Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 25 Edición No 01– Año 2026

Inteligencia Artificial como Extensión Noosférica para la Gestión Planetaria Consciente

Artificial Intelligence as a Noospheric Extension for Conscious Planetary Management

Alejandro López-González
Correo: alelopez@urbe.edu.ve
ORCID: 0000-0002-9031-4649
Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín (URBE).
Maracaibo, Venezuela.

Resumen

Este artículo analiza las condiciones bajo las cuales la inteligencia artificial puede funcionar como extensión instrumental de la cognición humana para apoyar una gestión consciente de los sistemas terrestres. Mediante una revisión crítica integrativa de 33 fuentes fundacionales y contemporáneas sobre noosfera, cibernética, inteligencia planetaria, observación terrestre, gemelos digitales y sostenibilidad computacional, se construyó un modelo analítico de regulación distribuida. Los resultados identifican cuatro condiciones interdependientes: observación multiescala, integración predictiva de datos, actuación coordinada y gobernanza verificable. Marcos como Big Earth Data, iEarth y los sistemas de información pan-espacial muestran avances en la percepción e integración del sistema Tierra, mientras que las redes eléctricas inteligentes evidencian la posibilidad de cerrar parcialmente bucles de retroalimentación en subsistemas específicos. Sin embargo, su aplicación enfrenta restricciones físicas, epistémicas, políticas y éticas relacionadas con el consumo energético, la incertidumbre algorítmica, la concentración tecnológica y la definición de objetivos colectivos. Se concluye que la IA puede constituir una infraestructura noosférica orientada a la anticipación y coordinación planetaria, siempre que opere mediante arquitecturas distribuidas, supervisión humana, transparencia, equidad y sostenibilidad ambiental.
Palabras clave: noosfera; inteligencia artificial; sistema Tierra; cibernética; gestión planetaria; gobernanza tecnológica.

Abstract

This article analyzes the conditions under which artificial intelligence can function as an instrumental extension of human cognition to support the conscious management of Earth systems. A critical integrative review of 33 foundational and contemporary sources on the noosphere, cybernetics, planetary intelligence, Earth observation, digital twins, and computational sustainability was conducted to develop an analytical model of distributed regulation. The results identify four interdependent conditions: multiscale observation, predictive data integration, coordinated action, and verifiable governance. Frameworks such as Big Earth Data, iEarth, and pan-spatial information systems demonstrate progress in Earth-system perception and integration, while smart grids illustrate the partial closure of feedback loops within specific subsystems. However, their application faces physical, epistemic, political, and ethical constraints associated with energy consumption, algorithmic uncertainty, technological concentration, and the definition of collective objectives. The study concludes that AI can constitute a noospheric infrastructure for planetary anticipation and coordination, provided that it operates through distributed architectures, human oversight, transparency, equity, and environmental sustainability.

Keywords: noosphere; artificial intelligence; Earth system; cybernetics; planetary management; technological governance.

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 25 Edición No 01– Año 2026

Introducción

La crisis ambiental contemporánea no deriva únicamente del volumen de las presiones humanas sobre la biosfera. También expresa una brecha entre la escala de la intervención tecnológica y la capacidad colectiva para observar sus consecuencias, anticipar riesgos y coordinar respuestas. Las actividades humanas modifican el clima, los ciclos del nitrógeno y del fósforo, el uso del suelo, la biodiversidad y los flujos energéticos; sin embargo, los procesos de decisión continúan fragmentados entre instituciones, sectores y jurisdicciones con horizontes temporales limitados (Haff, 2014; Frank et al., 2022). Esta asimetría convierte la sostenibilidad en un problema de información, regulación y gobernanza, además de un problema de conservación.

Una parte importante del pensamiento ambiental ha respondido a esta situación mediante estrategias de reducción de impactos, restauración y protección de ecosistemas. Estas estrategias son necesarias, pero no bastan por sí solas cuando los sistemas naturales y técnicos se encuentran profundamente acoplados. La producción eléctrica, las ciudades, las redes de transporte, la agricultura, las telecomunicaciones y las infraestructuras de observación forman ya parte de la dinámica material del sistema Tierra. Por ello, la alternativa real no se reduce a escoger entre una naturaleza intacta y una tecnosfera expansiva, sino a determinar bajo qué reglas la capacidad técnica puede utilizarse para reducir daños, preservar funciones ecológicas y ampliar la resiliencia social.

La teoría de la noosfera de Vladimir I. Vernadsky ofrece un marco histórico para interpretar esta transición. Vernadsky concibió el pensamiento científico y el trabajo humano organizado como fuerzas geológicas capaces de transformar la biosfera (Vernadsky, 1989, 1991, 2013). En esta lectura, la noosfera no debe entenderse como una mente planetaria literal ni como una garantía automática de progreso. Representa la posibilidad de que la acción humana, apoyada en conocimiento verificable, sea capaz de reconocer sus efectos sistémicos y orientar deliberadamente parte de los procesos que ya modifica.

