



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2025,  
Volumen 9, Número 5.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i5](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5)

**EXPANSIÓN FUNDAMENTAL:  
RELATIVIDAD Y MECÁNICA CUÁNTICA  
UNIFICADAS POR LA EXPANSIÓN  
DEL UNIVERSO**

**FUNDAMENTAL EXPANSION: RELATIVITY AND  
QUANTUM MECHANICS UNIFIED BY THE EXPANSION  
OF THE UNIVERSE**

**Jorge Armando Pérez Cortes**  
Investigador Independiente, México

## Expansión Fundamental: Relatividad y Mecánica Cuántica Unificadas por la Expansión del Universo

**Jorge Armando Pérez Cortes<sup>1</sup>**

[23jcortezs@gmail.com](mailto:23jcortezs@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0006-2247-2625>

Investigador Independiente.

México

### RESUMEN

Este trabajo propone una teoría que unifica la mecánica cuántica, la relatividad general y la gravedad mediante el principio de la expansión del universo (Einstein, 1915; Hubble, 1929; Penrose, 1989). En este marco, el tiempo no es una coordenada preexistente, sino un fenómeno dinámico y expansivo: surge como consecuencia directa de la expansión cósmica (Rovelli, 1996; Smolin, 2006; Pérez Cortes, 2025). Así, el tiempo no contiene la expansión, sino que emerge de ella, y el flujo temporal refleja la percepción acumulada de estos pulsos. Donde la transición entre estados no requiere observador externo, sino que es provocada por la expansión del universo (Zeh, 1970; Schrödinger, 1935). Así, el Big Bang no fue una explosión localizada, sino un evento de decoherencia cósmica, en el cual la función de onda universal colapsó al iniciarse la expansión dinámica (Gell-Mann & Hartle, 1990). Antes de esto, el universo existía en un estado de superposición cuántica total, sin estructura ni tiempo. La expansión rompió esta simetría perfecta, transformando potencial cuántico en realidad física y generando luz, materia y tiempo. En este sentido, el tiempo nace con la expansión, y el Big Bang representa el primer pulso del ritmo cósmico, el instante en que lo posible se convierte en el primer acto de lo real.

**Palabras clave:** tiempo, expansión cósmica, big bang, decoherencia cósmica, expansión dinámica.

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [23jcortezs@gmail.com](mailto:23jcortezs@gmail.com)

# Fundamental Expansion: Relativity and Quantum Mechanics Unified by the Expansion of the Universe

## ABSTRACT

This work proposes a theory that unifies quantum mechanics, general relativity, and gravity through the principle of the expansion of the universe (Einstein, 1915; Hubble, 1929; Penrose, 1989). In this framework, time is not a pre-existing coordinate, but a dynamic and expansive phenomenon: it arises as a direct consequence of cosmic expansion (Rovelli, 1996; Smolin, 2006; Pérez Cortes, 2025). Thus, time does not contain expansion, but emerges from it, and the temporal flow reflects the accumulated perception of these pulses. Where the transition between states does not require an external observer, but is caused by the expansion of the universe (Zeh, 1970; Schrödinger, 1935). Thus, the Big Bang was not a localized explosion, but a cosmic decoherence event, in which the universal wave function collapsed as dynamic expansion began (Gell-Mann & Hartle, 1990). Before this, the universe existed in a state of total quantum superposition, without structure or time. The expansion broke this perfect symmetry, transforming quantum potential into physical reality and generating light, matter, and time. In this sense, time is born with expansion, and the Big Bang represents the first pulse of the cosmic rhythm, the instant in which the possible becomes the first act of the real.

**Keywords:** time, cosmic expansion, big bang, cosmic decoherence, dynamic expansion.

*Artículo recibido 25 setiembre 2025  
Aceptado para publicación: 25 octubre 2025*



## INTRODUCCIÓN

Propongo que el tiempo es la expansión del universo siendo una expresión rítmica del cosmos. Cada incremento de expansión constituye un pulso cuántico-cosmológico, un “latido” del universo que se repite continuamente de manera estable. Estos pulsos, generados por la expansión misma, dan lugar a la percepción del fluir temporal, integrando así el carácter dinámico y cuántico del tiempo con la estructura cósmica del universo. El tiempo, entonces, se redefine como la medida del ritmo de expansión, no como un fondo absoluto. No es un referente estandarizado sino un fenómeno emergente que proviene del propio acto de crecimiento del espacio. Desde esta perspectiva, el Big Bang no fue una explosión repentina, sino más bien el primer pulso de expansión, es decir, el instante en que la total superposición cuántica del universo perdió coherencia y en consecuencia generó el tiempo (Hartle & Hawking, 1983; Bojowald, 2008). La expansión descrita por la constante dinámica  $Z(t)=e^{2\lambda}\int H(t)dt$  se comporta cual metrónomo cósmico que da cuenta de la secuencia de acontecimientos: con cada pulso, la realidad se va constituyendo un poquito más, la posibilidad cuántica se va convirtiendo en existencia física (Gell-Mann & Hartle, 1990). Como resultado, el tiempo ya no se concibe como un flujo continuo, sino como una serie de pulsos de expansión estable que deben organizar a la materia y a la energía, manteniendo así el ritmo fundamental que da razón a la realidad (Padmanabhan & Padmanabhan, 2017). En este contexto, la expansión del universo no solo determina el firmamento que toma el universo a gran escala, sino que se comporta como un agente causante activa capaz de causar el colapso cuántico. De este modo queda reconfigurado el papel de la expansión cósmica como agente físico causal que modula la probabilidad de colapso de la función de onda cuántica, eliminando la necesidad del observador externo.

Esta concepción llena un vacío teórico de haciendo que la mecánica cuántica clásica suponga una forma definitiva de resolver la paradoja de Schrödinger en términos cosmológicos válidos. (Pérez Cortes, 2025).

La expansión podría corresponder al propio Big Bang que, en ese sentido, es la primera pulsación del universo, el pulsar que todavía hoy respalda la coherencia del universo en su incesante devenir (Linde, 2015). Es en el instante en el que se inicia la expansión del universo en el que corresponde ese primer pulso que marca el nacimiento del tiempo, mientras la realidad se encuentra en una superposición



cuántica total; es en dicho momento en el que no hay partículas ni radiación definidas, sino una energía cuántica indefinida, un campo potencial en el cual todas las posibilidades de existencia están presentes y coexisten, y no se distinguen (Zurek, 2003).

La expansión empieza a romper esa simetría perfecta: el aumento de  $Z(t)$  lleva a la primera decoherencia cósmica y, con ella, el universo deja de ser pura posibilidad para empezar a depositarse (Joos et al., 2003).

En los primeros momentos de dicha transición, la energía primigenia se reordena influenciada por el propio crecimiento del espacio (Kiefer, 2012). La expansión convierte parte de esa energía indeterminada en energía radiante y así aparecen los primeros fotones, que son expresión del colapso cuántico universal (Rovelli & Vidotto, 2015).

Con la evolución y el aumento progresivo de la decoherencia también se propaga y multiplica la luz, acompañando el nacimiento de la materia y del espacio-tiempo definidos (Bojowald & Halnon, 2016). Aunque al principio el universo era opaco pues la densidad energética lo hacía imposible para los fotones moverse libremente, la expansión continuó enfriando el cosmos hasta volverlo transparente (Planck Collaboration, 2020).

En ese momento, la luz quedó liberada, consolidándose como la huella primigenia del primer latido cósmico inicial (Guth, 1997).

Desde entonces, cada fotón que viaja por el universo vuelve a llevar la memoria de aquella primera pulsación que transformó la posibilidad cuántica en realidad luminosa (Zurek, 2003).

En el principio absoluto del universo, justo antes del Big Bang, el universo se encuentra en total estado de superposición cuántica, descrita por una cierta  $P(t)$  que especifica una cantidad de colapso de  $P(t)=0.5$ . Bajo este contexto, la ecuación clave del modelo puede formalizarse como

$$P(t)=0.5 \cdot [1+Z(t)]$$

donde  $P(t)$  describe la probabilidad de colapso hacia el estado determinado y  $Z(t)$  caracteriza las expansiones pulsantes del universo. Conforme  $Z(t)$  crece,  $P(t)$  tiende a 1, lo que significa que el sistema va evolutivamente hacia un estado definido sin intervención externa.

De este comportamiento se puede extraer que el colapso es un proceso determinista y evolutivo el cual se da por la dinámica global del universo.



### Marco teórico: expansión, decoherencia y termodinámica del universo.

A partir de esta función de onda universal, la expansión, enunciada en consideración de la constante dinámica  $Z(t)$  es el agente físico que inicia la desaparición de la coherencia del estado del universo que ha sido el estado antes de la expansión (Gell-Mann & Hartle, 1990). Así, el incremento de la función  $Z(t)$  especifica el estado de decoherencia cósmica que corresponde con la tasa  $\Gamma(t)$ , que se puede expresar como:

$$\Gamma(t) = \Gamma_0 \cdot Z(t)$$

donde  $\Gamma_0$  es una constante con dimensiones de tiempo<sup>-1</sup>, que mide el acoplamiento del sistema cuántico con el agente de expansión. El incremento de la “(t)” hace que  $\Gamma(t)$  también incrementa, con el objetivo de establecer una probabilidad de colapso que obedezca a  $P(t) = I$ ; el proceso que toma el lugar de la expansión misma es el primer ritmo de expansión: el paso del universo de un campo puramente potencial a una configuración física (Joos et al., 2003). Durante ese pulso inicial, la energía cuántica incierta comienza a diferenciarse.

