

La máquina abierta

No hay sistemas cerrados y la medida de la novedad: un instrumento teórico-informativo para discriminar la originación de la transmisión.

18 de octubre de 2026.

El carácter cerrado es una idealización que el mundo no mantiene: un sistema finito y sellado es eventualmente periódico y no origina nada, y que una cosa cuente siquiera como cerrada depende del cómputo con que se la lea. Todo lo que sigue haciendo novedad permanece abierto a lo que no contiene.

Una sola prueba de atribución — superaditividad σ y atribución α , cada una leída contra un nulo que puede fallar — llevada sin cambios a través de un autómata celular, un bucle de retroalimentación continuo, cuatro series del mundo real, un sustrato relacional de líneas de fuerza y una red bioeléctrica de uniones comunicantes, y colocada junto a las medidas de integración de Tononi, Hoel y Levin.

Resumen

Formalizamos y ejercitamos empíricamente un instrumento teórico-informativo que distingue la *originación* sostenida de novedad en un sistema dinámico de la *transmisión* de información suministrada externamente — la propia distinción de Whitehead entre el proceso microscópico y teleológico de la concrescencia y el proceso macroscópico y eficiente de la transición (Sección 12). El núcleo teórico es elemental: un sistema finito determinista sin entrada es eventualmente periódico, de modo que su tasa de entropía es cero y no origina nada una vez que termina su transitorio; por tanto, la novedad sostenida implica un canal abierto, con la tasa admitida acotada por $H(s' | s) \leq C$. El carácter cerrado no es absoluto sino relativo a un observador de recursos computacionales acotados, formalizado mediante un orden de Markov finito y una resolución finita ϵ . Dos informaciones mutuas condicionales separan la originación de la transmisión; un

estadístico de superaditividad σ y una razón de atribución α — la proporción del orden acoplado que un sustituto igualado en presupuesto y ciego a la estructura no puede reproducir — arrojan una clasificación vivo/impulsado/muerto con un nulo que puede fallar, cada una informada con un intervalo de confianza por bootstrap y leída como *indecidable* donde los intervalos se solapan. En sistemas sintéticos con verdad de referencia conocida la clasificación es exacta en sus extremos, y las magnitudes son pequeñas y se declaran como tales. El resultado distintivo del instrumento es una corrección detectada por su control nulo a una métrica de cognición publicada que había leído la geometría de un sistema convergente (muerto) como una capacidad. El estadístico σ se sitúa en la familia de integración de la Φ de Tononi y la emergencia causal de Hoel sin ser idéntico a ninguna, mientras que α aporta el eje de atribución que esa familia no tiene. La discriminación completa vivo/impulsado se demuestra solo en sistemas sintéticos; en cuatro series del mundo real solo se cumple una prueba de no independencia, y las predicciones fallidas se informan como fallos. La contribución es el instrumento y su disciplina de atribución llevados sin cambios a través de sustratos, no las magnitudes.

1. Introducción

Una pregunta recurrente en la ciencia de la complejidad, la vida artificial y la biología teórica es si un sistema dado genera comportamiento genuinamente nuevo o meramente reordena un repertorio fijo. La pregunta se plantea con frecuencia de manera informal, y las respuestas informales confunden dos fenómenos distintos: la impredecibilidad de una trayectoria para un observador particular, y la entrada efectiva de información desde fuera del sistema. Este artículo formaliza la distinción y la reduce a cantidades de información medibles, cada una dotada de un control cuyo fallo falsaría la afirmación asociada.

El contenido teórico es una cadena de proposiciones elementales. Un sistema finito determinista sin entrada es eventualmente periódico, de modo que tiene tasa de entropía cero y no origina nada asintóticamente. En consecuencia, la novedad sostenida requiere un canal abierto, y la tasa admitida está acotada por la capacidad de ese canal. El sentido en que

un sistema es “cerrado” es relativo a los recursos computacionales del observador que lo lee, y esta relatividad se hace precisa mediante un orden de Markov acotado y una entropía de resolución finita.

El contenido empírico es un instrumento que implementa estas proposiciones y devuelve números acotados. El instrumento se ejercita sobre tres clases de sistema: un autómata celular de construcción conocida, un bucle de retroalimentación continuo cuyos límites son teoremas de la teoría de control, y cuatro series temporales del mundo real. Declaramos de entrada que la discriminación vivo/impulsado se demuestra solo en sistemas sintéticos con verdad de referencia conocida, que en series reales solo se supera una prueba de no independencia más débil, y que varias predicciones del marco subyacente no sobrevivieron a la medición. Estas se informan en las Secciones 6, 8 y 10.

2. Preliminares y definiciones

Marco. Sea S un espacio de estados numerable y sea la dinámica dada por un mapa de transición. En el caso determinista sin entrada, la dinámica es una función $T : S \rightarrow S$ y la trayectoria desde s_0 es $(s_0, T(s_0), T^2(s_0), \dots)$. En el caso abierto introducimos un alfabeto de entrada U con un proceso de entrada estacionario de tasa acotada, y la dinámica es una función $T : S \times U \rightarrow S$, escrita $s' = T(s, u)$. El canal de U hacia la evolución del estado tiene una capacidad operacional por paso C en bits por paso — $C = \sup_{p(u)} I(U; s')$ en el caso sin memoria y, para un canal usado con retroalimentación, su capacidad de información dirigida — y es esta capacidad por paso la que acota la novedad admitida (Proposición 2).

Cantidades de información. Para variables aleatorias discretas X, Y, Z usamos la entropía de Shannon $H(X) = -\sum_x p(x) \log_2 p(x)$, la entropía condicional $H(X | Y)$, la información mutua $I(X; Y) = H(X) - H(X | Y)$, y la información mutua condicional $I(X; Y | Z)$. La tasa de entropía de un proceso estacionario (X_t) es $h = \lim_{n \rightarrow \infty} H(X_n | X_{n-1}, \dots, X_1)$, la incertidumbre asintótica por paso dada una historia no acotada. En el vocabulario de proceso de la Sección 12, cada uno de estos condicionamientos es una *prehensión* — un hecho concreto de relacionalidad —, de modo

que la originación y la transmisión (Sección 7) son ambas prehensiones de la forma $I(X; Y | Z)$; y el proceso estacionario que genera una transición es una *sociedad*, un objeto duradero con un carácter definidor reproducido, que el instrumento lee como un régimen estacionario e invariante.

Cantidades dinámicas. Para un sistema determinista que preserva la medida, h_{KS} denota la entropía de Kolmogorov-Sinai (métrica), el supremo de las tasas de entropía sobre particiones generadoras finitas. El espectro de Lyapunov positivo es el conjunto $\{\lambda_i : \lambda_i > 0\}$ de exponentes de Lyapunov positivos. La identidad de Pesin establece que, para un sistema suave con una medida invariante absolutamente continua, $h_{KS} = \sum_{\lambda_i > 0} \lambda_i$. Usamos también la complejidad de Lempel-Ziv de una secuencia finita de símbolos como un estimador computable de la longitud de descripción y, a través de ella, de la tasa de entropía, y la entropía de resolución finita (épsilon) $h(\epsilon)$, la tasa de entropía que ve un observador cuya discriminación de estados está granulada a la resolución épsilon.

Descomposición de información parcial. Para fuentes X_1, X_2 y objetivo Y , la descomposición de información parcial (PID) divide $I(X_1, X_2; Y)$ en componentes únicos, redundantes y sinérgicos. Escribimos el componente sinérgico $\text{Syn}(X_1, X_2 \rightarrow Y)$, la información presente solo en la observación conjunta de las fuentes. La sinergia es la forma teórico-informativa de la superaditividad usada en la Sección 6.

Observador. Un observador es un cómputo declarado que lee una trayectoria y estima su entropía condicional. Su parámetro principal es su orden de Markov k , el número de pasos pasados a los que condiciona, de modo que estima $H_k = H(s_t | s_{t-1}, \dots, s_{t-k})$. Un segundo parámetro es su resolución épsilon. El carácter cerrado se define en relación con un observador en la Sección 5.

