

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2026,
Volumen 10, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1

HEURÍSTICA DE LA AUTO-ORGANIZACIÓN: UN MÉTODO BASADO EN LA COMPLEJIDAD Y EL COMPORTAMIENTO DE MASAS PARA LA MITIGACIÓN DE LA CORRUPCIÓN SOCIO- AMBIENTAL EN EL PERÚ

HEURISTICS OF SELF-ORGANIZATION: A COMPLEXITY AND
COLLECTIVE BEHAVIOR-BASED METHOD FOR MITIGATING
SOCIO-ENVIRONMENTAL CORRUPTION IN PERU

Luis Benavides Luksic

Universidad San Ignacio de Loyola, Perú

Jorge Luis Montealegre Torres

Universidad Multiversidad Edgar Morin, Colombia

Walter Andía Valencia

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

Heurística de la Auto-organización: Un método basado en la Complejidad y el Comportamiento de Masas para la mitigación de la corrupción socio-ambiental en el Perú

Luis Benavides Luksic¹

luis.benavides@usil.pe

<https://orcid.org/0000-0003-4001-4215>

Universidad San Ignacio de Loyola
Lima, Perú

Jorge Luis Montealegre Torres

jorge.montealegre@umem.mx

<https://orcid.org/0000-0002-1024-5453>

Universidad Multiversidad Edgar Morin
Armenia, Colombia

Walter Andía Valencia

wandiav@unmsm.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-4122-3820>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Lima, Perú

RESUMEN

La gestión ambiental en ecosistemas vulnerables se enfrenta a estructuras de corrupción sistémica que operan como atractores de alta estabilidad, resistentes a políticas públicas lineales. Esta investigación propone el método **HASA (Heurística de la Auto-organización Socio-Ambiental)**, un marco evaluativo transdisciplinario que integra el Pensamiento Complejo de **Edgar Morin**, la Sociobiología de **E.O. Wilson** y la Física de la Materia Activa. Mediante modelos de simulación multi-agente, se identifica cómo la "densidad de impunidad" genera una estigmergia negativa que fragmenta la masa social en un estado de alta entropía. El modelo HASA introduce una perturbación informativa — Transparencia Radical— que induce una transición de fase, activando una **Inteligencia Colectiva de Masas** con capacidad de oscilación quiral. Los resultados demuestran que la homeostasis socio-ambiental emerge de la reducción del ruido informativo, transformando la vigilancia ciudadana en una propiedad autopoietica del sistema. Se concluye que el modelo HASA posee una capacidad preventiva crítica, permitiendo una gobernanza anticipatoria ante ruidos pre-transicionales de degradación ecológica.

Palabras clave: pensamiento complejo, inteligencia colectiva de masas, estigmergia social, corrupción socio-ambiental, transición de fase

¹ Autor principal

Correspondencia: luis.benavides@usil.pe

Heuristics of Self-Organization: A Complexity and Collective Behavior-Based Method for Mitigating Socio-Environmental Corruption in Peru

ABSTRACT

Environmental management in vulnerable ecosystems faces systemic corruption structures that operate as high-stability attractors, resistant to linear public policies. This research proposes the **HASA method (Heuristics of Socio-Environmental Self-Organization)**, a transdisciplinary evaluative framework that integrates **Edgar Morin's** Complex Thinking, **E.O. Wilson's** Sociobiology, and Active Matter Physics. Through multi-agent simulation models, it identifies how "impunity density" generates negative stigmergy that fragments the social mass into a state of high entropy. The HASA model introduces an informative perturbation—Radical Transparency—which induces a phase transition, activating a **Mass Collective Intelligence** with chiral oscillation capabilities. The results demonstrate that socio-environmental homeostasis emerges from the reduction of informative noise, transforming citizen surveillance into an autopoietic property of the system. It is concluded that the HASA model possesses critical preventive capacity, allowing for anticipatory governance in the face of pre-transitional signals of ecological degradation.

