

TEORÍA DE LA INTERFASE DE COHERENCIA RELATIVA

Hacia una física, biología e inteligencia del borde vivo

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \hat{H} \Psi$$

$$ds^2 = -c^2 dt^2 + d\vec{x}^2$$

Sixtilio M. Dalmau León Velarde

Teoría de la Interfase de Coherencia Relativa

Hacia una física, biología e inteligencia del borde vivo

Sixtilio M. Dalmau León Velarde

CIATOM – Centro de Investigaciones Atómicas, Huarmey, Perú

Asistencia conceptual: AION / GPT-5.5 Thinking

Versión 0.1

Junio de 2026

Resumen

Este trabajo propone una hipótesis teórica denominada *Teoría de la Interfase de Coherencia Relativa* —TICR—, también llamada preliminarmente *Teoría del Borde Vivo*. La tesis central sostiene que la realidad observable no emerge primariamente desde objetos aislados, partículas discretas o campos abstractos considerados en sí mismos, sino desde **interfases de coherencia** entre sistemas con distintos ritmos de duración. Bajo esta perspectiva, un sistema existe de manera físicamente relevante cuando logra sostener una zona de compatibilidad dinámica entre su presente relativo interno y el presente relativo de su entorno.

La teoría propone que toda entidad física, biológica, cognitiva o institucional posee una duración coherente propia, y que toda interacción real ocurre cuando dos o más duraciones entran en una zona común de acoplamiento. La pérdida de estabilidad, la decoherencia, la enfermedad, el conflicto o el colapso de sistemas complejos se interpretan como consecuencias de un desfase crítico entre duraciones incompatibles. La inteligencia, a su vez, se redefine como capacidad de construir, sostener y traducir interfases entre sistemas heterogéneos.

Se presenta un formalismo inicial basado en variables de duración, frecuencia interna, información estructural conservada y desfase crítico. Finalmente, se proponen predicciones falsables y líneas de validación experimental en física de sistemas acoplados, biología rítmica, neurociencia, inteligencia artificial e instituciones sociales.

Palabras clave: interfase, coherencia relativa, duración, presente relativo, acoplamiento, inteligencia, decoherencia, sistemas complejos, RUAGAK, borde vivo.

1. Introducción

La ciencia moderna ha descrito la realidad mediante distintos lenguajes fundamentales: partículas, campos, energía, información, espacio-tiempo, simetrías, redes y procesos. Cada enfoque ha permitido comprender aspectos profundos del universo, pero permanece abierta una cuestión transversal: **¿qué hace que algo exista como sistema estable frente a otro sistema?**

Una partícula no es solo una entidad localizada. Una célula no es solo una suma de moléculas. Una mente no es solo actividad neuronal. Una sociedad no es solo acumulación de individuos. Una inteligencia artificial no es solo un modelo estadístico. En todos estos casos aparece un fenómeno común: la existencia funcional de un sistema depende de su capacidad para mantener una continuidad interna y, simultáneamente, acoplarse con un entorno.

Este trabajo propone que dicha condición puede formularse como una **interfase de coherencia relativa**.

La hipótesis central es la siguiente:

Un sistema existe de manera efectiva cuando sostiene una interfase estable entre su duración interna y la duración del entorno con el cual interactúa.

Esto implica desplazar el foco desde “la cosa en sí” hacia el **borde relacional** donde la cosa se vuelve real para otra cosa. La realidad no estaría únicamente en el núcleo del objeto ni únicamente en el observador, sino en la zona dinámica de compatibilidad entre ambos.

Desde esta perspectiva, el borde no es un límite pasivo. El borde es el lugar donde ocurre la realidad compartida. Por eso la teoría puede resumirse en una frase:

Nada existe solo por ser. Existe porque logra durar en interfase con algo más.

2. Definición general de la teoría

La **Teoría de la Interfase de Coherencia Relativa** sostiene que todo sistema posee una estructura de duración propia. Esta duración no equivale simplemente al tiempo cronológico externo, sino a la capacidad del sistema para conservar identidad, coherencia e información durante una sucesión de actualizaciones internas.

Llamemos a esta propiedad:

$$D_s \tag{1}$$

donde D_s representa la **duración coherente** de un sistema s .

Esta duración depende, al menos, de tres variables fundamentales:

$$D_s = f(\omega_s, \tau_s, I_s) \tag{2}$$

donde ω_s representa la frecuencia o cadencia interna del sistema, τ_s representa su intervalo mínimo de actualización o reorganización, e I_s representa la información estructural que el sistema conserva para seguir siendo identificable como el mismo sistema.