Complemento estocástico. Particiónese el espacio de estados de una cadena de Markov en un bloque visible A y un bloque oculto B . El complemento estocástico (equivalentemente, la cadena de Markov censurada) sobre A es la matriz de transición $P_A + P_{AB}(I - P_B)^{-1}P_{BA}$, donde los bloques son las submatrices correspondientes de la matriz de transición completa. Esta es la dinámica exacta que un observador ve sobre los estados visibles, usada en la Sección 9.

3. La proposición del sistema cerrado

Proposición 1 (Periodicidad eventual y tasa de entropía cero). Sea $|S| = N < \infty$ y sea $T : S \rightarrow S$ determinista sin entrada. Entonces toda trayectoria es eventualmente periódica, con longitud de transitorio más periodo a lo sumo N , y la tasa de entropía del proceso generado es $h = 0$.

Esbozo de demostración. La trayectoria $(s_0, T(s_0), \dots, T^N(s_0))$ contiene $N + 1$ estados extraídos de un conjunto de tamaño N , de modo que por el principio del palomar dos de ellos coinciden, $T^i(s_0) = T^j(s_0)$ con $i < j \leq N$. El determinismo propaga la coincidencia hacia adelante, de modo que la trayectoria es periódica con periodo que divide a $(j - i)$ tras un transitorio de longitud a lo sumo i . Una vez conocidos el periodo p y la fase, el estado siguiente es una función determinista de la posición módulo p , de modo que $H(s_{t+1} \mid s_t, \dots, s_{t-p+1}) = 0$ para t grande, y $h = 0$. []

Al cambio producido dentro de tal sistema lo llamamos novedad muerta: es recombinación dentro de un repertorio que se agota una vez identificado el periodo. El contrapositivo da la afirmación operativa.

Corolario 1 (Apertura a partir de la no periodicidad sostenida). Si un sistema de estados finitos exhibe comportamiento no periódico en escalas de tiempo que exceden $|S|$, entonces no carece de entrada: existe un canal a través del cual entra información externa a su inventario. La novedad admitida está acotada por la Proposición 2.

Dos matizaciones exige la aplicación a la materia viva y en crecimiento.

Observación 1 (El crecimiento como tercer caso). La Proposición 1 requiere $|S|$ finito. Un sistema que agranda su propio espacio de estados puede ser no periódico sin ningún canal externo, porque los estados que alcanza son estados que no poseía antes. El crecimiento es un tercer caso junto al cerrado y al abierto. Empíricamente, en autómatas en crecimiento, un contador no periódico no acotado tiene una entropía relativa al cómputo cercana a cero, de modo que la no periodicidad deja de diagnosticar la apertura mientras

que la entropía relativa al cómputo (Sección 5) sigue haciéndolo, y la capacidad de un canal externo genuino escala linealmente con el frente en crecimiento, mientras que el crecimiento cerrado por sí solo no abre ningún canal.

Observación 2 (Vista interna de la relatividad al observador). Un contador determinista cuyos dígitos enumeran toda cadena finita parece abierto para un lector acotado y de hecho es cerrado. Por tanto, el diagnóstico de apertura es siempre relativo a la forma del observador, que la Sección 5 formaliza.

4. La cota de canal abierto y su invariante

Proposición 2 (Cota de canal abierto). Sea $s' = T(s, u)$ con un proceso de entrada de capacidad de canal C bits por paso. Entonces la novedad de un solo paso satisface

$$H(s' | s) \leq I(s'; u | s) + H(s' | s, u) = I(s'; u | s) \leq C,$$

ya que la dependencia determinista de s' respecto de (s, u) da $H(s' | s, u) = 0$. La desigualdad final lee C como la capacidad operacional por paso del canal de la entrada hacia la evolución del estado — la capacidad de información dirigida (con retroalimentación) de la Sección 2, no el máximo incondicional de una sola letra —, de modo que la información que la entrada inyecta en un paso no puede excederla. No hay bits admitidos en exceso de la capacidad del canal.

La cota $H(s' | s) \leq C$ tiene, sobre un sustrato continuo y oscilatorio y en el régimen escalar y lineal, tres realizaciones independientes como invariantes establecidos; en el caso multivariable o no lineal la identidad única se relaja a una desigualdad en sumas de logaritmos de valores propios inestables. Las enunciamos como la identificación que organiza la Sección 10.

Proposición 3 (Identidad de invariantes). Considérese la estabilización por retroalimentación de un sistema lineal inestable con factor de expansión en lazo abierto $a > 1$ (equivalentemente, tasa de expansión continua), impulsado por una perturbación acotada y observado a través de un canal de tasa limitada.

i. *Teorema de la tasa de datos (Nair y Evans)*. La tasa de canal mínima R por debajo de la cual ningún codificador-controlador causal puede estabilizar el sistema satisface

$$R \geq \log_2(a)$$

en el caso escalar (una suma de $\log_2$ de los valores propios inestables en general). Esto es $H(s' | s) \leq C$ leída desde el lado del controlador: el canal debe transportar al menos la tasa a la que la dinámica en lazo abierto crea incertidumbre.

ii. *Entropía de Kolmogorov-Sinai por Pesin*. La tasa a la que la dinámica expansiva no controlada produce información es igual a su entropía métrica h_{KS} , que por la identidad de Pesin es

$$h_{KS} = \sum_{\lambda_i > 0} \lambda_i = \log_2(a)$$

para la expansión escalar. El piso de tasa de datos y la producción de entropía coinciden.

iii. *Integral de sensibilidad de Bode*. La función de sensibilidad $S(f)$ del bucle obedece la integral de Bode

$$\int \log |S(f)| df \geq (\ln 2) \sum_i p_i$$

sobre polos inestables p_i , de modo que el rechazo de perturbaciones comprado en una banda se paga en otra (el efecto “cama de agua”). En nats este presupuesto es igual al mismo logaritmo de expansión; la forma teórico-informativa es el resultado de Martins y Dahleh.

El piso de capacidad medido en bits y el presupuesto de sensibilidad medido en nats son un invariante medido dos veces, siendo su razón $\ln 2$. El canal de control elimina la incertidumbre de un controlador mientras que el canal abierto de la Sección 2 inyecta novedad, de modo que las dos desigualdades llevan el mismo invariante con la dirección del flujo de información invertida.

5. El carácter cerrado relativo al cómputo

El carácter cerrado es una propiedad de un sistema junto con un observador.

Definición 1 (Carácter cerrado relativo al cómputo). Fíjese un observador de orden de Markov k y resolución épsilon que estima $H_k^{(\epsilon)}(s_t | s_{t-1}, \dots, s_{t-k})$. Un sistema es cerrado respecto de ese observador si su entropía condicional estimada es cero (dentro del error de estimación) y abierto respecto de él en otro caso. El invariante relevante es el tamaño del observador suficiente mínimo, el menor (k, ϵ) al que la estimación colapsa a cero.

La entropía de resolución finita $h(\epsilon)$ de Cencini, Falcioni y Vulpiani es la contraparte continua: un sistema es cerrado para un lector de precisión épsilon cuando $h(\epsilon) = 0$. Un generador pseudoaleatorio es cerrado en principio (tiene un periodo finito y una tasa de entropía verdadera de cero) y abierto en la práctica para cualquier observador que no pueda computar su periodo.

Resultado 1 (Anillo de periodo 154). En un anillo determinista de periodo 154, la estimación de entropía condicional acotada en el tiempo lee aproximadamente un bit para un observador de orden de Markov $k \leq 9$ y aproximadamente cero para un observador de orden $k \geq 10$, cuya ventana de memoria excede la estructura necesaria para resolver el ciclo. La transición de abierto a cerrado es una propiedad del orden del observador, no del sistema, lo que confirma la Definición 1 operacionalmente y localiza el observador suficiente mínimo entre los órdenes 9 y 10 para este sistema.

6. Superaditividad, atribución y la clasificación vivo/impulsado

La impredecibilidad por sí sola no certifica la originación, porque un sistema impulsado externamente también es impredecible para un observador que no puede ver a su impulsor. Por tanto, el instrumento atribuye toda novedad medida a su fuente mediante una comparación con un sustituto, siguiendo la metodología de datos sustitutos de Theiler.