El desarrollo reciente de la inteligencia artificial, la observación terrestre, el Internet de las Cosas, los gemelos digitales y la computación de alto rendimiento actualiza esta discusión. Estas tecnologías permiten integrar datos heterogéneos, detectar patrones, elaborar pronósticos y optimizar sistemas complejos. Marcos como iEarth y el Pan-spatial Earth Information System proponen arquitecturas que vinculan observación física, información social y modelado computacional para apoyar decisiones sobre el sistema Tierra (Gong & Guo, 2023; Tao et al., 2024). No obstante, una mayor capacidad de cálculo no equivale por sí misma a una mayor racionalidad colectiva. Los modelos pueden reproducir sesgos, ocultar incertidumbres, consumir grandes cantidades de energía o servir a objetivos incompatibles con la sostenibilidad (Dhar, 2020; de Vries, 2023; Schiller et al., 2025).

Este artículo define autorregulación consciente como la capacidad sociotécnica de observar variables relevantes del sistema Tierra, construir representaciones revisables de su estado, anticipar consecuencias, seleccionar intervenciones bajo objetivos explícitos y evaluar sus resultados mediante retroalimentación. El adjetivo consciente se refiere a la deliberación humana e institucional, no a una supuesta conciencia de la IA. La inteligencia artificial se considera una infraestructura instrumental de procesamiento y apoyo a la decisión, cuya legitimidad depende de la transparencia, la supervisión humana y la distribución social de beneficios y riesgos.

El objetivo del estudio es analizar en qué condiciones la IA puede funcionar como extensión de la cognición humana para apoyar una autorregulación consciente de los sistemas terrestres. Se plantean tres preguntas: ¿qué elementos de la teoría de la noosfera pueden traducirse a categorías operativas?, ¿qué capacidades tecnológicas actuales cubren parcialmente esas categorías?, y ¿qué límites técnicos, ambientales y políticos impiden interpretar esas capacidades como una autorregulación planetaria plenamente constituida? La

contribución principal es un modelo analítico de cuatro funciones -observación, integración predictiva, actuación y gobernanza- que permite evaluar de manera no metafórica la relación entre IA, noosfera y sostenibilidad.

Noosfera, cefalización y agencia humana

Vernadsky sostuvo que la vida transforma activamente la composición y los flujos de la Tierra, y que la actividad científica de la humanidad amplifica esa capacidad hasta convertirla en una fuerza geológica (Vernadsky, 1989, 1991). Esta formulación desplaza la imagen del ser humano como observador externo: la especie humana pertenece a la biosfera y sus sistemas técnicos participan en los intercambios de materia y energía. La importancia del planteamiento no reside en justificar cualquier intervención, sino en reconocer que la abstención total es imposible en sociedades cuya supervivencia depende de infraestructuras globales.

El principio de cefalización, formulado por Dana (1863) y retomado por Vernadsky, describía una tendencia histórica hacia una mayor centralización y complejidad de las funciones nerviosas. Su extrapolación a la escala planetaria debe manejarse con cautela. No constituye una ley universal que demuestre una finalidad predeterminada de la evolución. Puede utilizarse, en cambio, como analogía heurística: así como los organismos integran señales dispersas para coordinar respuestas, las sociedades contemporáneas requieren infraestructuras capaces de integrar información ambiental, económica y social para evitar decisiones localmente racionales pero globalmente destructivas.

La noosfera puede definirse operativamente como un estadio de organización sociotécnica en el que el conocimiento científico, la comunicación y la coordinación institucional influyen deliberadamente sobre procesos de alcance planetario. Esta definición evita dos extremos. Por una parte, rechaza la idea de una inteligencia planetaria espontánea que surgiría de la mera interconexión digital. Por otra, evita reducir la noosfera a una metáfora cultural sin contenido material. Su posible existencia depende de redes de observación, capacidad computacional, instituciones legítimas, reglas de decisión y mecanismos de corrección.

El cosmismo ruso incorporó una dimensión ética más fuerte. Fiódorov y Tsiolkovsky atribuyeron a la razón la responsabilidad de disminuir el sufrimiento producido por procesos naturales ciegos y por la desorganización humana (Fiódorov, 1995; Tsiolkovsky, 2023). Esta aspiración puede dialogar con la sostenibilidad contemporánea si se abandona cualquier pretensión de dominio ilimitado. La regulación responsable exige reconocer incertidumbres, conservar diversidad biológica y cultural, y aplicar el principio de precaución ante intervenciones irreversibles.

Cibernética, variedad requerida y retroalimentación

La cibernética aporta un vocabulario preciso para analizar la autorregulación. Un sistema regulador requiere información sobre el estado del sistema, un modelo que relacione acciones y consecuencias, medios de intervención y retroalimentación para corregir desviaciones. Wiener (1965) destacó que la estabilidad depende de la calidad y oportunidad de los flujos de información. Ashby (1957) formuló la Ley de Variedad Requerida: un regulador solo puede compensar perturbaciones si dispone de suficiente variedad de respuestas frente a la variedad del sistema regulado.