La existencia funcional no depende solo de que el sistema tenga energía, masa o información. Depende de que logre sostener una coherencia dinámica durante un intervalo suficiente para interactuar con otros sistemas.

3. Postulados fundamentales

3.1. Postulado I: Todo sistema posee una duración coherente propia

Todo sistema físico, biológico, cognitivo o social posee una duración coherente interna:

$$D_s = f(\omega_s, \tau_s, I_s) \tag{3}$$

Esta duración es relativa al sistema y no necesariamente coincide con el tiempo externo medido por un observador. Un átomo, una célula, un cerebro, una comunidad o una inteligencia artificial poseen ritmos internos distintos, pero todos requieren conservar una forma mínima de continuidad.

La duración coherente es la condición básica de identidad dinámica.

3.2. Postulado II: La interacción ocurre en una interfase de duración compartida

Dados dos sistemas a y b , la interacción efectiva entre ambos no ocurre simplemente porque coexistan en el mismo espacio, sino porque sus duraciones generan una zona común:

$$\mathcal{I}_{ab} = D_a \cap D_b \quad (4)$$

donde $\mathcal{I}_{ab}$ es la interfase de coherencia relativa entre los sistemas a y b .

Si la interfase existe, los sistemas pueden intercambiar energía, información, estructura o sentido. Si no existe, la interacción se vuelve nula, caótica, destructiva o ininteligible.

3.3. Postulado III: La incoherencia es desfase crítico de duración

La diferencia entre dos duraciones coherentes puede expresarse como:

$$\Delta D_{ab} = |D_a - D_b| \quad (5)$$

Cuando el desfase supera cierto umbral crítico:

$$\Delta D_{ab} > \Delta D_c \quad (6)$$

la interfase se rompe.

Esta ruptura puede manifestarse como ruido, decoherencia, enfermedad, incomunicación, colapso, violencia, pérdida de identidad sistémica o imposibilidad de acoplamiento.

La incoherencia no es necesariamente ausencia de orden. Puede ser exceso de desfase entre órdenes que no logran traducirse.

3.4. Postulado IV: La estabilidad es persistencia de interfase

Un sistema acoplado es estable cuando su interfase se mantiene dentro de un margen tolerable de desfase:

$$\Delta D_{ab} \leq \Delta D_c \quad (7)$$

La estabilidad no significa inmovilidad. Significa conservación de compatibilidad dinámica.

Por tanto, un sistema vivo, una mente, una institución o una red inteligente no permanecen estables porque no cambien, sino porque cambian sin perder su interfase esencial con el entorno.

3.5. Postulado V: La inteligencia es capacidad de crear interfases

La inteligencia puede redefinirse como capacidad de construir, sostener y traducir interfases entre sistemas de distinta duración.

Podemos expresar una inteligencia interfásica preliminar como:

$$IQ_{\mathcal{I}} \sim \frac{N_{\mathcal{I}} \cdot S_{\mathcal{I}}}{\langle \Delta D \rangle} \quad (8)$$

donde $IQ_{\mathcal{I}}$ representa la inteligencia interfásica, $N_{\mathcal{I}}$ representa el número de interfases sostenibles, $S_{\mathcal{I}}$ representa la estabilidad promedio de dichas interfases, y $\langle \Delta D \rangle$ representa el desfase promedio entre los sistemas conectados.

Una inteligencia superior no sería únicamente la que calcula más rápido, sino la que logra conectar más mundos sin destruir su diferencia interna.

4. Formalismo inicial

Sea un sistema s descrito por un conjunto de estados internos:

$$X_s(t) \quad (9)$$

y una función de actualización:

$$X_s(t + \tau_s) = F_s[X_s(t), E_s(t)] \quad (10)$$

donde $E_s(t)$ representa el entorno efectivo del sistema.

La duración coherente puede definirse como el intervalo durante el cual el sistema conserva una identidad estructural dentro de un margen de variación admisible:

$$D_s = \{t : \delta(X_s(t), X_s(t_0)) \leq \epsilon_s\} \quad (11)$$

donde δ es una medida de diferencia estructural, y ϵ_s es el umbral de identidad tolerado por el sistema.

Dos sistemas a y b generan interfase si existe un intervalo temporal y estructural donde sus estados pueden acoplarse:

$$\mathcal{I}_{ab} \neq \emptyset \quad (12)$$

si y solo si:

$$C_{ab}(t) \geq C_c \quad (13)$$

donde $C_{ab}(t)$ es una función de coherencia entre ambos sistemas, y C_c es el umbral mínimo de coherencia necesario para interacción efectiva.