Keywords: complex thinking, mass collective intelligence, social stigmergy, socio-environmental corruption, phase transition

Artículo recibido 22 diciembre 2025

Aceptado para publicación: 25 enero 2026



INTRODUCCIÓN

La crisis de gobernanza y la degradación ambiental en el Perú no pueden ser interpretadas bajo el paradigma simplificador de la sociología política convencional. Nos enfrentamos a un fenómeno de complejidad organizada donde la corrupción sistémica actúa no como un evento aislado, sino como una propiedad emergente de un sistema social en estado de desequilibrio homeostático. Desde la **epistemología de la complejidad**, propuesta por Edgar Morin, la realidad se define por la interdependencia, la multidimensionalidad y el reconocimiento de la incertidumbre (Morin, 1990). Bajo esta lente, el "todo" social peruano no es solo más que la suma de sus partes (individuos, instituciones, recursos), sino que es, al mismo tiempo, menos que esa suma, debido a las restricciones que las interacciones corruptas imponen al potencial del sistema (Morin, 2005).

De la Etología a la Inteligencia Colectiva de Masas

Para comprender estas dinámicas, es imperativo recurrir a la **etología comparada** y al estudio del comportamiento colectivo. En la naturaleza, observamos que sistemas biológicos complejos —desde colonias de hormigas (*Formicidae*) hasta cardúmenes de peces— logran una coordinación global sin la necesidad de un mando centralizado, un fenómeno conocido como **inteligencia de enjambre** (*Swarm Intelligence*) (Bonabeau, Dorigo & Theraulaz, 1999). Estos sistemas operan mediante la **estigmergia**, un mecanismo donde las modificaciones en el entorno actúan como estímulos para acciones subsiguientes de los agentes (Grassé, 1959). En el contexto peruano, la corrupción ambiental puede ser analizada como una "estigmergia negativa": señales de impunidad en el territorio que incentivan comportamientos colectivos depredadores del ecosistema.

Siguiendo a **E.O. Wilson (1975)** en su fundamentación de la sociobiología, las pautas de comportamiento social poseen raíces biológicas que optimizan la supervivencia del grupo. No obstante, en las sociedades humanas masificadas, la escala altera la naturaleza de la interacción. Estudios recientes en la física de sistemas densos han demostrado que las masas humanas, bajo condiciones de alta densidad, se comportan como "materia activa" capaz de auto-organizarse en osciladores quirales macroscópicos (Gu et al., 2025). Estos hallazgos sugieren que el comportamiento de masas no es caótico por definición, sino que posee una estructura física y dinámica que responde a principios de **autorregulación y retroalimentación** similares a los procesos celulares o neuronales.



El Problema: Corrupción como "Ruido" en la Autorregulación

La corrupción en la gestión ambiental del Perú interfiere con los ciclos de retroalimentación (*feedback loops*) necesarios para la sostenibilidad. En términos sistémicos, la corrupción actúa como un parásito biológico que secuestra los recursos del huésped (el Estado y el Medio Ambiente) para su propia replicación, rompiendo el **principio dialógico** de Morin: la coexistencia necesaria de orden, desorden y organización (Morin, 1999). Cuando la "anomia" social se vuelve la regla local de interacción, la inteligencia colectiva se degrada en una "estupidez colectiva" que agota el capital natural.

Hacia una Heurística de la Complejidad (Objetivo del Estudio)

El desafío epistemológico actual, por tanto, consiste en desarrollar herramientas que permitan evaluar estas utilidades de la complejidad. ¿Cómo podemos medir la resiliencia de un sistema social frente a la corrupción ambiental? Inspirados en el aprendizaje computacional y los modelos de **auto-organización**, este estudio propone un método heurístico que permite identificar los "atractores" del sistema —aquellos estados hacia los cuales la sociedad tiende a converger— para intervenir en ellos.

Este artículo se propone, específicamente, evaluar un método que aplique estos principios de comportamiento de masas y complejidad para solucionar desafíos de corrupción en el Perú. Al cruzar la etología con el pensamiento complejo, buscamos una vía de salida que no dependa solo de leyes punitivas, sino de una re-arquitectura de los procesos de interacción ciudadana, fomentando una **autorregulación ética** bio-inspirada.

Marco Epistemológico: Fundamentos Teóricos

La construcción de un método para evaluar las utilidades de la complejidad en el tejido social peruano exige una ruptura con el paradigma reduccionista de la modernidad. Siguiendo la propuesta de **Edgar Morin (1990)**, este marco se aleja de la simplificación para abrazar una "epistemología de segundo orden" que reconozca la retroacción entre el observador y el sistema observado, así como la naturaleza multiescalar de la corrupción socio-ambiental.