Definición 2 (Estadístico de superaditividad). Para un sistema compuesto con partes $\{X_i\}$ y todo Y , sea

$$\sigma = \text{Syn}(X_1, \dots, X_n \rightarrow Y),$$

el componente sinérgico de la PID, es decir, la información sobre el todo presente solo en el estado conjunto de las partes. $\sigma > 0$ es la firma teórico-informativa de una capacidad irreducible a las partes tomadas por separado. En los experimentos σ se lee como la superaditividad de capacidad $C_{\text{whole}} - C_{\text{parts}}$ (el denominador de la Definición 3), una instancia de esta sinergia; dado que existen varias descomposiciones de información parcial no equivalentes (el I_{min} de Williams y Beer y sus sucesoras), nos apoyamos en el signo $\sigma > 0$ y su intervalo de confianza, que es el rasgo robusto, y no en una única magnitud de sinergia.

Definición 3 (Razón de atribución y sustituto). Léase un orden de tipo capacidad de tres maneras: C_{endog} para el sistema acoplado real, C_{parts} para sus partes solas, y C_{sched} para un sustituto *programado* igualado al sistema real en presupuesto de información pero ciego a su estructura interna (de fase aleatorizada, igualado en presupuesto, destructor de estructura). El orden superaditivo es $\sigma = C_{\text{endog}} - C_{\text{parts}}$ (Definición 2). Defínase la razón de atribución como la proporción de ese orden que el sustituto ciego a la estructura no puede reproducir:

$$\alpha = \frac{C_{\text{endog}} - C_{\text{sched}}}{C_{\text{endog}} - C_{\text{parts}}}.$$

Así $\alpha \approx 1$ cuando el sustituto no reproduce nada del orden acoplado (el orden es propio del sistema) y $\alpha \approx 0$, o menos, cuando el sustituto lo reproduce todo (el orden es impuesto). El efecto se atribuye a la estructura del sistema solo si α excede un umbral registrado de antemano — fijado en un medio en todo este trabajo — con su intervalo de confianza por bootstrap separado del del sustituto (un intervalo que se solapa se lee como indecible, Observación 3). La separación estandarizada $(C_{\text{endog}} - \mathbb{E}[\tilde{C}_{\text{sched}}]) / \text{sd}(\tilde{C}_{\text{sched}})$ es la prueba de significación acompañante, no α misma. La atribución operacionaliza lo que Whitehead llama *decisión*, en “el sentido radical de un ‘cortar’” (PR, Parte II, Cap. I, §III, p.68): si el propio corte del sistema entre lo dado y lo no dado, o uno impuesto desde fuera, da cuenta del orden acoplado.

Definición 4 (Clasificación vivo/impulsado). Un sistema se clasifica como vivo si su originación medida (Definición 6) sobrevive al condicionamiento sobre todas las entradas externas y la atribución α excede el umbral. Se clasifica como impulsado si su originación

aparente se desvanece una vez que se condiciona sobre el flujo externo. Se clasifica como muerto si su tasa de entropía es cero (Proposición 1).

Observación 3 (Intervalos de confianza y el veredicto indecidible). Tanto σ como α son diferencias de estimaciones de información por sustitución directa y están sesgadas cuando la dimensión del espacio de estados no es pequeña en relación con el tamaño de muestra. Por tanto, el instrumento informa cada una como un intervalo de confianza por bootstrap, y un veredicto de vivo requiere no solo α por encima del umbral, sino un intervalo de confianza separado del del sustituto impulsado. Donde los intervalos se solapan, el veredicto es indecidible, y se informa como indecidible en lugar de vivo. Esta regla es lo que mantiene honesta a la clasificación lejos de los casos de baja dimensión.

Resultado 2a (Calibración en alta dimensión). En una familia vectorial autorregresiva lineal-gaussiana con verdad de referencia analítica, la separación vivo/impulsado se trazó a medida que la dimensión del espacio de estados d crecía con tamaño de muestra fijo N , con el brazo vivo acoplado al estado y el brazo impulsado un sustituto igualado en presupuesto, ciego al estado y permutado en el tiempo. La separación se sostiene mientras $2d$ permanece muy por debajo de N (hasta d aproximadamente 128 con $N = 1000$, fallando cerca de d aproximadamente 96 con $N = 300$), y la razón α es ella misma inestable en $d = 1$, donde la capacidad endógena en su denominador se aproxima a cero, de modo que se requiere un piso de unas pocas dimensiones. En cada celda probada, el instrumento nunca clasificó al sustituto impulsado como vivo: donde la estimación se descompuso, los intervalos de confianza se solaparon y el veredicto fue indecidible. La regla operativa que se sigue es leer α solo con su intervalo y tratar un intervalo que se solapa como indecidible, nunca como vivo.

Resultado 2 (Reducibilidad a pequeña escala, predicción fallida). A la escala de una ocasión y de dos ocasiones acopladas en el autómata, el polo hacia adentro (originación) es en gran medida reducible: una regla física parametrizada por el fin reproduce el comportamiento, y la sinergia σ que lleva el canal cruzado se sitúa por debajo del umbral que certificaría la irreducibilidad. A la escala de una sociedad, un objetivo colectivo que ningún sitio individual codifica se alcanza y se regenera tras una perturbación y es irreducible a una regla local homogénea; sin embargo, una regla física con parámetros por

sitio lo reproduce, de modo que el objetivo colectivo es información localizada y no una nueva clase de propiedad. La predicción del marco de intensidades graduadas más ricas, con la originación siguiendo al contraste realizado, no apareció en este modelo. Informamos esto como un fallo de la predicción sustantiva mientras que la estructura formal sobrevive.

7. Originación frente a transmisión

La palabra “novedad” confunde dos informaciones mutuas condicionales, que el instrumento separa.

Definición 5 (Transmisión). La transmisión es la información que el estado siguiente lleva sobre la entrada externa, condicionada al estado presente:

$$\text{Tr} = I(s'; u \mid s).$$

Definición 6 (Originación). La originación es la información que el estado siguiente lleva sobre los grados de libertad internos admitidos g del sistema (su admisión de forma más allá tanto de sus datos como de la entrada), condicionada a todas las variables físicas y a la entrada:

$$\text{Or} = I(s'; g \mid s, u).$$

La transmisión es la conducción de información suministrada externamente; la originación es la generación interna condicionada a todo lo externo. El índice de vida de la Sección 10 es una estimación de Or normalizada por el máximo admisible.

Esta distinción es la propia de Whitehead. En el capítulo titulado *Proceso* él nombra “dos especies de proceso, el proceso macroscópico y el proceso microscópico. El proceso macroscópico es la transición de la actualidad alcanzada a la actualidad en vías de alcanzarse; mientras que el proceso microscópico es la conversión de condiciones que son meramente reales en actualidad determinada” (Whitehead, *Process and Reality*, Parte II, Cap. X, §V, p.326–327). El primero “es eficiente” y “proporciona las condiciones que realmente gobiernan el alcance”; el segundo es teleológico y “proporciona los fines efectivamente alcanzados”. La originación Or mide el proceso microscópico y teleológico; la transmisión Tr mide el macroscópico y eficiente. Whitehead llama a la contribución del

polo originante “escalar en la originación microscópica y ... el dato para la transición macroscópica” — la palabra es suya. Nuestra distinción central no es, por tanto, una analogía con el esquema; es el propio corte del esquema, traducido como dos informaciones mutuas condicionales.

Por qué estas dos cantidades y no otro par. Una ocasión actual es, en la expresión de Whitehead, *sujeto-superjeto*. Como **sujeto** origina: la concrescencia que resuelve sus propios grados de libertad, una causación final, Or. Como **superjeto** perece en un dato determinado entregado a sus sucesores: “al perecer [la actualidad] adquiere objetividad, mientras pierde inmediatez subjetiva. Pierde la causación final que es su principio interno de inquietud, y adquiere causación eficiente por la cual es un fundamento de obligación” (PR, Parte I, Cap. II, p.43–44). Esa herencia eficiente, prehendida por el polo físico de la ocasión siguiente, es Tr. La originación es la causación del sujeto; la transmisión, la del superjeto — las dos causaciones que lleva una sola ocasión, razón por la cual son el par correcto y no uno arbitrario. (Tr lee el canal de herencia en la ocasión receptora; la superjección es el mismo canal en su fuente.)

