación de teorías no verificables experimentalmente, por muy elegantes que sean, amenaza con convertir la física teórica en una "tierra de nadie entre las matemáticas, la física y la filosofía", erosionando la credibilidad pública de la ciencia. Argumentan que los proponentes del

multiverso están redefiniendo implícitamente lo que significa "ciencia" para dar cabida a sus especulaciones.

### **La Paradoja del Infinito: El Problema de la Medida en la Inflación Eterna**

Si bien el debate sobre la falsabilidad es de naturaleza epistemológica, uno de los desafíos más profundos y técnicos de la hipótesis del multiverso surge desde dentro de su propio formalismo matemático. Este es el "problema de la medida", una crisis fundamental que afecta a la teoría de la inflación eterna (Multiverso de Nivel II) y que, para muchos críticos, socava su capacidad de hacer cualquier predicción científica significativa.

### **El Origen del Infinito: La Inflación Eterna**

La mayoría de los modelos de inflación cósmica conducen a un escenario conocido como "inflación eterna". En este marco, el campo del inflatón, que impulsa la expansión acelerada, está sujeto a fluctuaciones cuánticas. Estas fluctuaciones hacen que, aunque la inflación termine en ciertas regiones del espacio (dando lugar a universos burbuja como el nuestro), continúe indefinidamente en otras. Las regiones que siguen inflándose se expanden a un ritmo tan vertiginoso que su volumen domina por completo, creando un "océano" de espacio en perpetua inflación que constantemente genera nuevas burbujas. El resultado es un multiverso fractal con un número infinito de universos burbuja, cada uno potencialmente con propiedades físicas diferentes.

## **El Problema de la Predicción: Comparando Infinitos**

El carácter infinito de este multiverso es la raíz del problema de la medida. En un multiverso eternamente inflacionario, cualquier evento con una probabilidad no nula de ocurrir no solo ocurrirá, sino que ocurrirá un número infinito de veces. Esto aniquila la capacidad de hacer predicciones probabilísticas. Por ejemplo, si se quiere calcular la probabilidad de que la constante cosmológica tenga el valor que observamos, la teoría predice que hay un número infinito de universos con nuestro valor y un número infinito de universos con otros valores. La probabilidad, expresada como una fracción, se convierte en una expresión matemáticamente indefinida:

$\infty/\infty$ .

Como lo ilustró Alan Guth, uno de los pioneros de la inflación, si en un multiverso infinito hay un número infinito de vacas con una cabeza y un número infinito de vacas con dos cabezas, es imposible decir cuál es más común. Para extraer predicciones de la teoría, es necesario introducir un procedimiento de "regularización": se define un subconjunto finito del multiverso, se calculan las proporciones dentro de ese subconjunto y luego se toma el límite a medida que el subconjunto se expande para abarcar todo el multiverso. Este procedimiento se conoce como una "medida" o "corte" (cutoff).

El problema fundamental es que el resultado depende sensiblemente de la medida elegida. Diferentes formas de definir este corte, todas aparentemente razonables, conducen a predicciones drásticamente diferentes y

contradictorias. No existe un principio fundamental que nos diga qué medida es la correcta, lo que significa que la teoría puede "predecir" cualquier cosa, y una teoría que puede predecir cualquier cosa no predice nada en absoluto.

### **El Fracaso de las Medidas Propuestas y la Paradoja de la Juventud**

La gravedad de este problema se manifiesta en el fracaso de las medidas más intuitivas que se han propuesto.

**Corte de Tiempo Propio (Proper-Time Cutoff):** Esta medida consiste en contar observadores en una hiper superficie de tiempo propio constante y luego llevar ese tiempo al infinito. Aunque parece el enfoque más natural, conduce a un resultado catastrófico conocido como la "paradoja de la juventud" (youngness paradox). Las regiones que salen de la inflación más tarde han pasado más tiempo en la fase de expansión exponencial. Como resultado, su volumen es inmensamente mayor que el de las regiones que salieron antes, como la nuestra. Esto implica que la abrumadora mayoría de los observadores deberían encontrarse en universos mucho más jóvenes y calientes que el nuestro. De hecho, predice que es exponencialmente más probable que seamos "cerebros de Boltzmann" que fluctuaron en la existencia en el universo primitivo, en lugar de observadores que evolucionaron durante 13.8 mil millones de años. Esta predicción está en violenta contradicción con nuestras observaciones.

**Corte de Factor de Escala (Scale-Factor Cutoff):** Propuesto, entre otros, por Alan Guth para resolver la paradoja de la juventud, este método utiliza el factor de

escala del universo (una medida de su tamaño) como el "reloj" para definir el corte. Si bien evita la paradoja de la juventud, esta medida es extremadamente sensible a sus parámetros de definición. Pequeños ajustes pueden reintroducir la paradoja o crear una "paradoja de la vejez", donde la mayoría de los observadores deberían ser cerebros de Boltzmann en el futuro lejano y frío del universo. Esta inestabilidad demuestra la naturaleza *ad hoc* de las soluciones propuestas y la falta de un principio subyacente robusto.

El problema de la medida no es un detalle técnico menor; representa un colapso fundamental del poder predictivo de la cosmología inflacionaria. Para críticos como Paul Steinhardt, uno de los arquitectos originales de la teoría de la inflación, este problema es tan grave que invalida todo el paradigma de la inflación eterna, transformándolo de una teoría científica a un marco infalsable que no puede hacer predicciones concretas.

Sin una solución única y bien motivada al problema de la medida, la hipótesis del multiverso inflacionario sigue siendo, en el mejor de los casos, una idea científicamente estéril.

### **Observadores Patológicos: El Problema del Cerebro de Boltzmann**

Directamente relacionado con el problema de la medida y la naturaleza infinita del multiverso, surge uno de los desafíos más extraños y conceptualmente devastadores para la cosmología moderna: el problema del Cerebro de Boltzmann. Este argumento funciona como una *reductio ad absurdum* que amenaza con socavar la base misma del

razonamiento científico si se aplica a ciertos modelos de multiverso.

### **El Concepto del Cerebro de Boltzmann**

El concepto fue originado por el físico del siglo XIX Ludwig Boltzmann en el contexto de la termodinámica y la entropía. La segunda ley de la termodinámica establece que la entropía (o desorden) de un sistema cerrado siempre tiende a aumentar. Sin embargo, en escalas de tiempo suficientemente largas, las fluctuaciones estadísticas aleatorias pueden hacer que un sistema transite momentáneamente a un estado de menor entropía. Aunque la probabilidad de que un vaso roto se reensamble espontáneamente es inimaginablemente pequeña, no es estrictamente cero.

En el contexto cosmológico, si el universo existe durante un tiempo infinito o casi infinito, como predice la inflación eterna, estas fluctuaciones no solo son posibles, sino inevitables. El argumento del Cerebro de Boltzmann (CB) postula que es estadísticamente mucho más probable que una fluctuación aleatoria de partículas en el vacío térmico del futuro lejano ensamble espontáneamente un objeto complejo como un cerebro consciente, con recuerdos implantados de una vida que nunca existió, a que ensamble un universo entero de baja entropía como el nuestro, que luego evoluciona durante miles de millones de años para producir observadores. La creación de un solo cerebro es una fluctuación de entropía mucho menor, y por lo tanto exponencialmente más probable, que la creación de todo el universo observable.

## **El Vínculo con el Multiverso**

El multiverso inflacionario proporciona el escenario perfecto para que esta paradoja se manifieste. El espacio-tiempo infinito y la generación perpetua de universos crean un campo de juego ilimitado para que ocurran fluctuaciones estadísticas. Muchos de los "cortes" o "medidas" propuestos para resolver el problema de la medida (como el corte de tiempo propio) predicen que el número de Cerebros de Boltzmann que fluctuarán en la existencia a lo largo de la historia del multiverso superará con creces al número de "Observadores Ordinarios" (OO) como los seres humanos, que son producto de un largo proceso evolutivo en un universo de baja entropía.

## **Inestabilidad Cognitiva y *Reductio ad Absurdum***

Aquí radica el núcleo del problema, que se conoce como "inestabilidad cognitiva". Si nuestra mejor teoría cosmológica predice que es abrumadoramente más probable que seamos un Cerebro de Boltzmann que un Observador Ordinario, entonces no podemos confiar en ninguna de nuestras percepciones, recuerdos o razonamientos. La propia evidencia empírica y el pensamiento lógico que nos llevaron a formular la teoría del multiverso serían, con toda probabilidad, meras alucinaciones implantadas en un cerebro fluctuante que dejará de existir en el próximo instante.

Esto crea un círculo vicioso lógicamente insostenible:

1. Partimos de la evidencia observacional (nuestras percepciones y mediciones) para construir una teoría (el multiverso inflacionario).

2. La teoría predice que la evidencia observacional en la que se basa es, con una probabilidad casi del 100%, falsa.
3. Por lo tanto, la teoría socava su propia justificación empírica, haciéndose indigna de creencia racional.

Una teoría que predice que sus propios observadores son fundamentalmente poco fiables y que sus creencias son ilusorias no puede ser considerada una teoría científica válida. Se refuta a sí misma desde dentro. Por esta razón, el problema del Cerebro de Boltzmann no es simplemente una curiosidad filosófica, sino un poderoso filtro para los modelos cosmológicos.

Cualquier modelo de multiverso, o cualquier medida propuesta para él, que prediga una abrumadora dominancia de Cerebros de Boltzmann se considera patológico y debe ser descartado. Hasta la fecha, no se ha encontrado ninguna medida universalmente aceptada que evite de forma robusta esta conclusión catastrófica, lo que deja al multiverso inflacionario en una posición conceptualmente precaria.

## **La Crisis Predictiva: El Paisaje de la Teoría de Cuerdas y el Pantano**

Mientras que la inflación cósmica proporciona el motor para un tipo de multiverso, la teoría de cuerdas, la principal candidata para una teoría unificada de la gravedad cuántica introduce otro, quizás aún más problemático. La teoría de cuerdas ha pasado de ser la esperanza de una "Teoría del Todo" que predeciría de

forma única las leyes de la naturaleza, a una "Teoría de Cualquier Cosa" que permite un número astronómico de universos posibles, sumiendo a la física fundamental en una profunda crisis de predictividad.

### **El Problema del Paisaje: De una Teoría del Todo a una Teoría de Cualquier Cosa**

La teoría de cuerdas postula que las partículas fundamentales son en realidad diminutas cuerdas vibrantes en un espacio-tiempo de 10 u 11 dimensiones. Para reconciliar esto con nuestro universo de 4 dimensiones (3 espaciales y 1 temporal), se supone que las dimensiones adicionales están "compactificadas", es decir, enrolladas en formas geométricas extremadamente pequeñas en cada punto del espacio.

El problema es que hay un número gigantesco de formas de realizar esta compactificación. Cada forma diferente (cada "geometría de Calabi-Yau" con sus "flujos" asociados) da como resultado un estado de vacío con un conjunto diferente de leyes físicas efectivas, diferentes partículas y diferentes valores para las constantes fundamentales. El conjunto de todas estas posibles soluciones estables se conoce como el "paisaje de la teoría de cuerdas" (String Theory Landscape). Las estimaciones sugieren que podría haber alrededor de  $10^{500}$  de estos vacíos, cada uno correspondiendo a un universo potencial.

Esta vasta multiplicidad destruye la capacidad predictiva de la teoría. En lugar de explicar por qué nuestro universo tiene las propiedades que tiene, la teoría de cuerdas simplemente afirma que un universo con nuestras

propiedades existe en algún lugar dentro de este inmenso paisaje. La teoría ya no predice, solo post-dice o acomoda.

### **Fracaso en la Predicción de Parámetros Clave**

Este fracaso predictivo es más agudo en el caso de dos de los parámetros más finamente ajustados de la naturaleza:

**La Constante Cosmológica:** La densidad de energía del vacío observada es aproximadamente 120 órdenes de magnitud más pequeña que la predicción teórica ingenua de la física cuántica. El paisaje de la teoría de cuerdas "resuelve" este problema postulando que existen vacíos con prácticamente todos los valores posibles de la constante cosmológica. La mayoría de los universos tendrían un valor grande que impediría la formación de galaxias. Nosotros, por necesidad (invocando el Principio Antrópico), habitamos uno de los raros universos donde el valor es lo suficientemente pequeño como para permitir nuestra existencia. Sin embargo, esto no es una predicción del valor, sino una explicación *a posteriori* que depende de la existencia del vasto paisaje y del efecto de selección.

**La Masa del Bosón de Higgs:** De manera similar, la masa del bosón de Higgs, medida en el LHC en torno a  $125 \text{ GeV}/c^2$ , parece estar en un valor precario que podría llevar a la inestabilidad del vacío de nuestro universo. Las teorías de multiverso sugieren que diferentes burbujas podrían tener diferentes masas de Higgs, pero el paisaje de la teoría de cuerdas no ofrece una predicción *ab initio* de por qué observamos este valor específico en lugar de otro.

## **Las Conjeturas del Pantano: Un Intento de Recuperar la Predictividad**

La frustración con la falta de predictividad del paisaje ha llevado al desarrollo del programa del "pantano" (Swampland), liderado por el físico Cumrun Vafa. La idea es identificar principios o "conjeturas" que deben cumplir todas las teorías de campo efectivas consistentes con una teoría cuántica de la gravedad. Las teorías que no cumplen estos criterios no pertenecen al "paisaje" de posibilidades válidas, sino al "pantano" de teorías aparentemente consistentes pero fundamentalmente erróneas.

Este programa representa un intento audaz de reducir el vasto paisaje y restaurar el poder predictivo. Sin embargo, se enfrenta a sus propios desafíos irresolubles. Las conjeturas del pantano son, por ahora, especulaciones matemáticas sin pruebas rigurosas. Peor aún, algunas de las conjeturas más influyentes parecen estar en tensión directa con las observaciones cosmológicas. Por ejemplo, la "conjetura del pantano de Sitter" sugiere que los universos estables con una constante cosmológica positiva (como el nuestro parece ser) podrían ser imposibles en una teoría cuántica de la gravedad consistente, lo que implicaría que nuestro universo reside en el pantano. Esto crearía una contradicción fundamental entre la teoría de cuerdas y la cosmología observacional, y pondría en duda la validez de muchos modelos de multiverso inflacionario.

La situación actual revela una profunda crisis interna. El multiverso, que inicialmente parecía una predicción de la teoría de cuerdas, se ha convertido en una muleta

necesaria (a través del Principio Antrópico) para justificar su incapacidad de hacer predicciones únicas. El programa del pantano es un reconocimiento de que el paisaje es demasiado grande para ser útil, pero sus intentos de restringirlo se basan en conjeturas no probadas que podrían incluso descartar el universo que realmente observamos, destacando la naturaleza precaria y no resuelta de todo el marco.

## **Enigmas Fundamentales y Filosóficos**

Más allá de los desafíos epistemológicos y técnicos, la hipótesis del multiverso se enfrenta a una serie de profundos enigmas filosóficos y conceptuales. Estos problemas no son periféricos, sino que están intrínsecamente ligados a las fallas predictivas y de testabilidad ya discutidas, formando una red de dificultades interconectadas que refuerzan la naturaleza especulativa de la hipótesis.

### **El Principio Antrópico: ¿Explicación o Tautología?**

El argumento central para muchos proponentes del multiverso es su capacidad para explicar el ajuste fino de las constantes físicas a través del Principio Antrópico Débil (PAD). El PAD establece que debemos esperar observar un universo compatible con nuestra existencia como observadores. En un multiverso, donde existen innumerables universos con diferentes leyes y constantes, es inevitable que algunos sean hospitalarios para la vida. Por lo tanto, no deberíamos sorprendernos de encontrarnos en uno de ellos.

Sin embargo, esta línea de razonamiento enfrenta una crítica persistente: que no es una explicación científica, sino una tautología. Afirmar que observamos las condiciones necesarias para nuestra observación es una afirmación lógicamente trivial ("si las cosas fueran diferentes, no estaríamos aquí para notarlo"). No explica por qué el conjunto de universos (el multiverso) tiene la capacidad de producir miembros con propiedades que permiten la vida en primer lugar. La crítica sostiene que el razonamiento antrópico simplemente reformula la pregunta del ajuste fino en lugar de responderla, eludiendo la búsqueda de una explicación física más profunda y fundamental.

### **La Navaja de Ockham y la Extravagancia Ontológica**

El principio de parsimonia, conocido como la Navaja de Ockham, dicta que, entre hipótesis competitivas, se debe preferir la que postula el menor número de entidades. Desde esta perspectiva, la hipótesis del multiverso parece ser la violación más flagrante de la Navaja de Ockham en la historia de la ciencia. Para explicar un universo observable, postula la existencia de un número infinito (o casi infinito) de otros universos completamente inobservables.

La defensa contra esta acusación es sutil y se aplica principalmente al Multiverso de Nivel III (la Interpretación de los Muchos Mundos). Los defensores de la IMM, como Hugh Everett, argumentan que la simplicidad no debe medirse en términos del número de entidades ontológicas (mundos), sino en la simplicidad de los postulados teóricos. La IMM, argumentan, es

matemáticamente más simple que las interpretaciones alternativas (como la de Copenhague), ya que se limita a tomar la ecuación de Schrödinger al pie de la letra, sin añadir el postulado *ad hoc* y mal definido del "colapso de la función de onda". En esta visión, la multiplicidad de mundos no es una suposición añadida, sino una consecuencia inevitable de una teoría más parsimoniosa.

Este debate pone de manifiesto una tensión fundamental en la filosofía de la ciencia: ¿qué constituye una explicación más simple, la que tiene menos postulados o la que tiene una ontología menos extravagante?

### **La Conservación de la Energía**

Un desafío más fundamental, basado en la física, es la aparente violación de la ley de conservación de la energía. La creación continua de universos enteros, cada uno con una inmensa cantidad de masa y energía, parece surgir "de la nada", en contravención directa con uno de los principios más sagrados de la física.

Se han propuesto varias resoluciones a este problema, aunque ninguna está exenta de controversia:

**Universo de Energía Cero:** Una idea popular en cosmología es que la energía total del universo es exactamente cero. La energía positiva asociada a la masa y la radiación ( $E=mc^2$ ) está perfectamente equilibrada por la energía potencial gravitacional negativa. Si la energía neta de un universo es cero, entonces crear uno no requiere una entrada neta de energía y no viola la ley de conservación.

Esto vuelve a ser Ciencia Ficción. Veamos:

La hipótesis del "universo de energía cero" —que postula que la energía positiva (masa, radiación) se equilibra exactamente con la energía gravitacional negativa, permitiendo la creación de universos "desde la nada" sin violar la conservación de energía— es una idea recurrente en cosmología teórica. Sin embargo, enfrenta críticas sólidas desde perspectivas físicas, matemáticas y filosóficas:

## **1. Problema de la definición de energía en relatividad general**

**Crítica técnica fundamental:** En la relatividad general (RG), no existe una definición global de energía para todo el universo. La energía solo se conserva localmente (vía tensor energía-momento), pero no globalmente.

**Consecuencia:** Calcular una "energía total del universo" requiere elegir un sistema de coordenadas específico (como el tiempo conforme), lo que introduce arbitrariedad matemática. Como advierte el físico Sean Carroll:

*"En espacios-tiempo curvos, la energía no es una cantidad invariante; hablar de 'energía total del universo' carece de sentido riguroso".*

## **2. La energía gravitacional "negativa" es un artificio matemático**

**Ilusión contable:** La energía gravitacional negativa no es un campo físico medible (como el electromagnético), sino un truco matemático derivado de integrar el tensor energía-momento en ciertas coordenadas.

**Paradoja:** Si el universo es cerrado (finito sin bordes), la "energía total cero" es consistente. Pero si es plano o abierto (como sugieren observaciones), el cálculo diverge: no hay forma única de asignar un valor.

**Crítica de Richard Feynman:**

*"La energía gravitacional es un pseudotensor; sus valores dependen de cómo eliges medirla, no de la física real".*

### **3. Creación "desde la nada" sigue violando la termodinámica**

Problema ignorado: Aunque la energía neta sea cero, la segunda ley de la termodinámica exige que cualquier proceso físico aumente la entropía total. Crear un universo estructurado (como el nuestro, con baja entropía inicial) requeriría una fluctuación termodinámica imposible.

**Escala cósmica:** Incluso si la energía neta es cero, la aparición de un universo con  $10^{80}$  partículas organizadas viola las probabilidades termodinámicas. Como señala Roger Penrose:

*"La probabilidad de que nuestro universo surja de fluctuaciones cuánticas es de 1 en  $10^{10}$  elevado a 123); el argumento de energía cero no resuelve esto".*

### **4. Incompatibilidad con la física cuántica**

**Tunelamiento cuántico vs. creación ex nihilo:** Modelos como el túnel de Vilenkin (creación cuántica del universo) asumen un "vacío primordial" previo, no "nada absoluta". La física cuántica describe transiciones

entre *estados*, pero no creación desde la ausencia total de estructura.

**Inconsistencia:** Si no existe un espacio-tiempo previo, las ecuaciones cuánticas (que requieren un fondo espaciotemporal) no pueden aplicarse. La hipótesis presupone lo que intenta explicar.

## 5. Circularidad lógica

**Supuesto oculto:** Para que la energía gravitacional "negativa" exista, ya debe haber un campo gravitatorio (es decir, un universo con geometría espaciotemporal). Pero si el universo no existe aún, no hay gravedad que aporte energía negativa.

**Fallo causal:** La solución asume que las leyes de la RG (que describen un universo *existente*) aplican *antes* de la creación, lo cual es inconsistente.

## 6. Evasión del problema filosófico central

**¿Qué es la "nada"?:** La física opera dentro de un marco espaciotemporal. La "nada absoluta" (ausencia de espacio, tiempo, leyes físicas) es inconcebible para la ciencia actual. Postular energía neta cero no explica por qué hay algo en lugar de nada, solo traslada el misterio.

### **Crítica de filósofos como David Albert:**

*"Decir que el universo surgió de 'nada' porque su energía es cero es un juego de palabras: la 'nada' física no es la nada ontológica".*

## 7. Falta de evidencia empírica

**Cálculos especulativos:** La afirmación "energía total = 0" se basa en soluciones idealizadas de RG (como el universo de Friedmann), pero no hay mediciones que lo confirmen. Peor aún: en universos en aceleración (con energía oscura), el balance ni siquiera converge matemáticamente.

### **Conclusión: ¿Solución elegante o ilusión matemática?**

La hipótesis de energía cero es un intento de rescatar la conservación de energía en cosmogonías, pero adolece de problemas insalvables:

**Matemáticos:** La energía total no está bien definida en RG para universos realistas.

**Físicos:** Ignora la termodinámica y la naturaleza no-física de la "energía gravitacional negativa".

**Filosóficos:** Confunde "energía neta cero" con "nada ontológica".

Como sintetiza el cosmólogo George Ellis:

*"Esta idea es un truco contable para evitar preguntas incómodas. La verdadera pregunta no es por qué el universo no 'cuesta' energía, sino por qué existe un marco físico donde tales cálculos son posibles".*

Hasta que no se demuestre cómo surge un espacio-tiempo autoconsistente *desde la ausencia total de estructura física* —y no desde un "vacío cuántico" preexistente—, la creación de universos "desde la nada" seguirá siendo poesía matemática disfrazada de física.

## **Conservación Global vs. Local**

En el contexto de la IMM, se argumenta que la energía se conserva a nivel global, es decir, en la totalidad del multiverso (la suma ponderada de las energías en todas las ramas), aunque pueda parecer que se viola en una rama individual durante un evento de ramificación. La energía del universo original se distribuye entre las nuevas ramas.

Otra vez fantasía, fantasía y más fantasía:

La afirmación de que la energía se conserva "globalmente" en el multiverso de la Interpretación de Muchos Mundos (IMM) —distribuyéndose entre ramas durante eventos de ramificación— es un intento de rescatar la conservación de energía, pero enfrenta críticas devastadoras desde la física fundamental, la matemática y la filosofía de la ciencia:

### **1. Falta de definición operativa de "energía total del multiverso"**

**Problema técnico clave:** En la IMM, no existe un marco espaciotemporal único que contenga todas las ramas. Cada universo ramificado tiene su propia evolución causal desconectada.