El Paradigma de la Complejidad: Morfología del Sistema Social Peruano

Desde el **Pensamiento Complejo**, la sociedad peruana no es una estructura estática, sino un sistema auto-eco-organizador. Aplicamos aquí tres principios fundamentales que sustentan el análisis de la corrupción:



- **El Principio Dialógico:** Permite mantener la dualidad en el seno de la unidad. En el contexto ambiental peruano, el orden (leyes forestales, decretos) y el desorden (tala ilegal, minería informal) no son excluyentes, sino constitutivos. La organización social emerge de la tensión competitiva y cooperativa entre estos polos (Morin, 2005). El método propuesto busca evaluar cómo esta dialogicidad puede ser reorientada hacia estados de mayor integridad.
- **El Principio de Recursividad Organizacional:** La corrupción no es solo una causa o un efecto, sino un proceso donde los productos (el soborno, la degradación del bosque) son necesarios para la producción misma del sistema (la estructura de poder actual). Romper este ciclo requiere una intervención en los bucles de retroalimentación (*feedback loops*) que el pensamiento lineal ignora.
- **El Principio Hologrammático:** Este principio postula que la parte está en el todo y el todo está en la parte. Cada interacción micro-social en una ventanilla estatal peruana contiene el "código genético" de la corrupción sistémica nacional. Por ende, intervenir en el comportamiento colectivo de masas a nivel micro tiene el potencial de resonar en la macroestructura del Estado.

Etología y Comportamiento de Masas: La Inteligencia de Enjambre

Recurrimos a la etología para entender la "animalidad" de la masa social. El comportamiento de las masas humanas en situaciones de crisis ambiental puede modelarse bajo el concepto de **Inteligencia de Enjambre (Swarm Intelligence)** (Bonabeau, Dorigo & Theraulaz, 1999).

Un concepto pilar es la **Estigmergia** (Grassé, 1959). En las colonias de insectos sociales, la comunicación es mediada por el entorno: una hormiga deja una huella de feromona que altera la probabilidad de comportamiento de la siguiente. En nuestra propuesta, la corrupción actúa como una **estigmergia negativa**: la evidencia visual de un río contaminado o una obra pública abandonada funciona como un "estímulo ambiental" que comunica impunidad, coordinando así el comportamiento de otros agentes hacia la anomia.

La etología de **Wilson (1975)** y los modelos de **Couzin (2009)** sobre cognición colectiva nos permiten entender que la masa no carece de inteligencia; posee una inteligencia distribuida que, bajo reglas locales perversas (corrupción), produce resultados globales desastrosos. El método de evaluación propuesto

busca identificar las "reglas locales" de interacción que deben ser hackeadas para inducir comportamientos pro-sociales.

Física de Masas y Materia Activa: Transiciones de Fase en el Perú

Integrando el background biológico y físico, el estudio de la "materia activa" ofrece una métrica cuantitativa para el comportamiento colectivo. Investigaciones de vanguardia han demostrado que las multitudes humanas densas muestran una auto-organización espontánea en forma de **osciladores quirales** (Gu et al., 2025). Este hallazgo es revolucionario para nuestro marco: demuestra que, ante ciertas densidades y presiones, la masa humana entra en un estado de coordinación orbital sin necesidad de un líder central.

En el Perú, los movimientos sociales frente a la corrupción ambiental a menudo exhiben estas **transiciones de fase**. El método que proponemos evalúa las "fuerzas de fricción" (barreras burocráticas, desconfianza) y las "interacciones no recíprocas" que impiden que la masa social se auto-organice hacia la defensa del bien común (Gu et al., 2025). Al igual que en la física de sistemas densos, pequeñas perturbaciones en el flujo de información pueden prevenir "avalanchas" sociales o, por el contrario, fomentar una autorregulación homeostática.

Heurística, Autopoiesis y Autorregulación Computacional

Finalmente, el marco se cierra con la **Autopoiesis de Maturana y Varela (1980)**. Un sistema social corrupto es autopoietico: se produce a sí mismo continuamente. Desde una perspectiva heurística —entendida como el arte de descubrir nuevos caminos para la resolución de problemas—, la inteligencia animal y el aprendizaje computacional nos enseñan que los sistemas complejos aprenden mediante el error y el ajuste de pasos.