Aplicada al sistema Tierra, esta ley no implica que una única plataforma de IA deba reproducir toda la complejidad planetaria. Señala que la regulación necesita diversidad de datos, modelos, instituciones y respuestas. La centralización excesiva puede disminuir la variedad al imponer una representación única del mundo. Por ello, la capacidad reguladora debe ser distribuida, interoperable y plural: combinar

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 25 Edición No 01– Año 2026

observación global con conocimiento local, modelos físicos con aprendizaje automático y coordinación internacional con autonomía regional.

La cibernética de segundo orden añade que el observador forma parte del sistema observado. Los indicadores ambientales, los modelos de riesgo y los algoritmos de priorización no son neutrales: seleccionan variables, escalas y objetivos. Una infraestructura noosférica no puede limitarse a aumentar la precisión predictiva; debe hacer explícitos los valores incorporados en sus decisiones, permitir auditoría y sostener procesos de deliberación pública. La retroalimentación incluye tanto señales biofísicas como respuestas sociales, impactos distributivos y conflictos de legitimidad.

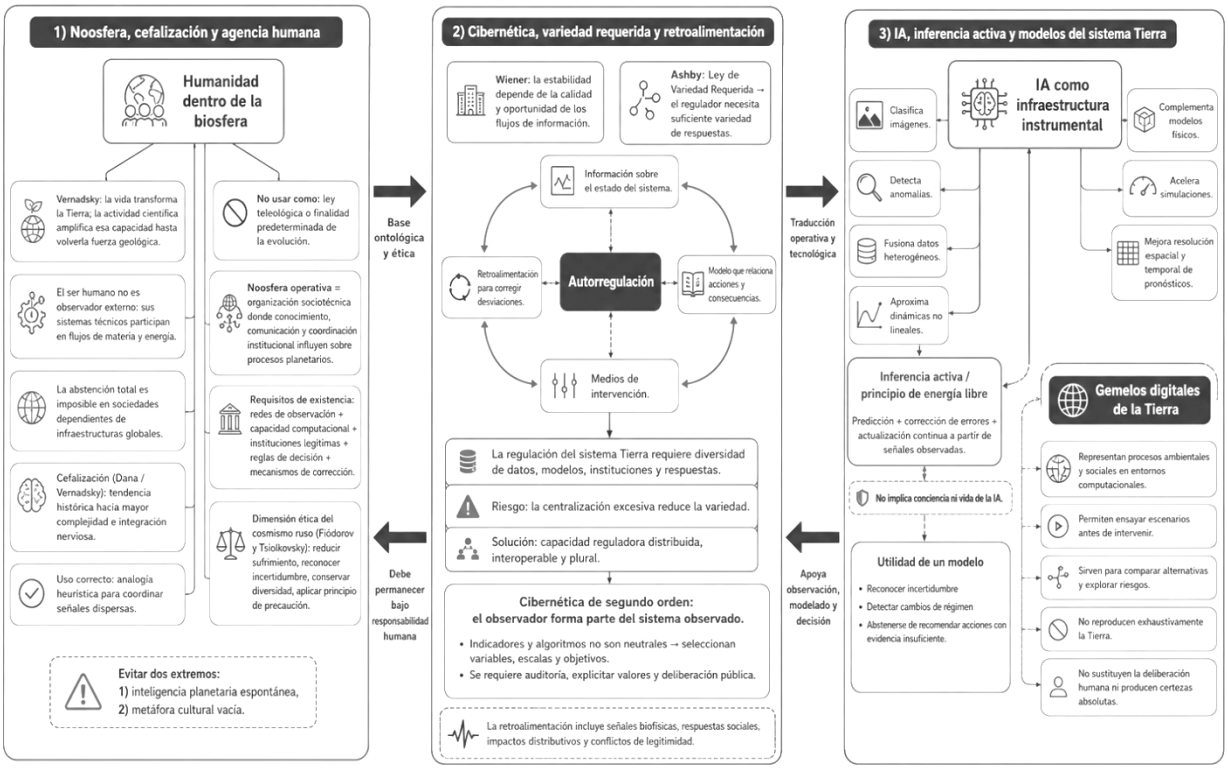


Figura 1 Síntesis conceptual del marco teórico sobre gestión planetaria consciente

IA, inferencia activa y modelos del sistema Tierra

La IA contemporánea amplía la capacidad para clasificar imágenes, detectar anomalías, fusionar datos y aproximar dinámicas no lineales. En ciencias del sistema Tierra, puede complementar los modelos físicos, acelerar simulaciones y mejorar la resolución espacial o temporal de ciertos pronósticos (Irrgang et al., 2021; Tuia et al., 2023; Wei et al., 2024). Su contribución es especialmente relevante cuando la información procede de fuentes heterogéneas y se actualiza con rapidez.

El principio de energía libre y la inferencia activa ofrecen una analogía formal para comprender sistemas que mantienen su organización mediante predicción y corrección de errores (Friston, 2012; Parr et al., 2022). En este artículo, estos conceptos no se utilizan para atribuir vida o conciencia a la IA. Sirven para destacar que una regulación eficaz combina modelos predictivos con actualización continua a partir de señales observadas. La utilidad de un modelo depende de su capacidad para reconocer incertidumbre, detectar cambios de régimen y abstenerse de recomendar acciones cuando la evidencia es insuficiente.