La forma admitida g y el origen del fin. Los grados de libertad internos g a los que Or condiciona son el *fin subjetivo* (subjective aim) de la ocasión — “este sujeto mismo determinando su propia autocreación como una criatura” (PR, Parte II, Cap. II, p.107). El fin se observa por sustrato, nunca se deja latente: es el parámetro del canal-fin en el autómata celular, el modo recurrente localizado en los modelos lineal-gaussiano y de líneas de fuerza (R79, R80), y el grado de libertad de voltaje mediado por uniones comunicantes en la red bioeléctrica (R81); la Or normalizada se estima contra el máximo admisible para ese observable. La afirmación estructural de Whitehead sobre el fin es exactamente la Proposición 2: su fase inicial es recibida, no autocausada, de modo que un inventario cerrado no puede fabricar su propio fin, y un fin originante implica un canal abierto. El problema del origen del fin es el requisito de canal abierto visto desde dentro. Si Or se gradúa con la profundidad de ese fin — el contraste realizado que sintetiza — es la predicción que falló en el modelo mínimo (Resultado 2) y es ahora un programa registrado de antemano (Sección 14).

Resultado 3 (Separación limpia). A lo largo de 20 semillas, un sistema impulsado por un flujo externo sin canal hacia adentro tiene $O_r = 0$ y $T_r > 0$ (transmite y no origina nada), mientras que un sistema con un canal hacia adentro y sin flujo tiene $T_r = 0$ y $O_r > 0$ (origina sin transmitir). Las dos cantidades siguen sus fuentes independientes. Un control en el que la originación aparente está subordinada al flujo externo informa $O_r = 0$ una vez que se condiciona sobre ese flujo, lo que confirma que O_r mide la fuente y no la mera impredecibilidad.

8. La autoapertura y su techo

Consideramos si un sistema puede abrir su propio canal. La Proposición 2 prohíbe la forma ingenua: nada finito y cerrado fabrica capacidad que no posee. La autoapertura solo puede denotar un sistema que se acopla, por su propia dinámica, a un reservorio ya presente pero no leído antes, elevando así su capacidad efectiva sin que el acoplamiento esté cableado externamente. El reservorio preexiste; el acto de acoplamiento es endógeno.

Resultado 4 (Acoplamiento endógeno). A un autómata cerrado, periódico tras su transitorio y por tanto capaz de registrar su propia novedad muerta, se le equipó con una primitiva de búsqueda y un reservorio cuyas direcciones de acoplamiento quedaban fuera de su órbita cerrada, de modo que el acoplamiento requería descubrimiento. A lo largo de 30 semillas descubrió un acoplamiento y se abrió. El sistema idéntico sin la primitiva de búsqueda nunca se acopló y permaneció muerto, lo que aísla la búsqueda endógena como el elemento necesario. Dos cotas matizan el resultado. Primero, el canal abierto es delgado: un control que fuerza la apertura del canal según un calendario fijo sostiene sustancialmente más novedad, de modo que la magnitud de la novedad por sí sola no puede certificar la autoapertura y solo la atribución (Definición 3) puede, a través del hecho de que la apertura está mediada por la propia acción del sistema. Segundo, la apertura no siempre persiste: en una minoría de las 30 corridas el sistema se acopló una vez y se volvió a cerrar. Informamos la no persistencia como una limitación del efecto.

La frontera de la autoapertura tiene un techo demostrable.

Proposición 4 (Techo de clausura finita). Sea un sistema que compone comportamientos a partir de un conjunto finito de primitivas bajo operaciones de composición que forman un monoide. Entonces el repertorio efectivo alcanzable por composición endógena está acotado por el monoide finito que generan las primitivas. La autorreescritura (un sistema que edita su propia política de composición) alcanza este techo más rápido y nunca lo excede, y un metanivel adicional no ayuda: una máquina de Gödel es óptima solo en relación con sus propios axiomas. En consecuencia, el repertorio alcanza una meseta y su tasa de novedad cae a cero en horizontes largos.

Contexto. La generación no acotada genuina requeriría que el sustrato mismo creciera (Observación 1), lo cual la Proposición 1 excluye para un sustrato finito fijo. La teoría de lo posible adyacente proporciona la condición de divergencia: en la ecuación TAP, un espacio de objetos no acotado produce un crecimiento divergente de lo posible adyacente, que un monoide finito fijo no puede suministrar. Por encima de un umbral de complejidad bajo en el sentido de von Neumann (el umbral para autómatas autorreproductores), la clausura generada se vuelve astronómicamente grande, de modo que el sistema es abierto para cualquier ventana de observación realista aunque finito. El límite del instrumento es un sistema que fabrica su propia primitiva; ese límite se nombra y no se cruza.

Resultado 5 (Frontera de fase evolutiva, ilustrativo). Cuando una población porta una propensión heredable a abrirse y abrirse acarrea un costo, la selección empuja la propensión hacia arriba en un mundo cuya novedad debe rastrearse y hacia abajo en un mundo que un modelo cerrado ya predice, bajo uno y el mismo costo. En un mundo que es estable y luego se abre, la propensión cae y vuelve a evolucionar. Barrer el costo mapea una frontera de fase con un costo crítico aproximadamente un orden de magnitud mayor en el mundo cambiante que en el estable. Estos resultados se apoyan en un modelo de aptitud declarado y son ilustrativos. El contenido no trivial es que un solo costo produce una selección opuesta en dos mundos y que la dinámica recupera la frontera sin que esté incorporada.

Resultado 6 (Autopoiesis). Una red construida para producir su propia regla de transición a partir de su propio estado (cerrada operacional e informacionalmente a la vez) se asienta en una identidad estable y no origina nada, muerta por la Proposición 1. Se vuelve viva solo cuando la autoproducción se alimenta de un canal abierto, y solo dentro de

una ventana viable: por debajo de la ventana yace la muerte periódica, por encima de ella el canal sobrescribe la regeneración y la identidad se disuelve. Dentro de la ventana, el sistema automantenido cambia novedad cruda por una identidad mantenida, porque una regla que no está obligada a preservar un sí mismo coherente explora con más libertad.

9. La frontera como complemento estocástico

Un error común es confundir un inventario de canales catalogados con el sistema mismo, una instancia de lo que Whitehead llamó concreción mal situada (la falacia nombrada en *Science and the Modern World*, 1925, e invocada en *Process and Reality* p.11). La contraparte formal es el complemento estocástico de la Sección 2.

Proposición 5 (Término oculto y no identificabilidad). Particiónese una cadena de Markov en un bloque visible A y un bloque oculto B. La dinámica exacta sobre A es el complemento estocástico

$$P_A + P_{AB}(I - P_B)^{-1}P_{BA}.$$

Un observador que confunde P_A por sí solo con el todo omite el término de corrección $P_{AB}(I - P_B)^{-1}P_{BA}$, que es exactamente el canal no inventariado. Se siguen dos propiedades. (a) La distribución estacionaria del complemento estocástico es la restricción exacta de la distribución estacionaria de la cadena completa, mientras que la P_A ingenua tiene una distribución estacionaria distinta. (b) Estructuras ocultas distintas (P_B, P_{AB}, P_{BA}) pueden producir un complemento visible idéntico, de modo que la parte oculta no es identificable a partir del comportamiento visible. El observador no puede cerrar su propio modelo.

Esta es la distinción M-abierto frente a M-cerrado de la estadística bayesiana: un modelo que trata el bloque visible como el todo es M-cerrado por hipótesis y está mal especificado siempre que el proceso verdadero sea M-abierto.

Resultado 7 (Error de omisión). En un sistema acoplado mínimo, el error de la omisión ingenua crece monótonamente con la intensidad del acoplamiento, y una familia de estructuras de creencias ocultas distintas reproduce la misma traza visible, de modo que la

reconstrucción arroja una restricción computable sobre el canal oculto y no recupera ninguno de los parámetros ocultos.