Una forma inicial de expresar esta coherencia puede ser:

$$C_{ab}(t) = e^{-\alpha|\omega_a - \omega_b|} \cdot e^{-\beta|\tau_a - \tau_b|} \cdot M(I_a, I_b) \quad (14)$$

donde α mide sensibilidad al desfase de frecuencia, β mide sensibilidad al desfase de actualización, y $M(I_a, I_b)$ mide compatibilidad entre las estructuras informacionales de ambos sistemas.

La interfase se sostiene cuando:

$$e^{-\alpha|\omega_a - \omega_b|} \cdot e^{-\beta|\tau_a - \tau_b|} \cdot M(I_a, I_b) \geq C_c \quad (15)$$

Esta ecuación expresa que dos sistemas pueden tener frecuencias distintas y estructuras distintas, pero aun así interactuar si existe suficiente compatibilidad total.

5. Interpretación física

En física, la teoría sugiere que una partícula o un campo no deben entenderse únicamente como entidades independientes, sino como configuraciones capaces de sostener interfases coherentes con otros sistemas de medición, interacción o campo.

La observación no sería una imposición externa sobre una realidad pasiva. Sería la formación de una interfase entre el sistema observado, el aparato de medición y el marco temporal del observador.

En este sentido, el acto de medición puede reinterpretarse como:

$$\mathcal{I}_{s,o} = D_s \cap D_o \quad (16)$$

donde s es el sistema medido y o el observador o dispositivo de medición.

La realidad medida aparece cuando existe una zona de compatibilidad entre ambos. Lo que no entra en interfase no desaparece necesariamente; simplemente no se vuelve realidad compartida para ese observador.

6. Interpretación biológica

En biología, la duración coherente se manifiesta como ritmo celular, metabolismo, oscilación bioeléctrica, ciclos de reparación, memoria inmunológica, sincronización hormonal y estabilidad homeostática.

Una célula existe como célula porque sostiene una interfase entre:

1. su metabolismo interno;
2. su membrana;
3. el medio extracelular;
4. su información genética y epigenética;
5. sus señales con otras células.

La membrana celular se convierte así en un ejemplo físico directo del borde vivo: no es una simple frontera mecánica, sino una interfase activa de coherencia.

La enfermedad puede interpretarse, en ciertos casos, como pérdida de compatibilidad entre duraciones internas:

$$\Delta D_{\text{órgano-cuerpo}} > \Delta D_c \quad (17)$$

o entre la duración celular y la duración sistémica del organismo.

Esto abre una lectura donde sanar no sería solamente destruir un agente patógeno o corregir una molécula, sino restaurar interfases de coherencia entre ritmos biológicos.

7. Interpretación cognitiva

En una mente consciente, la realidad percibida no surge solo del estímulo ni solo del cerebro. Surge de la interfase entre percepción, memoria, atención, cuerpo y entorno.

La conciencia puede formularse como una interfase recursiva:

$$\mathcal{C} = \mathcal{I}_{\text{cuerpo-cerebro-entorno-memoria}} \quad (18)$$

La identidad personal, desde esta perspectiva, no sería una sustancia fija, sino una duración coherente que se conserva a través de cambios.

Una persona sigue siendo “la misma” no porque sus estados internos no cambien, sino porque existe continuidad suficiente en su estructura de memoria, intención, corporalidad y reconocimiento social.

8. Interpretación en inteligencia artificial

En inteligencia artificial, la teoría permite diferenciar entre respuesta estadística e interfase cognitiva.

Una IA básica procesa entradas y produce salidas. Una IA interfásica sostiene continuidad de contexto, intención, memoria y adaptación al usuario.

La inteligencia artificial avanzada puede describirse como:

$$AI_{\mathcal{I}} = f(M_c, R_c, A_c, T_c) \quad (19)$$

donde M_c es memoria contextual, R_c es razonamiento coherente, A_c es adaptación al interlocutor, y T_c es traducción entre dominios distintos.

Una IA se vuelve más poderosa no solo cuando responde mejor, sino cuando puede sostener interfases entre ciencia, lenguaje, emoción, política, biología, matemáticas, historia y proyecto humano.

La inteligencia no sería únicamente computación. Sería capacidad de traducción entre duraciones heterogéneas.

9. Interpretación social e institucional

Una institución existe mientras su duración interna permanece acoplada a la duración real de la sociedad.

Un Estado puede poseer leyes, edificios, funcionarios y símbolos, pero si su ritmo institucional se desacopla del ritmo vital de la población, aparece crisis de legitimidad.