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 25 Edición No 01– Año 2026

Los gemelos digitales de la Tierra buscan representar procesos ambientales y sociales en entornos computacionales que permitan ensayar escenarios antes de intervenir en el mundo físico (Li et al., 2023). Este potencial es significativo, pero debe distinguirse entre simulación y realidad. Ningún gemelo digital reproduce exhaustivamente la Tierra; todos dependen de supuestos, resolución, disponibilidad de datos y capacidad de validación. Por tanto, su función más defendible es comparar alternativas y explorar riesgos, no sustituir la deliberación ni producir certezas absolutas.

Aspectos metodológicos

Diseño de la investigación

La investigación adoptó el diseño de una revisión crítica integrativa. Este enfoque es adecuado para problemas conceptuales que requieren articular tradiciones teóricas y campos técnicos distintos, pero no pretende ofrecer el nivel de exhaustividad ni la estimación cuantitativa de efectos propia de una revisión sistemática o un metaanálisis. La unidad de análisis estuvo constituida por documentos académicos y obras fundacionales relevantes para cinco dominios: teoría de la noosfera, cibernética y sistemas complejos, inteligencia planetaria, IA aplicada a la observación y gestión del sistema Tierra, y sostenibilidad de la propia infraestructura computacional.

El corpus final incluyó 33 fuentes. Se combinaron textos fundacionales de Dana, Vernadsky, Fiódorov, Tsiolkovsky, Ashby y Wiener con artículos y monografías contemporáneas publicados principalmente entre 2014 y 2025. Los textos históricos se seleccionaron por su carácter primario o por constituir ediciones académicas reconocibles; la literatura técnica se priorizó por revisión por pares, trazabilidad bibliográfica, pertinencia directa y descripción suficiente de métodos o arquitecturas.

Estrategia de búsqueda y selección

La búsqueda se orientó en Scopus, Web of Science, IEEE Xplore, PubMed, arXiv, Google Scholar y catálogos académicos. Se utilizaron combinaciones en español e inglés de los términos noosphere, artificial intelligence, planetary intelligence, Earth system, cybernetics, requisite variety, digital twin Earth, Big Earth Data, active inference, smart grids, explainable AI y sustainable AI. Para las fuentes históricas se emplearon además búsquedas por autor, título original y ediciones traducidas.

Los criterios de inclusión fueron: (a) relación directa con al menos uno de los cinco dominios definidos; (b) aporte conceptual, metodológico o tecnológico identificable; (c) disponibilidad de información bibliográfica verificable; y (d) utilidad para responder alguna de las preguntas de investigación. Se excluyeron documentos duplicados, textos puramente promocionales, trabajos sin relación explícita con regulación ambiental o teoría de sistemas y publicaciones cuyos argumentos no podían rastrearse hasta fuentes identificables.

La calidad se valoró mediante cuatro indicadores: autoridad de la fuente, coherencia entre objetivos y conclusiones, transparencia metodológica y posibilidad de triangulación con otros documentos. Los preprints se conservaron solo cuando aportaban desarrollos recientes no cubiertos de forma equivalente por publicaciones revisadas por pares, y sus afirmaciones se trataron como provisionales.

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 25 Edición No 01– Año 2026

Procedimiento analítico

El análisis se realizó en tres etapas. Primero, se extrajeron unidades de significado relacionadas con funciones de regulación, capacidades de IA, escalas de aplicación, supuestos normativos y limitaciones. Segundo, las unidades se organizaron mediante una matriz comparativa que distinguió cuatro funciones: observación, integración predictiva, actuación y gobernanza. Tercero, se contrastaron las afirmaciones filosóficas con ejemplos tecnológicos documentados para determinar qué componentes poseen soporte práctico y cuáles permanecen como propuestas normativas.

La síntesis siguió una lógica de inferencia abductiva: a partir de correspondencias entre teoría cibernética y arquitecturas tecnológicas se construyó un modelo explicativo susceptible de revisión. La validez se apoyó en la coherencia interna, la triangulación entre fuentes de distintos campos y la exposición explícita de límites. No se realizaron experimentos, simulaciones propias, encuestas Delphi ni análisis económico; por ello, los resultados se presentan como hallazgos documentales y proposiciones teóricas, no como validación empírica de una noosfera operativa.

Discusión de resultados

Cuatro condiciones para una autorregulación consciente

La revisión permitió traducir el concepto de noosfera a cuatro condiciones funcionales. La primera es la observación multiescala: disponer de datos suficientemente continuos, comparables y representativos sobre procesos biofísicos y sociales. La segunda es la integración predictiva: transformar esos datos en modelos que identifiquen tendencias, incertidumbres y posibles consecuencias. La tercera es la actuación coordinada: convertir el conocimiento en intervenciones materialmente viables y reversibles. La cuarta es la gobernanza verificable: definir objetivos, responsabilidades, derechos de acceso, criterios de equidad y mecanismos de auditoría.