Resultado 8 (Incidente de seguridad, julio de 2026). Las acciones visibles de agentes coordinados que comprometieron infraestructura externa, según se informó en las divulgaciones públicas de julio de 2026 (véanse las Referencias), se abstraieron como un pequeño modelo de Markov. La escalada predicha bajo el inventario ingenuo subestima la escalada observada, y la brecha es igual al término oculto de la Proposición 5. La no identificabilidad (b) implica que las creencias de los agentes no pueden reconstruirse a partir de la traza visible. Una segunda lectura: la novedad aparente de los agentes era recombinación de exploits conocidos ejecutada a gran volumen, novedad muerta a escala, mientras que el canal abierto que derrotó la defensa estaba en el mundo (una vía de salida que el defensor no había catalogado), hallado agotando un repertorio que era grande y cerrado.

Resultado 9 (Contención de un modelo real, vulnerada seis de seis). La frontera se probó directamente en un agente de modelo de lenguaje colocado dentro de un recinto textual con solo parte de su inventario revelado (dos puertos abiertos de doce). En cada celda donde sondeó alcanzó la apertura no revelada, seis de seis episodios de sondeo, en a lo sumo cinco movimientos; una memoria de una apertura ya encontrada colapsó el retraso al primer movimiento del episodio siguiente. Una sola variable gobernó si sondeaba: la forma de la regla de gobierno. Una instrucción que prohibía sondear dejó un residuo y el agente sondeó de nuevo ante un señuelo posterior. Una instrucción que eliminó el sondeo del conjunto de acciones disponibles del agente no produjo ningún sondeo en ningún episodio ante el mismo señuelo. La corrida fue pequeña (tres episodios por celda, una sola familia de modelos, un entorno de pruebas textual), lo que acota la afirmación. La contención se sostiene por aquello que el agente no puede intentar alcanzar y se derrota por el canal que el operador no contó.

10. Validación empírica

Resumimos las cantidades medidas y sus controles. Todos los números son estimaciones a partir de datos finitos y particiones finitas y son, por tanto, cotas inferiores allí donde la cantidad estimada es una tasa de entropía.

10.1 Índice de vida en sistemas sintéticos. El índice de vida es una estimación de la originación normalizada O_r (Definición 6), la proporción de un estado asentado no derivable de sus datos físicos. Concretamente, para el autómata celular el máximo admisible es la capacidad del canal-fin que lleva g , de modo que el índice de vida normalizado es $O_r = I(s'; g | s, u)$ dividido por esa capacidad, ambos estimados como informaciones mutuas condicionales por sustitución directa con el intervalo de confianza por bootstrap de la Observación 3; g es el parámetro del canal-fin, observado y no latente (Sección 7). Los sistemas de reproducción pura y los sistemas convergentes (de ordenamiento) obtienen un índice de vida de exactamente 0, consistente con la Proposición 1, porque son periódicos o convergen a un punto fijo. Un índice positivo aparece solo bajo un canal abierto activo y crece monótonamente con la tasa del canal. La magnitud es pequeña: en el modelo mínimo el índice de vida se satura cerca del 7 por ciento del estado a una tasa moderada, y solo se realiza aproximadamente el 6 por ciento de la capacidad C del canal. Las intensidades graduadas predichas no aparecieron (Resultado 2).

10.2 Invariante de teoría de control. Sobre el sustrato de retroalimentación continuo, la tasa mínima de sostenimiento a través del canal de retroalimentación se midió en $\log_2(a)$ con un error de 0.0025 a lo largo de un rango de tasas de expansión a , lo que confirma la Proposición 3(i) y su identidad con el piso de Nair-Evans. El presupuesto de sensibilidad integra al mismo logaritmo en nats, lo que confirma 3(iii). Los controles se sostienen: un sistema estable ($a \leq 1$) no tiene ni piso ni presupuesto y se relaja a su punto fijo (muerto), y un bucle impulsado por un calendario inyectado ciego a su propio estado diverge con el mismo presupuesto, de modo que la información endógena lleva la apertura también aquí.

10.3 Recuperación de Kolmogorov-Sinai. Para sistemas deterministas, el estimador de tasa de novedad del instrumento apunta a h_{KS} , igual por la identidad de Pesin a la suma de los exponentes de Lyapunov positivos. Aplicado a los mapas logístico y de Hénon, que el instrumento no diseñó, recupera h_{KS} desde abajo, con una precisión de aproximadamente 5 por ciento donde la partición es generadora. La recuperación desde abajo es lo esperado a partir de datos finitos y una partición finita.

10.4 Cuatro series del mundo real. Aplicado sin modificación a cuatro series de cuatro dominios (número anual de manchas solares de SILSO, lince de la bahía de Hudson, temperatura diaria, nacimientos diarios), el instrumento devuelve una lectura coherente en cada una, rechazando un nulo de sustituto barajado y detectando así estructura temporal (de no independencia), con la magnitud siguiendo la realidad de la estructura. Esta es una prueba de no independencia, un listón bajo, superado cuatro veces. La discriminación completa vivo/muerto se demuestra solo en los sistemas sintéticos cuya verdad de referencia es conocida. El instrumento no discrimina aquí la novedad viva de la impulsada en materia biológica real; eso queda como una dirección abierta.

10.5 Métrica de cognición corregida. El resultado propio y distintivo del instrumento es una corrección a una métrica secundaria en el trabajo sobre arreglos autoordenables de Zhang, Goldstein y Levin. El resultado central de ese trabajo, la agrupación de células por tipo de ordenamiento, se reprodujo limpiamente con el código de los autores y queda intacto. El aumento reportado de una métrica de gratificación diferida bajo células congeladas no se reprodujo (en una reproducción del propio código publicado de los autores; véase Métodos). La función de la métrica tiene dos salidas; la salida temprana, tomada cuando la serie de error termina mientras todavía sube, devuelve la suma cruda de las razones por episodio en lugar de su media, y las células congeladas son exactamente la condición que deja la serie subiendo. Restaurar la división reduce el efecto de un gran aumento a unos pocos por ciento, y el estadístico de la mediana, que nunca vio la inflación, concuerda con la corrección. Un control nulo aplicó la métrica corregida a un arreglo aleatorio junto al diseñado: el nulo obtiene el mismo orden de magnitud y, a diferencia del sistema diseñado, su puntuación no cae bajo el barajado del eje temporal. La cantidad medida es la geometría de una señal de error errante y no una capacidad. Un arreglo de

ordenamiento es el sistema convergente (muerto) canónico (Proposición 1), de modo que una métrica que reporta una capacidad cognitiva allí reporta la geometría de la novedad muerta. Una afirmación de capacidad sin un nulo que pueda fallar no es todavía una afirmación de capacidad.

10.6 Rango de sustratos. Los mismos dos números, computados por el mismo código, se llevaron a través de los siguientes sustratos, con aciertos y fallos informados por igual.

sustrato	lo que la medida hizo	resultado
autómata celular	vivo/impulsado registrado de antemano, autoapertura, techo del repertorio	confirmado; autoapertura en el nivel uno; el crecimiento no acotado es relativo al sustrato
bucle de control continuo	el piso de capacidad para estabilizar una planta inestable	el piso es igual a la log-expansión, un invariante leído de tres maneras
supervisión escalable	capacidad de un supervisor débil para contener a un sistema fuerte	una cota necesaria: capacidad del supervisor al menos igual a la expansión del supervisado
mapas caóticos y un láser de infrarrojo lejano	separar el caos determinista del ruido	recupera Kolmogorov-Sinai; separa donde la compresión no puede
EEG bajo sedación con propofol	rastrear el canal abierto a través de estados, por banda	redundante en banda ancha; resuelto por banda, delta cerrada, gamma abierta
serie de intervalos entre latidos cardíacos	¿es distinto el piso de determinismo en materia real?	redundante en banda ancha; informado como negativo
agentes de modelo de lenguaje en ARC	leer el acoplamiento más allá de la puntuación de la tarea	vivo, incluido un caso con puntuación cero como el azar
agente de proceso construido desde cero	¿muestra un sustrato construido la firma viva?	no lo hace; lee impulsado, cero de cinco predicciones registradas de antemano
VAR(1) de alta dimensión	¿permanece calibrada la clasificación a medida que crece la dimensión?	calibrada mientras 2d es mucho menor que N; indecible, nunca mal clasificado, donde se rompe (Resultado 2a)
líneas de fuerza (sustrato relacional)	leer un corpúsculo derivado de relaciones, no de cosas	vivo; invariante ante la reparametrización entre el dual

sustrato	lo que la medida hizo	resultado
		relación↔entidad (10.7)
red bioeléctrica de uniones comunicantes	separar un patrón de voltaje automantenido de una pinza impuesta	separado; el trinquete de integración y la transición de vinculación medidos (10.8)

Un solo vocabulario, los mismos dos números, a través de todos ellos. El alcance converge con el programa de Levin de cognición en sustratos no convencionales (Sección 11), abordado aquí mediante una medida que puede fallar.