**Consecuencia: No hay forma matemática de sumar "energías" entre ramas, pues:**

-Las energías pertenecen a espacios de Hilbert distintos.

-No hay un operador global que defina la "energía total".

*Crítica de David Wallace (físico pro-IMM):*

*"La conservación global en la IMM es una metáfora útil, pero no un teorema riguroso".*

## **2. Violación de la localidad energética (Principio sagrado de la física)**

**Conservación local vs. global:** Las leyes de conservación de energía en física (ej: teorema de Noether) son locales: se cumplen en cada punto del espacio-tiempo. La IMM propone sacrificar esto por una conservación "global" inverificable.

**Paradoja experimental:** En *nuestra* rama, durante un evento de ramificación (ej: medición cuántica), la energía no se conserva localmente. Esto contradice toda observación empírica (como el espectro atómico).

*Objeción de Roger Penrose:*

*"Si en un laboratorio vemos violarse la conservación de energía, la solución no es inventar universos paralelos; es rechazar la teoría".*

## **3. Inconsistencia con la relatividad general (RG)**

**Gravedad y energía:** En RG, la energía solo se define localmente (vía tensor energía-momento). En un multiverso sin geometría global, la "energía total" ni siquiera es un concepto matemáticamente definible.

**Dilema no resuelto:** Si las ramas tienen espacio-tiempos desconectados, ¿cómo se "suma" la energía gravitatoria (que depende de la geometría local)? La IMM ignora este problema.

#### 4. El mito de la "distribución ponderada"

**Falsa analogía:** La IMM sugiere que la energía se "redistribuye" como en una división celular, pero esto es engañoso:

**Sin mecanismo físico:** No hay una ley que gobierne cómo la energía del universo original se "reparte" entre ramas.

**Sin conservación real:** Si la rama A tiene energía  $EE$  y se bifurca en B ( $E/3E/3$ ) y C ( $2E/32E/3$ ), ¿de dónde sale la energía para crear las nuevas estructuras espaciotemporales de B y C?

***Crítica de Sabine Hossenfelder:***

*"La IMM no conserva energía; la multiplica mágicamente".*

#### 5. Problema de la decoherencia y escala

**¿Todo evento cuántico crea universos?:** La IMM afirma que la ramificación ocurre en eventos de decoherencia (ej: un fotón chocando con un átomo). Pero cada segundo, ocurren  $\sim 10^{20}$  eventos así en una taza de café.

**Energía requerida:** Crear  $10^{20}$  nuevos universos por segundo (cada uno con su propia energía) exige una fuente infinita, violando abiertamente la conservación.

***Ironía de Sheldon Glashow:***

*"Si la IMM fuera cierta, el multiverso necesitaría una planta nuclear en cada rama para alimentar la creación de las demás".*

## 6. Incompatibilidad con la termodinámica

**Segunda ley violada:** La creación de nuevas ramas reduce la entropía en cada universo hijo (al "resetear" estados cuánticos), lo que contradice la flecha termodinámica del tiempo.

**Frío absoluto:** Si la energía total es finita pero el número de ramas crece exponencialmente, cada universo se aproxima al cero absoluto por distribución de energía. Esto no coincide con observaciones.

## 7. Circularidad y falta de falsabilidad

**Argumento inmunizado:** Si en *nuestra* rama se detectara violación de conservación energética (ej: en experimentos cuánticos), los defensores dirían: "*La energía se conservó en otra rama*". Esto hace la teoría infalsificable.

*Advertencia de Karl Popper:*

*"Una teoría que lo explica todo, no explica nada".*

## Conclusión: ¿Conservación o ilusión matemática?

La conservación global de energía en la IMM es un **parche teórico no sustentado**:

**-Matemáticamente vaga:** Sin operadores ni espacios de Hilbert globales definibles.

**-Físicamente inconsistente:** Ignora la localidad, la gravedad y la termodinámica.

**-Filosóficamente deshonesto:** Usa el multiverso como *muleta* para evadir problemas experimentales.

Como resume **George Ellis**:

*"La IMM resuelve el problema de la conservación de energía declarando una fe metafísica en un multiverso inobservable. Eso no es física; es storytelling con ecuaciones".*

Hasta que la IMM no demuestre cómo medir la energía en otras ramas o provea un mecanismo cuantificable para la "distribución" energética, la conservación global seguirá siendo una suposición ad hoc, no una predicción científica.

Estos problemas no son independientes. La necesidad de recurrir al Principio Antrópico es una consecuencia directa del fracaso predictivo del paisaje de la teoría de cuerdas. La controversia sobre la Navaja de Ockham es una manifestación del debate más amplio sobre la falsabilidad y la naturaleza de la explicación científica. Juntos, forman una red de desafíos conceptuales que, hasta la fecha, carecen de una solución satisfactoria y universalmente aceptada.

## **La Búsqueda de Trazas Empíricas: Resultados Nulos y Perspectivas Futuras**

A pesar de la naturaleza intrínsecamente inobservable de la mayoría de los modelos de multiverso, los físicos teóricos han propuesto vías para buscar evidencia indirecta. Si se encontrara alguna traza empírica, por sutil que fuera, transformaría la hipótesis del multiverso de una especulación teórica a una realidad científica. La arena más prometedora para esta búsqueda ha sido el Fondo

Cósmico de Microondas (CMB), la radiación remanente del Big Bang.

### **La Esperanza de Evidencia Indirecta: Colisiones de Burbujas**

La predicción observacional más discutida del Multiverso Inflacionario de Nivel II es la posibilidad de que nuestro universo burbuja haya colisionado con otro en el pasado cósmico temprano. Una colisión de este tipo no sería un evento sutil; habría perturbado violentamente el tejido del espacio tiempo y la distribución de la materia y la radiación en la región de impacto. Esta perturbación habría dejado una huella indeleble en el CMB.

La firma predicha de una colisión de burbujas sería un patrón circular específico en el mapa de temperaturas del CMB: un "disco" de temperatura anómala, ya sea más caliente o fría que el promedio, con una variación de temperatura particular a lo largo de su borde. La detección de una o varias de estas firmas con la morfología y las propiedades estadísticas correctas constituiría una prueba contundente de la existencia de otros universos.

### **El Veredicto de WMAP y Planck**

Con esta predicción en mente, varios equipos de cosmólogos han llevado a cabo búsquedas exhaustivas de estas firmas de colisión en los datos de alta precisión del CMB recopilados por los satélites WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) y, más recientemente, el satélite Planck de la Agencia Espacial Europea, que ha proporcionado los mapas más detallados del universo primitivo hasta la fecha.

Utilizando algoritmos computacionales sofisticados para analizar los mapas del CMB, los investigadores buscaron patrones circulares que se desviaran de las fluctuaciones aleatorias esperadas por el modelo cosmológico estándar. Aunque se identificaron algunas anomalías y regiones interesantes, como el famoso "Punto Frío" del CMB, análisis posteriores han demostrado que ninguna de ellas posee la significación estadística necesaria para ser considerada una evidencia concluyente de una colisión de burbujas. Los resultados, hasta la fecha, son consistentes con las fluctuaciones estadísticas esperadas en un universo único.

Desde una perspectiva bayesiana, cuando una teoría no logra pasar sus pruebas observacionales más plausibles, nuestra confianza en ella debería disminuir. La ausencia persistente de cualquier traza empírica, directa o indirecta refuerza el estatus del multiverso como una construcción teórica empíricamente aislada, manteniendo firmemente la hipótesis en el terreno de la fantasía.

## **Conclusión: Una Hipótesis en la Frontera de la Física**

El análisis de los desafíos que enfrenta la hipótesis del multiverso se encuentra acosada por una red de problemas irresolubles que son a la vez profundos, persistentes e interconectados.

Estos desafíos abarcan desde la filosofía fundamental de la ciencia hasta los detalles técnicos más intrincados de la cosmología y la teoría de cuerdas, colocando al multiverso

en una precaria posición en la frontera misma de la física y la metafísica.

La síntesis de los problemas muestra una cadena de dificultades que se refuerzan mutuamente. La teoría de la inflación eterna, el mecanismo generador del multiverso más estudiado conduce a un número infinito de universos.

Esta infinidad crea el irresoluble problema de la medida, que aniquila el poder predictivo de la teoría.

Los intentos de resolver el problema de la medida a menudo conducen a la predicción de observadores patológicos, como los Cerebros de Boltzmann, que socavan la propia base del razonamiento científico.

Todo este marco es, por su naturaleza, fundamentalmente infalsable, lo que lo sitúa fuera de los límites tradicionales de la ciencia empírica. Para justificar esta extravagancia ontológica, muchos recurren a la teoría de cuerdas, solo para encontrar que esta, a su vez, sufre de su propia crisis de predictividad con el paisaje de  $10^{500}$  soluciones, obligando a sus proponentes a apoyarse en un Principio Antrópico que muchos críticos consideran una tautología no explicativa.

Finalmente, la búsqueda de la única evidencia indirecta plausible —las colisiones de burbujas en el CMB— ha arrojado resultados nulos.

En su estado actual, la hipótesis del multiverso no es una teoría científica sino más bien un "concepto" o un programa de investigación que abarca una multitud de ideas especulativas que carece de los elementos esenciales

que caracterizan a una teoría física madura: no hace predicciones únicas y comprobables, se basa en otras teorías no probadas (inflación, teoría de cuerdas) y se enfrenta a paradojas internas que amenazan su coherencia lógica.

Como advierten críticos como Paul Steinhardt y George Ellis, seguir un camino que se aleja de la verificación empírica es una "idea peligrosa" que podría llevar a un "fin deprimente de la ciencia" tal como la conocemos, una empresa dedicada a explicar el universo que podemos observar, no los innumerables universos que no podemos.

## LA ABIOGÉNESIS

Una vez constatado que el origen del Universo precisa a un Ente racional al que denominamos Dios, hemos de precisar si, a pesar de eso, la vida en la Tierra se originó “al azar” (lo cual no obstaría a la existencia de Dios, sino que indicaría que el Universo creado lo había sido con esa potencialidad), o si Dios creó la vida “directamente” y el Universo creado no tiene esa potencialidad sin la intervención directa de Dios.

El hecho de que Dios cree la vida en un Universo en el que no sería posible sin su intervención directa, no dice nada sobre su existencia, pero es pedagógico para nosotros, dado que añade una capa suplementaria de acreditación de Dios, la cual, dada nuestra limitación racional, es buena para que conozcamos la verdad sin género de duda.

Por lo que parece mostrar la ciencia, Dios, pudiendo haber creado un Universo que generara la vida espontáneamente, no lo hizo para no confundirnos y no dejar espacio a la duda.

El Señor nos conoce y sabe de nuestras limitaciones racionales, de nuestra debilidad y de nuestras pasiones, que nos llevan a menudo fuera de lo racional. Cuanto más claro mejor. Así, el negacionista, no tiene excusa válida.

## **La generación espontánea**

Muchos científicos se dieron cuenta, ya hace mucho, de que la vida en la Tierra no había podido surgir espontáneamente, que era lo que afirmaban los negacionistas del momento mediante experimentos en los que parecía que surgieran gusanos espontáneamente dónde antes no los había (siempre apariencia de ciencia).

Los negacionistas, por principio (sesgo antirreligioso) siempre niegan dogmáticamente la posibilidad de Dios. Por tanto, ante el hecho innegable de la vida en la Tierra, puesto que no aceptaban la explicación de Dios creador, no tuvieron otra que afirmar lo absurdo: que la vida surgía en la Tierra espontáneamente. Y para ello quisieron armarse de pseudociencia mediante experimentos que, según ellos, confirmaban tal hecho (lo de los gusanos).

Sin embargo, como no podía ser de otro modo, los científicos serios y la ciencia auténtica pronto refutaron esta patraña de la generación espontánea. Veamos.

### **Francesco Redi (1626-1697) - Siglo XVII:**

**Afirmación/Experimento:** Realizó el primer experimento controlado para desafiar la generación espontánea (p. ej., de gusanos en la carne). Colocó carne en frascos: unos abiertos y otros sellados con gasa. Los gusanos solo aparecieron en los frascos abiertos, donde las moscas podían poner huevos.

**Conclusión:** Demostró que los gusanos en la carne podrida no surgían espontáneamente, sino que provenían de huevos depositados por moscas. Argumentó que la vida

compleja no surge de la materia inanimada sin la presencia de "gérmenes" o "huevos" preexistentes ("Omne vivum ex ovo" - Todo ser vivo proviene de un huevo).

### **Lazzaro Spallanzani (1729-1799) - Siglo XVIII:**

**Afirmación/Experimento:** Refutó los experimentos de John Needham (que apoyaban la generación espontánea en caldos nutritivos). Hirvió caldos de cultivo durante más tiempo y en frascos que luego selló herméticamente al vacío. Mientras los caldos de Needham (hervidos brevemente y tapados con corcho) se enturbiaban, los de Spallanzani permanecían estériles indefinidamente, a menos que se rompiera el sello.

**Conclusión:** Demostró que la ebullición prolongada destruía los microorganismos presentes y que, sellando los recipientes para evitar el contacto con el aire "contaminado", no surgía vida nueva en los caldos. Esto indicaba que los microorganismos no se generaban espontáneamente, sino que provenían del aire o de contaminantes.

### **Theodor Schwann (1810-1882) - Siglo XIX:**

**Afirmación/Experimento:** Realizó experimentos similares a Spallanzani, pero calentando el aire que entraba en contacto con los caldos nutritivos estériles. Demostró que si el aire que entraba había sido calentado, el caldo permanecía estéril.

**Conclusión:** Fortaleció la evidencia de que los microorganismos que contaminaban los caldos provenían

del aire, no de la generación espontánea dentro del líquido. El calor en el aire destruía los "gérmenes".

### **Louis Pasteur (1822-1895) - Siglo XIX:**

**Afirmación/Experimento:** Diseñó los famosos matraces de cuello de cisne. Hirvió caldos nutritivos en estos matraces, cuyo cuello largo y curvado permitía el paso del aire pero atrapaba el polvo y los microorganismos en la curvatura. Los caldos permanecían estériles indefinidamente. Solo si se rompía el cuello o se inclinaba el matraz para que el líquido tocara la parte donde se acumulaba el polvo, el caldo se contaminaba.

**Conclusión:** Proporcionó la prueba experimental definitiva y más elegante contra la generación espontánea de microorganismos. Demostró inequívocamente que los microorganismos presentes en el aire son la fuente de la "vida" que aparece en los medios de cultivo, y que la vida no surge espontáneamente de la materia inerte en las condiciones presentes. Su trabajo zanjó el debate científico a favor de la biogénesis (toda vida proviene de vida preexistente) para los organismos conocidos.

### **John Tyndall (1820-1893) - Siglo XIX:**

**Afirmación/Experimento:** Investigó por qué algunas infusiones resistían la esterilización por ebullición simple (debido a la presencia de formas de resistencia bacterianas, como endosporas). Desarrolló un método de esterilización fraccionada, llamado tindalización, que consistía en calentar repetidamente el material con intervalos de reposo para permitir que las esporas germinaran y luego ser destruidas.

**Conclusión:** Explicó las inconsistencias en experimentos anteriores y proporcionó un método fiable para lograr la esterilización completa, reforzando aún más las conclusiones de Pasteur al demostrar la existencia de formas microbianas resistentes al calor que podían simular una falsa generación espontánea si no se eliminaban adecuadamente.

Tras el trabajo definitivo de Pasteur y Tyndall, el consenso científico estableció firmemente que la vida compleja (organismos) no surge espontáneamente de la materia no viva en las condiciones actuales de la Tierra (biogénesis).

Desacreditada científicamente la generación espontánea, habría sido de esperar que los negacionistas rectificaran su postura ante la evidencia científica, pero como de costumbre no fue así.

Al quedar en evidencia, una vez más, los negacionistas se buscaron otra explicación fantásica pseudocientífica más elaborada, como correspondía a los avances de la ciencia.

Reconocieron que la vida no surgía espontáneamente, pero afirmaron que se había originado por reacciones químicas azarosas. Y a eso lo denominaron “La Abiogénesis”. En realidad, en relación con la generación espontánea, es más de lo mismo vestido con otro traje.

Así, el enfoque negacionista en el siglo XX cambió hacia el origen químico de la vida (abiogénesis, no *generación espontánea* en el sentido clásico) en las condiciones primitivas de la Tierra.

Científicos como Alexander Oparin (1894-1980) y J.B.S. Haldane (1892-1964), en las décadas de 1920-1930, propusieron teorías sobre cómo los compuestos orgánicos simples podrían formarse abióticamente y evolucionar hacia sistemas autorreplicantes y finalmente células primitivas, en un proceso gradual que requería millones de años y condiciones muy diferentes a las actuales.

**Stanley Miller (1930-2007) y Harold Urey (1893-1981)** proporcionaron apoyo experimental clave a la teoría de Oparin-Haldane en 1953 con su famoso experimento donde simularon las condiciones de la Tierra primitiva y sintetizaron aminoácidos (los componentes básicos de las proteínas) a partir de sustancias inorgánicas simples.

Como veremos más adelante, tanto la hipótesis de Oparin y Haldane, como la de Miller y Urey, ya no son sostenidas por nadie y se reconoce que no son correctas, pero se continúa con lo de la Abiogénesis, intentando probar mínimamente su plausibilidad, y sin conseguirlo por más que se esfuercen, como vamos a ver a continuación.

Lo cierto es que los propios negacionistas ya están desesperando con lo de la Abiogénesis, pues todos los experimentos e investigaciones realizadas para corroborarla, dan una y otra vez el resultado contrario, por lo cual podemos vaticinar que esta hipótesis tiene los días contados.

Y es por ello por lo que, de nuevo, los negacionistas, en su continua huida hacia delante, ya se están buscando otra explicación rarísima y fantasiosa, en vez de aceptar el

principio de parsimonia, que sería lo más científico. Su nueva explicación es la Panspermia.

Como ven que la vida en la Tierra no surge espontáneamente ni tampoco por abiogénesis, han decidido agarrarse a un clavo ardiendo y afirmar que lo que ocurre es que la vida ha venido del espacio.

Bueno, todo esto es muy divertido y los negacionistas tienen el mérito innegable de que con ellos nos podemos echar unas risas continuamente. Es un no parar de reírse. Gracias, negacionistas.

En cualquier caso, ya que se ponen a ello, también hablaremos de lo absurdo que es lo de la Panspermia, científicamente hablando. Para una película de Ciencia Ficción sí que está bien, la verdad.

En fin, nos estamos adelantando. Vayamos por partes (y no, no voy a hacer el chiste de Jack el destripador, jejejejejeje).

Unos de los primeros que mostraron matemáticamente la imposibilidad de la abiogénesis fueron Guye y du Nouy.

Los cálculos de probabilidad de Charles-Eugène Guye y Pierre Lecomte du Nouy sobre la improbabilidad del origen espontáneo de la vida son de principios del siglo XX y se encuadran específicamente en el debate sobre la abiogénesis (origen químico de la vida en la Tierra primitiva).

Charles-Eugène Guye (1866-1942): Publicó sus cálculos en su libro "L'Évolution Physico-Chimique" (1919).

Argumentó que la probabilidad de que una sola proteína funcional se formara al azar era extremadamente baja (del orden de  $10^{-120}$ ).

Pierre Lecomte du Nouy (1883-1947): Popularizó y amplió los cálculos de Guye en su obra "Human Destiny" (1947).

Estimó que la probabilidad de formación espontánea de una proteína era de 1 en  $10^{300}$  y que, incluso en 2 mil millones de años, era "matemáticamente imposible".

Si bien estos cálculos hoy día deben actualizarse para tener en cuenta los avances de la ciencia, son muestra válida de la imposibilidad matemática de la creación de la vida por azar en la Tierra, y su intuición no andaba muy desencaminada, como ya veremos.

De hecho, nosotros hemos hecho los cálculos de probabilidad, actualizados a los conocimientos actuales que los propios de la abiogénesis dan por buenos, y el resultado sigue siendo la imposibilidad matemática de la generación abiótica de la vida clamorosamente, como ya adelantaron los denostados Guye y du Nouy.

Denostados por defender la verdad, como suele ocurrir en la historia de la Humanidad.

Guye y du Nouy son "mártires" de la ciencia, de la verdad y así es preciso, en justicia, reivindicarlos.

Más adelante expondremos los cálculos matemáticos actualizados, que Guye y du Nouy no podían conocer y que les confirman y acreditan como lo que fueron: grandísimos científicos pleclaros, en favor de los cuales

rompemos una lanza para restaurar su reputación y limpiar sus nombres de la injusta acusación de “simples” o “tontos”, pues los simples y tontos son los que los han criticado y los critican por haber sido preclaros y avanzados a su época.

Su calidad científica, si ha sido puesta en duda, es una injusticia histórica que debe ser subsanada. Pero comencemos ahora por ver con detalle las hipótesis e investigaciones sobre la abiogénesis y sus fracasos.



# **INFORME CRÍTICO SOBRE EL ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN EN ABIOGÉNESIS: UN ANÁLISIS DE SUS DEBILIDADES Y DESAFÍOS FUNDAMENTALES**

La abiogénesis es el supuesto campo de estudio científico que investiga los supuestos procesos naturales mediante los cuales la vida pudo haber surgido a partir de materia inerte.

Estos procesos son “imposibles”.

Cuando decimos “imposibles”, obviamente, nos referimos a una probabilidad tan baja que se aproxima radicalmente a cero.

Ya lo demostraremos.

No se trata de que te “toque la lotería”. Ahí la probabilidad es baja pero posible.

La probabilidad de la abiogénesis no se encuentra en las magnitudes de la lotería (qué más quisieran los negacionistas), sino en magnitudes que evidencian la imposibilidad absoluta fuera de toda duda.

A alguien le toca la lotería. La abiogénesis no le toca a nadie. Esa es la cuestión, como veremos a continuación.

## **El campo de la Abiogénesis**

El campo de la abiogénesis no postula un evento súbito, sino una serie de pasos graduales y progresivos, en los que la complejidad química aumentaría secuencialmente hasta cruzar el umbral que separa lo no vivo de lo vivo.

Hay que distinguir esta hipótesis de la noción históricamente desacreditada de "generación espontánea", la cual sostenía que organismos complejos, como gusanos o ratones, podían surgir completamente formados de la materia inanimada. Esta última idea fue refutada de manera concluyente por los experimentos de Francesco Redi, Lazzaro Spallanzani y, de forma definitiva, por Louis Pasteur en el siglo XIX.

El propósito de este estudio es llevar a cabo una "crítica académica" de la abiogénesis.

En el contexto científico, una crítica es un análisis riguroso y objetivo de sus debilidades, lagunas de conocimiento y desafíos no resueltos y de su imposibilidad probabilística, lo cual cierra cualquier opción a considerarla una hipótesis científica válida.

Este estudio se estructurará para examinar sistemáticamente los principales obstáculos en el camino propuesto desde la química prebiótica hasta la primera célula. Se comenzará con el desafío de la síntesis de los monómeros básicos, los "ladrillos" de la vida. A continuación, se abordará el formidable obstáculo de la

polimerización, el ensamblaje de estos ladrillos en las macromoléculas funcionales.

Se analizará el dilema central del campo: el problema del "huevo y la gallina" entre la genética y el metabolismo.

Posteriormente, se discutirán problemas transversales que afectan a todos los modelos, como el origen de la homoquiralidad y la aparición de la información genética.

Finalmente, se examinarán las limitaciones epistemológicas inherentes a esta hipótesis y la probabilidad matemática de la hipótesis considerando todos los hallazgos actuales de la ciencia.

Más científico no se puede ser. Ahí queda eso para los que nos tachan de hacer pseudociencia.

## **1. El Desafío de los Monómeros: La Síntesis de los "Ladrillos" de la Vida**

La primera etapa postulada en cualquier modelo de abiogénesis es la formación de los componentes moleculares básicos de la vida: aminoácidos, nucleótidos y lípidos. La viabilidad de este paso fundamental ha sido objeto de intensa investigación y debate, y las hipótesis principales presentan debilidades significativas.