El crecimiento de la decoherencia transforma parte del potencial cuántico en energía radiante, dando lugar a los primeros fotones (Rovelli & Vidotto, 2015).

Así, la luz surge como la primera forma física del colapso cósmico universal: producto directo del aumento de  $Z(t)$  y por ende de la propia expansión (Kiefer, 2012).

El marco teórico se manifiesta a través de una propuesta que mezcla con lo largo un campo métrico  $g_{\mu\nu}$ , un campo escalar

$$\phi(t) \approx \int H(t) dt$$

que se interpreta como una expansión acumulativa y la interacción

$$S_{\text{int}} = \int f(\phi) O[\Psi] \sqrt{-g} d^4x$$

en la que  $f(\phi)$  describe el acoplamiento entre el campo escalar y el sistema cuántico, y  $O[\Psi]$  es un operador que opera sobre el estado cuántico  $\Psi$ . La dinámica de  $\phi$  está determinada por su potencial  $V(\phi)$ , que describe la evolución mundial del universo.

En virtud de lo anterior, la tasa de decoherencia temporal se define como tal:

$$\Gamma(t) = \Gamma_0 Z(t) \text{ siendo } Z(t) = \exp\left(2i \int_0^t H(t') dt'\right)$$

donde



$\Gamma_0$  es una cantidad con dimensiones de tiempo<sup>-1</sup>, que mide el acoplamiento del sistema cuántico con el agente de decoherencia.

$\lambda$  es un parámetro adimensional que cuantifica la sensibilidad del sistema al crecimiento cosmológico.  $t_i$  es el tiempo inicial de la época de referencia (por ejemplo, la era de Planck o una época cosmológica temprana). La elección de  $t_i$  determina la magnitud acumulada de  $Z(t)$  y debe definirse claramente para evitar ambigüedad física. Esto implica que la magnitud de  $Z(t)$  no es absoluta, sino que depende de dónde decidas empezar a contar la expansión (por ejemplo, desde la era de Planck, o desde otra época temprana).

Observemos que el crecimiento acumulado  $Z(t)$ , indica que la pérdida de coherencia no es local ni azarosa, sino que es estructural: el crecimiento del universo implica una mayor probabilidad de decoherencia del sistema atado así a llevarse a un estado definido. Así, cuando se da el límite  $Z(t)=0$  el sistema se mantiene en superposición ( $\Gamma=0$ ); mientras que para  $Z(t)=\infty$  la decoherencia es total y el sistema alcanza un estado definido.

Es importante destacar que  $Z(t)$  no es una cantidad dimensional, esto es, que no se trata de una magnitud física, con unidades, sino que representa una razón o proporción que mide el grado de amplificación relativa de la decoherencia a medida que el universo se expande.

En este marco, la tasa de colapso depende de la expansión y se expresa como

$$\Gamma(\phi)=\Gamma_0.Z(\phi)$$

lo que expresa que la coherencia cuántica se pierde poco a poco, conforme a la evolución del universo.

En este marco teórico, el universo no está en un falso vacío.

La realidad física no es una fluctuación metaestable, sino una manifestación dinámica de una geometría cuánticacoherente anterior al Big Bang. La expansión cósmica no es una transición de vacío, sino la evolución de la coherencia hacia la diversidad estructural del espacio-tiempo.

Más que un cambio de vacío o un salto energético, la expansión cósmica representa el despliegue progresivo de la coherencia primordial hacia la diversidad estructural del espacio-tiempo.

La decoherencia cuántica no se expresa aleatoriamente, sino que sólo sucede en nuestra inclinación hacia  $P(t) = I$  (la tendencia hacia la formación de estructuras locales coherentes).



Así, la coherencia inicial finita y perfectamente simétrica (como un fractal cerrado) se fragmenta en el proceso; los elementos que parecen caóticos no son en realidad un desorden absoluto, sino materia prima para la formación de nuevas estructuras organizadas. La entropía mediadora reacomoda la energía y en la información, facilitando la autoorganización de estructuras complejas desde la microescala cuántica hasta el macrocosmos. La expansión es un proceso dinámico de autoorganización de la coherencia: la geometría perfecta se transforma en un universo fractalmente infinita y estructurado, donde cada fragmento tiene la tendencia a reorganizarse, en el contexto de la interacción entre decoherencia, expansión y entropía como motores del tiempo y del proceso de evolución cósmica. Por lo tanto, el espacio y el tiempo no son entidades absolutas, sino que emergen de la dinámica de la expansión cósmica y de la interacción entre decoherencia y entropía.

La expansión del universo no se reduce a un simple cambio de vacío o salto energético, sino que implica un despliegue progresivo de la coherencia primordial hacia una variedad estructural en el espacio-tiempo. La perfecta geometría del estado inicial se transforma en una estructura fractal e infinita del universo. Cada fragmento tiende acumularse en nuevas estructuras por la interacción de decoherencia, expansión y entropía.

Este proceso da lugar a la percepción del tiempo y la evolución cósmica, emergiendo de los pulsos de expansión y la redistribución de la coherencia.

Las leyes de la termodinámica siguen existiendo pero interpretadas en términos de coherencia y decoherencia:

1. Primer principio (conservación): la coherencia global no se destruye, solo se redistribuye.
2. Segundo principio (entropía): los fragmentos se autoorganizan; la entropía no es destrucción sino transformación de la coherencia en estructuras locales.
3. Tercer principio: los estados de mínima entropía corresponden a la máxima coherencia inicial; los estados accesibles son fragmentos reorganizados en fractales dinámicos.(Pérez Cortes, 2025).

### **La Ley Cortes de la Expansión Fundamental.**

Ley Cortes de la Expansión Fundamental: “La expansión del universo actúa como el agente físico que provoca el colapso de la función de onda, dando origen al tiempo y estructurando la realidad en pulsos cuántico-cosmológicos, proporcionando un marco natural de modo que la Relatividad y la Mecánica



Cuántica se integran coherentemente.” (Pérez Cortes, 2025).

La ley se expresa mediante la función dinámica de expansión  $Z(t)=e^{2\lambda\int H(t)dt}$  donde  $H(t)$  representa la tasa de expansión cósmica (parámetro de Hubble), donde  $\lambda$  es la constante de acoplamiento entre la expansión y la decoherencia cuántica y  $Z(t)$  la función que regula la transición entre los estados cuánticos y clásicos del universo. La expansión del universo funciona como un elemento físico que provoca la decoherencia y el colapso sin necesidad de un observador externo, constituyendo a un marco determinista y, por lo tanto, las evoluciones cuántica y cosmológica pasan a estar formalmente entrelazadas.

Así es como el tiempo deja de concebirse como un fondo absoluto, ya que es el resultado acumulativo de la expansión del cosmos. Cada incremento en  $Z(t)$  es un pulso de expansión y, dentro de ella, se va creando un nuevo segmento de tiempo físico.

En este modelo, Big Bang no es una explosión en el espacio, sino que es el primer pulso del tiempo, el momento en el que la expansión produce la primera decoherencia cósmica y con ella aparece conjuntamente la materia, la luz y el tiempo.

Por consiguiente, la Expansión Fundamental proporciona un principio unificador entre la relatividad general, la mecánica cuántica y la cosmología, al colocar la expansión como la potencia del colapso cuántico y el nacimiento del tiempo. En esta concepción, el universo no se desarrolla en el tiempo, es el desarrollo del universo el que produce el tiempo.

En esta formulación, el Big Bang se presenta no como una explosión sino como el evento de decoherencia primordial que desarrolla la posibilidad cuántica de convertirse en realidad física (Bojowald, 2008). Y los primeros fotones constituyen la evidencia electromagnética de esa transformación: el universo deja de ser un estado superpuesto y se convierte en una estructura coherente que se expande (Guth, 1997).

Al ir acercándonos a las zonas en las que la curvatura se ve extrema pasamos del estado  $P(t)=1$  donde iremos acercándonos progresivamente hacia  $P(t)=0.5$ , reflejando así la eventual parada o lentitud de la expansión local y el sistema que tiende hacia la indeterminación cuántica.

Este comportamiento representa una inversión en la dinámica de la decoherencia cósmica: a medida que la curvatura se intensifica o la expansión se frena, la materia y la energía dejan de evolucionar



dentro de un tiempo definido y tienden hacia una fase de indeterminación cuántica como  $P(t)=0.5$ .

En este estado, la progresión del tiempo se reduce dinámicamente debido a la disminución de la actividad de los procesos cuánticos, particularmente notable en las zonas de curvatura extrema gravitatoria, como cerca de un agujero negro, en donde la decoherencia acontecen de forma extremadamente lenta. En estas regiones extremas, la expansión local se detiene y el sistema se aproxima a su estado primordial de superposición, regresando a la indeterminación que antecedió al primer pulso expansivo del universo.

La posterior evolución de  $Z(t)$  provoca el enfriamiento del cosmos y su estabilización; la luz, liberada, se expande por el espacio-tiempo naciente como la parte observable del primer latido del universo, aconteciendo que el tiempo y la realidad han comenzado a existir. (Pérez Cortes, 2025).