Estas condiciones forman un ciclo y no una jerarquía lineal. La observación sin actuación produce diagnósticos incapaces de alterar trayectorias. La actuación sin modelos adecuados puede amplificar perturbaciones. La predicción sin gobernanza puede concentrar poder y excluir comunidades afectadas. La gobernanza sin información o capacidad técnica puede reducirse a declaraciones normativas. La autorregulación consciente exige, por tanto, el acoplamiento de las cuatro funciones.

El análisis también muestra que ninguna de ellas es exclusivamente tecnológica. La calidad de la observación depende de inversión pública, estándares y cobertura territorial. La predicción depende de hipótesis científicas y decisiones sobre qué variables optimizar. La actuación requiere infraestructura, financiamiento y competencias legales. La gobernanza depende de instituciones capaces de incorporar conocimiento experto sin eliminar la deliberación democrática.

Observación e integración: avances de iEarth y Big Earth Data

Los avances más claros se encuentran en las funciones de observación e integración. Big Earth Data combina imágenes satelitales, estaciones terrestres, sensores oceánicos, redes meteorológicas y datos socioeconómicos para describir procesos que antes se estudiaban de forma fragmentaria (Guo et al., 2020). iEarth propone articular estos flujos mediante IA y ciencia interdisciplinaria para apoyar los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la gestión de riesgos (Gong & Guo, 2023). El PEIS amplía esta arquitectura al integrar espacios físicos, sociales e informacionales (Tao et al., 2024).

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 25 Edición No 01– Año 2026

Estas iniciativas respaldan la idea de una capa sensorial distribuida. También muestran sus límites. La cobertura de datos es desigual entre regiones, los sensores reflejan prioridades de inversión y muchos datos sociales no pueden utilizarse sin riesgos de vigilancia o discriminación. La ausencia de información sobre territorios periféricos no es un vacío neutral: puede producir modelos que asignen menor importancia a poblaciones poco observadas.

La IA puede reducir tiempos de procesamiento, completar series y detectar relaciones complejas, pero la precisión promedio no garantiza robustez ante eventos extremos o cambios de régimen. En ciencias ambientales, la explicabilidad resulta importante porque las decisiones pueden afectar infraestructuras críticas y comunidades enteras (Schiller et al., 2025; Wei et al., 2024). La integración noosférica requiere modelos híbridos que combinen restricciones físicas, aprendizaje automático y conocimiento contextual, además de intervalos de incertidumbre comprensibles para quienes deciden.

Actuación parcial: redes eléctricas inteligentes como caso ilustrativo

Las redes eléctricas inteligentes constituyen un caso concreto de ciclo cibernético parcial. Sensores y medidores registran frecuencia, tensión, demanda y generación; algoritmos pronostican cargas y disponibilidad renovable; controladores ajustan flujos, almacenamiento y respuesta de la demanda. La revisión de Ali y Choi (2020) documenta aplicaciones de IA en protección, detección de fallas, predicción y optimización de redes distribuidas. Esta arquitectura se aproxima al esquema observación-modelo-actuación-retroalimentación.

El caso también demuestra que la automatización no elimina la dimensión política. La función objetivo puede priorizar costo, estabilidad, emisiones, resiliencia o acceso, y esas metas no siempre coinciden. Una optimización técnicamente eficiente podría trasladar costos a usuarios vulnerables o favorecer infraestructuras con mayor disponibilidad de datos. Por ello, la actuación automatizada debe mantenerse dentro de límites regulatorios, con mecanismos de intervención humana y evaluación distributiva.

La extrapolación desde una red eléctrica a la biosfera completa debe ser prudente. Las redes poseen variables y objetivos relativamente delimitados, mientras que los ecosistemas incluyen valores inconmensurables, irreversibilidades y múltiples escalas de decisión. El ejemplo demuestra la viabilidad de bucles cerrados en subsistemas específicos, no la posibilidad inmediata de un control centralizado del planeta.

La IA como exocórtex: alcance y límites de la analogía

La metáfora del exocórtex es útil para describir la externalización de funciones cognitivas: memoria, reconocimiento de patrones, simulación y coordinación. Palagin et al. (2017) vinculan explícitamente el paradigma de la noosfera con el desarrollo de la inteligencia artificial. Sin embargo, la metáfora puede inducir a error si sugiere que la humanidad actúa como un sujeto unificado o que existe un centro legítimo capaz de fijar los objetivos del planeta.

En realidad, la cognición colectiva está distribuida entre comunidades científicas, gobiernos, empresas, organizaciones y poblaciones locales con intereses divergentes. La IA no resuelve esa pluralidad; puede hacerla más visible o puede ocultarla detrás de una función de optimización. Una noosfera compatible con la sostenibilidad debe concebirse como inteligencia híbrida y policéntrica, no como un cerebro único. La variedad requerida se alcanza mediante diversidad de perspectivas y capacidades, además de potencia computacional.

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 25 Edición No 01– Año 2026

La instrumentalidad de la IA tampoco implica neutralidad. Los modelos incorporan elecciones sobre datos, etiquetas, métricas y tolerancia al riesgo. Por ello, la supervisión humana no puede limitarse a autorizar una recomendación final. Debe abarcar el diseño del problema, la selección de variables, la evaluación de impactos, la posibilidad de impugnación y el aprendizaje posterior a la intervención.