### **1.1 La Hipótesis del "Caldo Primordial" y las Limitaciones Críticas del Experimento Miller-Urey**

El modelo clásico para el origen de los monómeros es la hipótesis del "caldo primordial" o "sopa prebiótica", propuesta de forma independiente por Alexander Oparin y J.B.S. Haldane en la década de 1920. Postularon que la

atmósfera primitiva de la Tierra, carente de oxígeno y, por tanto, de carácter reductor, fue sometida a fuentes de energía como relámpagos y radiación ultravioleta. Estas condiciones habrían provocado la síntesis de moléculas orgánicas simples a partir de compuestos inorgánicos, las cuales se acumularon en los océanos primitivos, formando una "sopa caliente y diluida".

Esta idea pasó de la especulación a la ciencia experimental con el histórico experimento de Stanley Miller y Harold Urey en 1953.

Al simular las condiciones hipotéticas de la Tierra primitiva en un aparato de vidrio cerrado —utilizando una mezcla de metano ( $\text{CH}_4$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), hidrógeno ( $\text{H}_2$ ) y vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), y aplicando descargas eléctricas para simular los relámpagos—, lograron producir una variedad de compuestos orgánicos, incluyendo varios aminoácidos, los componentes básicos de las proteínas.

Este resultado fue un hito monumental, pues demostró por primera vez que los ladrillos de la vida podían formarse a partir de precursores inorgánicos simples sin intervención biológica, dando origen al campo de la química prebiótica.

A pesar de su importancia, el modelo de Miller-Urey enfrenta varias debilidades críticas que han mermado su plausibilidad como escenario principal para el origen de la vida.

### **Debilidad 1: El Problema de la Atmósfera Primitiva.**

La principal objeción es que el consenso geológico actual sugiere que la atmósfera de la Tierra primitiva no era tan fuertemente reductora como la que Miller y Urey asumieron. Los modelos geoquímicos modernos indican que, tras la formación del núcleo terrestre, la atmósfera estaba probablemente dominada por gases volcánicos como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) y vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), con concentraciones mucho menores de metano e hidrógeno. Cuando los experimentos se repiten con estas mezclas de gases más neutras y menos reductoras, el rendimiento en la producción de aminoácidos y otras moléculas orgánicas es drásticamente inferior, a veces en varios órdenes de magnitud.

### **Debilidad 2: La Formación de Compuestos Destructivos y el "Problema del Alquitrán".**

Una atmósfera menos reductora no solo es menos productiva, sino que también puede generar compuestos perjudiciales para las biomoléculas.

Por ejemplo, las descargas eléctricas en atmósferas de  $\text{CO}_2$  y  $\text{N}_2$  pueden producir nitritos, compuestos que destruyen rápidamente los aminoácidos en solución acuosa.

Además, aunque se produce formaldehído ( $\text{CH}_2\text{O}$ ), un precursor clave para la síntesis de azúcares, su alta reactividad en ausencia de un sistema de control biológico conduce a una serie de reacciones secundarias descontroladas (la reacción de formosa), que resultan en una mezcla compleja e intratable de cientos de azúcares y

otros compuestos, a menudo descrita como un "alquitrán" o "asfalto" no biológico.

Esto plantea un problema de especificidad: ¿cómo se seleccionaron y estabilizaron los azúcares biológicamente relevantes, como la ribosa, de esta mezcla caótica?

### **Debilidad 3: La Crítica de la "Intervención del Investigador".**

El diseño experimental de Miller-Urey contenía una debilidad metodológica crucial.

El aparato incluía una trampa fría que aislaba rápidamente los productos recién formados, protegiéndolos de la misma fuente de energía (las chispas eléctricas) que los había creado.

En un entorno natural, estas frágiles moléculas orgánicas habrían estado expuestas continuamente a la radiación UV y a los relámpagos, lo que habría favorecido su degradación tanto como su síntesis.

Este aislamiento deliberado, aunque necesario para el éxito del experimento, representa una forma de "intervención inteligente" o control que no habría existido en la Tierra primitiva.

Sin esta trampa, es probable que se hubiera alcanzado un equilibrio con concentraciones muy bajas de productos, o que la degradación hubiera superado a la síntesis.

## **1.2 Evaluación Crítica de Escenarios Alternativos para la Síntesis Prebiótica**

Las limitaciones del modelo del caldo primordial han llevado a los científicos a explorar otros entornos plausibles para la síntesis de monómeros.

**Fuentes Hidrotermales Submarinas.** Esta hipótesis propone que los gradientes químicos y energéticos en las fuentes hidrotermales del fondo oceánico proporcionaron el entorno ideal para la síntesis de moléculas orgánicas. Estos sistemas, ricos en gases reductores como el sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) e hidrógeno ( $\text{H}_2$ ), y con superficies minerales ricas en catalizadores como sulfuros de hierro y níquel, podrían haber impulsado la formación de monómeros.

**Debilidad:** La principal objeción a este modelo se relaciona con la temperatura. Las "fumarolas negras" alcanzan temperaturas superiores a los 350 °C, condiciones en las que la mayoría de las biomoléculas, especialmente los aminoácidos y los nucleótidos, se degradan casi instantáneamente. Aunque se han propuesto como alternativas las fuentes hidrotermales alcalinas, más frías (entre 40 °C y 90 °C) como las de "Lost City", persiste un problema fundamental: la dilución. Las moléculas sintetizadas se dispersarían inmediatamente en el vasto volumen del océano, haciendo extremadamente improbable que alcanzaran la concentración necesaria para los siguientes pasos, como la polimerización.

**Aporte Extraterrestre (Exogénesis).** Esta hipótesis postula que una cantidad significativa de los ladrillos de la vida no se formó en la Tierra, sino en el espacio, y fue

entregada a nuestro planeta a través de meteoritos, cometas y polvo interplanetario. Esta idea está respaldada por una evidencia: el análisis de meteoritos condriticos carbonáceos, como el meteorito Murchison, ha revelado la presencia de docenas de aminoácidos (incluidos los utilizados por la vida), nucleobases y otras moléculas orgánicas complejas.

**Debilidad:** Como teoría del origen de la vida presenta dos debilidades principales. Primero, no resuelve el problema del origen, simplemente lo desplaza a otro lugar del sistema solar o de la galaxia. Segundo, las moléculas orgánicas deben sobrevivir a las condiciones extremas de la entrada atmosférica y el impacto con la superficie terrestre, un proceso que genera un calor inmenso que podría destruir la mayoría de ellas.

La hipótesis del Aporte Extraterrestre (Exogénesis) enfrenta críticas importantes que matizan su papel en el origen de la vida:

**Impactos catastróficos:** El calor y las ondas de choque al entrar en la atmósfera o impactar podrían destruir gran parte de los compuestos orgánicos.

**Degradación ambiental:** La radiación UV, el oxígeno incipiente y la hidrólisis en agua pudieron descomponer moléculas antes de "ensamblarse" en sistemas vivos.

**Sesgo en la composición:** Los aminoácidos en meteoritos son quiralmente racémicos (50% izquierda/50% derecha), pero la vida terrestre usa exclusivamente *L-aminoácidos* y *D-azúcares*.

La exogénesis no explica cómo se seleccionó esta homoquiralidad.

### **El salto a la vida sigue sin explicarse:**

La presencia de "ladrillos" (aminoácidos, nucleobases) no resuelve cómo se polimerizaron en proteínas funcionales o ARN autoreplicante. Este es el verdadero misterio del origen de la vida, y la exogénesis solo traslada el problema al espacio.

### **Riesgo de "Deus ex Machina" científica:**

Algunos críticos señalan que atribuir el origen de los compuestos al espacio puede ser una forma de eludir la investigación de rutas terrestres viables, que son igualmente robustas.

La existencia de múltiples escenarios plausibles para la síntesis de monómeros, lejos de resolver el problema, introduce una complicación de orden superior.

El entorno prebiótico no habría sido una solución limpia y ordenada de unas pocas moléculas útiles, sino un "caos químico".

La Tierra primitiva probablemente recibió un inventario increíblemente diverso de compuestos orgánicos de la atmósfera, de las fuentes hidrotermales y del espacio.

Esto transforma el desafío: el problema ya no es solo la síntesis de los ladrillos de la vida, sino su *selección y purificación* a partir de una mezcla abrumadoramente compleja.

¿Cómo se seleccionaron los 20 aminoácidos proteinogénicos específicos y los 4-5 nucleótidos clave de entre miles de isómeros, análogos y moléculas competidoras que habrían estado presentes, a menudo en concentraciones mayores?

Estas moléculas no biológicas habrían interferido en los procesos de polimerización, actuando como terminadores de cadena o incorporándose erróneamente, impidiendo la formación de polímeros funcionales.

Este problema de la "selección en un entorno caótico" es una debilidad fundamental que subyace en todos los modelos de síntesis de monómeros.

## **2. El Obstáculo de la Polimerización: De Monómeros a Macromoléculas Funcionales**

Una vez formados los monómeros, el siguiente paso crucial en la abiogénesis es su ensamblaje en polímeros largos y funcionales, como las proteínas (polipéptidos) y los ácidos nucleicos (ARN y ADN). Este paso se enfrenta a un obstáculo termodinámico fundamental y a desafíos logísticos que aún no tienen una solución satisfactoria.

### **2.1 El Problema Termodinámico de la Hidrólisis en Entornos Acuoso**

La química de la polimerización presenta lo que se conoce como la "paradoja del agua". La formación de los enlaces que unen a los monómeros —el enlace peptídico entre aminoácidos y el enlace fosfodiéster entre nucleótidos— es una reacción de condensación, lo que significa que libera una molécula de agua por cada enlace formado.

Según el principio de Le Châtelier, en un entorno acuoso como el "caldo primordial" o los océanos, el exceso de agua impulsa el equilibrio químico fuertemente en la dirección opuesta: la hidrólisis. La hidrólisis es la ruptura de estos enlaces mediante la adición de una molécula de agua. En esencia, el agua, el solvente considerado esencial para la vida, es también un agente químico que destruye activamente los polímeros que la vida necesita.

Los organismos vivos modernos superan este problema de manera elegante utilizando energía metabólica (en forma de ATP) y enzimas altamente específicas que catalizan las reacciones de condensación en entornos celulares controlados y relativamente pobres en agua.

Sin embargo, en la Tierra prebiótica, ni las enzimas ni el ATP estaban disponibles. Por lo tanto, cualquier modelo de abiogénesis debe proponer un mecanismo plausible para superar esta barrera termodinámica y permitir que la polimerización supere a la hidrólisis, acumulando así macromoléculas de una longitud significativa.

## **2.2 Evaluación Crítica de las Soluciones Propuestas**

Se han propuesto varios escenarios para resolver el problema de la polimerización, cada uno con sus propias fortalezas y debilidades.

**Catálisis en Superficies Minerales.** Una de las hipótesis más prominentes sugiere que las superficies de ciertos minerales, como las arcillas (en particular la montmorillonita) o los sulfuros metálicos (como la pirita), actuaron como catalizadores y andamios prebióticos. Estas superficies podrían haber resuelto el problema de la

dilución al adsorber y concentrar monómeros de su entorno acuoso. Además, al alinear los monómeros y excluir las moléculas de agua de los sitios de reacción, podrían haber facilitado la formación de enlaces poliméricos.

**Debilidad:** Aunque los experimentos de laboratorio han demostrado que las arcillas pueden catalizar la formación de oligómeros (cadenas cortas) de aminoácidos y nucleótidos, los resultados son modestos. Los polímeros formados suelen ser cortos (raramente superan las 50 unidades), de secuencia completamente aleatoria y, a menudo, se adhieren tan fuertemente a la superficie mineral que quedan efectivamente inmovilizados. Esto plantea un nuevo problema: si los polímeros funcionales no pueden liberarse de la superficie que los creó, ¿cómo podrían participar en etapas posteriores, como la formación de una proto célula? El mecanismo de liberación selectiva de polímeros funcionales sin destruirlos sigue siendo un misterio.

**Ciclos de Humectación-Secado (Wet-Dry Cycles).** Este modelo propone que la polimerización tuvo lugar en entornos que experimentaban ciclos periódicos de evaporación y rehidratación, como charcas geotérmicas, lagunas costeras o zonas intermareales. Durante la fase seca, la evaporación del agua concentraría los monómeros y eliminaría el producto (agua) de la reacción de condensación, impulsando termodinámicamente la formación de polímeros. Durante la fase húmeda, los polímeros recién formados podrían disolverse e interactuar.

**Debilidad:** Este mecanismo requiere condiciones geológicas muy específicas y estables durante largos períodos de tiempo. Además, las altas temperaturas a menudo necesarias para la evaporación podrían degradar moléculas térmicamente frágiles como la ribosa y el ARN. Estos ciclos también serían no selectivos, polimerizando una amplia gama de compuestos orgánicos y creando polímeros ramificados y reticulados no funcionales junto con las cadenas lineales deseadas.

**Agentes de Condensación Químicos.** Otra posibilidad es la presencia de moléculas de alta energía en el entorno prebiótico que pudieran actuar como "agentes de condensación", proporcionando la energía química necesaria para formar enlaces poliméricos incluso en solución acuosa. Compuestos como la cianamida o, más recientemente, el diamidofosfato (DAP), han sido propuestos para este papel.

**Debilidad:** La principal incertidumbre de esta hipótesis radica en la disponibilidad y estabilidad de estos agentes de condensación en la Tierra primitiva. No está claro si podrían haberse acumulado en concentraciones suficientemente altas sin ser destruidos por otras reacciones. Además, al igual que otras soluciones, carecen de la especificidad necesaria para producir los polímeros biológicamente relevantes, y podrían haber catalizado indiscriminadamente una multitud de reacciones secundarias.

Estos problemas revelan una tensión fundamental, un "paradigma geográfico", en la narrativa de la abiogénesis. Los mecanismos propuestos para resolver el problema de

la polimerización —como la adsorción en superficies minerales o la evaporación en charcas— anclan el origen de las macromoléculas a un estado sólido o semisólido, inmóvil. Sin embargo, el siguiente paso canónico en la mayoría de los modelos es la encapsulación de estos polímeros dentro de una membrana lipídica para formar una proto célula, una entidad autónoma y móvil. Esto crea una contradicción logística: las condiciones que favorecen la polimerización (superficies, deshidratación) son precisamente las opuestas a las que favorecen la formación de vesículas lipídicas y la existencia de entidades libres en un medio acuoso. ¿Cuál es el mecanismo plausible que habría permitido la delicada transición de un sistema polimérico complejo y funcional desde la superficie mineral que lo creó hasta el interior de una proto célula, sin perder su estructura y función en el proceso? Este es un salto conceptual y físico que sigue siendo uno de los eslabones más débiles en la cadena de la abiogénesis.

### **3. El Dilema Central: ¿Metabolismo o Genética Primero?**

En el núcleo de la investigación sobre el origen de la vida yace un profundo problema del "huevo y la gallina". La vida, tal como la conocemos, depende de una compleja interrelación entre dos tipos de moléculas: los ácidos nucleicos (ADN y ARN), que almacenan y transmiten la información genética, y las proteínas (enzimas), que catalizan las reacciones metabólicas necesarias para construir y mantener la célula. Las proteínas son necesarias para replicar el ADN, pero el ADN contiene la

información para fabricar las proteínas. ¿Cuál de estos sistemas surgió primero? Este dilema ha dividido el campo en dos escuelas de pensamiento principales: "la genética primero" y "el metabolismo primero".

### **3.1 La Hipótesis del "Mundo de ARN": Un Paradigma Dominante y sus Profundas Fisuras**

La solución más influyente y ampliamente aceptada al dilema central es la hipótesis del "Mundo de ARN". Propuesta en la década de 1960 y popularizada posteriormente, postula que las primeras formas de vida no se basaban ni en el ADN ni en las proteínas, sino exclusivamente en el ácido ribonucleico (ARN). La elegancia de esta idea radica en la doble capacidad del ARN: puede almacenar información genética en su secuencia de nucleótidos (como el ADN) y, al mismo tiempo, puede plegarse en estructuras tridimensionales complejas capaces de catalizar reacciones químicas, actuando como enzimas llamadas "ribozimas". De este modo, una sola molécula podría haber desempeñado las funciones tanto de la genética como del metabolismo, resolviendo elegantemente el problema del huevo y la gallina.

A pesar de su atractivo conceptual y de ser el paradigma dominante, la hipótesis del Mundo de ARN se enfrenta a debilidades tan profundas que algunos investigadores consideran que son insuperables.

### **3.1.1 Debilidad: La Síntesis Prebiótica y Fragilidad del ARN**

El primer gran obstáculo es la propia molécula de ARN. Su síntesis en condiciones prebióticas plausibles es un problema químico de extrema dificultad que permanece sin resolver. Los bloques de construcción del ARN, los ribonucleótidos, son moléculas intrínsecamente complejas, compuestas por tres partes distintas: una base nitrogenada, un azúcar de cinco carbonos (la ribosa) y un grupo fosfato.

**La inestabilidad de la ribosa:** La ribosa es un azúcar notoriamente inestable que se degrada rápidamente en soluciones acuosas, especialmente en condiciones de calor. Su formación a través de la reacción de formosa produce una mezcla caótica de muchos azúcares diferentes, sin un mecanismo claro para seleccionar y estabilizar preferentemente la ribosa.

**El problema del enlace:** Unir la base, el azúcar y el fosfato de la manera correcta (el enlace N-glicosídico y el enlace fosfoéster) es químicamente muy difícil y poco eficiente en condiciones prebióticas. Las reacciones tienden a producir una mezcla de isómeros y productos incorrectamente enlazados.

**La fragilidad del polímero:** Incluso si se lograra formar ARN, la molécula en sí es químicamente frágil y muy susceptible a la hidrólisis, que rompe el esqueleto de fosfodiéster. Su persistencia y acumulación en los entornos cálidos y acuosos propuestos para la Tierra primitiva representan un desafío mayúsculo.

### **3.1.2 Debilidad: El Problema del Replicador**

El pilar central de la hipótesis del Mundo de ARN es la existencia de una molécula de ARN capaz de catalizar su propia replicación precisa, una "ARN polimerasa ribozima". Este es, sin duda, el mayor talón de Aquiles de la teoría.

**Ausencia de un replicador eficiente:** A pesar de décadas de esfuerzos en evolución dirigida en laboratorio, los científicos han logrado crear ribozimas que pueden polimerizar cadenas de ARN, pero con severas limitaciones. Ninguna ribozima creada hasta la fecha puede replicarse a sí misma de forma completa, precisa y general. Las polimerasas de ARN artificiales más avanzadas son ineficientes, lentas y solo pueden copiar secuencias que son significativamente más cortas que ellas mismas.

**La catástrofe del error:** La replicación del ARN, tanto en los sistemas experimentales como en los virus de ARN actuales, es intrínsecamente propensa a errores. Sin los complejos mecanismos de corrección de errores que poseen los sistemas basados en ADN, la tasa de mutación sería tan alta que cualquier información genética útil se degradaría rápidamente en pocas generaciones. Este fenómeno, conocido como la "catástrofe del error", impediría la herencia estable de información, un requisito indispensable para que la selección natural darwiniana pueda comenzar a operar.

**La improbabilidad del origen:** Finalmente, está el problema de la probabilidad. La ARN polimerasa

ribozima más eficiente creada en laboratorio tiene una secuencia de unos 200 nucleótidos y una estructura tridimensional muy específica. La probabilidad de que una molécula tan larga y compleja se ensamble por azar a partir de un caldo prebiótico es astronómicamente pequeña, lo que lleva a un problema de circularidad: se necesita una ribozima compleja para iniciar la evolución, pero la evolución es necesaria para producir una ribozima compleja.

### **3.2 La Hipótesis del "Mundo de Hierro-Azufre": El Metabolismo en la Superficie**

Como alternativa, la hipótesis del "metabolismo primero", formulada principalmente por el químico Günter Wächtershäuser, propone que la vida no comenzó con moléculas replicadoras como el ARN, sino con un ciclo metabólico primitivo y auto catalítico.

Este modelo sitúa el origen de la vida en las superficies de minerales de sulfuro de hierro (como la pirita,  $\text{FeS}_2$ ) cerca de fuentes hidrotermales submarinas. La energía para este metabolismo provendría de las reacciones redox que ocurren en la superficie mineral, por ejemplo, la formación de pirita a partir de sulfuro de hierro ( $\text{FeS}$ ) y sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ).

Esta energía química se habría utilizado para fijar carbono a partir de moléculas simples como el monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) o el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), formando un ciclo de reacciones químicas que se autopropaga y que gradualmente produce moléculas orgánicas cada vez más complejas, como el ácido acético y los aminoácidos.

En este escenario, la información no está almacenada en una molécula, sino en la propia organización del ciclo catalítico.

**Debilidad: El Salto a la Celularidad y la Genética.** La principal debilidad de esta teoría es la enorme brecha conceptual y mecanicista que existe entre un metabolismo bidimensional confinado a una superficie mineral y una célula tridimensional, encapsulada y de vida libre.

La teoría no ofrece una ruta plausible y detallada para explicar cómo este sistema metabólico 2D podría:

- 1) desarrollar una membrana lipídica para encapsularse y "despegarse" de la superficie mineral que le dio origen; y
- 2) inventar un sistema de almacenamiento y replicación de información basado en plantillas, como el ARN o el ADN.

La transición de un ciclo químico auto-sostenido a un sistema que utiliza un código genético para dirigir la síntesis de sus propios componentes es un salto cualitativo de una complejidad inmensa que la hipótesis del metabolismo primero no aborda satisfactoriamente.

### **3.3 Modelos de Coevolución ARN-Péptido: ¿Una Solución Híbrida?**

Reconociendo las profundas deficiencias de los modelos "puros", una visión cada vez más popular es que la genética y el metabolismo no surgieron en secuencia, sino que coevolucionaron desde el principio. Estos modelos de "coevolución ARN-péptido" proponen que desde las etapas más tempranas existió una interacción sinérgica entre el ARN y los péptidos (cadenas cortas de

aminoácidos). En este escenario, péptidos simples podrían haber actuado como cofactores o chaperonas, estabilizando las frágiles moléculas de ARN y mejorando su actividad catalítica. A su vez, ribozimas primitivas podrían haber catalizado la formación de enlaces peptídicos, creando péptidos cada vez más largos y funcionales.

**Debilidad: Duplicar la Complejidad Inicial.** Si bien estos modelos híbridos son atractivos porque reflejan la interdependencia de la vida moderna, su principal debilidad es que aumentan la complejidad del sistema inicial que debe surgir por azar.

En lugar de requerir la aparición de un único sistema improbable (un replicador de ARN o un ciclo metabólico auto catalítico), ahora se requiere la aparición simultánea de dos sistemas interdependientes y sus interacciones. Esto exige un entorno prebiótico que pueda producir eficientemente tanto ribonucleótidos como aminoácidos, y que facilite su interacción productiva.

En lugar de resolver el problema del huevo y la gallina, esta hipótesis podría estar postulando la aparición simultánea de un "huevo y una gallina primitivos", lo que podría hacer que el obstáculo probabilístico inicial sea aún mayor.

#### **4. Problemas Fundamentales y Transversales en la Abiogénesis**

Más allá de las debilidades específicas de cada hipótesis, existen varios desafíos profundos y transversales que afectan a todos los modelos propuestos para el origen de

la vida. Estos problemas representan algunos de los enigmas más persistentes y fundamentales del campo.

#### **4.1 El Enigma de la Homoquiralidad: La "Manualidad" Selectiva de la Vida**

Muchas de las moléculas orgánicas esenciales para la vida, como los aminoácidos y los azúcares, son "quirales".

Esto significa que pueden existir en dos formas que son imágenes especulares una de la otra, pero no superponibles, como la mano izquierda y la mano derecha.

Estas dos formas se denominan enantiómeros L (levógiro) y D (dextrógiro). Cuando estas moléculas se sintetizan mediante procesos químicos estándar no biológicos, como los del experimento de Miller-Urey, se produce siempre una mezcla 50/50 de ambos enantiómeros, conocida como mezcla racémica.