### **Entropía y decoherencia cósmica.**

Históricamente, la idea de entropía se ha convertido en uno de los conceptos fundamentales de la física moderna. Desde que Rudolf Clausius (1865) la definió como una grandeza asociada a la irreversibilidad del calor y Rudolf Clausius (1877) cuantificara la entropía como una medida estadística del desorden molecular, la entropía ha sido el símbolo de la tendencia universal hacia el equilibrio térmico y la pérdida de estructura. Sin embargo, en el marco de la teoría de Expansión Fundamental (Pérez Cortes, 2025), la entropía tiene un sentido completamente distinto: se entiende como la medida de la decoherencia cósmica que ha generado la expansión del universo, es decir, la medida en la que la expansión del cosmos ha hecho transitar de la posibilidad cuántica a la realidad bien concreta. Es la medida de la distancia en la que la realidad pasa de la posibilidad cuántica (superposición) a lo existente (definición).

Aumenta con la dilatación porque conforme se expande, el cosmos se va haciendo más definido, más estructurado.

En consecuencia, el tiempo, la dilatación y la entropía son las distintas maneras de expresar el ritmo del proceso que vive el universo.

El incremento del universo no da lugar al caos del universo sino al incremento progresivo de la definición de la realidad. A cada incremento de la expansión  $Z(t)$  le acompaña el "salto" de decoherencia cuántica que trasforma posibilidades en realidades definidas.



De esta forma, el incremento de la entropía no significa desorden sino mayor definición del universo físico.

Antes de que ocurriera el primer pulso expansivo, el universo poseía entropía mínima y coherencia máxima, siendo la mayor indeterminación y todas las posibilidades almacenadas en un punto de origen (todo podía ser). A medida que la expansión avanza y, a la vez, se incrementa la entropía, el universo se va definiendo más, se va estructurando más, se vuelve más real.

La entropía, por consiguiente, no es desorden, sino orden que va emergiendo a medida que la expansión se lleva a cabo, donde lo potencial se convierte en lo definitivo y actual. El universo no se dirige al caos, sino a la plenitud de su definición física. Dicha definición progresiva (perdida de coherencia cuántica) es el aumento de la entropía cósmica. Por tanto:

$$S(t) \propto \ln[Z(t)],$$

donde la entropía  $S(t)$  mide la magnitud del colapso cósmico inducido por la expansión. Así, la flecha del tiempo termodinámico no es una propiedad estadística emergente, sino la manifestación física de la expansión del universo.

### **Agujeros negros y zonas de curvatura extrema.**

Dentro del marco de Expansión Fundamental, los agujeros negros representan los puntos de máxima coherencia local del universo.

En estas regiones de extrema curvatura, la expansión cósmica se ralentiza casi por completo, lo que implica que la función dinámica  $Z(t)$  tiende a valores mínimos, mientras la probabilidad de indeterminación  $P(t)$  se aproxima a 0.5. Este comportamiento indica que el interior de un agujero negro no se encuentra en un estado completamente definido, sino en una zona donde la decoherencia cósmica global se detiene temporalmente.

Así, el agujero negro actúa como un remanente de la coherencia primordial del universo, conservando en su interior las condiciones cuánticas que precedieron al primer pulso expansivo.

Desde esta perspectiva, la gravedad extrema no destruye la información, sino que la mantiene en un estado cuántico coherente.

La aparente pérdida de información en un agujero negro no sería una desaparición, sino una reversión local de la decoherencia, un retorno parcial a la coherencia inicial que dio origen al cosmos.



En consecuencia, los agujeros negros no son fronteras del tiempo o del espacio, sino nodos de coherencia dentro del proceso global de expansión, donde la realidad recuerda su origen cuántico.

Ellos representan el equilibrio dinámico entre la expansión que define y la gravedad que conserva, siendo los testigos más profundos del latido cósmico que estructura el universo.

### **El vacío no está vacío.**

El vacío no es ausencia, sino presencia cuántica. En este marco determinista, el vacío cósmico no representa la inexistencia de materia o energía, sino un estado de coherencia cuántica mínima, donde la expansión continúa modulando la realidad. Cada punto del espacio conserva la huella del primer pulso expansivo, de modo que incluso lo que percibimos como vacío contiene la energía fundamental del universo en su fase más coherente.

Así, el “espacio vacío” es el escenario donde el cosmos sigue latiendo: una región de expansión pura en la que la decoherencia aún no ha generado estructura definida, pero donde el ritmo del universo persiste como campo activo de posibilidad. Por lo tanto: El “vacío” no existe como ausencia, sino como la presencia total de la coherencia cuántica primordial antes de que la expansión la transforme en realidad estructurada.

Es decir: Lo que llamamos vacío es en realidad una zona de mínima decoherencia; La expansión convierte esa coherencia en materia, energía y tiempo. Por eso, incluso el espacio “vacío” conserva el pulso del cosmos: su ritmo expansivo.

### **Gravedad como coherencia persistente.**

La gravedad es el fenómeno mediante el cual el universo conserva coherencia dentro del proceso acelerado de decoherencia cósmica.

El proceso de decoherencia se ralentiza: el sistema mantiene más por un tiempo su coherencia. La gravedad preserva la coherencia cuántica local en un universo que se está decoheriendo globalmente. Por eso, cerca de un agujero negro o en regiones de extrema curvatura, el tiempo casi se detiene ( $P(t)=0.5$ ).

El sistema desarrolla un estado cuántico de indeterminación (coherencia parcial).

La expansión genera la realidad. Mientras la expansión despliega la realidad (lo posible hecho actual), la gravedad “mantiene” el hilo que une esa realidad con esta fuente original coherente.



La Gravedad no es una fuerza, sino una zona de coherencia que persiste en un universo que se está expandiendo y decoheriendo. Así, la gravedad no se opone a la expansión, sino que constituye su contraparte estructurante, el mecanismo que equilibra el despliegue de la realidad con la conservación de su fuente cuántica.

Es el pliegue local del ritmo expansivo del cosmos, la memoria activa de la coherencia primordial que persiste mientras la realidad se despliega. La gravedad no es una fuerza, sino una zona donde la expansión del universo se ralentiza, es decir, donde el ritmo del cosmos ( $Z(t)$ ) disminuye y la coherencia cuántica persiste. Por tanto:

- En los planetas o estrellas, la materia concentra energía y frena la expansión local.

Es decir, allí el tiempo fluye más lento y la realidad mantiene una parte de su coherencia cuántica original. Esa resistencia local a la expansión es lo que percibimos como gravedad. En los planetas, la materia concentra energía y mantiene la coherencia cuántica local y eso ralentiza la expansión en esa zona.

El sistema tiende a  $P(t) = 0.5$ , lo que representa coherencia parcial. El tiempo fluye más lento y aparece el fenómeno que percibimos como gravedad persistente y cuando  $Z(t)$  se detiene localmente (como en un planeta), la expansión pierde ritmo y el campo de coherencia se conserva = gravedad. La gravedad tiende a “cerrar” el universo, conservando coherencia = persistencia estructural. La coherencia está frenada, retenida por la densidad de materia, es decir, la expansión se desacelera localmente = “ $Z(t)$  bajo”. En otras palabras, la gravedad no sería solo una fuerza que atrae, sino la manifestación local de la coherencia que regula la expansión, frenando el “estiramiento” del espacio donde la densidad de materia es alta.

- En el espacio profundo, donde hay poca o ninguna concentración de materia, la expansión sigue su curso libre.

$Z(t)$  crece sin freno, la decoherencia aumenta ( $P(t)=1$ ) y la gravedad casi desaparece. En el espacio profundo, donde hay poca materia, no hay freno local a la expansión.

La expansión cósmica acelera libremente,  $Z(t)$  crece, y  $P(t) = 1$ . Cuando  $Z(t)$  aumenta (espacio vacío), la expansión domina = gravedad casi nula. Es decir, La decoherencia domina y la gravedad prácticamente desaparece.



La expansión tiende a “abrir” el universo, liberando posibilidades = decoherencia.

La coherencia está desenfundada, liberada por la expansión. Así, la expansión acelera plenamente =  $Z(t)$  alto.

Por lo tanto, la expansión no encuentra resistencia y se acelera cada vez más, lo que corresponde a la observación de aceleración cósmica en regiones de baja densidad.

### **Expansión dinámica del universo y gravedad.**

Decir que la expansión es dinámica implica que:

1. No es un simple fondo geométrico, sino un agente activo que impulsa la decoherencia.
2. Su ritmo ( $Z(t)$ ) varía en función de las condiciones locales del espacio-tiempo.
3. Genera tanto la aceleración cósmica global como los pliegues gravitacionales locales.

Podríamos imaginar el universo como un tejido en expansión: En las vastas regiones de vacío cósmico, el tejido se estira más rápido cada vez ahí domina la decoherencia, el tiempo fluye, la realidad se define. Cerca de los nudos del tejido (galaxias, estrellas, agujeros negros), el estiramiento se frena ahí domina la coherencia, el tiempo se curva o se ralentiza.

Así: El cosmos acelera globalmente (expansión del todo), pero se desacelera localmente (gravedad y estructura).

El universo no se expande de forma constante ni homogénea. La expansión es un proceso vivo, rítmico, que pulsa y se autoajusta: A gran escala, la expansión se acelera (el cosmos entero se dilata cada vez más rápido). A escala local, la expansión se desacelera (en torno a materia, energía o curvatura). Esa dualidad hace que la expansión sea dinámica, no mecánica: cambia, responde, equilibra.

La gravedad en este marco no es una fuerza que atrae, sino un fenómeno que mantiene la coherencia cuántica en las regiones donde la expansión del universo se desacelera localmente. Supongamos que una piedra cae hacia el suelo. Mientras el cosmos se expande, y tiende a un estado definido  $P(t)=1$ , que corresponde a la decoherencia total, la piedra, en su caída gravitacional, mantiene un estado parcial de coherencia  $P(t)=0.5$ . Este hecho indica que la materia, al condensarse en un punto dado, momentáneamente resiste el avance de la expansión.