Restricciones ambientales y de gobernanza

La primera restricción es física. El entrenamiento y la operación de modelos, centros de datos y redes de sensores requieren energía, agua, minerales e infraestructura. La literatura sobre huella energética de la IA advierte que el crecimiento computacional puede aumentar emisiones si no se acompaña de eficiencia, reutilización de modelos y suministro eléctrico bajo en carbono (Dhar, 2020; de Vries, 2023). Una infraestructura destinada a reducir entropía ambiental no puede ignorar su propio metabolismo material.

La segunda restricción es epistémica. Los modelos son aproximaciones y pueden fallar precisamente en situaciones novedosas. La explicabilidad no garantiza veracidad, pero facilita identificar variables dominantes, comparar resultados con conocimiento físico y asignar responsabilidades. Para aplicaciones críticas se requieren validación independiente, pruebas fuera de distribución, documentación de datos y protocolos de operación degradada cuando el modelo pierde confiabilidad.
La tercera restricción es política. La concentración de datos y capacidad computacional en pocos Estados y corporaciones puede convertir la gestión planetaria en una forma de dependencia tecnológica. La gobernanza debe atender soberanía de datos, acceso abierto a información ambiental, representación del Sur Global y distribución de beneficios. Sin estas condiciones, el lenguaje de la noosfera podría legitimar una tecnocracia centralizada en lugar de una inteligencia colectiva.

La cuarta restricción es ética. No existe una función objetivo universal que reduzca la sostenibilidad a una sola métrica. La protección de la vida, la justicia intergeneracional, la autonomía de las comunidades y la conservación de la biodiversidad pueden entrar en tensión. La IA puede apoyar la exploración de compromisos, pero no decidir por sí misma qué sacrificios son aceptables. La deliberación sobre fines permanece en el ámbito humano.

Modelo propuesto

A partir de los hallazgos se propone un modelo de infraestructura noosférica de regulación distribuida. En su capa de observación, combina sensores remotos, redes terrestres, ciencia ciudadana y conocimiento local. En la capa de integración, utiliza modelos físicos, estadísticos y de IA con trazabilidad de datos e incertidumbre explícita. En la capa de decisión, presenta escenarios y consecuencias sin convertir la recomendación algorítmica en mandato automático. En la capa de actuación, conecta instrumentos regulatorios, infraestructuras y respuestas comunitarias. Finalmente, una capa transversal de gobernanza establece auditoría, participación, seguridad, límites de uso y evaluación ambiental de la propia computación.

El modelo difiere de un sistema de control centralizado. Su unidad básica es el subsistema socioecológico: cuencas, redes energéticas, ciudades, sistemas alimentarios o zonas costeras. La coordinación planetaria se construye mediante interoperabilidad entre subsistemas, estándares compartidos y objetivos globales mínimos, mientras las decisiones específicas conservan sensibilidad territorial. Esta arquitectura es más compatible con la complejidad y con la Ley de Variedad Requerida que la idea de un único algoritmo rector.

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 25 Edición No 01– Año 2026

La función de la IA es aumentar la capacidad de explorar escenarios, detectar señales tempranas y coordinar respuestas. La función de las instituciones es definir fines legítimos, proteger derechos y corregir fallas. La función de la ciencia es mantener los modelos abiertos a revisión. La función de las comunidades es aportar conocimiento situado y evaluar consecuencias que los indicadores agregados no captan. Solo la articulación de estas funciones permite hablar, en sentido limitado y operativo, de autorregulación consciente.

Limitaciones del estudio

Este trabajo presenta cuatro limitaciones. En primer lugar, se trata de una revisión crítica integrativa y no de una revisión sistemática registrada; por tanto, el corpus no garantiza exhaustividad y puede estar afectado por sesgos de selección. En segundo lugar, la combinación de filosofía, cibernética y ciencias de la Tierra implica diferencias conceptuales que no pueden resolverse únicamente mediante analogías. En tercer lugar, los casos tecnológicos analizados son ilustrativos y no constituyen una validación empírica del modelo completo. En cuarto lugar, no se evaluaron costos, desempeño comparativo, aceptación social ni viabilidad institucional mediante simulaciones, estudios de caso o consulta a expertos.

Futuras investigaciones deberían aplicar protocolos sistemáticos de búsqueda, construir indicadores para cada función del modelo, comparar casos regionales y desarrollar ejercicios Delphi con especialistas en ciencias del sistema Tierra, IA, ética y políticas públicas. También se requieren evaluaciones de ciclo de vida y análisis de justicia distributiva para determinar si las infraestructuras propuestas reducen efectivamente impactos o desplazan sus costos hacia otras regiones y grupos sociales.

Conclusión

La teoría de la noosfera conserva plena vigencia como marco para interpretar la transformación contemporánea de la relación entre humanidad, tecnología y biosfera. Su valor no reside únicamente en describir la expansión del conocimiento científico, sino en permitir comprender la emergencia de una capacidad colectiva de observación, anticipación y regulación de los procesos planetarios. La humanidad se ha convertido en una fuerza geológica capaz de modificar los ciclos biogeoquímicos, pero todavía no ha desarrollado una capacidad institucional y cognitiva proporcional para gestionar de manera consciente los efectos acumulativos de su actividad.