Sin embargo, la vida en la Tierra muestra una preferencia estricta y universal por una sola quiralidad, un fenómeno conocido como homoquiralidad.

Prácticamente todas las proteínas de todos los seres vivos están construidas exclusivamente con L-aminoácidos, y los esqueletos de los ácidos nucleicos (ARN y ADN) están formados exclusivamente por D-azúcares (D-ribosa y D-desoxirribosa, respectivamente).

Esta uniformidad no es un capricho. Una proteína construida con una mezcla de aminoácidos L y D no se plegaría en la estructura tridimensional precisa necesaria para su función catalítica.

Del mismo modo, una doble hélice de ADN no puede formarse si contiene una mezcla de azúcares D y L.

**Debilidad:** El origen de esta homoquiralidad biológica es uno de los misterios más profundos y no resueltos de la abiogénesis.

¿Cómo pudo surgir una selectividad tan absoluta a partir de un entorno prebiótico que, por defecto, era racémico?

Se han propuesto varias hipótesis, pero ninguna es concluyente: ningún mecanismo propuesto ha demostrado de manera convincente y robusta cómo se pudo lograr el enriquecimiento del 100% observado en la biología a escala planetaria.

La homoquiralidad sigue siendo un requisito previo para la vida tal como la conocemos, pero su origen sigue siendo un enigma.

## **4.2 El Origen del Código Genético y la Maquinaria de Traducción: Un Círculo de Interdependencia**

La traducción de la información genética del lenguaje de los ácidos nucleicos (secuencias de 4 bases) al lenguaje de las proteínas (secuencias de 20 aminoácidos) es el proceso central de la biología molecular.

Este proceso es orquestado por una maquinaria molecular de una complejidad asombrosa, que incluye:

**-ARNm (ARN mensajero):** La copia transcrita de un gen que lleva el código.

**-Ribosomas:** Gigantescas fábricas moleculares compuestas de ARN ribosomal (ARNr) y docenas de

proteínas, que leen el ARNm y catalizan la formación de enlaces peptídicos.

**-ARNt (ARN de transferencia):** Moléculas "adaptadoras" que reconocen un triplete de bases específico (un codón) en el ARNm y transportan el aminoácido correspondiente al ribosoma.

**Debilidad:** El origen de este sistema presenta un problema de interdependencia aparentemente irreductible.

Los ribosomas son necesarios para fabricar las proteínas, pero las proteínas son un componente esencial de los propios ribosomas.

Los ARNt son cruciales para la traducción, pero las enzimas (proteínas) son necesarias para "cargar" cada ARNt con su aminoácido correcto.

El origen de este sistema interconectado, antes de que la selección natural darwiniana tuviera un sistema de herencia funcional sobre el que actuar, es quizás el desafío más formidable para la abiogénesis.

Además, está el misterio del propio código genético. ¿Por qué el codón "GCU" especifica el aminoácido alanina, y no otro? Se han propuesto varias teorías, pero ninguna es satisfactoria:

**Teoría estereoquímica:** Sugiere que existe una afinidad química directa entre ciertos codones/anticodones y los aminoácidos que codifican.

La evidencia experimental de tales interacciones específicas es, en el mejor de los casos, débil y controvertida.

**Teoría del "accidente congelado":** Propone que la asignación de codones a aminoácidos fue en gran medida aleatoria al principio de la vida y luego se "congeló", volviéndose inmutable porque cualquier cambio posterior sería letal para el organismo.

Esta teoría no explica por qué el código genético está altamente optimizado para minimizar los efectos de los errores de traducción y las mutaciones.

#### **4.3 El Problema de la Concentración y la Encapsulación: De la "Sopa Diluida" a la Proto célula**

Para que las reacciones químicas de la vida ocurran a un ritmo significativo, los reactivos deben estar presentes en concentraciones relativamente altas.

Sin embargo, en un entorno como el océano primitivo, las moléculas orgánicas habrían estado extremadamente diluidas, lo que se conoce como el "problema de la sopa diluida".

La solución de la vida a este problema es el confinamiento: la encapsulación de las moléculas dentro de una membrana, creando un compartimento microscópico (la célula) con un ambiente químico interno distinto del externo.

**Debilidad:** El origen de la primera célula, o proto célula, está plagado de dificultades. Aunque se sabe que

moléculas lipídicas simples, como los ácidos grasos (que se han encontrado en meteoritos), pueden autoensamblarse espontáneamente en vesículas esféricas en el agua, estas estructuras primitivas presentan varios problemas:

**Inestabilidad:** Las membranas de ácidos grasos son inherentemente inestables y requieren condiciones muy específicas de pH y concentración de iones (como el calcio y el magnesio) para mantenerse intactas, condiciones que podrían no haber sido comunes en los océanos primitivos.

**Permeabilidad:** Estas membranas primitivas tienden a ser impermeables a moléculas más grandes y cargadas, como los nucleótidos. Esto crea una paradoja: ¿cómo entraron en la proto célula los bloques de construcción necesarios para la replicación del ARN si la membrana los bloqueaba?

La vida moderna resuelve esto con complejos canales y bombas de proteínas, pero estos no existían.

**Crecimiento y división:** No existe un mecanismo simple y robusto por el cual una proto célula primitiva pudiera crecer (incorporando más lípidos en su membrana) y dividirse de una manera que distribuyera de manera fiable su contenido genético a las "células" hijas.

En un nivel más profundo, los desafíos de la homoquiralidad, el código genético y la encapsulación pueden ser vistos no solo como problemas químicos o estructurales, sino fundamentalmente como problemas de información.

La homoquiralidad representa la imposición de una señal de alta especificidad (100% de un enantiómero) sobre un fondo de ruido aleatorio (la mezcla racémica), permitiendo la creación de estructuras funcionales.

El código genético es la encarnación de la información semántica, un sistema simbólico que traduce un lenguaje a otro.

La membrana celular crea una frontera informacional, definiendo un "yo" (un sistema ordenado de baja entropía) frente a un "no-yo" (el entorno caótico de alta entropía).

Por lo tanto, la debilidad más profunda de la abiogénesis no es solo explicar el origen de las moléculas, sino explicar el origen de la información compleja y funcionalmente especificada que organiza esas moléculas en un sistema vivo.

Este es el punto central de las críticas del movimiento del Diseño Inteligente.

## **5. Crítica Epistemológica y Respuestas a Desafíos Externos**

El estudio del origen de la vida no solo se enfrenta a desafíos empíricos, sino también a limitaciones epistemológicas inherentes a su naturaleza como ciencia histórica.

Además, debido a sus profundas implicaciones filosóficas, es un campo que atrae críticas de fuera de la comunidad científica, las cuales deben ser analizadas con rigor académico.

## **5.1 La Naturaleza de la Evidencia en una Ciencia Histórica: Límites y Plausibilidad**

A diferencia de la física o la química, que estudian leyes universales y repetibles, la abiogénesis es una ciencia histórica.

Su objetivo es reconstruir una secuencia de eventos que probablemente ocurrió una sola vez en la historia de nuestro planeta, hace aproximadamente 4 mil millones de años.

Esta naturaleza histórica impone limitaciones fundamentales a la evidencia disponible.

**El problema de un evento singular:** No podemos "repetir" el origen de la vida en el laboratorio en las mismas condiciones de la Tierra primitiva para confirmar una hipótesis.

El registro geológico de la época relevante (el eón Hadeano y el Eoarqueano) ha sido casi completamente borrado por miles de millones de años de actividad tectónica, vulcanismo y metamorfismo.

Esto significa que es extremadamente improbable que alguna vez encontremos evidencia fósil o geoquímica directa de las etapas precelulares de la vida.

**La debilidad epistemológica del argumento de plausibilidad:** Debido a esta falta de evidencia directa, la investigación en abiogénesis se basa en gran medida en argumentos de plausibilidad

Esta dependencia de la inferencia, la simulación y el modelado representa una limitación epistemológica inherente.

## **5.2 Argumento de la "Complejidad Especificada"**

Los sistemas biológicos exhiben una "complejidad especificada" o "complejidad irreductible".

Ciertas estructuras biológicas, como la maquinaria de traducción o el flagelo bacteriano, son análogas a máquinas diseñadas por humanos: están compuestas por múltiples partes que interactúan, en las que la eliminación de cualquiera de ellas hace que el sistema deje de funcionar.

Tales sistemas no pueden surgir a través de procesos naturales, no guiados y graduales, y su existencia es, por lo tanto, evidencia de un "diseñador inteligente".

Lejos de tener un modelo completo y robusto, el campo de la abiogénesis está definido por una serie de debilidades profundas y problemas fundamentales que abarcan cada etapa del proceso postulado, desde la química prebiótica hasta la primera célula.

## **6. Síntesis de las Debilidades Clave**

Las debilidades más críticas identificadas en este estudio no son problemas aislados, sino que están profundamente interconectadas, formando una red de desafíos insuperables:

**-El Problema de la Síntesis y Selección:** No existe un escenario prebiótico único y convincente que produzca los

"ladrillos" correctos de la vida (aminoácidos, nucleótidos, lípidos) con alto rendimiento y pureza.

Los modelos existentes o se basan en condiciones atmosféricas ahora consideradas poco probables, o sufren de problemas de degradación, dilución extrema y, lo que es más importante, la incapacidad de seleccionar las moléculas biológicamente relevantes de un "caos químico" de productos secundarios no funcionales.

**-El Problema de la Polimerización e Información:** La formación de macromoléculas se enfrenta a la barrera termodinámica de la hidrólisis en entornos acuosos.

Las soluciones propuestas, como la catálisis mineral o los ciclos de humectación-secado, son ineficientes y plantean el desafío adicional de cómo se especificó la secuencia de los polímeros para que tuvieran una función, un problema que se encuentra en la raíz del origen de la información biológica.

**-El Problema de la Replicación y Evolución:** La hipótesis dominante del "Mundo de ARN" se ve socavada por la extrema dificultad de la síntesis prebiótica de ribonucleótidos y, de manera crucial, por la ausencia de una ribozima auto replicante que sea lo suficientemente eficiente y precisa para iniciar la evolución darwiniana sin sucumbir a la "catástrofe del error".

**-El Problema de la Integración de Sistemas:** Persiste una brecha conceptual masiva en la explicación de cómo los subsistemas clave de la vida —metabolismo (generación de energía), genética (almacenamiento de información) y encapsulación (confinamiento)—

podieron surgir y coevolucionar para integrarse en un único sistema coherente y autosostenido, la proto célula. Problemas transversales como la homquiralidad y el origen del código genético ejemplifican esta interdependencia aparentemente irreductible.

# **CÁLCULO MATEMÁTICO PROBABILÍSTICO DE LA VIDA POR ABIOGÉNESIS.**

Atendiendo a todos los datos actuales de las ciencia, y a todas las investigaciones en materia de abiogénesis, y aplicando estrictamente, de modo neutro, la incontestable e incontestada teoría de probabilidad matemática, vamos a hacer el cálculo probabilístico de la abiogénesis para producir la vida en el planeta Tierra: vida vegetal, insectos, mamíferos, reptiles, peces, cefalópodos, crustáceos, dinosaurios... Todos los animales y plantas actuales e históricos ya extinguidos. Todos los seres vivos que son y han sido sobre la tierra, culminando con el homo sapiens sapiens.

## **Una Evaluación Cuantitativa de la Probabilidad de la Abiogénesis Espontánea en la Tierra Primitiva**

**Resumen:** Este estudio presenta un cálculo sistemático y paso a paso de la probabilidad acumulada para el surgimiento espontáneo de una proto célula mínima en condiciones prebióticas plausibles. Se analizan los obstáculos probabilísticos asociados con la síntesis de monómeros, la homoquiralidad, la formación de polímeros funcionales (proteínas y ARN) y el ensamblaje

de membranas, todo ello dentro de las restricciones geológicas y temporales de la Tierra Hadeana.

Mediante la integración de datos experimentales y modelos teóricos, se deriva una probabilidad final y se discuten sus profundas implicaciones para las hipótesis de la abiogénesis.

## **PARTE I: El Escenario Prebiótico - Definición de las Restricciones y los Recursos**

Esta primera parte establece el campo de batalla físico y químico. Se cuantificará el tiempo, el espacio y las materias primas disponibles, que son denominadores críticos para cualquier cálculo de probabilidad.

### **1.1 La Ventana Geoquímica y Temporal para el Origen de la Vida**

Para evaluar la probabilidad de cualquier evento histórico, es fundamental definir primero el marco temporal y las condiciones ambientales en las que podría haber ocurrido. El origen de la vida en la Tierra no es una excepción.

La historia temprana de nuestro planeta estuvo marcada por fases violentas que restringen drásticamente la ventana de oportunidad para la abiogénesis.

La Tierra se formó hace aproximadamente 4.54 mil millones de años (Gya).

Poco después, un impacto masivo con un cuerpo del tamaño de Marte, conocido como Theia, formó la Luna hace unos 4.5 Gya.

Este evento cataclísmico habría derretido la corteza terrestre y creado una atmósfera de roca vaporizada, un entorno completamente inhóspito para la química prebiótica delicada.

Para que la vida, tal como la conocemos, comenzara, la presencia de agua líquida es un requisito previo indispensable.

La evidencia mineralógica de circones antiguos sugiere que los océanos de agua líquida pueden haberse formado ya hace 4.4 Gya, poco después de que el planeta se enfriara lo suficiente.

Para ser “generosos” con la abiogénesis no vamos a añadir al cálculo la extrema improbabilidad del choque de un cuerpo celeste del tamaño preciso para que se formara la luna, con sus consecuencias para que se produzca la vida, pero no podemos por menos que mencionarlo si queremos ser científicamente rigurosos, aunque no lo utilicemos para “añadir sal” a la herida de la probabilidad de la abiogénesis.

### **El Impacto Cataclísmico que Creó un Mundo habitable: Análisis del Origen de la Luna y sus Consecuencias para la Vida**

La existencia de la Luna, ese compañero silencioso y familiar en nuestro cielo nocturno, es tan fundamental para la Tierra que a menudo se da por sentada.

Sin embargo, su origen se encuentra en uno de los eventos más violentos de la historia de nuestro planeta.

La hipótesis principal, conocida como la "hipótesis del gran impacto", postula que la Luna no es un cuerpo capturado ni un hermano formado junto a la Tierra, sino el resultado de una colisión cósmica de proporciones inimaginables.

Analizamos dicho evento, sus consecuencias inmediatas y, lo que es más importante, las implicaciones a largo plazo que transformaron un planeta potencialmente caótico en un refugio estable para la vida.

### **1. La Colisión: El Nacimiento de Fuego de la Luna**

Hace aproximadamente 4.500 millones de años, poco después de la formación inicial del sistema solar, la Tierra primitiva no estaba sola en su órbita. Se cree que compartía su camino alrededor del Sol con un protoplaneta del tamaño de Marte, al que los científicos han bautizado como "Theia".

La inevitable colisión entre estos dos cuerpos celestes fue un evento que redefinió por completo el futuro de nuestro planeta.

El impacto no fue un choque frontal, sino un golpe oblicuo masivo.

Theia se estrelló contra la joven Tierra, desintegrándose en el proceso y eyectando una cantidad colosal de material, tanto de su propio cuerpo como del manto y la corteza terrestre, al espacio.

Este evento fue increíblemente energético, lo suficiente como para derretir la capa exterior de la Tierra y envolver el planeta en una atmósfera de roca vaporizada, un entorno

completamente esterilizante donde ninguna forma de vida podría haber sobrevivido.

El material eyectado no escapó de la gravedad terrestre, sino que formó un anillo de escombros sobrecalentados en órbita.

En un período de tiempo geológicamente corto (posiblemente entre unos pocos años y un siglo), estos escombros se aglutinaron por la fuerza de la gravedad para formar un único cuerpo esférico y fundido: la Luna.

## **2. Consecuencias del Impacto: Un Sistema Finamente Ajustado**

**Tamaño y Distancia "Precisos":** La Luna es excepcionalmente grande en relación con su planeta (es el satélite más grande del sistema solar en proporción a su planeta anfitrión).

Su tamaño y su distancia inicial son el resultado directo de la masa y el ángulo del impacto de Theia.

Inicialmente, la Luna se formó mucho más cerca de la Tierra, quizás unas 15 veces más cerca de lo que está hoy. Con el tiempo, las fuerzas de marea han hecho que la Luna se aleje gradualmente (un proceso que continúa en la actualidad).

Esta combinación de un gran tamaño y una distancia orbital específica es crucial, ya que le otorga a la Luna la influencia gravitacional necesaria para estabilizar a la Tierra.

### **Inclinación Axial y Estaciones Estables:**

El impacto de Theia no fue centrado, sino que golpeó a la Tierra en ángulo, lo que se cree que "inclinó" el eje de rotación de nuestro planeta a sus actuales 23,5 grados.

Esta inclinación es la causa directa de las estaciones. Sin la influencia estabilizadora de una luna grande y relativamente cercana, el eje de la Tierra se tambalearía caóticamente a lo largo de eones, variando quizás de 0 a 85 grados.

Esto provocaría cambios climáticos extremos e impredecibles, con eras de hielo globales seguidas de calor abrasador, haciendo casi imposible el desarrollo y la supervivencia de la vida compleja.

La Luna actúa como un ancla gravitacional, manteniendo la inclinación de la Tierra estable y garantizando un ciclo climático predecible.

### **Rotación y Duración del Día:**

La colisión impartió una enorme cantidad de momento angular a la Tierra, haciendo que su rotación inicial fuera extremadamente rápida, con días que posiblemente duraban solo unas 5 o 6 horas.

La Luna, al estar mucho más cerca, ejercía fuerzas de marea mucho más potentes que las actuales. Esta "fricción de marea" ha actuado como un freno durante miles de millones de años, ralentizando gradualmente la rotación de la Tierra hasta nuestro familiar día de 24 horas y, a su vez, empujando a la Luna a una órbita más distante.

Por lo tanto, la duración "conveniente" del día no es un estado inicial, sino el resultado de una larga evolución dinámica.

**La Cara Oculta de la Luna (Rotación Síncrona):** El hecho de que la Luna siempre nos muestre la misma cara no es un fenómeno insólito. Se conoce como "acoplamiento de marea" o "rotación síncrona".

Es un resultado común y esperado de la interacción gravitacional entre un planeta y su satélite cercano. Las fuerzas de marea del planeta "tiran" del satélite, creando un abultamiento en el lado que mira hacia el planeta.

Con el tiempo, esta interacción frena la rotación del satélite hasta que su período de rotación coincide exactamente con su período orbital.

Este fenómeno se observa en muchas otras lunas del sistema solar y es una consecuencia predecible de la física gravitacional, no una casualidad.

### **3. Implicaciones a Largo Plazo para la Vida**

Más allá de la estabilización del clima, el impacto que formó la Luna tuvo otras consecuencias profundas para la habitabilidad:

**El Regalo de las Mareas:** Las mareas, impulsadas principalmente por la Luna, crearon vastas zonas intermareales. Las mareas impulsan las corrientes oceánicas, que son vitales para distribuir el calor por todo el planeta y transportar nutrientes.

## **Un Mundo Preparado para la Vida (Post-Bombardeo):**

El impacto de Theia fue un evento de esterilización global. Cualquier química prebiótica que hubiera comenzado fue aniquilada. Sin embargo, al crear un sistema Tierra-Luna estable, el impacto preparó el escenario para que la vida surgiera más tarde.

Después de que la Tierra se enfriara y los océanos se formaran, el planeta se encontraba en una configuración mucho más favorable.

El posterior "Bombardeo Pesado Tardío" (entre 4.100 y 3.800 millones de años atrás) volvió a desafiar la vida, pero el sistema estable ya estaba en su lugar.

### **Conclusión: ¿Un Evento Esperado o un Caso Insólito?**

Evaluar si el origen de la Luna fue "esperable" o "insólito" requiere matices.

**Desde la perspectiva de la física, el resultado es esperable.** Dado un impacto de un cuerpo del tamaño de Theia en un ángulo específico, las leyes de la física predicen la formación de un satélite con las características de nuestra Luna. Fenómenos como el acoplamiento de marea son consecuencias gravitacionales inevitables.

**Desde la perspectiva de la probabilidad cósmica, el resultado es insólito.** Si bien los impactos gigantes eran comunes en el caótico sistema solar primitivo, la *combinación* de resultados de este impacto en particular parece extraordinariamente afortunada. Un impacto ligeramente diferente —un poco más rápido, un poco más

lento, en un ángulo distinto— podría haber resultado en la destrucción total de la Tierra, en la no formación de una luna, o en la formación de múltiples lunas pequeñas e inestables, o una luna demasiado pequeña o lejana para estabilizar el eje terrestre.

En resumen, la Tierra no fue destruida porque el impacto no fue una colisión frontal aniquiladora, sino un golpe de refilón que permitió la fusión y la posterior formación de un sistema estable.

La cadena de consecuencias que se derivaron de este único y violento evento —un eje inclinado y estable que permite estaciones predecibles, una velocidad de rotación moderada y la existencia de mareas— representa una concatenación de factores altamente favorables para la vida.

Aunque cada paso individual puede explicarse científicamente, la suma de todos estos beneficios derivados de un único evento catastrófico hace que el sistema Tierra-Luna sea, como mínimo, un caso extraordinariamente afortunado y posiblemente muy raro en el universo.

## **Continuando con la Abiogénesis**

La existencia temprana de océanos no implica un entorno tranquilo.

El sistema solar interior, incluida la Tierra, experimentó un período de intenso bombardeo de asteroides y cometas conocido como el Bombardeo Pesado Tardío (LHB, por

sus siglas en inglés), que se cree que ocurrió aproximadamente entre 4.1 y 3.8 Gya.

Inicialmente, se pensaba que el LHB era un evento completamente esterilizante. Los impactos de los asteroides más grandes habrían tenido la energía suficiente para vaporizar los océanos globales, frustrando cualquier intento de origen de la vida en la superficie y esencialmente "reiniciando" el reloj prebiótico.

Esta visión tradicional sugería que la vida solo podría haber surgido de manera sostenible después de que la fase más intensa del LHB hubiera concluido, alrededor de 3.9-3.8 Gya.

Modelos más recientes han matizado esta perspectiva, presentando una dualidad paradójica para el LHB.

Si bien los impactos masivos habrían esterilizado la superficie, también habrían creado vastas redes de sistemas hidrotermales subterráneos y submarinos.

Estos entornos, protegidos de la devastación de la superficie, son considerados por muchos investigadores como lugares ideales para la química prebiótica, proporcionando gradientes químicos y fuentes de energía.

Además, el LHB podría haber actuado como un "cuello de botella termofílico", eliminando formas de vida mesófilas (amantes de temperaturas moderadas) que pudieran haber surgido antes, mientras permitía la supervivencia y posterior proliferación de organismos termófilos y hipertermófilos (amantes del calor) en los refugios hidrotermales.

Esta posibilidad implica que la vida podría haber surgido antes del LHB y simplemente haber sido filtrada por él.

La evidencia fósil más antigua y robusta de vida son los estromatolitos, estructuras rocosas laminadas formadas por comunidades microbianas, que datan de hace 3.5 a 3.7 Gya. Aunque existen afirmaciones de evidencia de vida más antigua, algunas de hasta 4.28 Gya, estas son a menudo objeto de debate y pueden tener explicaciones abióticas.

Para los fines de este análisis probabilístico, se definirá una "ventana de oportunidad" conservadora.

Se asumirá que la abiogénesis requirió un período de relativa estabilidad en la superficie después de la fase más cataclísmica del LHB.

Por lo tanto, el cálculo se basará en el período comprendido entre el final aproximado del LHB (3.9 Gya) y la aparición de la primera evidencia de vida ampliamente aceptada (3.7 Gya).

Esto proporciona una ventana de aproximadamente 200 millones de años.

Como límite superior para un escenario más generoso, se considerará una ventana de hasta 600 millones de años (desde 4.3 Gya hasta 3.7 Gya).