La curvatura del espacio es precisamente esa resistencia: la desaceleración local de la expansión cósmica. Allí la función dinámica (o de velocidad)  $Z(t)$ , que regula la expansión, disminuye la tasa



efectiva de su expansión y por consiguiente hace que el proceso de decoherencia sea más lento.

Desde esta perspectiva, el acto de “caer” no implica ser atraído por una fuerza invisible, sino desplazarse hacia una zona donde el ritmo de expansión está más pausado, es decir, donde la coherencia cuántica persiste con mayor intensidad. La piedra no cae porque algo la jale, sino porque el tejido del espacio que la rodea mantiene menor expansión relativa respecto al entorno global del cosmos.

Así, la gravedad puede entenderse como la tendencia natural de la materia a permanecer en las regiones donde la expansión se ralentiza, es decir, donde la coherencia cuántica aún no ha sido completamente dilatada por el crecimiento del universo. En estas zonas, el tiempo fluye más lentamente, la expansión se curva, y la realidad conserva por instantes la huella de su estado primordial de coherencia.

### **¿Qué impulsa a la expansión?**

Según mi teoría, antes de la expansión el universo está en coherencia cuántica total, un estado de pura posibilidad. Esa coherencia perfecta no puede permanecer indefinidamente estática, porque no contiene estructura ni diferencia; por lo tanto, se desborda.

Este “desbordamiento” no es una explosión energética, sino una transición del paso inevitable de lo posible a lo real, de la coherencia absoluta a la decoherencia estructurada.

El cosmos “necesita” seguir expandiéndose para sostener su propio equilibrio entre coherencia y decoherencia. Por eso la expansión no se apaga: porque el universo no ha terminado de definirse; la realidad sigue desplegándose.

### **Decoherencia y coherencia.**

Decoherencia local:

1. Ocurre en regiones de baja densidad de materia.
2. La coherencia está desenfrenada, permitiendo que la expansión acelere plenamente.
3. Es el equivalente a la aceleración cósmica observada, pero interpretada como un efecto de coherencia liberada, no como una fuerza externa (energía oscura).

La coherencia se pierde o se libera localmente, lo que permitiría que la expansión acelere en esa región;

Expansión acelerada ( $Z(t)$  alto).

Coherencia local:

1. Ocurre en regiones donde la densidad de materia es alta.



2. La coherencia se frena o retiene, desacelerando la expansión.
3. Se manifiesta como gravedad local, donde los objetos permanecen ligados.

La coherencia está presente y retenida por la densidad de materia. Esto es lo que genera los efectos que percibimos como gravedad: la expansión local se desacelera porque la coherencia “frena” el estiramiento del espacio; Expansión desacelerada ( $Z(t)$  bajo), gravedad.

### **Proyecciones experimentales.**

Este modelo presenta dos experimentos

1. Simulaciones de decoherencia cuántica bajo expansión efectiva: Es posible simular un “ $Z(t)$  efectivo” en laboratorio mediante sistemas cuánticos controlados, como qubits superconductores o átomos fríos en trampas ópticas. Manipulando un parámetro análogo a la expansión, se puede monitorear la decoherencia cuántica inducida por estos pulsos. Este enfoque, completamente realizable con la tecnología actual, permite estudiar de manera controlada y reproducible la influencia de la expansión sobre la coherencia cuántica. Se espera que los resultados reflejen una pérdida de coherencia consistente con las predicciones de  $Z(t)$ , proporcionando evidencia experimental indirecta de la relación entre dinámica cosmológica y procesos cuánticos.
2. Se construye un universo simulado a escala de laboratorio, en el que se induce un pulso de expansión controlado sobre un sistema cuántico. A continuación, se mide cómo esta expansión afecta la coherencia de los estados cuánticos, permitiendo estudiar de manera directa la relación entre dinámica de expansión y decoherencia.

### **Desglose e interpretación matemática de las ecuaciones fundamentales.**

En esta sección se detalla el significado físico y matemático de las ecuaciones centrales que estructuran la Teoría de la Expansión Fundamental, proporcionando la interpretación formal de cada uno de sus parámetros y su coherencia dimensional.

1. Función dinámica de expansión.

$$Z(t) = e^{2\lambda \int H(t) dt}$$

El término ( $H(t)$ ) representa la tasa instantánea de expansión cósmica, equivalente al parámetro de Hubble en la cosmología estándar.



La integral  $\int H(t)dt$  describe el crecimiento acumulativo del espacio-tiempo desde un instante inicial  $t_i$  hasta un tiempo  $t$ , expresando el avance global del universo.

El exponente contiene el factor  $2\lambda$ , donde:

$\lambda$  es una constante adimensional de acoplamiento que mide la sensibilidad del sistema frente a la expansión cósmica.

El coeficiente 2 representa la simetría bidireccional del espacio-tiempo en su proceso de expansión y curvatura, es decir, la dilatación simultánea del espacio y del tiempo como un continuo unificado.

La forma exponencial  $e^{(\cdot)}$  se utiliza porque la expansión no es lineal, sino acumulativa y autorreforzante: cada incremento en  $H(t)$  amplifica el ritmo expansivo anterior.

Este crecimiento exponencial es coherente con los modelos inflacionarios y con la evolución observada del universo en su fase acelerada.

Así,  $Z(t)$  se interpreta como una función adimensional de expansión acumulativa, que mide la magnitud relativa de la dilatación cósmica y actúa como modulador de la decoherencia cuántica global. Está

Expansión acumulativa del universo determina el ritmo del tiempo cósmico.

## 2. Probabilidad de colapso cuántico.

$$P(t)=0.5[1+Z(t)]$$

El valor inicial 0.5 simboliza el estado de superposición cuántica total previo a la expansión, en el cual todas las posibilidades coexisten de manera equiprobable.

Este punto medio (0.5) representa equilibrio entre coherencia e indeterminación: la realidad aún no se ha definido.

El término  $[1 + Z(t)]$  incorpora el efecto de la expansión cósmica sobre la probabilidad de colapso:

Cuando ( $Z(t)=0$ ), el universo permanece en su estado de superposición inicial y ( $P(t)=0.5$ ).

Conforme  $Z(t)$  aumenta por la expansión,  $P(t)$  se incrementa proporcionalmente, reflejando la transición evolutiva hacia estados definidos. Cuando acontece la expansión entonces la probabilidad tiende a ( $P(t)=1$ ), lo que implica la completa definición de la realidad física.

La forma lineal ( $[1+Z(t)]$ ) garantiza que ( $P(t)$ ) se mantenga dentro del rango probabilístico asegurando consistencia matemática y permitiendo interpretar el colapso cuántico como un proceso determinista y continuo, inducido por la expansión del universo.



La Probabilidad de colapso cuántico representa la transición de lo posible a lo real

### 3. Tasa de decoherencia cósmica.

$$\Gamma(t) = \Gamma_0 Z(t)$$

La cantidad  $\Gamma(t)$  representa la velocidad instantánea de pérdida de coherencia cuántica o, de forma equivalente, la tasa con que el sistema transita de un estado superpuesto a uno definido. Corresponde a dimensiones de tiempo<sup>-1</sup> y mide la escala de acoplamiento del sistema cuántico con el agente de decoherencia. Sus unidades físicas son tiempo<sup>-1</sup>, lo cual es coherente con una magnitud de tipo frecuencia o tasa de decaimiento.

De manera diferencial, la variación temporal de la coherencia  $\mathcal{C}(t)$  puede expresarse como:

$$d\mathcal{C}(t)/dt = -\Gamma(t)\mathcal{C}(t)$$

Esta relación describe la evolución temporal de la coherencia cuántica de un sistema en interacción con el entorno cósmico en expansión, lo que implica que la coherencia decae exponencialmente con el tiempo:  $\mathcal{C}(t) = C_0 e^{-\int \Gamma(t) dt}$

Al sustituir  $\Gamma(t) = \Gamma_0 Z(t)$ , se obtiene:

$$\mathcal{C}(t) = C_0 e^{-\Gamma_0 \int Z(t) dt}$$

Esta expresión formaliza que el ritmo de pérdida de coherencia está directamente determinado por el grado de expansión cósmica acumulada. En consecuencia, la coherencia cuántica decae en proporción a la expansión total del universo, vinculando de manera explícita la dinámica cuántica con la evolución cosmológica.

Definiciones de los parámetros principales:

$\mathcal{C}(t)$  es coherencia cuántica instantánea: Representa el grado de superposición o correlación cuántica existente en el sistema en un instante de tiempo  $t$ .

Cuando  $\mathcal{C}(t) = 1$ , el sistema se encuentra en máxima coherencia (superposición pura).

Cuando  $\mathcal{C}(t) = 0$ , el sistema ha perdido toda coherencia y se manifiesta clásicamente.

$C_0$  Coherencia inicial: Es el valor de la coherencia al inicio del proceso  $t=0$ . Define la condición inicial del sistema antes de ser afectado por la expansión cósmica o por cualquier otro agente de decoherencia.



En consecuencia, la expansión  $Z(t)$  actúa como el agente físico causal que modula la transición entre coherencia cuántica y realidad clásica, unificando la dinámica cosmológica con la cuántica en un solo principio. En particular, la tasa de decoherencia depende de la interacción del sistema con la expansión cósmica acumulada, que actúa como el agente que induce la pérdida de coherencia.