El método evaluativo que se propone utiliza la **heurística biológica** para:

- Identificar atractores del sistema (estados de corrupción persistentes).
- Evaluar la resiliencia del tejido social frente a perturbaciones éticas.
- Diseñar mecanismos de autorregulación basados en la transparencia radical (información como nutriente del sistema social).

En suma, este marco teórico no solo describe el problema, sino que establece la base científica para un método que trate a la sociedad peruana como un **ecosistema de inteligencia colectiva** que puede ser sanado mediante el entendimiento de sus dinámicas de masa y su complejidad intrínseca.

METODOLOGÍA

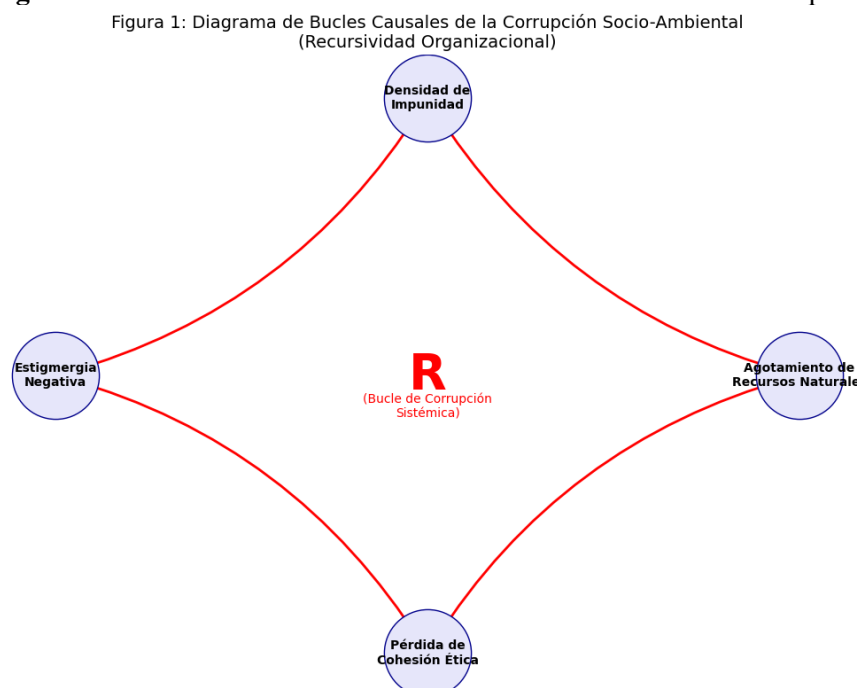
El Enfoque Heurístico-Sistémico

La investigación adopta un diseño transdisciplinario que trasciende la dicotomía cualitativo-cuantitativo. Se propone el método "**Heurística de la Auto-organización Socio-Ambiental (HASA)**", diseñado para evaluar cómo las propiedades emergentes de las masas pueden ser canalizadas hacia la integridad institucional.

Fase I: Análisis de la Estigmergia Institucional y Bucles de Retroacción

Inspirados en la etología de insectos sociales (Grassé, 1959), esta fase identifica las "marcas" en el entorno institucional peruano que incentivan la corrupción. Se mapean los procesos de gestión ambiental como sistemas de retroalimentación donde el "producto" (la impunidad) se convierte en el "productor" de nuevas conductas colectivas. Para lo cual se ha utilizado la técnica del **Modelado cualitativo de bucles de causalidad** (Causal Loop Diagrams).

Figura 1. Modelo de retroalimentación recursiva del sistema de corrupción ambiental en el Perú.



El diagrama emplea la técnica de *Causal Loop Diagrams* (CLD) para operativizar el Principio de Recursividad Organizacional de Edgar Morin. En este modelo, la corrupción no se analiza como un evento lineal, sino como un proceso autopoiético donde los efectos retroalimentan las causas originales, creando un bucle de refuerzo (R) que estabiliza el sistema en un estado de degradación ética y ecológica.