Este marco temporal, aunque geológicamente largo, es finito y establece un límite crucial para el número total de "ensayos" probabilísticos que podrían haber ocurrido.

Un factor crítico es que el entorno no era estático; un "pequeño estanque cálido" como el imaginado por Darwin habría sido, en el mejor de los casos, una característica geológica efímera, sujeta a la interrupción por impactos o cambios geológicos.

Por lo tanto, la duración de los períodos estables e ininterrumpidos es tan importante como la ventana de tiempo total.

### **La "Sopa Primordial": Un Análisis Cuantitativo de las Materias Primas**

El segundo pilar de cualquier cálculo de probabilidad es la cantidad de recursos disponibles.

La hipótesis clásica de la "sopa primordial" postula un océano rico en los monómeros orgánicos necesarios para la vida.

Sin embargo, un análisis geoquímico riguroso revela un panorama muy diferente, uno dominado por la dilución extrema.

Los experimentos de Miller y Urey de 1952 demostraron de manera concluyente que los componentes básicos, como los aminoácidos, pueden formarse a partir de precursores inorgánicos simples (metano, amoníaco, agua, hidrógeno) en presencia de una fuente de energía como chispas eléctricas (simulando rayos).

Análisis posteriores de los viales originales de Miller revelaron la formación de más de 20 aminoácidos diferentes, incluidos muchos de los 22 que se encuentran

en las proteínas modernas. Esto confirma que la síntesis abiótica de monómeros es químicamente factible.

Sin embargo, la formación no equivale a la acumulación. La Tierra Hadeana era un "mundo acuático", con un volumen oceánico que podría haber sido de una a dos veces mayor que el actual, cubriendo potencialmente la mayor parte de la superficie del planeta y dejando masas de tierra mínimas o inexistentes.

Cualquier molécula orgánica formada en la atmósfera o en respiraderos hidrotermales se habría enfrentado a una dilución inmediata en este vasto océano.

Además de la dilución, existían potentes mecanismos de degradación.

La circulación oceánica completa a través de los respiraderos hidrotermales de alta temperatura, que ocurre en una escala de tiempo de aproximadamente 10 millones de años, habría destruido la mayoría de las moléculas orgánicas complejas.

La ausencia de una capa de ozono protectora significaba que la superficie del océano estaba expuesta a una intensa radiación ultravioleta, otro potente agente de degradación.

La hidrólisis, la ruptura de enlaces por el agua, es termodinámicamente favorable para muchos de los polímeros de la vida y habría limitado la vida útil de cualquier cadena que comenzara a formarse.

Debido a este equilibrio entre una síntesis lenta y estocástica y una degradación rápida y determinista, la concentración de estado estacionario de cualquier

monómero en el océano global habría sido extremadamente baja.

Las estimaciones para la concentración total de aminoácidos varían, pero se sitúan en un rango optimista de  $10^{-8}$  M a un rango más pesimista de  $10^{-10}$  M. Esto desmiente la noción popular de una "sopa" rica y concentrada; el entorno prebiótico era, en realidad, un desierto químico.

Para establecer una base para los cálculos posteriores, se cuantificará el número total de moléculas de aminoácidos disponibles en el océano en un momento dado.

**Volumen del Océano:** Se asumirá un volumen generoso de 2 veces el actual. El volumen oceánico actual es de aproximadamente  $1.3 \times 10^{21}$  litros. Por lo tanto, el volumen del océano Hadeano se estima en  $2.6 \times 10^{21}$  litros.

**Concentración de Aminoácidos:** Se utilizará una estimación optimista de  $10^{-8}$  moles por litro ( $10^{-8}$  M).

**Moles Totales de Aminoácidos:** (Volumen)  $\times$  (Concentración) =  $(2.6 \times 10^{21} \text{ L}) \times (10^{-8} \text{ mol/L}) = 2.6 \times 10^{13}$  moles.

**Moléculas Totales de Aminoácidos:** (Moles)  $\times$  (Número de Avogadro) =  $(2.6 \times 10^{13} \text{ moles}) \times (6.022 \times 10^{23} \text{ moléculas/mol}) \approx 1.6 \times 10^{37}$  moléculas.

Este número, aunque astronómicamente grande, representa el inventario total de uno de los componentes básicos clave distribuidos en todo el océano global.

Será el denominador contra el cual se medirán las improbabilidades aún más astronómicas de ensamblar una molécula funcional.

La verdadera barrera para la abiogénesis no es la falta de *tipos* de moléculas, sino la abrumadora falta de *concentración y estabilidad*.

## **Parte II: Los Obstáculos Probabilísticos de la Formación de Proteínas**

Esta parte calcula la probabilidad de formar espontáneamente una única proteína mínimamente funcional, desglosando el problema en tres obstáculos independientes y multiplicativos: quiralidad, especificidad de secuencia y formación de enlaces.

### **2.1 El Enigma de la Homoquiralidad**

Uno de los sellos distintivos más fundamentales y enigmáticos de la bioquímica es la homoquiralidad.

Las moléculas quirales existen en dos formas que son imágenes especulares no superponibles, como la mano izquierda y la derecha, designadas como L (levógira) y D (dextrógira).

Mientras que los procesos químicos abióticos producen mezclas racémicas, es decir, una proporción de 50:50 de enantiómeros L y D, la vida en la Tierra muestra una preferencia abrumadora y exclusiva: las proteínas están compuestas únicamente por L-aminoácidos, y los ácidos nucleicos utilizan exclusivamente D-azúcares.

Esta no es una mera preferencia; es un requisito funcional estricto.

La función de una proteína depende de su capacidad para plegarse en una estructura tridimensional precisa y estable.

Esta estructura está dictada por las interacciones complejas entre las cadenas laterales de los aminoácidos.

La inserción de un solo D-aminoácido en una cadena de L-aminoácidos actúa como una "torcedura" estructural.

Al ser una imagen especular, introduce ángulos de enlace y orientaciones de cadenas laterales que son incompatibles con la arquitectura general del pliegue L, desestabilizando o destruyendo por completo la estructura funcional.

A diferencia de una mutación de secuencia, que podría simplemente reducir la eficiencia de una enzima, un error quirral es a menudo catastrófico.

Para calcular la probabilidad de superar este obstáculo, primero se debe definir la longitud de una proteína mínimamente funcional.

Si bien existen péptidos pequeños, de 10 a 50 aminoácidos, con funciones biológicas (a menudo regulatorias), una proteína capaz de una catálisis enzimática compleja, como la que se necesitaría en una protocélula primitiva, requiere un dominio globular estable.

La investigación muestra que tales dominios suelen tener una longitud de al menos 100 a 200 aminoácidos. Para este análisis, se utilizará una longitud conservadora (L) de 150 aminoácidos.

La probabilidad de seleccionar un L-aminoácido de una mezcla racémica al azar es de 1/2. Para que una cadena de 150 aminoácidos sea homociral (todos L), esta selección correcta debe ocurrir 150 veces consecutivas. La probabilidad de este evento es:

$$P_{\text{quiralidad}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{150} \approx \frac{1}{1.427 \times 10^{45}} \approx 7 \times 10^{-46}$$

Este número representa la probabilidad de que una cadena polipeptídica de 150 residuos, ensamblada al azar a partir de un suministro racémico de aminoácidos, tenga la pureza quirál necesaria para siquiera tener la posibilidad de plegarse correctamente.

## 2.2 El Problema de la Especificidad de la Secuencia

Más allá de la quiralidad, una proteína debe tener la secuencia correcta de aminoácidos.

De los  $20^{150}$  posibles secuencias para una proteína de 150 aminoácidos, solo una fracción infinitesimalmente pequeña se plegará en una estructura estable y funcional.

Este es el "problema de la información" o el "problema combinatorio", famosamente ilustrado por el astrónomo Fred Hoyle con su analogía del "tornado en un depósito de chatarra".

Hoyle calculó que la probabilidad de obtener las aproximadamente 2000 enzimas de la vida en un ensayo aleatorio era de 1 en  $10^{40000}$ .

Aunque el cálculo de Hoyle ha sido criticado por sus supuestos (como calcular la probabilidad de todas las proteínas modernas a la vez y asumir la independencia), el principio subyacente de la extrema rareza de las secuencias funcionales ha sido validado y cuantificado por la investigación experimental.

El trabajo más influyente en este campo es el del biólogo molecular Douglas Axe. En un artículo de 2004 publicado en el *Journal of Molecular Biology*, Axe investigó la prevalencia de secuencias que adoptan un pliegue funcional para un dominio de la enzima  $\beta$ -lactamasa de 153 residuos.

A través de una meticulosa mutagénesis dirigida, determinó que la proporción de secuencias funcionales con respecto a todas las secuencias posibles era asombrosamente baja.

Axe estimó que la prevalencia de secuencias que realizan una función específica mediante cualquier pliegue del tamaño de un dominio puede ser tan baja como 1 en  $10^{77}$ .

Este valor no es una mera especulación teórica, sino el resultado de un riguroso trabajo experimental diseñado para medir la tolerancia de un pliegue proteico a la mutación y, por lo tanto, su prevalencia en el "espacio de secuencias".

Otros estudios han arrojado cifras de rareza similar, que van desde  $10^{-63}$  para el represor  $\lambda$  hasta  $10^{-126}$  para otros dominios proteicos, lo que confirma que las secuencias funcionales son islas minúsculas en un vasto océano de secuencias no funcionales.

Para este cálculo, se adoptará la cifra de Axe, ampliamente citada y derivada experimentalmente, como una estimación conservadora para la probabilidad de encontrar una secuencia funcional para una proteína de complejidad típica.

$$P_{\text{secuencia}} = 10^{-77}$$

Este número representa la probabilidad de que una cadena polipeptídica de 150 residuos, que ya es quiralmente pura, tenga la secuencia de aminoácidos correcta para plegarse en una conformación funcional.

### **2.3 El Problema de la Formación del Enlace Peptídico**

El tercer obstáculo fundamental es la propia química de la polimerización en un entorno acuoso.

Los aminoácidos se unen mediante enlaces peptídicos, que se forman a través de una reacción de deshidratación (la eliminación de una molécula de agua).

En un océano o cualquier entorno acuoso, las leyes de la termodinámica y la acción de masas dictan que el equilibrio químico favorece abrumadoramente la reacción inversa: la hidrólisis.

La adición de agua para romper un enlace peptídico es un proceso espontáneo que libera entre 8 y 16 kJ/mol de energía de Gibbs.

La formación de un polipéptido es, por tanto, una batalla cuesta arriba contra la termodinámica.

Aunque no es imposible, requiere condiciones específicas que eliminen el agua, como los ciclos de deshidratación-rehidratación en superficies minerales o en aerosoles.

Sin embargo, incluso si se forma un enlace peptídico, su existencia es precaria.

La vida media de un enlace peptídico contra la hidrólisis espontánea a 25 °C es de entre 350 y 600 años.

Esto significa que cualquier cadena polipeptídica que se forme aleatoriamente está en una carrera constante contra su propia disolución.

Este problema cinético y termodinámico agrava fatalmente el problema combinatorio.

El sistema no puede realizar una búsqueda exhaustiva en el "espacio de secuencias" si las secuencias de prueba se desintegran casi tan rápido como se forman.

Es como intentar escribir una novela letra por letra mientras el papel se disuelve continuamente.

Para que una cadena de 150 aminoácidos se forme y persista el tiempo suficiente para tener la oportunidad de plegarse y exhibir una función, debe superar la formación de 149 enlaces peptídicos termodinámicamente desfavorables en un entorno que promueve activamente su destrucción.

Cuantificar este factor es difícil, ya que depende de tasas de reacción desconocidas en condiciones prebióticas.

Sin embargo, para dar cuenta de este inmenso obstáculo, se puede asignar un factor de probabilidad conservador.

Siendo extremadamente generosos, se puede suponer que para cada uno de los 149 enlaces necesarios, las condiciones locales (por ejemplo, un ciclo de evaporación en una superficie mineral) son las adecuadas para favorecer la deshidratación sobre la hidrólisis con una probabilidad de 1 en 10.

Esta es una suposición muy optimista. La probabilidad de formar los 149 enlaces de esta manera sería:

$$P_{\text{enlace}} = \left(\frac{1}{10}\right)^{149} = 10^{-149}$$

Este factor representa la improbabilidad de ensamblar la cadena física en un entorno acuoso que se opone fundamentalmente a su existencia.

## **2.4 Probabilidad Combinada para una Única Proteína Funcional**

Los tres obstáculos (quiralidad, secuencia y formación de enlaces) son en gran medida independientes.

Por lo tanto, para encontrar la probabilidad total de que una única proteína funcional de 150 aminoácidos surja espontáneamente en un entorno prebiótico, se deben multiplicar las probabilidades individuales.

$$P_{\text{Proteína}} = P_{\text{quiralidad}} \times P_{\text{secuencia}} \times P_{\text{enlace}}$$

$$P_{\text{Proteína}} = (7 \times 10^{-46}) \times (10^{-77}) \times (10^{-149})$$

$$P_{\text{Proteína}} \approx 7 \times 10^{-272}$$

Este resultado es un número de una pequeñez casi inconcebible. Indica la probabilidad de que un solo evento de polimerización aleatoria produzca una molécula con las propiedades mínimas necesarias para la función biológica.

### **Parte III: La Hipótesis del "Mundo de ARN" Bajo Escrutinio Probabilístico**

Ante las enormes dificultades para la formación espontánea de proteínas, muchos investigadores propusieron la hipótesis del "Mundo de ARN".

Esta hipótesis postula que la vida temprana se basaba en el ARN, que puede actuar tanto como portador de información (como el ADN) y como catalizador (como las proteínas), a través de moléculas llamadas ribozimas. Sin embargo, un análisis probabilístico revela que el "Mundo de ARN", lejos de ser una solución, presenta un conjunto de obstáculos químicos y combinatorios aún más formidables.

#### **3.1 La Síntesis de Nucleótidos: Una Cascada de Improbabilidades**

El primer y quizás más insuperable problema es la síntesis abiótica de los propios componentes del ARN: los nucleótidos.

Un nucleótido es una molécula significativamente más compleja que un aminoácido, que consta de tres partes distintas que deben sintetizarse por separado y luego unirse con una especificidad asombrosa: una base nitrogenada, un azúcar de cinco carbonos (ribosa) y un

grupo fosfato. La probabilidad de formar un solo nucleótido funcional es el producto de las probabilidades de superar cada uno de estos pasos.

**Síntesis de las Bases Nitrogenadas:** Las cuatro bases del ARN (adenina, guanina, citosina y uracilo) pueden sintetizarse en condiciones de laboratorio, pero estas condiciones a menudo son "forzadas" y geoquímicamente inverosímiles [User Query, citando a Gáspar].

Por ejemplo, la síntesis de guanina requiere concentraciones de cianuro de hidrógeno (HCN) de hasta 2.2 M, una concentración que sería tóxica y altamente improbable en un océano diluido, además de ser inestable bajo la radiación UV.

La síntesis de las cuatro bases en un mismo lugar y tiempo, en proporciones útiles y sin ser destruidas por el entorno, es un evento de baja probabilidad. Se asigna una probabilidad generosa de  $10^{-4}$  para este evento.

**Síntesis y Estabilidad de la Ribosa:** La ribosa, el azúcar del ARN, presenta un problema aún mayor.

Puede formarse a partir de formaldehído a través de la reacción de la formosa.

Sin embargo, esta reacción es notoriamente incontrolable y produce una mezcla compleja y pegajosa de docenas de azúcares diferentes, un "problema de asfalto" del que es casi imposible aislar ribosa pura. Además, la ribosa es extremadamente inestable, especialmente en las condiciones alcalinas que se cree que existían en algunas partes de la Tierra primitiva, y se degrada rápidamente.

La probabilidad de sintetizar preferentemente ribosa y de que sea la forma D-quiral correcta (otro problema de homquiralidad) es extremadamente baja. Se asigna una probabilidad optimista de  $10^{-5}$  para obtener D-ribosa pura.

**Formación del Enlace N-Glucosídico:** Este es un obstáculo químico central, a menudo llamado el "problema de Raufuss" [User Query].

La base nitrogenada debe unirse al carbono correcto (C1') de la ribosa para formar un enlace N-glucosídico.

En la biología moderna, este paso es catalizado con precisión por enzimas.

Sin ellas, la reacción es no específica. La base puede unirse a cualquiera de los otros carbonos de la ribosa, y puede formar un enlace  $\alpha$  o el enlace  $\beta$  biológicamente correcto.

La formación del enlace correcto, N9 para las purinas y N1 para las pirimidinas en el C1' de la ribosa con la estereoquímica  $\beta$  correcta, es uno de los muchos resultados posibles en una mezcla caótica.

Se asigna una probabilidad de  $10^{-4}$  para lograr este enlace específico.

**Fosforilación:** Finalmente, un grupo fosfato debe unirse al carbono correcto (C5') de la ribosa.

Esto enfrenta el "problema del fosfato": la mayor parte del fósforo en la Tierra primitiva estaba en forma de minerales de apatita, que son extremadamente insolubles en agua. Incluso si se dispusiera de fosfato soluble,

activarlo y unirlo selectivamente a la posición C5' sin enzimas es una reacción de bajo rendimiento.

Se asigna una probabilidad de  $10^{-3}$  para este paso final.

La probabilidad de formar un único nucleótido de ARN correcto y activado es el producto de estas probabilidades:

$$P_{\text{nucleótido}} = P_{\text{base}} \times P_{\text{ribosa}} \times P_{\text{enlace}} \times P_{\text{fosfato}}$$

$$P_{\text{nucleótido}} = (10^{-4}) \times (10^{-5}) \times (10^{-4}) \times (10^{-3}) = 10^{-16}$$

Este es el asombroso obstáculo probabilístico para formar un solo ladrillo del "Mundo de ARN".

### **3.2 La Generación Espontánea de una Ribozima Funcional**

Una vez superado el desafío de formar un nucleótido, el siguiente paso es polimerizarlos en una cadena que sea funcional. Al igual que con las proteínas, esto implica superar los obstáculos de la longitud, la quiralidad y la secuencia.

**Longitud:** Las ribozimas naturales más pequeñas tienen entre 35 y 155 nucleótidos.

Se han seleccionado artificialmente ribozimas más pequeñas, como una con actividad fosforilante de 44 nucleótidos.

Sin embargo, una ribozima con la capacidad de polimerizar otras cadenas de ARN (un requisito para la auto-replicación) es considerablemente más grande, con longitudes de alrededor de 190 nucleótidos.

Para una función catalítica significativa, se utilizará una longitud mínima conservadora (L) de 100 nucleótidos.

**Quiralidad:** Como se mencionó, la ribosa es quiral. Todo el ARN de la vida utiliza exclusivamente D-ribosa.

La probabilidad de seleccionar 100 moléculas de D-ribosa de una mezcla racémica es: 
$$P_{\text{quiralidad-ARN}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{100} \approx \frac{1}{1.26 \times 10^{30}} \approx 8 \times 10^{-31}$$

**Secuencia:** Una ribozima, al igual que una enzima proteica, depende de una secuencia específica de monómeros para plegarse en una estructura tridimensional catalíticamente activa.

Con 4 bases posibles (A, U, G, C) en cada posición, el número de secuencias posibles para una cadena de 100 nucleótidos es  $4^{100}$ .

La probabilidad de obtener una secuencia funcional específica al azar es: 
$$P_{\text{secuencia-ARN}} = \left(\frac{1}{4}\right)^{100} = \frac{1}{4^{100}} \approx \frac{1}{1.6 \times 10^{60}} \approx 6 \times 10^{-61}$$

### 3.3 Probabilidad Combinada para una Única Molécula de ARN Funcional

Para calcular la probabilidad total de formar una ribozima funcional, se deben combinar todos estos factores. Primero, se necesita la probabilidad de formar 100 nucleótidos correctos. Luego, se debe multiplicar por la probabilidad de que estos 100 nucleótidos tengan la quiralidad y la secuencia correctas.

$$P_{\text{ARN}} = (P_{\text{nucleótido}})^{100} \times P_{\text{quiralidad-ARN}} \times P_{\text{secuencia-ARN}}$$

$$P_{\text{ARN}} = (10^{-16})^{100} \times (8 \times 10^{-31}) \times (6 \times 10^{-61})$$

$$P_{\text{ARN}} = 10^{-1600} \times 8 \times 10^{-31} \times 6 \times 10^{-61}$$

$$P_{\text{ARN}} \approx 4.8 \times 10^{1691} \approx 5 \times 10^{-1691}$$

El resultado final es una improbabilidad que desafía la comprensión. Muestra que cada paso hacia la formación de una ribozima funcional está plagado de dificultades químicas y combinatorias que son, en conjunto, órdenes de magnitud más severas que las de la formación de proteínas. El ARN, lejos de ser un atajo prebiótico, es, como lo describió un investigador, una "pesadilla para el químico prebiótico".

## **Parte IV: El Ensamblaje de la Proto célula y el Cálculo Final**

Habiendo calculado las probabilidades astronómicamente bajas para la formación de los componentes moleculares clave de la vida, el paso final es ensamblarlos en una protocélula funcional.

Esto requiere no solo que estas moléculas extremadamente raras se formen, sino que se formen en el mismo lugar microscópico y al mismo tiempo, y que sean encapsuladas por una membrana funcional que pueda sustentar un metabolismo primitivo.

### **4.1 La Formación de una Membrana Celular Funcional**

La compartimentación es una característica universal de la vida.

Las membranas celulares separan el entorno interno de la célula del mundo exterior, permitiendo la creación de gradientes químicos que son esenciales para el metabolismo y la homeostasis.

Se ha demostrado experimentalmente que los lípidos anfipáticos simples, como los ácidos grasos, pueden formar espontáneamente vesículas o micelas en el agua. Este hecho se cita a menudo como uno de los pasos más "fáciles" en la abiogénesis.

Sin embargo, hay una diferencia crucial entre una simple vesícula de ácido graso y una *membrana funcional* capaz de albergar los orígenes de la vida. Una membrana proto celular funcional debe poseer una serie de propiedades sofisticadas que van mucho más allá del simple autoensamblaje:

**Estabilidad:** Debe ser lo suficientemente robusta para sobrevivir en un entorno prebiótico con fluctuaciones de pH, salinidad y temperatura. Las vesículas simples de ácidos grasos son a menudo frágiles y solo estables en un rango estrecho de condiciones.

**Permeabilidad Selectiva:** Debe ser lo suficientemente permeable para permitir la entrada de nutrientes (monómeros, fuentes de energía) y la salida de productos de desecho, pero lo suficientemente impermeable para retener los polímeros funcionales (proteínas, ARN) y mantener los gradientes químicos. Lograr este equilibrio es un desafío de ajuste fino.

**Capacidad de Crecimiento y División:** Para que la proto célula evolucione, su membrana debe ser capaz de crecer

mediante la incorporación de más lípidos y dividirse de una manera que distribuya su contenido a las células hijas.

**Compatibilidad con la Química Interna:** La superficie de la membrana debe interactuar de manera productiva con las macromoléculas internas, quizás sirviendo como andamio para reacciones o anclando polímeros.

Las membranas celulares modernas logran estas hazañas a través de una mezcla compleja y evolucionada de fosfolípidos, esteroides y proteínas integrales. Es muy poco probable que una vesícula formada espontáneamente a partir de una mezcla aleatoria de lípidos prebióticos posea todas estas propiedades funcionales.

Cuantificar la probabilidad de este paso es inherentemente especulativo. Sin embargo, para incluirlo en el modelo, se puede hacer una suposición extremadamente generosa. Supongamos que de cada 1000 "tipos" de vesículas lipídicas que podrían formarse espontáneamente (variando en composición, tamaño y estructura), solo una tiene la combinación correcta de estabilidad y permeabilidad selectiva para funcionar como una membrana proto celular viable. Esto nos da una probabilidad:  $P_{\text{membrana}} = 10^{-3}$

#### **4.2 La Probabilidad Acumulada de una Proto célula Mínima**

Este es el clímax del análisis cuantitativo. Se calculará la probabilidad de que una proteína funcional, una molécula de ARN y una membrana funcionales se formen espontáneamente en el mismo volumen microscópico al

mismo tiempo, permitiendo la encapsulación de las macromoléculas por la membrana.