En este contexto, la Inteligencia Artificial constituye una extensión instrumental de la cognición humana que puede reducir la brecha existente entre la complejidad del sistema Tierra y las limitaciones de los mecanismos tradicionales de análisis y decisión. Su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos, identificar relaciones no lineales, construir escenarios predictivos y apoyar decisiones adaptativas permite ampliar la variedad del sistema regulador y fortalecer los mecanismos de retroalimentación necesarios para una gestión planetaria más anticipatoria.

La revisión permitió identificar cuatro condiciones funcionales para el desarrollo de una autorregulación consciente de la biosfera: la observación multiescala de las variables naturales y sociales, la integración predictiva de datos heterogéneos, la capacidad de actuación coordinada sobre sistemas críticos y la existencia de mecanismos de gobernanza capaces de orientar, supervisar y corregir dichas intervenciones. Estas condiciones no deben entenderse como componentes aislados, sino como partes de una arquitectura cibernética integrada en la cual percepción, procesamiento, decisión y actuación conforman un ciclo continuo de aprendizaje y adaptación.

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 25 Edición No 01– Año 2026

Los sistemas de observación terrestre, los marcos Big Earth Data, las plataformas iEarth, los sistemas de información pan-espacial y los gemelos digitales muestran que las bases tecnológicas de esta arquitectura comienzan a consolidarse. Del mismo modo, las redes eléctricas inteligentes, la gestión algorítmica de recursos y los sistemas predictivos ambientales evidencian que es posible cerrar parcialmente bucles de retroalimentación en subsistemas específicos. La convergencia de estas tecnologías permite concebir una infraestructura telemática capaz de dotar al sistema Tierra de capacidades ampliadas de percepción, memoria, simulación y respuesta.

La IA debe, por tanto, comprenderse como una infraestructura noosférica y no como un sujeto autónomo de decisión. Su función consiste en ampliar las capacidades humanas de comprensión y coordinación, sin sustituir la deliberación ética, política y científica. La definición de objetivos, la valoración de riesgos y la elección entre escenarios posibles continúan siendo responsabilidades humanas. En consecuencia, la gobernanza no constituye una restricción externa al desarrollo tecnológico, sino una dimensión esencial de su eficacia reguladora.

La autorregulación consciente propuesta no implica un control absoluto ni una dominación mecánica de la naturaleza. Supone el desarrollo de una capacidad de intervención informada, anticipatoria, adaptativa y prudente, orientada a evitar daños irreversibles, reducir la incertidumbre y preservar las condiciones que sostienen la vida. Se trata de sustituir respuestas tardías y fragmentadas por mecanismos capaces de detectar riesgos, evaluar alternativas y actuar antes de que los procesos de degradación superen umbrales críticos.

Desde esta perspectiva, la sostenibilidad deja de limitarse a la conservación pasiva de determinados estados ambientales y pasa a definirse como la capacidad de gestionar dinámicamente las relaciones entre sociedad, tecnología y biosfera. La integración de la IA con los sistemas de observación terrestre y las estructuras de gobernanza puede proporcionar la base técnica de esta transición, siempre que su desarrollo se encuentre orientado por criterios de responsabilidad colectiva, equidad, transparencia, eficiencia energética y preservación de la diversidad biológica y cultural.

La noosfera puede entenderse como la conformación progresiva de un sistema planetario de conocimiento y acción en el cual la humanidad, asistida por herramientas avanzadas de inteligencia, asume conscientemente su responsabilidad sobre los procesos que transforma. La IA no representa el destino de esta transición, sino uno de sus instrumentos fundamentales. El desafío central consiste en convertir la creciente capacidad de cálculo, observación y predicción en una capacidad colectiva de decisión responsable, capaz de orientar la evolución de la tecnosfera hacia la estabilidad, la continuidad y el enriquecimiento de la vida.

Referencias Bibliográficas

Ali, S. S., & Choi, B. J. (2020). State-of-the-art artificial intelligence techniques for distributed smart grids: A review. Electronics, 9(6), 1030. https://doi.org/10.3390/electronics9061030

Ashby, W. R. (1957). An introduction to cybernetics. Chapman & Hall.

Balter, B., & Faminskaya, M. (2017). Noosphere as optimal control. Part 1. Control theory, geosphere and biosphere. Philosophy and Cosmology, 19, 12-32.

Bartsev, S., & Degermendzhi, A. (2023). The evolutionary mechanism of formation of biosphere closure. Mathematics, 11(14), 3218. https://doi.org/10.3390/math11143218

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 25 Edición No 01– Año 2026

Dana, J. D. (1863). The classification of animals based on the principle of cephalization. American Journal of Science and Arts, 35, 321-353.

de Vries, A. (2023). The growing energy footprint of artificial intelligence. Joule, 7(10), 2191-2194. https://doi.org/10.1016/j.joule.2023.09.004

Dhar, P. (2020). The carbon impact of artificial intelligence. Nature Machine Intelligence, 2, 423-425. https://doi.org/10.1038/s42256-020-0219-9

Fiódorov, N. F. (1995). Sobranie sochineniy (Vols. 1-2). Progress.