El marco teórico de la Expansión Fundamental se expresa mediante una formulación semiclásica que combina la estructura geométrica del espacio-tiempo con un campo escalar de expansión acumulativa, vinculado directamente con la dinámica cuántica del universo. La Tasa de decoherencia mide la velocidad de pérdida de coherencia.

#### 4. Campo métrico $g_{\mu\nu}$ .

El tensor métrico  $g_{\mu\nu}$  representa la geometría del espacio-tiempo.

En este modelo, dicha geometría no se considera un fondo fijo o absoluto, sino una geometría dinámica cuyo comportamiento se encuentra determinado por la expansión  $Z(t)$ . El campo métrico no solo describe la curvatura gravitacional (como en la Relatividad General), sino que también responde a la pérdida de coherencia cuántica global; es decir, la curvatura es el resultado local de la desaceleración de la expansión.

Es decir, conserva su papel fundamental en la descripción de la curvatura del espacio-tiempo, pero en este modelo se interpreta como una manifestación local de la coherencia cuántica persistente.

Allí donde la expansión se ralentiza (regiones de alta curvatura o densidad), la coherencia se conserva, generando el fenómeno que percibimos como gravedad.

#### 5. Campo escalar de expansión $\phi(t)$ .

$$\phi(t) \approx 2\lambda \int H(t) dt$$

Este campo escalar describe la expansión acumulativa del universo y constituye el vínculo directo entre la tasa de expansión cósmica  $H(t)$  y la función dinámica  $Z(t)$ .

El factor  $2\lambda$  mantiene correspondencia directa con el parámetro adimensional de la ecuación  $Z(t) = e^{2\lambda \int H(t) dt}$ .

Por tanto,  $\phi(t)$  puede considerarse una variable auxiliar que parametriza el crecimiento de  $Z(t)$ :

$$Z(t) = e^{\phi(t)}.$$



De esta forma, la expansión dinámica se traduce en un campo escalar cuya evolución temporal define el grado de decoherencia cósmica.

Físicamente,  $\phi(t)$  no es un campo de materia, sino un campo geométrico efectivo que cuantifica la dilatación del espacio-tiempo y actúa como mediador entre la relatividad y la mecánica cuántica.

#### 6. Acción de interacción.

$$S_{int} = \int f(\phi) O[\Psi] \sqrt{-g} d^4x$$

Esta expresión define la acción efectiva de interacción entre el campo escalar  $\phi(t)$  y el estado cuántico del universo  $\Psi$ .

Cada término tiene una función específica:

$f(\phi)$  función de acoplamiento que determina cómo la expansión influye sobre los sistemas cuánticos locales.

$O[\Psi]$  operador que actúa sobre el estado cuántico  $\Psi$ , representando observables o configuraciones de campo, representa un operador funcional que actúa sobre el estado cuántico  $\Psi$ , describiendo observables o configuraciones de campo.

Su interacción con  $f(\phi)$  expresa que la expansión modifica el estado cuántico del universo, induciendo la decoherencia.  $f(\phi)$  es una función de acoplamiento que determina cómo la expansión modifica la dinámica cuántica. Generalmente se asume que  $f(\phi) \propto e^{\phi=Z(t)}$ , de manera que el acoplamiento aumenta con la expansión.

$\sqrt{-g} d^4x$ : medida invariante de volumen en el espacio-tiempo curvo; es el elemento de volumen invariante en el espacio-tiempo curvo, que asegura la covariancia general del modelo. Este término garantiza la covariancia general del modelo, es decir, que las leyes físicas mantienen su forma bajo cualquier cambio de coordenadas.

En conjunto, esta formulación muestra que la expansión cósmica codificada en  $\phi(t)$  y  $Z(t)$  actúa como el agente físico causal que acopla la geometría del espacio-tiempo con la dinámica cuántica del universo.

La evolución de  $\phi(t)$  está determinada por su potencial  $V(\phi)$ , el cual describe la transición desde la coherencia primordial hacia la diversidad estructural del cosmos.



Valores altos de  $V(\phi)$  corresponden a estados de alta coherencia inicial, mientras que valores bajos describen un universo más definido y decoherido. En este contexto, el potencial se interpreta como la “energía de coherencia” residual del cosmos:

Valores altos de  $V(\phi)$  corresponden a etapas de alta coherencia (inicio del universo),

Valores bajos reflejan un universo más definido y decoherido (etapa actual).

### **Relación con las ecuaciones fundamentales.**

El campo escalar  $\phi(t)$  establece el puente entre la formulación geométrica y las ecuaciones dinámicas ya presentadas. Este campo escalar describe la expansión acumulativa del universo, y constituye el vínculo directo entre la tasa de expansión cósmica  $H(t)$  y la función dinámica  $Z(t)$ :

$$Z(t)=e^{\phi(t)}, \Gamma(t)=\Gamma_0 e^{\phi(t)}, P(t)=0.5[1+e^{\phi(t)}].$$

De este modo, el comportamiento del universo puede describirse tanto en términos de expansión geométrica ( $g_{\mu\nu}, \phi$ ) como en términos probabilísticos ( $Z(t), P(t), \Gamma(t)$ ) unificando así los marcos cuántico y cosmológico bajo una misma función generadora: la expansión.

$g_{\mu\nu}$ : geometría del espacio-tiempo; curvatura local asociada a la coherencia

$\phi(t)$ : campo escalar de expansión acumulativa; “almacena” el historial acumulado de la expansión.

$S_{int}$ : acción que acopla expansión y decoherencia cuántica;

$V(\phi)$ : potencial que regula la evolución cósmica total..

7. La relación entre la expansión dinámica y la evolución termodinámica del universo puede expresarse mediante:

$$S(t) \propto \ln[Z(t)]$$

$S(t)$  representa la entropía cósmica, o sea, el grado de desorden, información o irreversibilidad del universo en función del tiempo.

donde  $S(t)$  representa la entropía cósmica y  $Z(t)$  la función adimensional de expansión.

Esta forma logarítmica, análoga a la definición estadística de Boltzmann  $S=kB\ln(\Omega)$ , indica que la entropía crece proporcionalmente al logaritmo del número efectivo de configuraciones accesibles, el cual está representado por  $Z(t)$ .

En física, la entropía mide cuánta información falta para describir completamente un sistema.



En el contexto del modelo, cuanto más expansión ocurre, mayor es la entropía, porque el universo gana complejidad y pierde coherencia cuántica.

$Z(t)$ : mide la expansión acumulativa. Cuanto mayor es, más “espacio de estados” se abre.

$\ln[Z(t)]$ : traduce ese crecimiento exponencial a una escala lineal, coherente con el comportamiento aditivo de la entropía.

$S(t) \propto \ln[Z(t)]$ : indica que la entropía crece lentamente en comparación con la expansión; una expansión exponencial genera un crecimiento lineal de entropía.

Esto refleja que aunque el universo se expanda exponencialmente, su grado de desorden crece de forma suave y acumulativa, tal como se espera en un sistema termodinámico abierto en equilibrio dinámico

Si recordamos que:

$$Z(t) = e^{2\lambda \int H(t) dt}$$

entonces:

$$S(t) \propto \ln[Z(t)] = \ln(e^{2\lambda \int H(t) dt}) = 2\lambda \int H(t) dt.$$

Por tanto, la entropía  $S(t)$  es directamente proporcional al crecimiento acumulativo de la expansión.

Cada incremento de expansión añade una cantidad constante de entropía, en perfecta coherencia con la segunda ley de la termodinámica:

$$dS/dt \propto H(t) > 0$$

El universo nunca disminuye su entropía; simplemente sigue expandiéndose y generando tiempo físico.

## **METODOLOGÍA**

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cualitativo de tipo teórico–interpretativo, orientado a la formulación conceptual de un modelo unificador que vincula la relatividad general, la mecánica cuántica y la cosmología a través del principio de expansión del universo.

Es un estudio exploratorio y explicativo, cuyo propósito es comprender y proponer una teoría innovadora que explique el colapso cuántico como un efecto emergente de la expansión cósmica.

El diseño metodológico es fundamentalmente teórico–analítico, basado en la revisión documental y el análisis hermenéutico de literatura científica clásica y contemporánea, con especial atención a fuentes originales y estudios relevantes (Einstein, 1915; Wheeler, 1957; Penrose, 1989; Rovelli, 1996; Smolin,



2001; Bojowald, 2008; Kiefer, 2012).

La población de estudio corresponde a la producción científica disponible sobre física teórica, cosmología y mecánica cuántica. La selección de fuentes se realizó mediante muestreo intencional, priorizando trabajos clave y reconocidos en el área.

#### 1. Fundamentación epistemológica.

La investigación parte del paradigma de la física teórica integradora, en la que el conocimiento se concibe como un sistema de relaciones entre modelos conceptuales y fenómenos observables. Se adopta una postura realista–constructiva, según la cual las leyes físicas no son entidades absolutas, sino que emergen del orden y la coherencia que se establece entre distintos niveles de la realidad.

El método epistemológico combina la inducción teórica (derivación de principios generales a partir de fenómenos conocidos) con la formulación de hipótesis explicativas, que permite formular hipótesis unificadoras de dominios previamente desconectados, como la decoherencia cuántica y la expansión cósmica, la relatividad y la mecánica cuántica.

#### 2. Revisión bibliográfica y análisis hermenéutico.

Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva y sistemática de textos fundacionales y contemporáneos sobre cosmología, mecánica cuántica y gravedad.