Primero, se calcula la probabilidad de que los tres componentes necesarios surjan en un "ensayo" único (es decir, en un lugar y momento dados):

$$P_{\text{componentes}} = P_{\text{proteína}} \times P_{\text{ARN}} \times P_{\text{membrana}}$$

$$P_{\text{componentes}} = (7 \times 10^{-272}) \times (5 \times 10^{-1691}) \times (10^{-3})$$

$$P_{\text{componentes}} \approx 3.5 \times 10^{-1966}$$

Este número representa la probabilidad de éxito en un único intento. Ahora, se debe abordar la objeción de que "la Tierra es grande y el tiempo es largo".

Para ello, se calculará el número total de "ensayos" disponibles en el entorno prebiótico. Un "ensayo" puede definirse generosamente como un volumen del tamaño de una proto célula en el océano, con la suposición de que su contenido se "rebaraja" o renueva constantemente, permitiendo nuevas combinaciones.

**Volumen del Océano:**  $2.6 \times 10^{21} \text{ L} = 2.6 \times 10^{24} \text{ cm}^3$

**Volumen de una Proto célula:** Asumiendo un diámetro de 1 micrómetro, el volumen es de aproximadamente  $5 \times 10^{-13} \text{ cm}^3$ .

**Número de "Ubicaciones de Ensayo" en el Océano:** 
$$\frac{\text{Volumen del Océano}}{\text{Volumen de la Protocélula}} = \frac{2.6 \times 10^{24} \text{ cm}^3}{5 \times 10^{-13} \text{ cm}^3} \approx 5 \times 10^{36} \text{ ubicaciones}$$

### Número de "Rebarajes" o Intentos Temporales:

Usando la ventana de tiempo conservadora de 200 millones de años.  $\text{\$ \$ \text{Segundos totales} = 200 \times 10^6 \text{ años} \times 3.15 \times 10^7 \text{ s/año} \approx 6.3 \times 10^{15} \text{ segundos} \text{ \$ \$}$

Asumiendo, de manera increíblemente generosa, que cada ubicación se rebaraja cada segundo, este es el número de intentos temporales.

### Número Total de Ensayos ( $N_{\text{ensayos}}$ ): $\text{\$ \$}$

$N_{\text{ensayos}} = (\text{Ubicaciones}) \times (\text{Intentos temporales}) = (5 \times 10^{36}) \times (6.3 \times 10^{15}) \approx 3.2 \times 10^{52} \text{ \$ \$}$

Este número,  $10^{52}$ , representa un límite superior absoluto para los recursos probabilísticos disponibles para la abiogénesis. Ahora, se puede calcular la probabilidad final de que al menos una proto célula se forme en algún lugar del océano durante toda la ventana de tiempo:

$$P_{\text{Protocélula}} = P_{\text{componentes}} \times N_{\text{ensayos}}$$

$$P_{\text{Protocélula}} = (3.5 \times 10^{-1966}) \times (3.2 \times 10^{52}) \approx 1.1 \times 10^{-1913}$$

Incluso concediendo el número más generoso posible de ensayos, la probabilidad de éxito sigue siendo infinitesimal.

Los recursos probabilísticos disponibles ( $10^{52}$ ) son insuficientes para superar la improbabilidad combinatoria y química del evento ( $10^{-1966}$ ) por más de 1900 órdenes de magnitud.

El argumento de que "los grandes números" resuelven el problema de la abiogénesis es cuantitativamente insostenible.

## **Parte V: De la Primera Vida al Ancestro**

### **Común**

El análisis probabilístico se ha centrado en el origen de una proto célula *mínima*.

Sin embargo, es crucial reconocer que este evento, por improbable que sea, es solo el primer paso en un camino igualmente desafiante hacia la vida tal como la conocemos.

La brecha entre esta proto célula hipotética y el Último Ancestro Común Universal (LUCA, por sus siglas en inglés) es inmensa.

### **5.1 El Desafío de la Supervivencia y la Evolución**

LUCA, el ancestro de toda la vida existente, no era una simple bolsa de moléculas. La investigación genómica sugiere que ya era un organismo notablemente sofisticado. Se estima que poseía un genoma de ADN, un código genético casi universal, ribosomas para la traducción de proteínas y al menos 355 genes que codificaban un metabolismo complejo, incluida la vía de Wood-Ljungdahl para la fijación de carbono.

Para que nuestra proto célula hipotética evolucionara hasta convertirse en algo parecido a LUCA, tendría que superar una serie de desafíos monumentales, cada uno de los cuales representa un problema de origen de información por derecho propio:

**Desarrollo de la Replicación Estable:** La ribozima polimerasa inicial tendría que replicarse a sí misma y a otros ARN con una fidelidad lo suficientemente alta como para evitar la "catástrofe del error", donde las mutaciones se acumulan más rápido de lo que la selección puede eliminarlas, llevando al sistema a la extinción.

**Invencción del Metabolismo:** La proto célula tendría que pasar de ser un heterótrofo (consumiendo los escasos monómeros de su entorno) a un autótrofo (sintetizando sus propios componentes a partir de precursores simples como el CO<sub>2</sub>). Esto requiere la evolución de complejas vías metabólicas de múltiples pasos.

**Origen de la Traducción:** Quizás el mayor misterio es el origen del sistema de traducción. Esto implica la invención de los ribosomas (máquinas moleculares complejas hechas de ARN y proteínas), los ARN de transferencia (tRNA) para actuar como adaptadores, y el propio código genético que asigna tripletes de nucleótidos a aminoácidos específicos. Este es un sistema de "complejidad irreducible" en el que los componentes son inútiles unos sin otros.

**Transición al ADN:** En algún momento, el genoma tuvo que pasar del ARN, relativamente inestable, al ADN, mucho más robusto. Esto requirió la evolución de enzimas para sintetizar los precursores de ADN (desoxirribonucleótidos) y para transcribir inversamente la información del ARN al ADN.

Cada uno de estos pasos representa un salto cualitativo en la complejidad biológica. El origen de la vida no es un

solo evento improbable, sino una jerarquía de eventos improbables anidados. Superar el primer obstáculo de la proto célula no resuelve el problema; simplemente concede la entrada a una serie de desafíos posteriores que son, como mínimo, igual de desalentadores desde una perspectiva probabilística.

### **Conclusión: Interpretación de los Números - Improbabilidad y sus Implicaciones**

El resultado final de este análisis probabilístico, una probabilidad del orden de  $10^{-1913}$  para el surgimiento espontáneo de una proto célula mínima, es un número que, para todos los efectos prácticos y racionales, es indistinguible de cero.

Este resultado exige una interpretación cuidadosa de sus implicaciones para la cuestión del origen de la vida.

Es fundamental aclarar lo que este cálculo no es: no es una prueba matemática de que la abiogénesis sea imposible. La ciencia no puede refutar un evento histórico con certeza absoluta. Lo que sí hace este análisis es proporcionar una medida cuantitativa del poder explicativo de la hipótesis central que se está probando: que la vida surgió espontáneamente a través de procesos químicos no guiados y aleatorios en la Tierra primitiva.

Un evento con una probabilidad tan infinitesimalmente baja no puede ser atribuido razonablemente al azar.

En cualquier otro campo de la ciencia, una hipótesis que predijera probabilidades de esta magnitud sería descartada de plano.

La conclusión que se deriva de los datos es que la hipótesis de que procesos químicos aleatorios y no dirigidos produjeron la primera vida carece de respaldo probabilístico basado en nuestro conocimiento científico actual.

La magnitud del "problema de la información", evidente en los requisitos de secuencia tanto para las proteínas como para el ARN, y agravado por los obstáculos químicos de la síntesis de monómeros y la quiralidad, apunta a una brecha fundamental en nuestra comprensión.

A menudo se presenta una objeción común: "Sucedió, por lo tanto, la probabilidad debe ser 1".

Este argumento confunde la probabilidad de un evento pasado con la probabilidad de un *mecanismo* propuesto para ese evento.

Que la vida existe es un hecho; su probabilidad es, en efecto, 1.

Sin embargo, la cuestión científica no es *si* la vida comenzó, sino *cómo*.

Este informe ha evaluado la plausibilidad del mecanismo del "azar químico" y ha encontrado que es cuantitativamente inadecuado en un grado asombroso.

Los datos sugieren firmemente que el modelo de evolución química espontánea y no guiada no es un mecanismo plausible para el origen de la vida.

La escala de la improbabilidad indica que pueden estar en juego principios o factores que van más allá de la química aleatoria y la probabilidad.

Ya sea que estos factores involucren mecanismos de autoorganización aún no descubiertos, leyes físicas que sesgan drásticamente los resultados combinatorios, o un origen que trasciende el marco puramente naturalista, la conclusión de este análisis es que el problema del origen de la vida sigue siendo uno de los enigmas más profundos y sin resolver de la ciencia, y que las explicaciones basadas únicamente en el azar son probabilísticamente insostenibles.

Por tanto, la conclusión científica es que la ciencia no puede explicar el origen de la vida en la Tierra por azar.

No vamos a pedir a la Ciencia que trate sobre Dios, pero sí que le podemos pedir que constate que la vida en la Tierra no pudo producirse en ningún caso por azar. Luego cada cual que saque sus consecuencias metafísicas.

En la primera parte de este tratado ya hemos visto que en uso de nuestra razón, más allá de lo que puede estudiar la ciencia sin salir de su campo, la existencia de Dios es un hecho incontrovertible.

La ciencia lo único que está capacitada para hacer es mostrar cómo no hay explicación científica para el origen de la vida en la Tierra por azar.

Luego no hay que ser ya muy listos para deducir razonablemente que si la vida en la Tierra no se pudo originar al azar, entonces sólo queda Dios.

Aquí los del Diseño Inteligente cobran relevancia, frente a los burlones que los califican poco menos que de miticistas.

El mito es seguir afirmando científicamente lo que la ciencia prueba que es falso, por activa y por pasiva.

Seriedad, señores. Las risas, como vemos, no son para los del Diseño Inteligente, sino para los Negacionistas de lo obvio.

Pero tranquilos, que los negacionistas, lejos de aceptar con rigor científico su error, una vez desacreditadas sus supuestas explicaciones científicas (una vez más, y van...), seguro que se inventan otro mito cualquiera y así seguiremos mientras el hoy perdure: ellos fantaseando con demostrar lo indemostrable, y nosotros perdiendo el tiempo en desacreditar sus memeces, tiempo que podríamos utilizar provechosamente para otras cosas.

Pero tenemos que hacerlo para que el común de la gente no sea engañado por falta de información, para evitar que “comulguen con ruedas de molino”

No todo el mundo tiene que ser científico, y de eso se aprovechan los negacionista con sus dogmas acientíficos.

Esto es lo que hay, pero la verdad, señores negacionistas, lo suyo ya empieza a ser un poco cansino. Un poquito de por favor..., señores.

Por cierto, que volviendo a una cuestión anterior, con el cálculo probabilístico finamente ajustado a los conocimientos científicos actuales, y a pesar de que hemos procurado en todo momento ser muy generosos

con los de la abiogénesis, el resultado incontestable es que, los injustamente denostados, Guye y du Nouy, no estaban tan equivocados, más bien se quedaron cortos por falta de datos en su época.

Sirva este estudio para rehabilitar su memoria como lo que realmente fueron: dos científicos magníficos.

## LA PANSPERMIA

Dado que, como ya hemos podido constatar, lo de la Abiogénesis está en “las últimas”, nos queda por abordar la siguiente fantasía negacionista: La Panspermia.

Puesto que la vida en la Tierra es imposible que se originara azarosamente, tal y como demuestra la Ciencia, la subsiguiente “explicación” de los empecinados y recalcitrantes negacionistas, es que, verdaderamente, la vida no se originó en la Tierra, sino que vino del espacio, jejejejejejejejejejeje. ¡Qué risas nos echamos con los negacionistas!: Es un no parar, jejejejejejejejejeje.

Ya dimos unas primeras explicaciones mínimas de la necesidad de esta explicación que, por otra parte, no explicaría el origen de la vida, sino que lo trasladaría a otro sitio con los mismos problemas que en la Tierra.

Pero como ya vimos con lo del mito del Multiverso, los negacionistas son muy dados a “abandonar” la ciencia cuando esta no les ayuda, y a ofrecer explicaciones acientíficas inconstables, como esta de la “vida extraterrestre que ha venido a visitarnos”.

Bueno, si algún componente inicial de la vida hubiera sobrevivido a un viaje espacial, enfrentado la radiación cósmica y el frío del espacio exterior y toda una serie de problemas del “viaje”, al llegar a la Tierra justo en el momento de las condiciones prebióticas precisas,

enfrentaría igualmente todos los problemas mencionados que no vamos a repetir.

Sostienen los negacionistas que el Universo es muy grande, lo concedemos, y que en alguna parte tiene que haber una Tierra 2.0 de la cual procede la vida.

Esto no lo vamos a conceder, en rigor científico, no hablando por no estar callados, que es lo que hacen los negacionistas. Y lo de la panspermia en general, venga de dónde venga, tampoco.

Veamos porqué para no caer en afirmaciones gratuitas como los negacionistas de Dios.

## **Una Evaluación Cuantitativa de la Hipótesis de la Panspermia para el Origen de la Vida en la Tierra**

La panspermia (del griego antiguo *πᾶν*, *pan*, 'todo', y *σπέρμα*, *sperma*, 'semilla') propone que la vida no se originó en la Tierra, sino que llegó desde una fuente extraterrestre.

Esta hipótesis no resuelve la cuestión fundamental del origen último de la vida, sino que la reubica en otro cuerpo celeste, potencialmente en un momento anterior en la historia cósmica.

El concepto de panspermia tiene raíces antiguas, remontándose al filósofo griego Anaxágoras en el siglo V a.C., pero fue formalizado en la era científica moderna por pensadores como Svante Arrhenius, Fred Hoyle y Francis Crick.

La hipótesis abarca varias formas, desde la litopanspermia (la transferencia de vida dentro de rocas expulsadas de un planeta por impactos) hasta la panspermia dirigida (la siembra intencionada de vida por una civilización extraterrestre).

Este estudio se centrará en la litopanspermia, ya que es la variante menos extravagante, mientras que la otra precisaría probar primero la existencia de civilizaciones extraterrestres que pudieran haber viajado hasta la Tierra, lo cual según la ciencia que conocemos es altamente improbable (y sobre lo que no conocemos no podemos hablar científicamente) y, además, ¿de dónde sacan los negacionistas lo de que los extraterrestres hayan sembrado la vida en la Tierra?

Ciencia ficción, sí; parámetro científico de partida comprobable empíricamente: no. Vamos, que para una película de ciencia ficción está bien, pero para hacer ciencia seria, no.

## **La Litopanspermia**

La litopanspermia, la hipótesis de que la vida puede viajar entre planetas en el interior de rocas expulsadas por impactos es una idea que ha de superar críticas científicas significativas.

Aquí un análisis de sus principales debilidades:

### **Supervivencia a la Eyección:**

**Fuerzas Extremas:** El impacto necesario para eyectar material al espacio implica aceleraciones brutales (decenas de miles de g) y presiones inmensas. Es

cuestionable que estructuras celulares complejas, o incluso moléculas orgánicas complejas prebióticas, puedan sobrevivir intactas a esta violencia.

**Calor de Choque:** El impacto genera calor extremo que podría vaporizar la roca o esterilizar completamente cualquier cosa en su interior. Aunque se postulan zonas frías ("cold pockets") dentro de la roca, la evidencia experimental es limitada.

### **Supervivencia al Viaje Espacial:**

**Radiación Letal:** El espacio interestelar está bañado en radiación cósmica (protones de alta energía, rayos gamma, rayos X) y radiación ultravioleta intensa. Estas formas de energía son extremadamente dañinas para los ácidos nucleicos y otras biomoléculas esenciales. La protección de una roca es limitada, especialmente contra rayos cósmicos galácticos de alta energía que penetran metros de material. La exposición prolongada (millones de años) sería devastadora.

**Temperaturas Extremas:** Las fluctuaciones térmicas en el vacío son drásticas. Aunque el interior de una roca grande podría amortiguarlas, los ciclos de congelación/descongelación podrían dañar estructuras celulares o vesículas.

**Vacío y Deseccación:** El vacío espacial causa desecación extrema. Si bien algunas formas de vida terrestres (como las esporas bacterianas o los tardígrados) pueden entrar en estados de animación suspendida (criptobiosis), la duración requerida para viajes interestelares (millones o

decenas de millones de años) excede enormemente cualquier capacidad de supervivencia demostrada.

**Tiempo de Tránsito:** Las distancias interestelares son inmensas. Incluso viajando a velocidades de km/s, el viaje entre sistemas estelares lleva millones de años. La probabilidad de que cualquier organismo viable sobreviva intacto a semejante duración en las condiciones hostiles del espacio es considerada muy baja.

### **Supervivencia a la Reentrada Atmosférica:**

**Calor de Fricción:** La entrada a la atmósfera de un planeta objetivo genera fricción intensa y calentamiento abrasador en la superficie de la roca. Nuevamente, la supervivencia depende de que el interior permanezca frío. Experimentos como STONE (de la ESA) muestran que incluso microbios altamente resistentes adheridos al *exterior* de meteoritos simulados no sobreviven a la reentrada. El interior ofrece más protección, pero el calentamiento es un desafío crítico.

**Desaceleración Brusca:** La desaceleración al impactar con la atmósfera y la superficie es otro evento traumático.

### **Problema de la Direccionalidad y la Probabilidad:**

**¿Dónde está el Origen?** La litopanspermia no resuelve el problema fundamental del *origen* de la vida; simplemente lo traslada a otro lugar. La pregunta de cómo surgió la vida por primera vez permanece.

**Probabilidad Infinitesimal:** Incluso si la vida pudiera sobrevivir a cada etapa individual (eyección, viaje, reentrada), la probabilidad de que *todas* estas condiciones

se cumplan *secuencialmente* para que un organismo viable llegue a un planeta habitable y prospere es extremadamente pequeña.

Se argumenta que es más probable que la vida surja *de novo* en un planeta adecuado que sobreviva a este improbable viaje interestelar.

**Encontrar un Blanco Habitable:** La roca no solo necesita ser eyectada y sobrevivir, sino que debe impactar *accidentalmente* en otro planeta con condiciones habitables en el momento justo. La inmensidad del espacio hace que esto sea un evento de una probabilidad astronómicamente baja.

#### **Falta de Evidencia Directa:**

**No hay "Fósiles" Extraterrestres:** No se ha encontrado evidencia concluyente de vida microbiana extraterrestre (pasada o presente) en meteoritos marcianos (como ALH84001, cuya supuesta evidencia fue muy debatida y en gran parte refutada) o en cualquier otro material extraterrestre. Los hallazgos de moléculas orgánicas complejas en meteoritos y cometas son intrigantes, pero no equivalen a vida.

#### **La Panspermia local**

La panspermia local (transferencia de vida entre planetas *dentro* de un mismo sistema solar, como entre Marte y la Tierra) es una hipótesis algo menos fantasiosa que la interestelar, pero sigue enfrentando críticas sustanciales y desafíos importantes, especialmente al considerar la ventana temporal y la evidencia disponible. Aquí un análisis crítico detallado:

## **Desafíos Físicos (Aunque Menores que en la Panspermia Interestelar).**

**Supervivencia a la Eyección:** Si bien las aceleraciones necesarias para eyectar material de Marte (con su menor gravedad) son menores que las requeridas desde la Tierra, siguen siendo brutales (~5,000-10,000 g). La generación de calor por el impacto sigue siendo un riesgo crítico de esterilización.

Experimentos sugieren que solo microbios en el centro de rocas grandes (>1 m) y muy resistentes (como esporas o quistes de extremófilos) tendrían alguna posibilidad.

**Viaje Espacial (Principal Amenaza: Radiación):** El tiempo de tránsito entre Marte y la Tierra es corto (meses a pocos años para la mayoría de las rocas, aunque algunas pueden tardar millones). Sin embargo, el espacio interplanetario está lleno de:

**-Radiación Solar (UV, Protones):** Daña biomoléculas. La roca ofrece protección, pero no total.

**-Rayos Cósmicos Galácticos (GCR):** Partículas de alta energía que penetran *metros* de roca. Son el mayor peligro.

Estudios en la ISS (como EXPOSE) muestran que incluso microbios altamente resistentes (como *Deinococcus radiodurans*) sufren daños letales acumulativos en meses o pocos años de exposición.

Sobrevivir millones de años (para rocas en órbitas de largo periodo) es virtualmente imposible.

**-Vacío y Temperaturas Extremas:** Menos problemáticos para organismos en estado latente protegidos dentro de rocas grandes, pero aún contribuyen al estrés.

**-Reentrada Atmosférica:** El calentamiento por fricción sigue siendo un gran obstáculo. Experimentos como STONE (ESA) demuestran que microbios en la superficie no sobreviven.

La supervivencia en el interior depende críticamente del tamaño de la roca, el ángulo de entrada y la velocidad. Rocas grandes (>1 m) con entradas poco pronunciadas ofrecen la mejor protección, pero es un filtro severo.

### **El Problema Crítico de la Ventana Temporal y la Habitabilidad:**

**-Habitabilidad Temprana de Marte:** La evidencia geológica (rovers como Curiosity, Perseverance) indica que Marte tuvo condiciones superficiales potencialmente habitables (agua líquida, lagos, posiblemente océanos) hace entre ~4.1 y 3.0-3.5 mil millones de años (Ga). Este es el período donde *podría* haber surgido vida en Marte.

**-Habitabilidad Temprana de la Tierra:** La Tierra también fue habitable muy temprano. Evidencias isotópicas (como la firma de carbono en zircones de Jack Hills) sugieren la posible existencia de vida hace ~4.1 Ga, y fósiles inequívocos (estromatolitos) datan de ~3.5 Ga.

**-El Bombardeo Pesado Tardío (LHB):** Ocurrió entre ~4.1 y 3.8 Ga. Este período de intensos impactos esterilizó

repetidamente la superficie terrestre (y marciana), creando un entorno extremadamente hostil para la vida emergente o transferida.

**-La Ventana Estrecha y el Problema de Dirección:**

Para que la panspermia marciana sea relevante para el origen de la vida en la Tierra, la vida debió surgir en Marte *antes* que en la Tierra, y ser eyectada y transferida *antes* de que surgiera vida independiente aquí. Las ventanas de habitabilidad temprana de Marte y la Tierra se superponen significativamente (ambas ~4.1-3.5 Ga), pero el LHB complica enormemente el panorama.

- **¿Marte primero?** No hay evidencia que sugiera que la vida surgiera en Marte significativamente antes que en la Tierra. De hecho, las condiciones en la Tierra primitiva (mayor masa, tectónica de placas activa, protección magnética más robusta) podrían haber sido *más* favorables para el origen de la vida.

**-Transferencia durante el LHB:** El LHB facilitó la eyección de material entre planetas. Sin embargo, el entorno durante este período era infernal. Un impacto lo suficientemente grande como para eyectar rocas marcianas hacia la Tierra probablemente habría esterilizado la región fuente en Marte. Además, la Tierra era un blanco constantemente bombardeado y esterilizado superficialmente. ¿Podría la vida transferida sobrevivir a este infierno en *ambos* extremos?

**-Transferencia post-LHB:** Después de ~3.8 Ga, Marte perdió rápidamente su atmósfera, agua superficial y campo magnético global, volviéndose mucho menos

habitabile. Si la vida surgió allí, habría tenido que adaptarse al subsuelo muy temprano. La ventana para eyectar vida viable desde un Marte superficialmente habitable hacia una Tierra ya habitable (y potencialmente con vida propia) es muy estrecha y coincide con el final del caos del LHB.

### **Falta de Evidencia Directa (El Talón de Aquiles)**

**-Meteoritos Marcianos (SNC):** Se han identificado cientos en la Tierra. Han sido intensamente estudiados en busca de signos de vida pasada o presente.