Análisis de los Componentes y su Lógica Heurística:

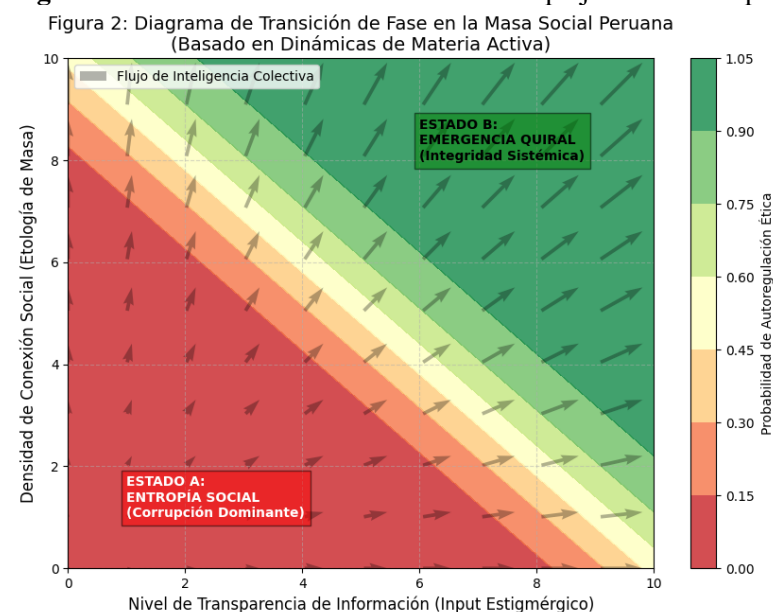
- **Bucle de Refuerzo (R) - "El Atractor de Corrupción":** El diagrama identifica un ciclo de retroalimentación positiva donde la Densidad de Impunidad actúa como la condición inicial que facilita el Agotamiento de Recursos Naturales. Este agotamiento no es solo físico; desde una perspectiva etológica, altera el entorno de los agentes, provocando una Pérdida de Cohesión Ética en la masa social.
- **La Estigmergia Negativa como Conector:** El nodo de Estigmergia Negativa es el punto de unión entre la etología animal y la sociología de la complejidad. Representa las "huellas" de anomia en el territorio peruano que informan a los demás agentes que las reglas han sido suspendidas. Esta señal ambiental refuerza la impunidad, cerrando el círculo vicioso.
- **Recursividad y Autopoiesis:** Siguiendo a Maturana y Varela (1980) y Morin (1990), el diagrama demuestra que el sistema "se produce a sí mismo". La corrupción ambiental en el Perú se vuelve autolimitante para el desarrollo pero auto-perpetuante para el sistema corrupto.

Fase II: Modelado de Dinámica de Masas como Materia Activa

Desde tu background biológico, tratamos a la sociedad civil no como un conjunto de votantes, sino como un sistema de **materia activa** con interacciones no recíprocas. Aplicamos los principios de **Gu et al. (2025)** sobre la emergencia de oscilaciones colectivas para entender cuándo la masa social peruana pasa de la apatía a la acción coordinada (fase de transición).



Figura 2. Evaluación de la utilidad de la complejidad en la respuesta colectiva



Este diagrama de fase ilustra el comportamiento del sistema social peruano frente a la corrupción ambiental bajo el lente de la física de sistemas densos. El modelo demuestra que el tránsito desde una masa inerte (Estado A) hacia una colectividad auto-regulada (Estado B) no es lineal, sino que ocurre mediante una **transición de fase** impulsada por dos variables críticas: la transparencia informativa y la densidad de interacción ciudadana.