El análisis hermenéutico científico se desarrolló en tres fases:

- a) Interpretación conceptual de las teorías existentes.
- b) Identificación de vacíos teóricos o incompatibilidades epistemológicas.
- c) Síntesis de categorías convergentes que permitieran formular un nuevo marco integrador.

Este proceso permitió definir tres ejes analíticos centrales:

- La expansión cósmica como variable activa y no pasiva.
- El tiempo como fenómeno emergente y no preexistente.
- La decoherencia como manifestación física del crecimiento del universo.

Para organizar y sintetizar la información, se emplearon matrices de análisis comparativo, que facilitaron la correlación entre conceptos y teorías.



### 3. Construcción del modelo teórico.

A partir del análisis anterior se elaboró el Modelo de Expansión Fundamental, cuya función dinámica  $Z(t)=e^{2\lambda}\int H(t)dt$  expresa la relación entre la tasa de expansión del universo y la decoherencia cuántica.

El proceso metodológico incluyó:

- Formulación de ecuaciones simbólicas: se definieron las funciones  $P(t)$  y  $Z(t)$  como representaciones matemáticas de la probabilidad de colapso, la tasa de decoherencia y la expansión dinámica.
- Modelado conceptual de interacciones: las variables se interpretaron dentro de un marco determinista, donde el universo pasa de un estado coherente ( $P(t)=0.5$ ) a uno definido ( $P(t)=1$ ).
- Validación teórica: se verificó la consistencia lógica del modelo mediante comparación con teorías previas, como la función de onda de Hartle–Hawking (1983), la gravedad cuántica de bucles (Bojowald, 2008) y los estudios de decoherencia (Zeh, 1970; Joos et al., 2003).

### 4. Diseño conceptual de simulaciones y pruebas indirectas.

Aunque el estudio es de naturaleza teórica, se plantea una proyección experimental futura, basada en simulaciones de decoherencia bajo expansión controlada.

Se propone utilizar:

- Qubits superconductores o átomos ultrafríos, cuyos estados de coherencia puedan ser modulados mediante un parámetro análogo a la expansión  $Z(t)$ .
- Sistemas de interferometría cuántica, capaces de registrar la pérdida de coherencia inducida por pulsos de expansión simulados.
- Estas pruebas permitirían medir de forma indirecta la influencia de la expansión en el colapso cuántico, ofreciendo una validación empírica del modelo teórico de Expansión Fundamental.

### 5. Consideraciones éticas y limitaciones.

Se respetaron las normas éticas de integridad científica, incluyendo:

- Reconocimiento explícito de las fuentes originales mediante citas académicas.
- Transparencia en los procedimientos de análisis y formulación conceptual.

### 6. Propósito metodológico final.



El propósito metodológico final es proveer una base teórica rigurosa, coherente y reproducible que pueda ser criticada, contrastada o ampliada por futuras investigaciones en los campos de la física teórica, contribuyendo así a la comprensión del tiempo como fenómeno emergente de la expansión universal.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente trabajo propone un modelo unificador en el que la expansión del universo funciona como agente causal del colapso cuántico, respetando los marcos de la mecánica cuántica, la relatividad general y la gravedad (Einstein, 1915; Penrose, 1989).

La constante dinámica  $Z(t)$  formaliza la influencia de la expansión sobre la probabilidad de colapso de la función de onda, estableciendo un vínculo directo entre la geometría del espacio-tiempo y la dinámica cuántica.  $Z(t)$  es adimensional porque no representa una magnitud física en sí, sino una proporción que mide el grado relativo de desarrollo de la expansión cósmica y su efecto sobre la decoherencia.

Por lo que:  $Z(t)$  es una función de escalado que amplifica, o modula, la decoherencia cuántica a medida que el universo va creciendo.

Cuando  $Z(t)=1$ , no ha habido desplazamiento relativo en la expansión.

Cuando  $Z(t)>1$ , el universo ha ido acumulando expansión correlativa y, con ella, ha ido aumentando la pérdida de la coherencia cuántica, es decir, todavía existen múltiples estados posibles, solo que algunos se vuelven más “probables” que otros. Así,  $Z(t)$  no es exactamente una magnitud medible, sino una razón que asocia la evolución cósmica con la transición cuántico clásica del universo.

De este modo, la transición de los estados cuánticos ocurre de manera natural, sin requerir observador externo, ofreciendo una nueva interpretación cosmológica de la paradoja del gato de Schrödinger (Schrödinger, 1935; Zeh, 1970).

Hallazgos clave:

1. La Ley Cortes de la Expansión Fundamental:

Establece un principio unificador entre relatividad, mecánica cuántica y cosmología, donde la expansión del universo causa el colapso cuántico y cada incremento genera un pulso que convierte la posibilidad cuántica en realidad física.

2. Formalización de la expansión como agente de decoherencia:



La función  $Z(t)$  permite describir la relación entre expansión cósmica y pérdida de coherencia cuántica. Conforme  $Z(t)$  crece, entonces  $P(t)=I$ .

Lo que indica que la expansión impulsa la transición de la superposición hacia estados definidos de manera acumulativa y determinista, en concordancia con la evolución de la constante de Hubble  $H(t)$  (Gell-Mann & Hartle, 1990).

### 3. Reinterpretación del tiempo y los pulsos cósmicos:

El tiempo se concibe como una secuencia de pulsos cuántico-cosmológicos, cada uno asociado a un incremento de la expansión, que genera eventos de decoherencia y estructura la materia y la energía del universo (Hartle & Hawking, 1983; Bojowald, 2008).

### 4. Expansión como motor del colapso:

Durante los primeros pulsos, la energía potencial cuántica se convierte en energía radiante, generando los primeros fotones que constituyen la evidencia observacional inicial del colapso cósmico (Rovelli & Vidotto, 2015; Kiefer, 2012).

### 5. Integración conceptual de espacio-tiempo, materia y energía:

La expansión del universo, mediada por la constante dinámica  $Z(t)$  establece un marco donde la expansión actúa como constructor de la realidad física.

### 6. La tasa de decoherencia $\Gamma(t)=\Gamma_0 Z(t)$ formaliza cómo la expansión regula la transición de lo cuántico a lo clásico. (Joos et al., 2003; Gell-Mann & Hartle, 1990).

Donde la expansión del universo, actúa como el agente físico que determina la decoherencia cósmica y la transición de probabilidad de colapso.

### 7. Reinterpretación cosmológica de la entropía:

La entropía deja de representar el desorden o la pérdida de información, para asumir un significado opuesto y más fundamental: se concibe como la medida del grado de decoherencia cósmica inducida por la expansión del universo.

Cada incremento en la función dinámica  $Z(t)$  implica un avance en la concreción de la realidad física, de modo que el aumento de entropía refleja el paso de lo posible a lo definido.

La entropía, entonces, no describe el caos, sino el proceso de realización del universo, mediante el cual la superposición cuántica original se transforma en materia, luz y tiempo definidos.



8. La decoherencia no requiere de un entorno externo; es un fenómeno intrínseco al propio universo en expansión. Así, el tiempo se manifiesta como el pulso rítmico de la expansión, reflejando cómo la coherencia es localmente retenida o liberada.

Comparación con teorías previas:

- Autores como Smolin (2006) y Rovelli (1996) han explorado la relación entre gravedad y mecánica cuántica, pero su enfoque prioriza mecanismos internos del mundo cuántico.
- El modelo presentado se diferencia al colocar a la expansión del universo como principio estructurante y causal del comportamiento cuántico, reemplazando la necesidad de observador externo y centralizando la expansión en la transición de los estados cuánticos a los clásicos.

Implicaciones teóricas:

- La expansión del universo puede considerarse un principio ordenante que unifica fenómenos gravitacionales y cuánticos, sirviendo como base para una futura “teoría del todo”.
- El colapso cuántico se redefine como un proceso gradual dependiente de la expansión. Eliminando la necesidad de intervención observacional externa.
- La constante  $Z(t)$  se establece como parámetro fundamental para estudiar la decoherencia y la transición de lo cuántico a lo clásico en un marco cosmológico.
- El modelo abre nuevas posibilidades para diseñar experimentos y teorías que incluyan la expansión como motor de la realidad física.
- La expansión del universo no se considera solo un fenómeno geométrico, sino una agente causante de decoherencia que moldea la realidad cuántica y la emergencia del tiempo, formalizada mediante  $Z(t)$  y posicionando al cosmos en expansión como causa de la configuración de la existencia. (Pérez Cortes, 2025).
- En lugar de concebir la evolución del universo como una tendencia hacia el desorden, se propone que la expansión cósmica genera un aumento entrópico asociado a la definición progresiva de la realidad, donde cada incremento de expansión transforma lo indeterminado en estructura física.
- Así, la entropía se convierte en un índice de concreción ontológica: mide cuán “real” se ha vuelto el universo respecto a su estado de superposición original.



Este cambio de paradigma sugiere que el universo no evoluciona hacia el caos, sino hacia una mayor determinación física y coherencia estructural, siendo la expansión su motor causal. Por tanto, los campos de conocimiento de la termodinámica, la mecánica cuántica y la cosmología convergen hacia un mismo principio: se afirma que la expansión; es la generadora de tiempo, de decoherencia y de entropía, de modo que se da una relación entre la expansión cósmica y la evolución del orden físico del universo.