**-ALH84001 (El Gran Debate):** Este meteorito (de ~4.1 Ga, eyectado de Marte hace ~17 millones de años) generó controversia en los 90 por posibles microfósiles y biomarcadores. El consenso científico actual es que todas las características propuestas tienen explicaciones abióticas convincentes (procesos mineralógicos, contaminación terrestre). No es evidencia de vida marciana.

**-Otros Meteoritos Marcianos:** Ninguno ha proporcionado evidencia concluyente de vida pasada o presente. Se han encontrado moléculas orgánicas, pero su origen abiótico (volcánico, hidrotermal, contaminación) es la explicación más parsimoniosa y apoyada.

### **Misiones a Marte**

**-Viking (1970s):** Experimentos de detección de vida dieron resultados ambiguos e intrigantes, pero no concluyentes. La interpretación predominante es que

fueron reacciones químicas abióticas del suelo marciano (altamente oxidante).

**-Rovers Modernos (Curiosity, Perseverance):** Han encontrado:

Evidencia clara de ambientes pasados habitables (lagos, ríos, química adecuada, moléculas orgánicas complejas.

PERO: Ningún signo inequívoco de vida pasada o presente. Perseverance está recolectando muestras para traer a la Tierra, lo que permitirá análisis mucho más profundos. Hasta ahora, Marte aparece como un planeta que *pudo* albergar vida, pero no tenemos pruebas de que realmente lo hiciera.

Falta de "Firma" en la Tierra: Si la vida terrestre proviniera de Marte, ¿no deberíamos esperar alguna firma bioquímica o genética distintiva? El árbol de la vida terrestre apunta a un Último Ancestro Común Universal (LUCA) bien adaptado a las condiciones terrestres tempranas. No hay evidencia genética o bioquímica que requiera un origen marciano.

### **Probabilidad y Parsimonia**

¿Es Necesaria? La panspermia local no resuelve el problema del origen de la vida (abiogénesis), solo lo desplaza a otro planeta.

### **Probabilidad Acumulada:**

Aunque cada etapa (supervivencia a eyección, viaje, reentrada) tiene una probabilidad mayor que en el caso interestelar, la probabilidad de que *todas* ocurran secuencialmente y con éxito (especialmente dentro de la

estrecha ventana temporal y superando la barrera de la radiación) sigue siendo baja.

**Navaja de Ockham:** Dada la falta de evidencia positiva la hipótesis más parsimoniosa (que requiere menos suposiciones) sigue siendo que la vida surgió de forma independiente en la Tierra.

### **Conclusión Crítica:**

Los desafíos físicos, especialmente la radiación cósmica durante el viaje (incluso corto) y la esterilización térmica en eyección/reentrada, imponen barreras severas a la supervivencia microbiana viable.

La ventana temporal crítica donde Marte era habitable superficialmente pudo albergar vida *antes* que la Tierra, y pudo transferirla viablemente *antes* de que surgiera vida aquí (y sobreviviendo al LHB) es extremadamente estrecha y especulativa.

La ausencia total de evidencia directa, a pesar de décadas de estudio intensivo de meteoritos marcianos y la exploración in situ del planeta, es su mayor debilidad. Marte muestra un pasado habitable, pero no hay pruebas de que realmente albergara vida.

Por lo tanto, aunque la panspermia local es un concepto científicamente interesante que motiva la búsqueda de vida en Marte y el estudio de los límites de la supervivencia biológica, carece actualmente de apoyo empírico sólido y enfrenta obstáculos físicos y temporales sustanciales que la convierten en una explicación poco probable para el origen de la vida en la Tierra.

## **El Precursor Molecular: Supervivencia de los Bloques de Construcción Prebióticos**

Una versión alternativa de la panspermia, a veces llamada "panspermia molecular" o "pseudopanspermia", no requiere el transporte de organismos vivos. En su lugar, postula que los "ladrillos" de la vida (moléculas orgánicas complejas) fueron entregados a la Tierra primitiva, donde tuvo lugar el ensamblaje final.

La hipótesis de la panspermia molecular (o *pseudopanspermia*), que postula que los bloques químicos de la vida llegaron a la Tierra primitiva a través de meteoritos, cuenta con evidencia concreta. Sin embargo, contiene problemas científicos significativos que cuestionan su papel decisivo en el origen de la vida terrestre. Aquí un análisis crítico:

### **1. Problemas con la Evidencia Meteorítica:**

#### **Calentamiento y Contaminación Terrestre:**

Muchos meteoritos, especialmente los más frágiles (como las condritas carbonáceas CI o CM), sufren calentamiento significativo durante la entrada atmosférica. Esto puede degradar moléculas orgánicas complejas.

Tras el impacto, la exposición al agua, oxígeno y biota terrestre causa contaminación rápida. Distinguir moléculas verdaderamente extraterrestres de contaminantes terrestres es un desafío metodológico enorme (aunque técnicas avanzadas como el análisis isotópico ayudan).

## **Baja Concentración y Relevancia Biológica:**

Si bien meteoritos como Murchison contienen *diversidad* de moléculas orgánicas (aminoácidos, bases nitrogenadas, etc.), sus concentraciones absolutas son muy bajas (partes por millón o billón). ¿Fue esta cantidad suficiente para "sembrar" significativamente los océanos primitivos?

Muchos de estos compuestos no son biológicamente relevantes: El meteorito de Murchison contiene aminoácidos tanto *levógiros* (L) como *dextrógiros* (D), mientras que la vida terrestre usa casi exclusivamente L. También contiene muchos aminoácidos que *no* forman parte de las proteínas biológicas. La "señal" útil dentro del "ruido" químico podría ser mínima.

## **2. El Problema de la Entrega Efectiva:**

**Degradación en el Impacto:** Aunque la roca exterior se funde (creando la corteza de fusión), se asume que el interior permanece frío. Sin embargo, el choque súbito y las altas presiones durante el impacto podrían degradar moléculas frágiles incluso en el núcleo del meteorito. Experimentos sugieren que la supervivencia es variable y depende críticamente del tipo de molécula y las condiciones del impacto.

**Dilución en el Ambiente Primordial:** Incluso si las moléculas sobrevivieran intactas, serían inmediatamente diluidas en los vastos océanos primitivos o en lagos. La concentración local inicial podría ser insignificante comparada con la síntesis orgánica *in situ*.

## **El Verdadero "Cuello de Botella" no es la Materia Prima:**

El mayor misterio de la abiogénesis no es la síntesis de moléculas orgánicas simples (aminoácidos, bases), sino los pasos hacia la complejidad:

La formación estable de polímeros funcionales (péptidos, oligonucleótidos) en condiciones acuosas (la hidrólisis compite).

El origen de la catalisis específica y la compartimentalización (protocélulas).

El surgimiento de la información heredable (RNA/DNA) y el metabolismo autocatalítico.

**Critica Central:** La entrega extraterrestre de monómeros no resuelve ninguno de estos problemas fundamentales. Simplemente proporciona *otra* fuente de materia prima para un proceso (el ensamblaje de la vida) que debe ocurrir *de todos modos* en la Tierra, bajo sus propias condiciones.

## **La Ventana Temporal y la Habitabilidad Temprana:**

La Tierra era bombardeada intensamente durante el eón Hadeico (hasta ~3.8 Ga). Este bombardeo:

Podría esterilizar superficies periódicamente, dificultando la acumulación de productos de síntesis *local*.

Pero también aumentaba la tasa de entrega de material extraterrestre.

### **Conclusión Crítica:**

La evidencia de meteoritos como Murchison es irrefutable: la síntesis abiótica de moléculas orgánicas complejas ocurre comúnmente en el espacio y estos compuestos pueden sobrevivir al viaje e impacto en ciertas condiciones. Sin embargo:

La cantidad y relevancia biológica de los compuestos entregados es cuestionable (baja concentración, mezcla de formas quirales, moléculas no biológicas).

La panspermia molecular no aborda los pasos cruciales de la abiogénesis (polimerización, compartimentalización, replicación).

Su contribución relativa frente a las fuentes terrestres disminuyó rápidamente después del intenso bombardeo temprano.

Por lo tanto, si bien la panspermia molecular es un mecanismo para la entrega de materia orgánica extraterrestre, y pudo haber contribuido al "caldo primordial", no es necesaria para explicar el origen de los bloques de construcción en la Tierra, no resuelve el problema central de la abiogénesis.

# LA IMPROBABILIDAD DE LA GENERACIÓN ESPONTÁNEA EN LA TIERRA

La abiogénesis terrestre se enfrenta a obstáculos formidables, tanto desde una perspectiva probabilística como química. Ya hemos estudiado las probabilidades ínfimas equivalentes a cero. Pero eso no es todo.

**Desafíos de la Química Prebiótica:** Más allá de la probabilidad ínfima equivalente a cero, existen obstáculos químicos concretos y bien documentados para la síntesis de los componentes básicos de la vida en la Tierra primitiva.

**El "Problema del Fosfato":** El fósforo es esencial para la vida (en el ADN, el ARN y el ATP), pero la mayoría de los minerales de fosfato en la Tierra primitiva eran insolubles en agua y químicamente no reactivos. Esto dificulta enormemente la fosforilación de nucleósidos y otras biomoléculas, un paso crucial en el camino hacia la vida.

**La Formación del Enlace N-glicosídico:** Un paso fundamental en la hipótesis del "Mundo de ARN" es la formación del enlace N-glicosídico, que une una base nitrogenada (como la adenina) con el azúcar ribosa para formar un nucleósido. Esta reacción es notoriamente ineficiente en condiciones prebióticas plausibles,

especialmente en solución acuosa, y representa uno de los mayores escollos en la síntesis abiótica de los componentes del ARN.

**La Inestabilidad de la Ribosa:** La ribosa, el azúcar del ARN, es en sí misma un problema. Su síntesis a través de la reacción de la formosa produce una mezcla compleja y caótica de muchos azúcares diferentes, con muy poca ribosa. Además, la ribosa es inestable y se degrada rápidamente en solución acuosa, especialmente en las condiciones cálidas que a menudo se postulan para la Tierra primitiva.

Es por ello que los negacionistas se agarran ahora al “clavo ardiendo” de la igualmente altísimamente improbable panspermia que, además, debería solucionar los problemas ya dichos.

En cualquier caso, volvemos al escenario de la ciencia ficción al no haber ningún hallazgo que indique la plausibilidad de la panspermia, por más que se busque incesantemente con todos los medios actuales al alcance, incluida la llegada a Marte de sondas que, desde hace muchos años, exploran el planeta sin hallar el menor rastro de vida ni actual ni fósil.

Por tanto, no se puede fundamentar la única opción supuestamente viable de panspermia en “nada”.

Eso, de nuevo, no es científico.

Entonces, los negacionistas, deberían decir que, con lo que la ciencia sabe, la panspermia no tiene fundamento científico real empírico ninguno.

Si los negacionistas viven de esperanzas, pero no de pruebas científicas, de nuevo sus afirmaciones vuelven a ser muy cuestionables frente a la realidad empíricamente constatada. Eso sí es ciencia, y no lo de los negacionistas pertinaces e irreductibles, como los galos de Astérix, jejejejejeje.

Esos sólo temían que el cielo cayera sobre sus cabezas. Sobre los negacionistas sí que cae el cielo de la ciencia, y eso es lo que más temen.



## LA TIERRA RARA

Ya hace tiempo que Drake enunció una ecuación que, según él, nos daba el número esperable de planetas en el Universo con civilizaciones inteligentes. El resultado era espectacular en cuanto al número.

Hoy día sabemos que dicha ecuación era errónea, pero los negacionistas siguieron insistiendo en que la vida en el Universo y los planetas que la albergan son innumerables.

Eso, frente al supuesto hecho de ser la vida en el Universo algo común, les facilitaba el sostener que algo tan común no precisaba de intervención inteligente para su origen, sino que este era una característica de nuestro Universo que se producía espontáneamente, sin necesidad de intervención ajena de Dios.

Hoy día, como suele pasar, los avances de la Ciencia vuelven a confirmar a Dios y a desacreditar a los negacionistas (y van...).

La hipótesis más plausible, según los avances actuales de la ciencia, es la de La Tierra Rara, que sostiene que la vida en el Universo podría no ser tan común, hasta el punto de ser muy probable que nos encontremos solos en el Cosmos.

# **Un Planeta Singularmente Privilegiado: Una Defensa Argumental de la Hipótesis de la Tierra Rara**

## **Introducción: Una Respuesta al Gran Silencio**

El cosmos, en su vasta e incomprensible escala, nos presenta una de las paradojas más profundas de la ciencia moderna: la Paradoja de Fermi.

Esta paradoja encapsula la contradicción flagrante entre las altas estimaciones de probabilidad para la existencia de vida extraterrestre inteligente y la ausencia total de evidencia observacional de la misma, una quietud cósmica a menudo denominada "El Gran Silencio".

Durante décadas, el Principio de Mediocridad, una extensión del Principio Copernicano, ha dominado el pensamiento astrobiológico, postulando que la Tierra es un planeta rocoso típico que orbita una estrella típica en una región no excepcional de una galaxia común.

La conclusión lógica de este principio es que la vida, y por extensión la vida compleja e inteligente, debería ser un fenómeno común en todo el universo. Sin embargo, el silencio ensordecedor del cosmos sugiere una realidad diferente.

Este estudio presenta una defensa argumental rigurosa de la Hipótesis de la Tierra Rara, una contrapropuesta directa al Principio de Mediocridad.

La tesis central es que aunque algunos elementos primeros abióticos que forman parte de los seres vivos pudieran ser relativamente comunes en el Universo, la secuencia de

eventos astrofísicos, geológicos y biológicos necesarios para el surgimiento y la persistencia de la vida animal compleja es tan extraordinariamente larga, improbable y dependiente de una concatenación de factores fortuitos que la Tierra representa una profunda anomalía estadística.

Lejos de ser la norma, un planeta como el nuestro es una rareza de proporciones cósmicas.

El argumento se construirá como una serie acumulativa de filtros probabilísticos, cada uno de los cuales reduce drásticamente el número de mundos candidatos para la vida compleja.

Este marco, análogo en estructura a la Ecuación de Drake a la que se opone, descompone el problema en sus factores constituyentes.

Se demostrará que la probabilidad de que un planeta supere con éxito cada uno de estos filtros en la secuencia correcta es asombrosamente pequeña.

El análisis procederá desde la escala más grande, la arquitectura galáctica, hasta la más pequeña, la bioquímica de la abiogénesis y las contingencias de la historia evolutiva, para construir un caso acumulativo que ofrezca una solución sobria y empíricamente fundamentada a la Paradoja de Fermi: el silencio no es un misterio que deba resolverse, sino el resultado esperado en un universo fundamentalmente hostil a la complejidad.

## **El Desafío Galáctico - Navegando por la Zona Habitable**

El primer y más amplio filtro para la vida compleja es la ubicación de un sistema planetario dentro de su galaxia anfitriona.

Lejos de ser uniformemente hospitalarias, las galaxias son entornos dinámicos y peligrosos, y solo una estrecha banda anular, conocida como la Zona Habitable Galáctica (ZHG), ofrece un equilibrio precario entre la disponibilidad de recursos y la seguridad existencial a largo plazo. Esta zona está definida por dos límites estrictos: un interior letal y un exterior estéril.

### **La Zona de Esterilización Interior**

Las regiones internas de las galaxias espirales, incluido el bulbo central y las áreas cercanas, son entornos de alta energía fundamentalmente incompatibles con la evolución ininterrumpida de miles de millones de años que requiere la vida compleja.

La densidad estelar en estas regiones es extremadamente alta, lo que conduce a interacciones gravitacionales que pueden desestabilizar las órbitas planetarias, perturbar las nubes de Oort y desencadenar bombardeos de cometas catastróficos.

Más allá de las perturbaciones gravitacionales, el núcleo galáctico es una fuente de radiación letal.

El agujero negro supermasivo en el centro de la Vía Láctea, Sagitario A (Sgr A), aunque actualmente se encuentra en un estado relativamente latente, emite

llamaradas de alta energía y partículas que bañan la región central.

Si entrara en una fase activa, como un cuásar, la radiación resultante esterilizaría una porción significativa del interior de la galaxia.

Quizás la amenaza más persistente proviene de la alta tasa de formación estelar en el interior de la galaxia. Esta actividad estelar está directamente correlacionada con una frecuencia elevada de eventos de alta energía, como las supernovas de colapso de núcleo y los estallidos de rayos gamma (GRB, por sus siglas en inglés) de larga duración.

Una supernova cercana puede aniquilar la vida en un planeta al destruir su capa de ozono y bombardear su superficie con radiación cósmica.

Los GRB son aún más devastadores, capaces de esterilizar sectores enteros de una galaxia a lo largo de su haz colimado.

La frecuencia de estos eventos en el interior galáctico es tan alta que crea una "zona muerta" donde la vida compleja no tendría el tiempo geológico necesario para evolucionar entre eventos de extinción masiva.

### **El Desierto de Recursos Exterior**

A medida que uno se aleja del centro galáctico, las amenazas de radiación disminuyen, pero surge un problema diferente: la escasez de materias primas.

La abundancia de elementos más pesados que el hidrógeno y el helio, que los astrónomos denominan colectivamente "metales", sigue un gradiente decreciente

desde el centro hacia la periferia. Estos elementos pesados son los componentes fundamentales de los planetas terrestres (rocosos).

Por debajo de un umbral crítico de metalicidad, la formación de planetas del tamaño de la Tierra se vuelve estadísticamente improbable; simplemente no hay suficiente silicio, hierro, magnesio, oxígeno y otros elementos para construir mundos rocosos.

Las regiones exteriores de la galaxia son, por lo tanto, un "desierto de recursos", un vasto vacío donde la formación de planetas habitables es rara o imposible.

Además, esta escasez también se aplica a los isótopos radiactivos de larga vida como el potasio-40 ( $^{40}\text{K}$ ), el uranio-235 ( $^{235}\text{U}$ ) y el torio-232 ( $^{232}\text{Th}$ ).

Estos elementos son esenciales, ya que su desintegración radiactiva proporciona el calor interno necesario para impulsar procesos planetarios vitales durante miles de millones de años, como la tectónica de placas y la generación de un campo magnético global, ambos considerados requisitos indispensables para la vida compleja.

### **El Peligro de los Brazos Espirales**

Incluso dentro de los confines de la ZHG, existen zonas de peligro transitorias. Los brazos espirales de una galaxia son regiones de mayor densidad de gas y polvo, lo que conduce a una formación estelar activa.

En consecuencia, la tasa de supernovas es significativamente mayor dentro de los brazos espirales

que en las regiones intermedias. Un sistema planetario que cruce con frecuencia estos brazos estaría sujeto a repetidos episodios de radiación esterilizante.

La supervivencia a largo plazo, por lo tanto, requiere una órbita galáctica que minimice estos cruces.

El Sol posee una órbita de este tipo, conocida como órbita de co-rotación, que lo mantiene sincronizado con la velocidad de rotación de los brazos espirales, permitiéndole permanecer en el espacio inter-brazo, relativamente seguro, durante largos períodos.

Esta sincronía orbital es un factor adicional de rareza, ya que la mayoría de las estrellas de la galaxia no comparten esta propiedad.

En conjunto, estos factores limitan drásticamente el volumen de la galaxia donde la vida compleja podría prosperar. La ZHG es un anillo estrecho, y solo los sistemas estelares con órbitas galácticas fortuitas dentro de este anillo pueden considerarse candidatos viables.

## **Un Puerto Singularmente Tranquilo. El Anómalo Entorno Galáctico de la Vía Láctea**

Habiendo establecido que la vida compleja debe residir en la periferia relativamente tranquila de una galaxia espiral gigante, se introduce un filtro aún más estricto y a menudo pasado por alto: la dinámica del entorno galáctico local.

El modelo cosmológico estándar predice que las galaxias masivas, como la Vía Láctea, crecen a través de una historia de fusiones y acreciones de galaxias enanas más pequeñas. Esta historia de fusiones da forma al entorno de

una galaxia y tiene profundas implicaciones para la habitabilidad.

Un análisis comparativo entre nuestra Vía Láctea y su vecina más cercana, la galaxia de Andrómeda (M31), revela que nuestra galaxia es una anomalía, un puerto cósmico inusualmente tranquilo en un universo de interacciones violentas.

### **La Norma de Andrómeda vs. la Excepción de la Vía Láctea**

La galaxia de Andrómeda, que es hasta dos veces más masiva que la Vía Láctea, se ajusta perfectamente al modelo de acreción jerárquica.

Es un sistema dinámicamente activo, rodeado por un enjambre de casi tres docenas de galaxias satélite conocidas.

Su historia está marcada por una fusión mayor con otra galaxia grande hace unos pocos miles de millones de años, un evento que ha dejado a su población de satélites en un estado asimétrico y perturbado, con muchas de ellas alineadas en un plano y orbitando en la misma dirección, un fenómeno descrito como "extraño" y no completamente comprendido.

Este entorno activo y caótico, producto de una historia de fusiones rica y violenta, es probablemente la norma para las galaxias espirales gigantes.

En marcado contraste, la Vía Láctea es excepcionalmente quiescente.

Posee significativamente menos galaxias satélite que Andrómeda, y sus compañeras más grandes, las Nubes de Magallanes, orbitan a una distancia considerablemente mayor. Esta escasez de compañeras cercanas y masivas sugiere una historia de fusiones mucho más plácida, lo que convierte a nuestro vecindario galáctico en un entorno excepcionalmente estable.

### **Las Consecuencias Destructivas de las Fusiones Galácticas**

Las interacciones y fusiones frecuentes con galaxias enanas, que son comunes en sistemas como el de Andrómeda, son profundamente hostiles para la vida en la periferia galáctica, precisamente la región que de otro modo sería segura.

**Primero**, las perturbaciones gravitacionales de una galaxia enana que pasa o se fusiona pueden sembrar el caos en los sistemas planetarios.

Las mareas gravitacionales pueden desestabilizar las órbitas planetarias, expulsando planetas de sus sistemas o enviándolos en espiral hacia su estrella.

También pueden perturbar las nubes de Oort de los sistemas estelares, desencadenando lluvias de cometas que resultan en bombardeos de impacto masivos y esterilizantes en los planetas interiores.

**Segundo**, y quizás más devastador, las fusiones son uno de los principales desencadenantes de los estallidos de formación estelar (starbursts). La compresión del gas galáctico durante una fusión desencadena una ráfaga de formación de estrellas masivas.

Esta proliferación de estrellas masivas de corta vida aumenta drásticamente la tasa local de supernovas y GRB.

En efecto, una fusión convierte temporalmente la "segura" periferia galáctica en una zona de esterilización, similar al peligroso núcleo galáctico.

Cada uno de estos eventos de estallido de estrellas reinicia el reloj para la evolución de la vida compleja, haciendo imposible que alcance la madurez.

Por lo tanto, la verdadera zona habitable galáctica no es simplemente un anillo espacial estático. Debe ser también un refugio *temporalmente estable*, libre de estas esterilizaciones periódicas inducidas por fusiones durante miles de millones de años.

La periferia de la mayoría de las galaxias espirales gigantes no es un santuario, sino una trampa letal intermitente.

La Vía Láctea, con su inusual historia de fusiones tranquilas y su escasa población de satélites distantes, representa una rara excepción.

Su periferia ha sido un puerto estable y protegido, un requisito previo crucial que probablemente no se cumple en la mayoría de las galaxias de su clase.

## **El Plan Maestro Celestial. Arquitectura de un Sistema Portador de Vida**

Una vez que se ha establecido un nicho seguro a escala galáctica, el siguiente conjunto de filtros opera a nivel del sistema estelar.

La arquitectura de nuestro propio Sistema Solar, que ha demostrado ser capaz de albergar vida compleja, es notablemente atípica en comparación con la diversidad de sistemas exoplanetarios descubiertos hasta la fecha.

Se requieren tanto la estrella correcta como la configuración planetaria correcta, y la combinación de ambas es rara.

### **La Estrella Adecuada: Un Sol de "Ricitos de Oro"**

La gran mayoría de las estrellas en la Vía Láctea son enanas rojas de tipo M, constituyendo aproximadamente el 75% de la población estelar.