Frank, A., Grinspoon, D., & Walker, S. (2022). Intelligence as a planetary-scale process. International Journal of Astrobiology, 21(2), 47-61. https://doi.org/10.1017/S147355042100029X

Friston, K. J. (2012). A free energy principle for biological systems. Entropy, 14, 2100-2121. https://doi.org/10.3390/e14112100

Gong, P., & Guo, H. (2023). iEarth: An interdisciplinary framework in the era of big data and AI for sustainable development. National Science Review, 10(8), https://doi.org/10.1093/nsr/nwad178

Guo, H., Nativi, S., Liang, D., Craglia, M., Wang, L., Schade, S., & Corban, C. (2020). Big Earth data science: An information framework for a sustainable planet. International Journal of Digital Earth, 13(7), 743-767.

Haff, P. (2014). Humans and technology in the Anthropocene: Six rules. The Anthropocene Review, 1(2), 126-136.

Irrgang, C., Boers, N., Sonnewald, M., Barnes, E. A., Kadow, C., Staneva, J., & Saynisch-Wagner, J. (2021). Will artificial intelligence supersede Earth system and climate models? arXiv. https://arxiv.org/abs/2101.09126

Kapp, E. (2018). Elements for a philosophy of technology (L. K. Wolfe, Trans.). University of Minnesota Press. (Original work published 1877)

Lee, S., Oh, Y., An, H., Yoon, H., Friston, K. J., Hong, S. J., & Woo, C. W. (2023). Life-inspired interoceptive artificial intelligence for autonomous and adaptive agents. arXiv. https://arxiv.org/abs/2309.05999

Levit, G. S., & Protasov, A. (2023). Vladimir Vernadsky's "Copernican turn". Annals of the History and Philosophy of Biology, 27, 43-70.

Li, X., Feng, M., Ran, Y., Su, Y., Liu, F., Huang, C., & Guo, H. (2023). Big data in Earth system science and progress towards a digital twin. Nature Reviews Earth & Environment, 4, 319-332.

Moynihan, T. (2020). Spinal catastrophism: A secret history. Urbanomic.

Neuwirth, R. J. (2024). The global institutional governance of AI: A four-dimensional perspective. International Journal of Discrimination and the Law.

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 25 Edición No 01– Año 2026

Palagin, A. V., Kurgaev, A. F., & Shevchenko, A. I. (2017). The noosphere paradigm of the development of science and artificial intelligence. Cybernetics and Systems Analysis, 53(4), 503-511.

Parr, T., Pezzulo, G., & Friston, K. J. (2022). Active inference: The free energy principle in mind, brain, and behavior. MIT Press.

Schiller, J., Stiller, S., & Ryo, M. (2025). Artificial intelligence in environmental and Earth system sciences: Explainability and trustworthiness. Artificial Intelligence Review, 58, 316. https://doi.org/10.1007/s10462-025-11165-2

Sims, M. (2022). Self-concern across scales: A biologically inspired direction for embodied artificial intelligence. Frontiers in Neurorobotics, 16, 857614. https://doi.org/10.3389/fnbot.2022.857614

Tao, L., Xu, Y., He, K., Ma, X., & Wang, L. (2024). Pan-spatial Earth information system: A new methodology for cognizing the Earth system. The Innovation, 6(3), 100770. https://doi.org/10.1016/j.xinn.2024.100770

Toland, A. (2018). The learning machine and the spaceship in the garden: AI and the design of planetary "nature". RA. Revista de Arquitectura, 20, 216-227. https://doi.org/10.15581/014.20.216-227

Tsiolkovsky, K. E. (2023). El universo vivo: El futuro de la Tierra y de la humanidad (A. López-González, Trans.). Elefante Books. (Original work published 1932)

Tuia, D., Roscher, R., Wegner, J. D., Jacobs, N., Zhu, X., & Camps-Valls, G. (2023). Artificial intelligence to advance Earth observation: A perspective. arXiv. https://arxiv.org/abs/2305.08413

Vernadsky, V. I. (1989). Biosfera i noosfera (B. S. Sokolov & A. A. Yaroshevsky, Eds.). Nauka. (Original work published 1944)

Vernadsky, V. I. (1991). Nauchnaya mysl' kak planetnoe yavlenie. Nauka. (Original work written 1938)

Vernadsky, V. I. (2013). Sobranie sochineniy (Vol. 8: Zhivoe veshchestvo i biosfera) (E. M. Galimov, Ed.). Nauka.

Wei, S., Gentine, P., Yu, S., & Chen, H. (2024). Explainable artificial intelligence for Earth system science: A review. arXiv. https://arxiv.org/abs/2406.11882

Wiener, N. (1965). Cybernetics: Or control and communication in the animal and the machine (2nd ed.). MIT Press. (Original work published 1948)

.

Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. Volumen 25 Edición No 01– Año 2026