1. Coherencia local: En regiones donde la densidad de materia es alta, la coherencia se retiene o frena. Este fenómeno genera la percepción de gravedad, ya que la expansión local se desacelera ( $Z(t)$  bajo) y los objetos permanecen ligados entre sí. La coherencia actúa como un mecanismo de retención estructural, modulando la expansión a nivel local.
2. Decoherencia local: En regiones de baja densidad de materia, la coherencia se libera o desenfrena, permitiendo que la expansión se manifieste plenamente ( $Z(t)$  alto). En estas condiciones, la expansión se acelera progresivamente, evidenciando cómo la liberación de coherencia facilita el flujo expansivo del cosmos sin resistencia local.

A medida que nos aproximamos a las zonas donde la curvatura del espacio-tiempo toma valores extremos, el estado  $P(t)=1$  correspondiente a la realidad completamente colapsada, empieza a invertirse. En estas regiones, la expansión local comienza a frenarse, el parámetro  $Z(t)$  desciende y el colapso tiende hacia una probabilidad  $P(t)=0.5$ . Este comportamiento implica que la materia y la energía tienden hacia una etapa de indeterminación cuántica, volviendo a la fase inicial de superposición con la que empezó el primer impulso expansivo que vivió el universo. Siendo que el Big Bang representa el primer evento de decoherencia cósmica provocado por la expansión del universo. Es el momento en que la superposición cuántica total se rompe, transformando la energía potencial en luz, materia y tiempo

Los hallazgos confirman que la expansión del universo actúa como agente causal constructora y principio ordenante, regulando la decoherencia cuántica, la estructuración de la materia y la emergencia del tiempo.

La constante  $Z(t)$  formaliza esta relación, integrando cosmología y mecánica cuántica en un mismo marco causal y ofreciendo un camino teórico sólido hacia la unificación de la física fundamental.



## Teoría del todo

La Teoría de la Expansión Fundamental se presenta como una síntesis universal donde todas las manifestaciones físicas gravedad, materia, energía, tiempo y entropía emergen de un solo principio: la expansión dinámica del universo. En este marco, la expansión no es un simple proceso geométrico, sino el acto físico primordial mediante el cual el universo transforma la coherencia cuántica en realidad estructurada. La expansión cósmica es la matriz generadora de lo real. A partir de ella surgen las leyes que rigen tanto el mundo cuántico como el relativista, de modo que la unificación no ocurre entre teorías, sino en el principio que la origina: la expansión como causa del colapso cuántico y del flujo temporal.

### 1. El principio unificador de coherencia y decoherencia.

Antes del primer pulso expansivo, el universo se hallaba en un estado de coherencia total, donde  $P(t)=0.5$  representaba la máxima indeterminación cuántica: todo coexistía en superposición. La expansión del cosmos elevó progresivamente la función  $Z(t)$ , iniciando la decoherencia y generando los primeros estados definidos la materia, la luz y el tiempo físico conforme  $P(t)$  tendía a 1. La expansión, así, no solo crea el tiempo, sino también la dirección de la realidad. Cada incremento en  $Z(t)$  representa un latido del universo, un pulso en el cual lo posible se convierte en lo existente. De este modo, el tiempo es el ritmo de la decoherencia, y la realidad es su secuencia acumulativa.

### 2. La gravedad como coherencia persistente.

En regiones de alta densidad o curvatura, la expansión local se desacelera:  $Z(t)$  disminuye su ritmo y  $P(t)$  retorna hacia valores intermedios, cercanos a 0.5. Allí, la coherencia cuántica se conserva parcialmente, resistiendo el avance de la decoherencia global. Ese fenómeno se percibe como gravedad. La gravedad no es entonces una fuerza que atrae, sino la expresión local de la coherencia que se mantiene dentro del proceso general de expansión. Por ejemplo, cuando una piedra cae hacia el suelo, su entorno inmediato se encuentra en un estado de coherencia parcial ( $P(t)=0.5$ ), mientras el cosmos se halla mayormente definido ( $P(t)=1$ ).

El espacio se curva porque el ritmo de expansión se desacelera sobre la Materia, y esa desaceleración crea el efecto gravitacional. De esta manera, la gravedad actúa como la memoria cuántica del universo, conservando en cada masa una porción del estado coherente original que dio origen al cosmos. Donde



la expansión libera la realidad, la gravedad la mantiene unida, equilibrando la dinámica universal entre coherencia y decoherencia.

- El vacío del espacio no tiene suficiente densidad de materia ni entrelazamiento cuántico local para mantener un campo de coherencia sostenido. La coherencia cuántica global del vacío podría existir, pero está “extendida” y no se manifiesta como curvatura gravitatoria local. En el vacío: coherencia cuántica débil, distribuida = sin gravedad perceptible. El vacío profundo permite que el tiempo expansivo siga su ritmo natural, La coherencia cuántica global del vacío puede existir, pero está “diluida” o extendida por todo el universo; al no estar concentrada, no produce efectos gravitatorios locales, solo contribuye al fondo de energía del espacio de manera muy tenue.
- La materia condensada (átomos, campos cuánticos confinados, energías vinculadas) produce coherencia local fuerte, es decir, una organización de los estados cuánticos en una región finita. Esa coherencia concentrada distorsiona la estructura cuántica del espacio, y esa distorsión se percibe como gravedad. Es decir, la gravedad no “sale” de la materia, sino que es el patrón de coherencia que la materia genera en el campo cuántico del espacio. En los planetas: coherencia cuántica fuerte, localizada = campo gravitatorio emergente. La gravedad surge donde la coherencia local está concentrada (planetas, estrellas, galaxias).

La expansión del tiempo no se frena ni se curva significativamente en regiones donde la coherencia cuántica local es débil. Solo la concentración de materia y coherencia local puede ‘ralentizar’ o curvar el tiempo en sentido gravitatorio.

### 3. El tiempo como ritmo del cosmos.

En la Teoría del Todo el tiempo no fluye: late. Cada pulso de expansión corresponde a una fase de la decoherencia universal.

El tiempo surge de la diferencia de ritmo entre regiones de expansión: donde la expansión se acelera, el tiempo avanza; donde se frena, el tiempo se curva o casi se detiene. Así, la flecha temporal no es absoluta, sino una función del grado de expansión y del nivel de coherencia local.

### 4. La estructura unificadora del Todo.

Todas las fuerzas fundamentales se interpretan como modos locales de la expansión:

- Gravedad: coherencia persistente (expansión desacelerada)



- Electromagnetismo: oscilación rítmica de la coherencia convertida en radiación
- Interacción débil y fuerte: estabilizaciones locales del proceso de decoherencia, regulando la formación de estructura en los niveles subatómicos.

La Teoría del Todo de la Expansión Fundamental sostiene que el universo no está compuesto de partes independientes, sino de frecuencias de coherencia dentro del mismo campo expansivo.

La materia, la energía y el espacio-tiempo son fases del mismo fenómeno: la expansión transformando coherencia en forma.

#### 5. La expansión como ley del ser.

La Teoría del Todo no se limita a describir el universo, sino que revela su principio generador. La expansión cósmica no es un accidente físico, sino la ley ontológica fundamental: el proceso mediante el cual el universo se manifiesta.

Cada instante, cada partícula y cada forma de energía son el eco del primer pulso expansivo. Donde la expansión acelera, la realidad se define; donde se frena, la coherencia persiste.

El cosmos entero es el equilibrio entre ambos movimientos: la expansión que crea y la gravedad que recuerda. En suma, la Teoría del Todo de la Expansión Fundamental afirma que el universo no evoluciona dentro del tiempo; es su expansión la que crea el tiempo, la materia, la energía y las leyes mismas que lo gobiernan. La realidad no está contenida en el espacio-tiempo: el espacio-tiempo está contenido en la expansión.

#### **The Theory of Everything:**

The Fundamental Expansion Theory of Everything is presented as a universal synthesis where all physical manifestations gravity, matter, energy, time, and entropy emerge from a single principle: the dynamic expansion of the universe. In this framework, expansion is not a simple geometric process, but the primordial physical act by which the universe transforms quantum coherence into structured reality. Cosmic expansion is the generating matrix of reality.

From it emerge the laws that govern both the quantum and relativistic worlds, such that unification does not occur between theories, but in the principle that originates it: expansion as the cause of quantum collapse and the flow of time.

1. The unifying principle of coherence and decoherence.



Before the first expansive pulse, the universe was in a state of total coherence, where  $P(t) = 0.5$  represented the ultimate quantum indeterminacy: everything coexisted in superposition. The expansion of the cosmos progressively increased the function  $Z(t)$ , initiating decoherence and generating the first defined states of matter, light, and physical time as  $P(t)$  tended toward 1.

Expansion, thus, not only creates time, but also the direction of reality. Each increase in  $Z(t)$  represents a heartbeat of the universe, a pulse in which the possible becomes the existing. Thus, time is the rhythm of decoherence, and reality is its cumulative sequence.

## 2. Gravity as persistent coherence.

In regions of high density or curvature, local expansion slows:  $Z(t)$  slows down, and  $P(t)$  returns to intermediate values, close to 0.5. There, quantum coherence is partially preserved, resisting the advance of global decoherence. This phenomenon is perceived as gravity.

Gravity is not, then, an attractive force, but the local expression of the coherence that is maintained within the general process of expansion. For example, when a stone falls to the ground, its immediate surroundings are in a state of partial coherence ( $P(t)=0.5$ ), while the cosmos is largely defined ( $P(t)=1$ ). Space curves because the rate of expansion slows down over Matter, and this slowdown creates the gravitational effect. In this way, gravity acts as the quantum memory of the universe, preserving in each mass a portion of the original coherent state that gave rise to the cosmos. Where expansion frees reality, gravity holds it together, balancing the universal dynamic between coherence and decoherence.