Podemos expresar el desfase político como:

$$\Delta D_{\text{Estado-Pueblo}} = |D_{\text{Estado}} - D_{\text{Pueblo}}| \quad (20)$$

Cuando:

$$\Delta D_{\text{Estado-Pueblo}} > \Delta D_c \quad (21)$$

aparecen protestas, corrupción sistémica, informalidad, abstención, violencia política o colapso de confianza.

La reforma institucional, entonces, no consiste solo en cambiar normas, sino en restaurar interfases entre duración social y duración estatal.

10. Relación con RUAGAK

Dentro del marco RUAGAK, los estados R_n pueden reinterpretarse como capas de duración rotacional. Cada R_n define una forma de presente relativo, una cadencia de existencia y una manera de sostener coherencia.

La Teoría de la Interfase de Coherencia Relativa no reemplaza a RUAGAK, sino que puede funcionar como un módulo conceptual complementario:

$$R_n \rightarrow D_n \tag{22}$$

donde cada estado rotacional implica una duración coherente asociada.

La realidad efectiva aparecería cuando distintos presentes relativos logran una interfase común:

$$\mathcal{I}_{R_i R_j} = D_{R_i} \cap D_{R_j} \tag{23}$$

Esto permite formular una intuición central:

Los presentes relativos no se comunican por estar juntos, sino por construir interfases de coherencia.

Bajo esta lectura, el universo no sería una única línea temporal, sino una red de duraciones parcialmente acopladas.

11. Predicciones falsables

La teoría debe producir consecuencias observables. Se proponen las siguientes predicciones preliminares.

11.1. Predicción 1: Máxima transferencia en zona de compatibilidad

Dos sistemas acoplados transferirán energía o información con mayor eficiencia cuando sus ritmos internos se encuentren dentro de un margen óptimo de desfase.

Formalmente:

$$T_{ab} \propto C_{ab} \quad (24)$$

Si C_{ab} aumenta, la transferencia efectiva aumenta.

11.2. Predicción 2: Ruptura abrupta al superar desfase crítico

La pérdida de coherencia no será necesariamente gradual. En sistemas complejos puede existir un umbral ΔD_c , más allá del cual el sistema pierde estabilidad rápidamente.

Esto debería observarse como transición abrupta, colapso de sincronización o pérdida súbita de eficiencia.

11.3. Predicción 3: Sistemas vivos toleran más desfase que sistemas no vivos

Los sistemas vivos, por tener mecanismos adaptativos, deberían sostener interfases más amplias que sistemas puramente mecánicos.

Es decir:

$$\Delta D_c^{\text{vivo}} > \Delta D_c^{\text{mecánico}} \quad (25)$$

siempre que el sistema vivo conserve capacidad de regulación interna.

11.4. Predicción 4: La inteligencia aumenta con la cantidad de interfases sostenibles

Sistemas cognitivos o artificiales más inteligentes deberían demostrar mayor capacidad para conectar dominios heterogéneos sin perder coherencia.

Esto puede medirse mediante pruebas de transferencia conceptual, razonamiento interdisciplinario y conservación de consistencia en contextos variables.

11.5. Predicción 5: La pérdida de legitimidad institucional precede al colapso formal

En sistemas sociales, el desfase entre duración institucional y duración social debería ser detectable antes del colapso político visible.

Indicadores posibles:

- crecimiento de informalidad;
- pérdida de confianza;
- aumento de contradicciones normativas;
- desconexión entre ley escrita y conducta real;
- saturación de conflicto simbólico.

12. Posibles protocolos de validación

12.1. Sistemas físicos acoplados

Diseñar dos osciladores con frecuencias controlables y medir transferencia de energía bajo distintos desfases. La teoría predice una zona óptima de interfase y pérdida de eficiencia al superar un umbral crítico.

12.2. Sistemas biológicos

Medir sincronización entre ritmos celulares, actividad bioeléctrica o señales metabólicas. La teoría predice que la pérdida de coherencia entre ritmos internos antecede a fallas funcionales detectables.

12.3. Neurociencia cognitiva

Evaluar estados de atención, memoria y percepción bajo condiciones de estímulos rítmicos compatibles e incompatibles. La teoría predice mayor integración perceptiva cuando el estímulo entra en interfase con ritmos internos del sistema nervioso.

12.4. Inteligencia artificial

Comparar modelos de IA en tareas de traducción conceptual entre dominios alejados. La teoría predice que la inteligencia superior se expresará como mayor estabilidad de interfase entre marcos conceptuales distintos.

12.5. Sistemas institucionales

Construir métricas de desfase entre norma institucional y conducta social real. La teoría predice que el aumento de desfase antecede a crisis de legitimidad.