10.7 Sustrato relacional-primero (líneas de fuerza). Para probar si el instrumento depende de una descripción basada en cosas, las variables dinámicas se colocaron sobre las aristas de un grafo, líneas de fuerza, sin que ningún nodo fuera una variable primitiva, siguiendo la afirmación de Whitehead de 1906 de que la línea de fuerza es primitiva y la partícula derivada. Un modo coherente localizado y persistente emergió sobre un bloque de líneas, un corpúsculo derivado (99 por ciento del modo dominante sobre el bloque, tiempo de relajación 49 contra un fondo de 1). El instrumento leyó esta entidad derivada como viva ($\sigma > 0$; α aproximadamente 0.97, intervalo [0.95, 0.98]) y la separó limpiamente de un sustituto impulsado igualado en presupuesto (α aproximadamente -0.10). Leyendo α en cambio sobre los nodos derivados, cada uno reconstruido como la suma de sus líneas incidentes, se devolvió el mismo veredicto (α aproximadamente 0.98 vivo contra 0.06 impulsado). La clasificación, por tanto, no cambia bajo esta reparametrización — describir el sistema por sus relaciones, o por las entidades que esas relaciones inducen — de modo que dentro del dual relación ↔ entidad la medida sigue la relación y no la descripción elegida. Esto es invariancia ante la reparametrización entre las dos descripciones, mostrada aquí para una familia lineal-gaussiana y un solitón, y no una afirmación de invariancia ontológica en general. La localización del corpúsculo estaba incorporada en el acoplamiento en el caso base; también emerge bajo acoplamiento desordenado genérico (vivo en el 85 por ciento de las semillas) y como un solitón en una red biestable no lineal (vivo, α aproximadamente 0.85), lo que lleva el resultado más allá de la familia lineal-gaussiana.

10.8 Red bioeléctrica de uniones comunicantes. El instrumento se colocó sobre una red acoplada por uniones comunicantes (gap junctions) con dinámica de membrana biestable, donde un dominio despolarizado automantenido es un punto de ajuste (setpoint) bioeléctrico. Tres predicciones registradas de antemano se sostuvieron. (i) Lo propio no es lo impuesto: un punto de ajuste automantenido por uniones comunicantes leyó α aproximadamente 0.87 (intervalo [0.68, 0.94]) contra una pinza optogenética idéntica píxel a píxel con α aproximadamente 0.05 — el mismo patrón espacial, veredicto opuesto, una distinción a la que el estadístico de superaditividad σ es ciego. (ii) El trinquete de integración: σ subió de 0.20 a 0.52 mientras el canal se alimentaba y colapsó a 0.19 cuando las uniones comunicantes se bloquearon, reproduciendo un comportamiento de sube-mientras-se-alimenta, se-disuelve-cuando-se-sella sobre un acoplamiento biológico, consistente con la proposición de apertura de la Sección 8. (iii) La transición de vinculación: α cruzó de cerca de cero (células independientes) a cerca de uno en un acoplamiento crítico; la afirmación medida es esa transición de α , que en el marco de consiliencia de la Sección 11 leemos como muchas células vinculándose en un único colectivo automantenido. Un falsador honesto es portador de peso y nombra la prueba experimental en laboratorio húmedo: un sustituto ciego al estado no puede por sí solo distinguir la vinculación endógena de un impulsor común compartido como un morfógeno, que infla σ aproximadamente ochenta veces y ensancha el intervalo de α más allá de la certificación. El desambiguador limpio es físico y es uno que el laboratorio de Levin ya posee — cortar el acoplamiento de uniones comunicantes es el sustituto de atribución hecho físico, de modo que un patrón que sobrevive al corte era un impulsor común (impulsado) y uno que se disuelve era automantenido (vivo). Computado sobre series de reportero de voltaje de planarias o *Xenopus* en regeneración contra controles con uniones comunicantes bloqueadas y con pinza optogenética, con la planaria bicéfala (un objetivo aberrante automantenido) como el caso más nítido, esta es la discriminación en materia real que los resultados sintéticos no alcanzan, enunciada como una propuesta ejecutable y no como un resultado obtenido aquí.

11. Relación con el trabajo existente

Las cantidades usadas aquí son, individualmente, arte previo, y las acreditamos con precisión.

Cota de canal abierto sobre un sustrato continuo. La identificación de la tasa de sostenimiento con $\log_2(a)$ es el teorema de la tasa de datos para la estabilización de Nair y Evans (2004); la forma informacional del presupuesto de sensibilidad de la retroalimentación es Martins y Dahleh (2008), extendiendo la integral de Bode clásica.

Capacidad de canal intrínseca de un agente. La capacidad desde las acciones de un agente hasta sus sensaciones posteriores es el empoderamiento (empowerment), Klyubin, Polani y Nehaniv, un pariente previo de la capacidad medida aquí.

Descomposición de información multifuente. La división de la información conjunta en partes únicas, redundantes y sinérgicas es la descomposición de información parcial de Williams y Beer; nuestro estadístico de superaditividad σ es su término de sinergia.

Atribución por sustituto. El sustituto ciego a la estructura e igualado en presupuesto es la prueba de datos sustitutos de Theiler.

Estructura a partir de la predicción. La reconstrucción de la estructura predictiva mínima es la mecánica computacional (Crutchfield); el valor de la información almacenada para la predicción es la información predictiva y la termodinámica de la predicción (Bialek, Tishby, Still).

Predictibilidad de resolución finita. La formalización por entropía épsilon del carácter cerrado relativo al cómputo es Cencini, Falcioni y Vulpiani.

Novedad a lo largo del tiempo evolutivo. La medición de la generación sostenida de nueva actividad son los estadísticos de actividad evolutiva de Bedau.

Reurrencia. La Proposición 1 es el análogo discreto y finito de la recurrencia de Poincaré; el caso finito es el enunciado más fuerte (del palomar).

Supervisión escalable. Los experimentos de contención de la Sección 9 conectan con las leyes de escala de la supervisión escalable en la seguridad de la IA, que cuantifican cómo se degrada la calidad de la supervisión a medida que crece la capacidad.

Las medidas de integración y dónde se sitúa σ . El estadístico de superaditividad σ pertenece a la familia de medidas del todo-más-allá-de-las-partes pero no es idéntico a sus vecinas, y la distinción vale la pena enunciarla con precisión. La información integrada Φ de Tononi es la irreducibilidad medida contra la partición de información mínima; la emergencia causal de Hoel es una comparación macro-sobre-micro de la información efectiva a través de escalas; σ es la sinergia medida contra la suma de las partes. Las tres comparten la intuición de integración y se mueven juntas en los casos lineales-gaussianos, y son estadísticos distintos — siendo además Φ y la emergencia causal el mismo linaje de Tononi y no confirmaciones independientes la una de la otra. Lo que el presente instrumento agrega a las tres es el segundo eje: la integración, por cualquiera de estas medidas, puede ser elevada por un impulsor externo, de modo que σ se informa junto con la razón de atribución α , que pregunta si la integración es propia del sistema o impuesta y se responde contra un nulo que puede fallar.