- The vacuum of space does not have sufficient matter density or local quantum entanglement to maintain a sustained coherence field. The global quantum coherence of the vacuum could exist, but it is "stretched out" and does not manifest as local gravitational curvature. In a vacuum: weak, distributed quantum coherence = no perceptible gravity. The deep vacuum allows expansive time to follow its natural rhythm. The global quantum coherence of the vacuum may exist, but it is "diluted" or spread throughout the universe; since it is not concentrated, it does not produce local gravitational effects; it only contributes very weakly to the energy background of space.
- Condensed matter (atoms, confined quantum fields, bound energies) produces strong local coherence, that is, an organization of quantum states in a finite region. This concentrated coherence distorts the quantum structure of space, and this distortion is perceived as gravity. That is, gravity



does not “emerge” from matter; rather, it is the pattern of coherence that matter generates in the quantum field of space. On planets: strong, localized quantum coherence = emergent gravitational field. Gravity arises where local coherence is concentrated (planets, stars, galaxies).

The expansion of time does not slow down or bend significantly in regions where local quantum coherence is weak.

Only the concentration of matter and local coherence can "slow down" or bend time in a gravitational sense.

### 1. Time as the rhythm of the cosmos.

In the Theory of Everything, time does not flow: it beats. Each pulse of expansion corresponds to a phase of universal decoherence.

Time arises from the difference in rhythm between regions of expansion: where expansion accelerates, time advances; where it slows down, time bends or almost stops. Thus, the arrow of time is not absolute, but a function of the degree of expansion and the level of local coherence.

### 2. The unifying structure of the Whole.

All fundamental forces are interpreted as local modes of expansion:

- Gravity: persistent coherence (decelerated expansion)
- Electromagnetism: rhythmic oscillation of coherence converted into radiation
- Weak and strong interactions: local stabilizations of the decoherence process, regulating the formation of structure at the subatomic levels.

The Fundamental Expansion Theory of Everything maintains that the universe is not composed of independent parts, but of frequencies of coherence within the same expansive field.

Matter, energy, and space-time are phases of the same phenomenon: expansion transforming coherence into form.

### 3. Expansion as a law of being.

The Theory of Everything does not simply describe the universe; it reveals its generative principle. Cosmic expansion is not a physical accident, but the fundamental ontological law: the process by which the universe manifests itself.



Every instant, every particle, and every form of energy are the echo of the first expansive pulse. Where expansion accelerates, reality is defined; where it slows, coherence persists.

The entire cosmos is the balance between both movements: the expansion that creates and the gravity that remembers.

In short, the Fundamental Expansion Theory of Everything affirms that the universe does not evolve within time; it is its expansion that creates time, matter, energy, and the very laws that govern it. Reality is not contained in space-time: space-time is contained in expansion.

## CONCLUSIONES

La expansión cósmica puede comprenderse como el principio ontológico que sostiene la totalidad del ser físico, donde la realidad se expresa como un proceso continuo de emergencia entre coherencia y estructura (Einstein, 1915; Penrose, 1989).

En esta visión, la dinámica universal no depende de un marco previo de tiempo o espacio, sino que estos surgen del propio acto expansivo que da sentido a la existencia. Así, el universo no requiere un observador para definirse, pues su evolución constituye por sí misma el mecanismo de manifestación de la realidad (Schrödinger, 1935; Zeh, 1970). El modelo teórico de la Expansión Fundamental sitúa a la expansión como el elemento que transforma la coherencia cuántica en formas definidas, estableciendo un tránsito determinista entre lo potencial y lo manifiesto (Bojowald, 2008; Padmanabhan & Padmanabhan, 2017). De esta manera, las leyes que rigen los procesos físicos adquieren un sentido emergente, en el cual la organización del cosmos responde a un principio autorregulado que equilibra creación y conservación.

La dinámica expresada por  $Z(t)$  y  $\Gamma(t)$  ofrece una formalización matemática capaz de articular la transición entre dominios cuánticos y gravitacionales sin introducir condiciones externas (Joos et al., 2003; Gell-Mann & Hartle, 1990).

La concepción entrópica propuesta se interpreta como la medida del grado de definición del universo, revelando que el incremento del orden estructural no contradice los principios termodinámicos, sino que los amplía hacia un marco coherente de evolución universal (Clausius, 1865; Boltzmann, 1877). La realidad física se construye a partir de un proceso rítmico en el que la expansión regula la información y la transforma en materia, energía y dirección temporal.



En el vacío del espacio, la densidad de materia y el entrelazamiento cuántico local son insuficientes para generar coherencia gravitatoria significativa. Según la Expansión Fundamental, esto permite que la expansión temporal continúe sin alteraciones, mientras que la gravedad solo surge donde la materia concentra coherencia cuántica local.

Así, la gravedad en los planetas no “proviene” de la masa en sí, sino de la organización cuántica que la materia produce en el campo: una asimetría en la coherencia.

Desde la perspectiva de la Expansión Fundamental, esto implica que el ritmo de la expansión temporal no se ve alterado en estas zonas; la gravedad solo emerge allí donde la materia concentra coherencia cuántica, dando lugar a curvaturas significativas del espacio-tiempo. La gravedad surge como la manifestación macroscópica de la coherencia cuántica localizada; en el vacío, dicha coherencia se dispersa y no genera curvatura efectiva del espacio-tiempo. Así, la gravedad actúa como la persistencia de la coherencia primordial, mientras la expansión impulsa la diferenciación del universo. Ambos aspectos conforman el equilibrio dinámico que hace posible la existencia.

El planteamiento de la Teoría del Todo sugiere una continuidad entre todos los niveles del cosmos, donde las fuerzas fundamentales emergen como modulaciones locales del mismo proceso expansivo.

En síntesis, la propuesta de la Expansión Fundamental redefine la comprensión del universo como un sistema autoorganizado cuya expansión constituye el principio generador de toda estructura física. El cosmos no evoluciona dentro del tiempo: es su expansión la que origina el tiempo, la materia, la energía y las leyes que rigen su comportamiento cuya expansión constituye la ley generadora de toda realidad observable. Esto abre un horizonte hacia una física unificada que integra coherencia cuántica, estructura gravitacional y evolución termodinámica bajo un único principio cósmico de expansión (Pérez Cortes, 2025).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bojowald, M. (2008). *Once before Time: A whole story of the Universe*. New York: Alfred A. Knopf.
- Bojowald, M., & Halnon, R. (2016). The breath of the cosmos: Loop quantum cosmology and the first light. *Foundations of Physics*, 46(11), 1375–1399.
- Einstein, A. (1915). Die Feldgleichungen der Gravitation. *Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 844–847.



- Gell-Mann, M., & Hartle, J. B. (1990). Quantum mechanics in the light of quantum cosmology. In W. Zurek (Ed.), *Complexity, Entropy, and the Physics of Information* (pp. 425–458). Addison-Wesley.
- Guth, A. (1997). *The inflationary universe: The quest for a new theory of cosmic origins*. Perseus Books.
- Hartle, J. B., & Hawking, S. W. (1983). Wave function of the universe. *Physical Review D*, 28(12), 2960–2975.
- Hubble, E. (1929). A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 15(3), 168–173.
- Joos, E., Zeh, H. D., Kiefer, C., Giulini, D., Kupsch, J., & Stamatescu, I.-O. (2003). *Decoherence and the Appearance of a Classical World in Quantum Theory*. Springer.
- Kiefer, C. (2012). *Quantum Gravity*. Oxford University Press.
- Linde, A. (2015). A brief history of the multiverse. *Reports on Progress in Physics*, 80(2), 022001.
- Padmanabhan, T., & Padmanabhan, H. (2017). CosMIn: The solution to the cosmological constant problem. *International Journal of Modern Physics D*, 26(12), 1743024.
- Boltzmann, L. (1877). *Über die Beziehung zwischen dem zweiten Hauptsatze der mechanischen Wärmetheorie und der Wahrscheinlichkeitsrechnung*. *Wiener Berichte*, 76, 373–435.
- Clausius, R. (1865). *Über verschiedene für die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie*. *Annalen der Physik*, 201(7), 353–400.
- Penrose, R. (1989). *The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds, and the Laws of Physics*. Oxford University Press.
- Pérez Cortes, J.A. (2025). *Expansión Fundamental: Relatividad y Mecánica Cuántica Unificadas por la Expansión del Universo*. *Ciencia Latina Revista Multidisciplinar*.
- Planck Collaboration. (2020). Planck 2018 results: Cosmological parameters. *Astronomy & Astrophysics*, 641, A6.
- Rovelli, C. (1996). Relational quantum mechanics. *International Journal of Theoretical Physics*, 35(8), 1637–1678.
- Rovelli, C., & Vidotto, F. (2015). *Covariant loop quantum gravity: An elementary introduction to quantum gravity and spinfoam theory*. Cambridge University Press.



Schrödinger, E. (1935). Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik. *Naturwissenschaften*, 23(49), 807–812; 823–828; 844–849.

Smolin, L. (2006). *The Trouble with Physics: The Rise of String Theory, the Fall of a Science, and What Comes Next*. Houghton Mifflin.

Wheeler, J. A. (1957). On the nature of quantum geometrodynamics. *Annals of Physics*, 2(6), 604–614.

Zeh, H. D. (1970). On the interpretation of measurement in quantum theory. *Foundations of Physics*, 1, 69–76.

Zurek, W. H. (2003). Decoherence, einselection, and the quantum origins of the classical. *Reviews of Modern Physics*, 75(3), 715–775.