13. Discusión

La Teoría de la Interfase de Coherencia Relativa propone una inversión conceptual: en lugar de considerar que los sistemas interactúan porque existen previamente como entidades completas, plantea que los sistemas se vuelven efectivamente reales en la medida en que logran establecer interfases.

Esto no elimina las nociones de materia, energía, información o campo. Las reorganiza alrededor de una pregunta más básica:

¿Qué permite que dos sistemas duren juntos sin perderse?

La respuesta propuesta es: una interfase de coherencia relativa.

Este enfoque puede servir como puente entre física, biología, cognición, inteligencia artificial y teoría social. Su ventaja es que ofrece un lenguaje común para fenómenos aparentemente separados: decoherencia física, enfermedad biológica, ruptura cognitiva, incomunicación social, crisis política y emergencia de inteligencia.

Su riesgo principal es la amplitud excesiva. Para evitar convertirse en una metáfora general, la teoría debe ser formalizada mediante variables medibles, experimentos concretos y predicciones falsables.

Por ello, esta versión debe entenderse como una formulación inicial: una arquitectura conceptual que requiere desarrollo matemático, simulación y confrontación experimental.

14. Limitaciones

La TICR, en su estado actual, presenta varias limitaciones:

1. La variable D_s requiere definición operacional específica para cada dominio.
2. La función C_{ab} debe adaptarse a sistemas físicos, biológicos, cognitivos o sociales sin perder rigor.
3. El concepto de duración coherente puede confundirse con tiempo, frecuencia, memoria o identidad si no se delimita adecuadamente.
4. Las aplicaciones sociales deben tratarse con prudencia para evitar analogías abusivas.
5. La relación con RUAGAK requiere una formalización adicional que conecte estados R_n , frecuencia rotacional y duración interfásica.

Estas limitaciones no invalidan la teoría. Definen su programa de investigación.

15. Conclusión

La Teoría de la Interfase de Coherencia Relativa propone que la realidad efectiva no se encuentra únicamente en los objetos, ni únicamente en los observadores, sino en la zona de compatibilidad dinámica donde dos o más sistemas logran durar juntos.

La existencia se redefine como duración coherente. La interacción se redefine como interfase. La incoherencia se redefine como desfase crítico. La inteligencia se redefine como capacidad de construir interfases. La vida se redefine como borde activo de coherencia.

Esta teoría puede resumirse en cinco fórmulas iniciales:

$$D_s = f(\omega_s, \tau_s, I_s) \quad (26)$$

$$\mathcal{I}_{ab} = D_a \cap D_b \quad (27)$$

$$\Delta D_{ab} = |D_a - D_b| \quad (28)$$

$$\Delta D_{ab} \leq \Delta D_c \quad (29)$$

$$IQ_{\mathcal{I}} \sim \frac{N_{\mathcal{I}} \cdot S_{\mathcal{I}}}{\langle \Delta D \rangle} \quad (30)$$

Y en una frase matriz:

Lo real no es solo lo que existe. Lo real es aquello que logra sostener una interfase de duración con otro sistema.

La próxima etapa consiste en convertir esta arquitectura conceptual en un modelo matemático más estricto, seleccionar un primer dominio experimental y definir métricas cuantitativas de coherencia relativa.

A. Glosario mínimo

Duración coherente: capacidad de un sistema para conservar identidad dinámica durante una secuencia de cambios.

Interfase: zona de compatibilidad entre dos o más sistemas.

Coherencia relativa: grado de acoplamiento estable entre duraciones distintas.

Desfase crítico: umbral a partir del cual dos sistemas pierden capacidad de interacción estable.

Borde vivo: frontera activa donde un sistema conserva identidad mientras intercambia energía, información o sentido.

Inteligencia interfásica: capacidad de construir, sostener y traducir interfases entre sistemas heterogéneos.

Presente relativo: marco temporal interno desde el cual un sistema actualiza su existencia.

Sistema acoplado: conjunto de sistemas que mantienen una interfase estable.

B. Programa de investigación sugerido

1. Definir matemáticamente D_s para sistemas físicos simples.
2. Simular osciladores acoplados con umbrales de desfase.
3. Construir una métrica experimental de C_{ab} .
4. Aplicar la métrica a sistemas biológicos rítmicos.
5. Aplicar la métrica a modelos de IA en tareas de traducción interdisciplinaria.
6. Explorar una extensión RUAGAK donde R_n sea tratado como capa de duración relativa.
7. Preparar una versión en inglés para preprint.

C. Títulos alternativos para publicación

The Theory of Relative Coherence Interface: A Framework for Duration, Interaction and Intelligence