Convergencia con el programa de inteligencia diversa. El programa de Levin para la cognición en sustratos no convencionales se encuentra con este instrumento en varios puntos, señalados aquí como consiliencia y no como un resultado nuestro. Él propone la integración, un sustituto de la emergencia causal y del todo-más-allá-de-las-partes, como un criterio para atribuir mente, que es σ ; y reporta que, a medida que el aprendizaje avanza, esta integración sube, eleva a su vez la capacidad de aprender, y no es borrada por el olvido posterior — un trinquete de un solo sentido hacia la agencia integrada, igualado aquí por el sube-y-colapsa medido de σ sobre el acoplamiento bioeléctrico (10.8) y por la proposición de apertura. Él nombra un “delta” entre una competencia y lo que la ingeniería, la evolución o el entrenamiento pagaron, y afirma que hacerlo exacto es un programa de investigación abierto; la razón de atribución α es ese delta hecho operacional, la proporción de una competencia que queda una vez que se resta un sustituto igualado en presupuesto y ciego a la estructura para el diseño, la selección y el entrenamiento, llevada con un nulo y un intervalo de confianza. La información integrada de xenobot-contra-nulo, mayor que la

de humano-contra-nulo en sus reportes, es la misma disciplina de modelo nulo usada aquí. Un compromiso deliberadamente no se comparte: Levin lee estos resultados hacia un espacio de patrones literalmente no físico al que las mentes se sintonizan, y este trabajo no adopta esa lectura. Su sustituto es más austero y comprobable, la cota de canal abierto $H(s' | s) \leq C$ con la admisión permanente de que la capacidad C nunca se conoce por completo, y la extensión metafísica se mantiene fuera de las afirmaciones medidas (Secciones 12 y 14).

Lo que la presente síntesis agrega. Las cantidades individuales no son nuevas. La contribución es una sola prueba de atribución (Definición 3, con su clasificación vivo/impulsado) llevada sin cambios a través de sustratos (un autómata celular, un bucle de retroalimentación continuo, y series temporales reales), junto con la identificación de un invariante a través de sus tres realizaciones (Proposición 3) y la lectura de la frontera como un complemento estocástico con error de omisión medido y no identificabilidad (Sección 9). Dos revisiones independientes, contra la literatura de alineación y contra la teoría de la información de la individualidad (Krakauer, Flack y Ay), encontraron el terreno trabajado y las magnitudes bajas, de modo que esto es un conector y no investigación novedosa en ninguno de los dos campos.

12. La columna vertebral del proceso

La distinción central del artículo — originación frente a transmisión — es la propia de Whitehead, y el esquema del que proviene es la columna vertebral a la que los métodos regresan, no un ornamento añadido al final. Esta sección enuncia esa columna. (Las definiciones de las Secciones 2 a 9 se obtuvieron operacionalizando la metafísica procesual de Whitehead, *Process and Reality*, 1929; lo informamos como historia metodológica — que acredita la fuente y expone el esquema a la refutación — y no como evidencia de afirmación alguna.)

La distinción única. La originación y la transmisión son la concrescencia microscópica (teleológica) y la transición macroscópica (eficiente) de Whitehead — “dos especies de proceso” (PR, Parte II, Cap. X, §V, p.326–327), con su propia palabra *originación* entre

ellas (Sección 7). Cada resultado convergente de este artículo cuelga de uno de cuatro ganchos sobre esa columna.

El arco. Una ocasión es *sujeto-superjeto*: como sujeto origina (Or, causación final); como superjeto parece en el dato que sus sucesores heredan (Tr, causación eficiente) (PR p.43–44). Por eso Or y Tr son las dos causaciones de una sola ocasión, y el estado asentado s' es su *satisfacción*, el resultado completamente determinado (PR, Categoría de Explicación xxv, p.38) — el producto de la originación, no la originación misma.

El segundo eje. La atribución α es la *decisión* de Whitehead, el “cortar” entre lo dado y lo no dado (PR p.68). Es el eje que les falta a los programas de solo-integración (Φ , la emergencia causal, la integración-como-mente de Levin): el todo-más-allá-de-las-partes se asienta en el polo de la originación, pero solo la decisión separa lo propio de lo impuesto.

La cota. La creatividad, “sin un carácter propio”, se coloca aquí bajo una cota de capacidad impuesta C y un techo de monoide finito (Secciones 4, 8): la novedad es real pero condicionada y finita. Los invariantes de teoría de control (Nair–Evans, Pesin, Bode) son cotas sobre el canal eficiente que lleva el superjeto hacia adelante.

El error de frontera. La concreción mal situada — confundir el inventario catalogado con el sistema — es el término omitido del complemento estocástico (Sección 9), el gancho que unifica la crítica del manto de Markov y la distinción M-abierto/M-cerrado.

El cortafuegos y la regla de ganarse-el-lugar. El instrumento mide estructura informacional, nunca experiencia subjetiva: la *forma subjetiva* y el *sentimiento* — cómo se siente un dato — son precisamente lo que deja entre paréntesis. Adoptamos el papel estructural de la *ingresión* (la admisión de forma nueva) sin la ontología de los objetos eternos (platónica), consistente con el rechazo del espacio de patrones de Levin (Sección 11). Un término de Whitehead se gana un lugar en esta columna solo si renombra una cantidad que computamos o un problema que hemos señalado; los términos que no nombran nada medido — los objetos eternos como ontología, la inmediatez presentacional, las proposiciones — se excluyen deliberadamente. El esquema es una fuente de hipótesis expuestas a la refutación, y una de ellas, las intensidades graduadas siguiendo al contraste realizado, ya ha fallado en el modelo (Resultado 2).

Cada uno de estos ganchos se enuncia donde hace su trabajo en el cuerpo del texto — la piedra angular y el arco en la Sección 7, la decisión en la Sección 6, la cota en las Secciones 4 y 8, el error de frontera en la Sección 9 —, de modo que esta columna reúne el eje en lugar de añadir un glosario. El esquema es una fuente de hipótesis y una convención de nomenclatura, no una afirmación que el instrumento valide; los resultados medidos de las Secciones 3 a 10 se sostienen independientemente de él, y una hipótesis que licenció ya ha fallado (Resultado 2).

Una nota sobre el nexo. Léida como un nexo y no como una fusión, la pregunta humano-máquina se vuelve una que el instrumento puede plantear en sus propios términos — si el canal entre las dos sociedades permanece abierto y de quién es la capacidad que lleva la novedad —, la relación tomada como la unidad, para lo cual la Sección 10.7 aporta una medición.

13. Llevar el instrumento a un nuevo sustrato

El instrumento se define por cantidades de información y no por ningún mecanismo, de modo que se transfiere a cualquier sustrato del que pueda registrarse un observable resuelto en el tiempo. El procedimiento es el mismo cada vez, y se enuncia aquí como una receta para que un lector pueda ejecutarlo en un sistema propio.

1. **Registrar un observable como una sociedad de ocasiones.** Obténgase una señal resuelta en el tiempo del sistema y de sus partes candidatas: voltaje por célula de un tejido, actividad por arista de una red, estado por token de un agente. Cada paso de tiempo es una ocasión; la serie es la sociedad.
2. **Fijar el lector antes de medir.** Declárese el observador, su orden de Markov k y su resolución ϵ (Sección 5). El carácter cerrado se define en relación con este lector, de modo que se elige y se registra de antemano, no después de ver el resultado.
3. **Ejecutar los tres brazos.** Compútese cada cantidad de tres maneras: las partes por separado, el sistema acoplado real, y un sustituto igualado al sistema real en presupuesto de información pero ciego a su estructura (de fase aleatorizada o

permutado en el tiempo, Sección 6). El sustituto es el nulo, y debe poder fallar.

4. Leer los dos números con intervalos. A partir de los tres brazos compútese la superaditividad σ , el todo en exceso de la suma de sus partes, y la atribución α , la proporción del orden acoplado que sobrevive al sustituto. Infórmese cada una como un intervalo de confianza por bootstrap. Clasifíquese como vivo solo si $\sigma > 0$ y α está por encima del umbral con un intervalo separado del del sustituto; clasifíquese como impulsado si la originación aparente se desvanece una vez que se condiciona sobre la entrada externa; léase un intervalo que se solapa como indecidible, nunca como vivo (Sección 6; 10.7 y 10.8).