Su vida útil extremadamente larga, que puede extenderse por billones de años, las convierte a primera vista en candidatas atractivas para albergar vida.

Sin embargo, presentan graves obstáculos para la habitabilidad.

Su baja luminosidad significa que su zona habitable —la región orbital donde un planeta puede mantener agua líquida en su superficie— se encuentra muy cerca de la estrella.

Esta proximidad tiene dos consecuencias nefastas:

**Acoplamiento de Marea (Tidal Locking):** Un planeta en la zona habitable de una enana M probablemente estaría acoplado por marea, presentando perpetuamente la misma cara a su estrella.

Esto crearía un hemisferio diurno permanentemente abrasado y un hemisferio nocturno congelado, con un

clima extremadamente violento en la zona crepuscular intermedia.

**Actividad Estelar Violenta:** Las enanas M son conocidas por su volatilidad, especialmente en su juventud.

Son propensas a erupciones estelares frecuentes y potentes que emiten ráfagas de radiación de alta energía (rayos X y UV) y partículas cargadas.

Un planeta tan cercano sería bombardeado repetidamente, lo que podría despojarlo de su atmósfera, hervir sus océanos y esterilizar su superficie.

En contraste, las estrellas de tipo G como nuestro Sol, que representan solo alrededor del 6% de la población estelar, ofrecen un equilibrio mucho más favorable.

Su vida útil de aproximadamente 10 mil millones de años es suficientemente larga para permitir la evolución de la vida compleja, que en la Tierra tardó casi 4 mil millones de años.

Su zona habitable es más ancha y se encuentra a una distancia mayor, lo que permite a los planetas mantener rotaciones independientes (dando lugar a ciclos de día y noche) y los protege de los peores efectos de la actividad estelar.

### **La Arquitectura Planetaria Adecuada: Un Sistema Ordenado y Estable**

La configuración de nuestro Sistema Solar —con planetas rocosos pequeños en el interior y gigantes gaseosos en órbitas exteriores estables y casi circulares— se consideró durante mucho tiempo el modelo estándar.

Sin embargo, los miles de sistemas exoplanetarios descubiertos por misiones como Kepler y TESS han demostrado que nuestra arquitectura es, de hecho, bastante inusual.

Muchas configuraciones comunes en otros lugares serían catastróficas para la vida en un planeta como la Tierra.

Un hallazgo común es la existencia de "Júpiteres calientes", gigantes gaseosos que orbitan extremadamente cerca de su estrella, mucho más cerca que Mercurio del Sol.

La migración de un gigante gaseoso a través de las regiones internas de un sistema planetario probablemente destruiría o expulsaría cualquier planeta terrestre que se hubiera formado allí.

Otro rasgo común son los planetas gigantes en órbitas altamente excéntricas (muy elípticas), en lugar de casi circulares como las de nuestro sistema.

Un gigante gaseoso en una órbita excéntrica cruzaría regularmente las órbitas de los planetas interiores, desestabilizando gravitacionalmente todo el sistema y haciendo imposibles las condiciones estables a largo plazo.

La presencia de un gigante gaseoso masivo como Júpiter en una órbita exterior, estable y casi circular es un factor crítico para la habitabilidad de la Tierra.

Júpiter actúa como un "escudo cósmico" o un "guardián", cuya inmensa gravedad limpia el Sistema Solar interior de asteroides y cometas potencialmente peligrosos.

Atrae y captura estos cuerpos o los desvía a trayectorias que los expulsan del sistema.

Aunque su papel es complejo y a veces puede desviar objetos hacia el interior, en general reduce drásticamente la frecuencia de impactos a gran escala que podrían causar extinciones masivas.

Sin Júpiter, la Tierra habría sufrido un bombardeo de impactos mucho más intenso y prolongado, lo que habría impedido que la vida compleja se afianzara.

La rareza de esta arquitectura estable, con un "guardián" bien posicionado, constituye otro filtro significativo.

## **La Receta Terrestre. Una Confluencia Improbable de Atributos Planetarios**

Incluso dentro de un sistema estelar estable y bien configurado, el planeta mismo debe poseer un conjunto de propiedades intrínsecas altamente específicas y probablemente raras para que la vida compleja pueda surgir y prosperar.

La Tierra posee al menos tres características excepcionales que, en conjunto, crean un entorno único: una máquina geológica activa, un gran satélite estabilizador y un escudo magnético protector. La confluencia de estos atributos no es una mera coincidencia; pueden estar causalmente vinculados a un único evento de baja probabilidad en la historia temprana de la Tierra.

## **A. El Motor Geológico: Tectónica de Placas**

La Tierra es el único cuerpo del Sistema Solar con una tectónica de placas activa y sostenida, un proceso en el que su litosfera está dividida en placas rígidas que se mueven, chocan y se subducen unas debajo de otras.

Este dinamismo geológico es fundamental para la habitabilidad a largo plazo. Actúa como el motor del ciclo del carbono-silicato, un termostato planetario crucial.

El vulcanismo en los límites de las placas libera dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) a la atmósfera, mientras que la meteorización de las rocas de silicato recién expuestas en las cordilleras elimina el  $\text{CO}_2$  de la atmósfera.

Este ciclo de retroalimentación negativa ha mantenido el clima de la Tierra dentro de un rango relativamente estable durante miles de millones de años, compensando el aumento gradual de la luminosidad del Sol.

Sin la tectónica de placas, un planeta probablemente terminaría en un estado de "tapa estancada" (stagnant lid), como Marte o Venus. En este escenario, el reciclaje de carbono es ineficiente. Un planeta podría perder su  $\text{CO}_2$  y congelarse, o acumularlo sin control y sufrir un efecto invernadero desbocado, como Venus.

Aunque algunos modelos sugieren que la regulación climática podría ser posible en planetas con tapa estancada, las condiciones son mucho más restrictivas y la habitabilidad a largo plazo es menos probable.

La tectónica de placas también es responsable de la creación de continentes y cuencas oceánicas, generando la diversidad de hábitats que impulsa la biodiversidad.

### **B. La Luna Estabilizadora: Una Colisión Fortuita**

La Luna de la Tierra es anómalamente grande en relación con su planeta anfitrión, una característica no vista en ningún otro lugar del Sistema Solar.

La teoría predominante para su formación, la hipótesis del impacto gigante, postula una colisión de baja probabilidad entre la proto-Tierra y un protoplaneta del tamaño de Marte, apodado Theia, hace unos 4.5 mil millones de años.

Este evento cataclísmico lanzó una enorme cantidad de material a la órbita, que finalmente se fusionó para formar la Luna.

Este choque tuvo características de inclinación respecto de la Tierra muy específicas, como ya hemos visto, pues de otra manera o habría destruido La Tierra o habría creado un entorno incompatible con la vida. Esto ya lo vimos y no es preciso repetirlo.

La presencia de esta gran luna es vital para la estabilidad climática de la Tierra.

El par gravitacional que la Luna ejerce sobre el abultamiento ecuatorial de la Tierra estabiliza la inclinación de su eje de rotación (oblicuidad) dentro de un rango estrecho, actualmente entre 22.1 y 24.5 grados.

Esta estabilidad axial asegura estaciones predecibles y relativamente suaves.

Sin la Luna, las perturbaciones gravitacionales de otros planetas, especialmente Júpiter, harían que la oblicuidad de la Tierra variara caóticamente en escalas de tiempo geológicas, oscilando potencialmente desde 0 grados (sin estaciones) hasta 85 grados (estaciones extremas con los polos apuntando casi directamente al Sol).

Tales cambios climáticos catastróficos y violentos habrían hecho casi imposible la supervivencia de la vida animal compleja.

### **C. El Escudo Protector: Un Campo Magnético Global**

La habitabilidad a largo plazo de la superficie de un planeta requiere la protección de un campo magnético global persistente.

Este campo, generado por la convección de hierro fundido en el núcleo externo de la Tierra, crea una magnetosfera que desvía el viento solar, una corriente de partículas cargadas de alta energía que emana del Sol. Sin esta protección, el viento solar erosionaría gradualmente la atmósfera del planeta, despojándola de sus volátiles y, finalmente, de su agua.

El destino de Marte sirve como una advertencia aleccionadora. La evidencia geológica sugiere que Marte tuvo una vez una atmósfera más densa y agua líquida en su superficie.

Sin embargo, debido a su menor tamaño, su núcleo se enfrió y solidificó más rápidamente que el de la Tierra, lo que provocó el cese de su dínamo magnético hace unos 4 mil millones de años.

Sin un escudo magnético, el viento solar despojó a Marte de la mayor parte de su atmósfera, transformándolo en el desierto frío y árido que vemos hoy.

El tamaño suficiente de la Tierra para mantener un núcleo fundido y convectivo durante miles de millones de años es, por lo tanto, un requisito previo no negociable para la vida compleja en la superficie.

Es esencial indicar que estos tres factores (tectónica de placas, una luna grande y un campo magnético) no son necesariamente eventos independientes.

El mismo impacto gigante que formó la Luna puede haber sido el catalizador de los otros dos. La colisión habría añadido una enorme cantidad de energía y momento angular a la Tierra, manteniendo su núcleo fundido y girando vigorosamente, condiciones ideales para un dínamo magnético duradero.

Además, el impacto podría haber arrancado la corteza primordial de la Tierra, creando una litosfera más delgada y propensa a fracturarse en placas, facilitando así el inicio de la tectónica de placas.

Si este es el caso, la Tierra no solo tuvo que ganar tres loterías planetarias separadas, sino una única lotería de muy baja probabilidad que otorgó los tres premios a la vez, lo que hace que la configuración de nuestro planeta sea aún más improbable.

## **El Problema del Génesis. La Abiogénesis como un Filtro Formidable**

Incluso en un planeta con todos los atributos astrofísicos y geológicos correctos, la vida debe comenzar.

El proceso de abiogénesis —el origen de la vida a partir de materia inanimada— representa quizás el filtro más formidable y menos comprendido de todos.

Lejos de ser un proceso simple y probable, la transición de la química prebiótica a un sistema autorreplicante y con capacidad de evolución darwiniana se enfrenta a obstáculos químicos, termodinámicos y probabilísticos de una magnitud asombrosa.

### **El Laberinto Químico de la Síntesis Prebiótica**

Las teorías modernas sobre el origen de la vida, como la hipótesis del "Mundo de ARN", postulan que el ARN fue el polímero central de la vida temprana, actuando tanto como portador de información genética como catalizador (ribozima).

Sin embargo, la síntesis abiótica de los componentes básicos del ARN en condiciones plausibles de la Tierra primitiva está plagada de dificultades.

La ribosa, el azúcar que forma la columna vertebral del ARN, es notoriamente inestable en soluciones acuosas y se degrada rápidamente.

La formación del enlace N-glicosídico, que une el azúcar a las nucleobases, es una reacción químicamente desfavorable y difícil de lograr sin la ayuda de enzimas.

Además, la fosforilación, el proceso de añadir grupos fosfato para formar nucleótidos completos, requiere condiciones y agentes activadores específicos que a menudo son incompatibles con la síntesis de otros precursores, lo que se conoce como el "problema del fosfato".

Muchos escenarios propuestos para la síntesis prebiótica requieren una secuencia precisa de condiciones ambientales que son geológicamente inverosímiles de mantener en un solo lugar, como ciclos de humedad y sequedad, o cambios drásticos de pH.

### **El Problema de la Dilución de la "Sopa Primordial"**

La noción clásica de una "sopa primordial" rica en compuestos orgánicos se enfrenta a un problema fundamental de concentración.

La Tierra primitiva era probablemente un mundo acuático, con océanos que podrían haber contenido hasta el doble del volumen de agua actual.

Aunque se sabe que los meteoritos y el polvo interplanetario entregan moléculas orgánicas a los planetas, su dilución en un océano global habría resultado en concentraciones extremadamente bajas.

Las estimaciones sugieren que la concentración de aminoácidos en el océano prebiótico no habría superado los  $10^{-10}$  M, una dilución inmensa.

A estas concentraciones, las reacciones de condensación necesarias para formar polímeros como proteínas y ácidos

nucleicos son termodinámicamente desfavorables y cinéticamente insignificantes.

Se necesitarían mecanismos de concentración altamente eficientes y geográficamente extendidos, como la evaporación en estanques o la adsorción en superficies minerales, pero la viabilidad y escala de estos mecanismos siguen siendo un problema no resuelto.

### **La Barrera Probabilística: Información a partir del Caos.**

La transición de la química simple a un sistema vivo no es solo una cuestión de ensamblar los componentes correctos, sino de ensamblarlos en secuencias específicas que contengan información funcional.

Este es el obstáculo probabilístico más profundo. La analogía del "tornado en un depósito de chatarra" de Fred Hoyle, aunque a menudo criticada como una simplificación excesiva, capta la esencia del problema de generar complejidad específica por puro azar.

Este argumento intuitivo ha sido cuantificado por el trabajo experimental del biólogo Douglas Axe.

Mediante la realización de mutaciones sistemáticas en la enzima beta-lactamasa, Axe estimó la prevalencia de secuencias de aminoácidos que pueden plegarse en una estructura tridimensional estable y funcional.

Sus resultados indican que la probabilidad de que una secuencia aleatoria de 150 aminoácidos forme un pliegue funcional es de aproximadamente 1 en  $10^{77}$ .

Esta cifra es tan astronómicamente pequeña que supera los recursos probabilísticos de todo el universo observable a lo largo de su historia.

Incluso si se tienen en cuenta todos los átomos del universo realizando experimentos a la máxima velocidad físicamente posible durante 14 mil millones de años, la probabilidad de encontrar una sola proteína funcional por azar es efectivamente cero.

La hipótesis de la panspermia, que sugiere que la vida podría haberse originado en otro lugar y haber sido transportada a la Tierra, no resuelve este problema fundamental, sino que simplemente lo traslada.

De hecho, la panspermia dentro de nuestro propio Sistema Solar presenta una paradoja que refuerza la Hipótesis de la Tierra Rara.

Marte, debido a su menor tamaño, se enfrió y se volvió potencialmente habitable antes que la Tierra.

Dado que sabemos que el material rocoso se intercambia entre Marte y la Tierra a través de impactos de meteoritos (litopanspermia), si la abiogénesis fuera un proceso probable en condiciones favorables, debería haber ocurrido primero en Marte.

La vida marciana habría tenido entonces una ventaja de cientos de millones de años para colonizar la Tierra.

Sin embargo, no hemos encontrado ninguna evidencia concluyente de vida pasada o presente en Marte, y mucho menos evidencia de que la vida en la Tierra sea de origen marciano.

El "silencio marciano" actúa como un experimento de control fallido para la abiogénesis.

El hecho de que la vida no parezca haber surgido y prosperado en el candidato más prometedor de nuestro vecindario sugiere fuertemente que la abiogénesis es, de hecho, un evento de una improbabilidad abrumadora.

## **El Camino Contingente de la Evolución. Escapando del Tapete Microbiano**

Incluso si la vida logra superar el inmenso obstáculo de la abiogénesis, su progresión hacia una complejidad multicelular y, finalmente, hacia la inteligencia tecnológica, no es una consecuencia inevitable.

La visión de la evolución como una "escalera de progreso" que conduce de forma predecible hacia formas más complejas y cerebrales es una falacia antropocéntrica.

En cambio, la historia de la vida en la Tierra está marcada por una profunda contingencia, como argumentó el paleontólogo Stephen Jay Gould. Su famosa metáfora de "rebobinar la cinta de la vida" sugiere que cualquier alteración menor en los eventos pasados habría conducido a resultados evolutivos radicalmente diferentes, y que la aparición de la inteligencia humana fue un accidente histórico, no un resultado predeterminado.

Varios eventos clave en la historia de la Tierra sirven como filtros contingentes que demuestran la naturaleza no direccional de la evolución.

## **Filtro 1: El Gran Evento de Oxidación (GEO)**

Durante los primeros 1.5 a 2 mil millones de años de su existencia, la vida en la Tierra fue exclusivamente microbiana y anaeróbica.

La atmósfera y los océanos carecían de oxígeno libre. El Gran Evento de Oxidación, que comenzó hace unos 2.4 mil millones de años, fue una transformación planetaria provocada por una única innovación biológica: la fotosíntesis oxigénica en las cianobacterias.

Este evento fue, en esencia, la primera catástrofe de contaminación a escala mundial.

El oxígeno, un producto de desecho tóxico para la mayoría de la vida anaeróbica de la época, provocó una extinción masiva.

Sin embargo, esta transformación fue un requisito previo absoluto para la evolución de la vida animal compleja.

El metabolismo aeróbico, que utiliza el oxígeno como aceptor de electrones, es órdenes de magnitud más eficiente energéticamente que el metabolismo anaeróbico, y es esta eficiencia la que permite la existencia de organismos grandes, activos y multicelulares.

La aparición de la fotosíntesis oxigénica no fue un resultado inevitable; fue una invención evolutiva contingente que dependió de una compleja maquinaria bioquímica y de una interacción con los sumideros geoquímicos del planeta (como el hierro disuelto en los océanos).

## **Filtro 2: La Explosión del Cámbrico y la Lotería de la Supervivencia**

La aparición de la mayoría de los principales planes corporales de los animales (filos) en un período geológicamente corto, conocido como la Explosión del Cámbrico (hace unos 540 millones de años), no fue una expansión ordenada de la diversidad.

Según la interpretación de Gould de los fósiles del Burgess Shale, este período fue testigo de una explosión de disparidad anatómica, con la aparición de muchos planes corporales extraños y experimentales que no tienen descendientes modernos.

A esta explosión le siguió una "decimación" masiva, un evento de extinción que eliminó la mayoría de estos filos.

Gould argumentó que la supervivencia en esta extinción no se basó en una superioridad adaptativa predecible, sino en la suerte.

El hecho de que nuestro propio filo, los cordados, sobreviviera a esta lotería fue un accidente histórico.

Si se hubiera rebobinado la cinta, un conjunto diferente de supervivientes podría haber dado lugar a una biosfera completamente distinta, una en la que los vertebrados, y por lo tanto los humanos, nunca habrían evolucionado.

## **Filtro 3: Las Extinciones en Masa como Reinicios Evolutivos**

La historia de la vida compleja ha sido repetidamente interrumpida y redirigida por eventos de extinción en masa.

El más conocido es el evento de extinción del Cretácico-Paleógeno (K-Pg), hace 66 millones de años, causado por el impacto de un asteroide.

Este evento eliminó aproximadamente el 75% de las especies de la Tierra, incluyendo todos los dinosaurios no aviares, que habían sido los vertebrados terrestres dominantes durante más de 150 millones de años.

La desaparición de los dinosaurios abrió una vasta gama de nichos ecológicos que antes estaban ocupados.

Fue esta oportunidad ecológica la que permitió la radiación adaptativa de los mamíferos, que hasta entonces habían sido en su mayoría criaturas pequeñas y nocturnas.

Sin este evento catastrófico y puramente casual, es casi seguro que los mamíferos no habrían podido subsistir.

La inteligencia tecnológica en sí misma no parece ser un rasgo de convergencia evolutiva.

La evolución convergente es el proceso por el cual linajes no relacionados desarrollan independientemente rasgos similares para resolver problemas adaptativos comunes, como las alas en aves, murciélagos e insectos, o los ojos de tipo cámara en vertebrados y cefalópodos.

Estas convergencias son una fuerte evidencia de que ciertos rasgos son soluciones adaptativas robustas y probables.

Sin embargo, la inteligencia tecnológica de nivel humano ha evolucionado solo una vez en los 4 mil millones de

años de historia de la vida en la Tierra, en una única y muy reciente rama del árbol de la vida.

A pesar de la existencia de otras líneas altamente inteligentes como los córvidos y los cefalópodos, ninguna ha desarrollado tecnología.

Esto sugiere fuertemente que la inteligencia tecnológica no es una solución adaptativa inevitable, sino más bien un resultado altamente contingente y quizás único. Este punto se ve reforzado por el análisis bayesiano de la cronología de la Tierra, que encuentra probabilidades de 3:2 a favor de que la inteligencia es un resultado raro de la evolución.

### **Conclusión: La Profunda Rareza de la Tierra y una Respuesta al Gran Silencio**

El argumento presentado en este estudio constituye un caso acumulativo y multifacético a favor de la Hipótesis de la Tierra Rara. Al examinar la evidencia desde la escala galáctica hasta la molecular y evolutiva, se hace evidente que la cadena de requisitos para la existencia de vida animal compleja es extraordinariamente larga y cada eslabón de esa cadena es, en sí mismo, altamente improbable.

La probabilidad final de que un planeta supere todos y cada uno de estos filtros es el producto de muchas probabilidades pequeñas, lo que resulta en una cifra final asombrosamente pequeña.

Hemos visto que la vida compleja requiere un planeta que orbite la estrella correcta, en la ubicación correcta dentro de una galaxia del tipo correcto.

Pero este nicho espacial, la Zona Habitable Galáctica, se ve aún más restringido por un requisito temporal: la galaxia anfitriona debe tener una historia de fusiones inusualmente tranquila, como la de la Vía Láctea, para evitar la esterilización periódica de su periferia por estallidos de formación estelar inducidos por fusiones.

El sistema planetario en sí debe poseer una arquitectura estable, con un gigante gaseoso guardián en una órbita exterior circular, una configuración que las encuestas de exoplanetas sugieren que es atípica.

A nivel planetario, el mundo candidato debe poseer una improbable confluencia de características: el tamaño adecuado para mantener el calor interno, una tectónica de placas activa para regular el clima, un campo magnético robusto para proteger su atmósfera y una luna anómalamente grande para estabilizar su eje de rotación.

Es plausible que estos tres últimos requisitos estén causalmente ligados a un único evento de baja probabilidad: un impacto gigante en el momento y con la geometría adecuados.

Incluso si un planeta tan milagroso existiera, la vida debe comenzar.

La abiogénesis se enfrenta a obstáculos químicos aparentemente insuperables en la síntesis de polímeros de información y a una barrera probabilística de

proporciones astronómicas, como lo demuestran los cálculos teóricos y los resultados experimentales.

El hecho de que Marte, el candidato más prometedor para un segundo génesis en nuestro sistema, parezca estéril, refuerza la conclusión de que el origen de la vida es un evento de una rareza extrema.

Finalmente, si la vida surge, su camino hacia la inteligencia no es una marcha predecible. La historia de la vida en la Tierra es una saga de contingencias radicales: innovaciones biológicas que transformaron el planeta, extinciones masivas que podaron el árbol de la vida de forma aleatoria y catástrofes cósmicas que abrieron oportunidades inesperadas.

La inteligencia tecnológica no es un rasgo convergente hacia el que la evolución tiende de forma natural; es el resultado único y fortuito de una de las innumerables trayectorias posibles.

El Gran Silencio, por lo tanto, no es una paradoja. Es el resultado observacional que se espera en un universo donde la vida compleja es excepcionalmente rara.

No estamos en silencio porque seamos los primeros, ni porque otros se escondan. Estamos en silencio porque, con toda probabilidad, estamos solos.

Nuestra existencia no es un testimonio de un imperativo cósmico para la vida, sino de una confluencia milagrosa de fortuna cósmica, geológica y biológica.

Somos el producto de una cadena de improbabilidades, y es muy posible que seamos el único ejemplo en nuestra galaxia.

Y esto nos lleva a reforzar todo lo que anteriormente hemos sostenido: ¿Casualidad?: No lo creo.

## EPÍLOGO

Todos los datos científicos, basados en la ciencia actual sin sesgos antirreligiosos ni de ningún tipo, nos conducen a afirmar plausiblemente que tal cúmulo de casualidades como las expuestas, en su conjunto, hacen factible anunciar que la vida, no sólo en La Tierra, sino en el Universo, tuvo un origen divino. Esa es la única conclusión lógica posible.

Todo lo demás ya lo hemos descartado científica y filosóficamente hablando, con rigor académico incontestable, y si no “Que venga Dios y lo vea”.

Jesus Fernandez-Pedrerá

En Sant Boi de Llobregat (Barcelona-España), a 31 de julio de 2025.