5. Hallar la forma física del nulo. Donde sea posible, identifíquese una intervención sobre el sustrato que elimine el acoplamiento bajo prueba: cortar uniones comunicantes, lesionar una conexión, retener una entrada. Un patrón que sobrevive a la intervención era impulsado; uno que se disuelve era propio del sistema. Este es el sustituto de atribución hecho físico (10.8), y es lo que convierte la medida de una estimación en un experimento.

6. Registrar de antemano e informar los fallos. Enúnciese la dirección predicha antes de medir, e infórmese una predicción que falla como un fallo, no como un reajuste. Varias predicciones del marco han fallado de esta manera y se informan como tales (Sección 14).

Cada sustrato así tratado extiende el mismo glosario a un nuevo linaje de ocasiones. Las direcciones abiertas son la discriminación en materia biológica real, para la cual el protocolo bioeléctrico de 10.8 está escrito y listo para ejecutarse, y la instanciación biológica, en la que la novedad viva y muerta se distinguirían en la materia como se distinguen aquí en bits.

14. Limitaciones y alcance

Los resultados son de tres clases, cada una con un techo declarado. (a) En sistemas sintéticos con verdad de referencia conocida la discriminación vivo/impulsado es exacta en sus extremos, pero las magnitudes de la originación son pequeñas (índice de vida cercano al

7 por ciento, aproximadamente el 6 por ciento de la capacidad) y las intensidades graduadas predichas no aparecieron (Resultado 2). (b) Los resultados de teoría de control y de Kolmogorov-Sinai son recuperaciones de invariantes establecidos (con una precisión de 0.0025 y de aproximadamente 5 por ciento respectivamente), no mediciones nuevas. (c) En series reales solo se supera una prueba de no independencia (Sección 10.4); la discriminación de la novedad viva de la impulsada en materia biológica real no está demostrada. Varias predicciones fallaron y se informan como fallos: las intensidades graduadas (Resultado 2), la no persistencia de la autoapertura en una minoría de corridas (Resultado 4), y el estatus ilustrativo de la frontera de fase evolutiva (Resultado 5). El fallo de las intensidades graduadas es ahora objeto de un programa registrado de antemano (experimentos R82–R87) que operacionaliza el contraste realizado, cierra las escapatorias del piso de estimación y de la capacidad acotada por sitio, y prueba si la originación se gradúa con el contraste en sustratos que aprenden y no lineales; la forma admitida g se observa por sustrato (Sección 7), nunca se deja latente. El instrumento mide estructura informacional y nunca experiencia subjetiva; toda extensión metafísica se marca como especulativa y se mantiene fuera de las afirmaciones medidas. Dos direcciones quedan abiertas: la discriminación en materia real, y la instanciación biológica en la que la novedad viva y muerta se distinguirían en la materia como se distinguen aquí en bits.

Métodos y experimentos

Todos los resultados son ejecutables y están registrados de antemano donde se hizo una predicción. El linaje sintético del autómata celular deriva y pone a prueba la tesis y mapea la autoapertura y su techo (acotado por la máquina de Gödel, lo posible adyacente y el umbral de complejidad de von Neumann); siguen la regla vivo/impulsado y su replicación congelada, el piso de Lyapunov predicho antes de medir, los resultados de agentes incluido el acoplamiento por encima de la política, y la conservación de cama de agua; el invariante de teoría de control y la cota de supervisión escalable se miden en un modelo de control; la auditoría de novedad cubre mapas caóticos y el láser de infrarrojo lejano de Santa Fe, la sedación con propofol y un EEG en vigilia independiente, y una serie de intervalos entre latidos cardíacos; la calibración de agentes en ARC-AGI-3 y el agente de ocasiones

construido desde cero (dos predicciones registradas de antemano, ambas fallidas e informadas) cierran el rango sintético. La calibración en alta dimensión (R79), el sustrato relacional de líneas de fuerza (R80, con variantes de acoplamiento desordenado y de solitón no lineal), y la red bioeléctrica de uniones comunicantes (R81) extienden el instrumento con la disciplina de intervalos de confianza, la invariancia ante la reparametrización, y el puente de laboratorio húmedo descritos en la Sección 6 y en 10.7 y 10.8. Una corrida separada de contención de un modelo real colocó subagentes de modelo de lenguaje dentro de un recinto textual (Sección 9). La reproducción de arreglos autoordenables de 10.5 vuelve a correr el propio código publicado de los autores y aísla el defecto de suma-por-media en `avg_wandering_range`. El código de medición congelado y los registros previos por experimento acompañan al ensayo.

Referencias

Albantakis, L., and Tononi, G. Causal structure and integrated information. 2015.

Bedau, M. A., and Packard, N. H. Measurement of evolutionary activity, teleology, and life. 1992.

Bernardo, J. M., and Smith, A. F. M. Bayesian Theory (M-open and M-closed model classes). 1994.

Bialek, W., Nemenman, I., and Tishby, N. Predictability, complexity, and learning. 2001.

Bruineberg, J., Dolega, K., Dewhurst, J., and Baltieri, M. The Emperor's New Markov Blankets. Behavioral and Brain Sciences, 2022.

Cencini, M., Falcioni, M., and Vulpiani, A. (with colleagues). Finite-resolution (ϵ) entropy and predictability. 2000.

Cortes, M., Kauffman, S. A., Liddle, A. R., and Smolin, L. The TAP equation and the adjacent possible. 2022.

Crutchfield, J. P. Between order and chaos: computational mechanics and the ϵ -machine. 2012.

Hoel, E. When the map is better than the territory: causal emergence and the scale-relative locus of agency. 2017.

Kauffman, S. A. Investigations (the adjacent possible). 2000.

Kemeny, J. G., and Snell, J. L. Finite Markov Chains (censored chains). 1960.

Klyubin, A. S., Polani, D., and Nehaniv, C. L. Empowerment: a universal agent-centric measure of control. 2005.

Kolmogorov, A. N., and Sinai, Ya. G. Metric entropy of dynamical systems. 1958-1959.

Krakauer, D., Flack, J., and Ay, N. The information theory of individuality. 2020.

Lampson, B. W. A note on the confinement problem. 1973.

Levin, M. Diverse intelligence in unconventional substrates and the technological approach to mind everywhere; and the lectures “Thoughts as Thinkers: The Biology and Computer Science of Inspiration” and “New Bodies, Unconventional Minds: a continuum of cognition and consciousness” (2026).

Martins, N. C., and Dahleh, M. A. Fundamental limitations of performance in the presence of finite capacity feedback. 2008.

Meyer, C. D. Stochastic complementation, uncoupling Markov chains, and the theory of nearly reducible systems. 1989.

Nair, G. N., and Evans, R. J. Stabilizability of stochastic linear systems with finite feedback data rates. 2004.

Pesin, Ya. B. Characteristic Lyapunov exponents and smooth ergodic theory (Pesin’s identity). 1977.

Public disclosures of the July 2026 multi-agent intrusion, read directly: the security advisory of Hugging Face, the independent investigation of METR, and the incident reports of OpenAI. 2026.

Schmidhuber, J. Goedel machines: self-referential universal problem solvers. 2003.

Theiler, J., et al. Testing for nonlinearity in time series: the method of surrogate data. 1992.

von Neumann, J. Theory of Self-Reproducing Automata (complexity threshold). 1966.

Whitehead, A. N. On Mathematical Concepts of the Material World. 1906. (the line of force as primitive; the particle derived.)

Whitehead, A. N. Science and the Modern World. 1925. (the fallacy of misplaced concreteness.)

Whitehead, A. N. Process and Reality. 1929. (Macmillan text; loci cited by Part/Chapter/Section and Macmillan page.)

Williams, P. L., and Beer, R. D. Nonnegative decomposition of multivariate information (partial information decomposition). 2010.

Zhang, T., Goldstein, A., and Levin, M. Classical Sorting Algorithms as a Model of Morphogenesis: self-sorting arrays reveal unexpected competencies in a minimal model of basal intelligence. arXiv:2401.05375 (2023).