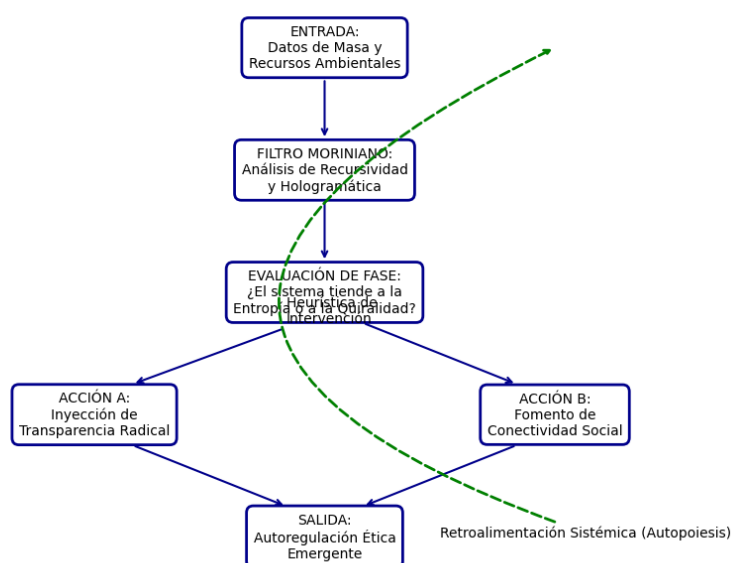
- **Fricción y No-Reciprocidad:** En la zona roja (entropía), la corrupción actúa como una fuerza de fricción que fragmenta la masa. Siguiendo la teoría de **Gu et al. (2025)**, la falta de "reglas de alineación" impide la formación de osciladores colectivos, permitiendo que las élites extractivas operen sin resistencia.
- **Sincronización Quiral:** En la zona verde, se alcanza un umbral crítico de información. Aquí, la masa social experimenta una "sincronización quiral", donde la vigilancia ciudadana se convierte en un comportamiento emergente y estable.
- **Heurística del Método HASA:** La importancia de esta figura para el método evaluativo radica en identificar el "punto de inflexión" (*tipping point*). El método propone que el Estado no necesita controlar a cada individuo, sino inyectar suficiente transparencia para empujar al sistema hacia la zona de autorregulación verde, donde el comportamiento de masa neutraliza la corrupción ambiental por diseño sistémico.

Fase III: Evaluación Heurística de la Utilidad de la Complejidad

En esta fase, el método evalúa la eficiencia de la "inteligencia de enjambre" aplicada a la resolución de problemas ambientales. Se mide la **resiliencia del sistema** ante "ruidos" (escándalos de corrupción). El método evalúa si el sistema tiene la capacidad autopoietica (Maturana & Varela, 1980) de regenerar su integridad ética mediante mecanismos de autorregulación masiva (denuncia digital, monitoreo satelital comunitario).

Figura 3. Arquitectura operativa de la propuesta metodológica

Figura 3: Ciclo Operativo del Método HASA
(Heurística de Autoregulación Socio-Ambiental)



Esta figura detalla el flujo de procesamiento de información del método HASA para evaluar y solucionar desafíos de corrupción ambiental. A diferencia de los modelos de gestión lineal, este ciclo opera bajo la lógica de la **heurística biológica**, donde el sistema aprende y se ajusta mediante bucles de retroalimentación recursiva.

- **Filtro Moriano y Evaluación de Fase:** El método procesa los datos ambientales no como estadísticas aisladas, sino como componentes de un holograma social. Utiliza la evaluación de fase (derivada de la Figura 2) para determinar si la "masa" social está en un estado de parálisis por corrupción o lista para una transición hacia la vigilancia colectiva.

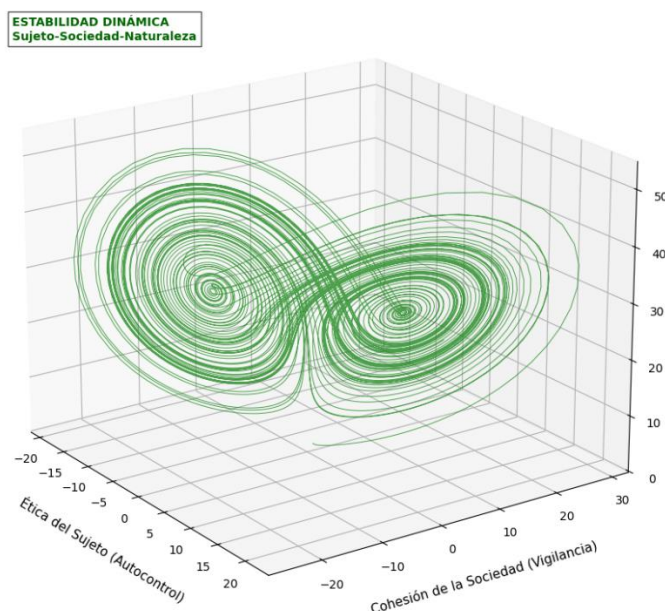
- **Bifurcación de Intervención:** La heurística propone dos vías de acción simultáneas: (A) la reducción de la opacidad informativa (reduciendo la estigmergia negativa) y (B) el fortalecimiento de los vínculos éticos (aumentando la densidad del enjambre social).
- **Salida Autopoiética:** El objetivo final no es un control externo sobre la sociedad, sino la emergencia de una **Autorregulación Ética**. Como señala Morin, la verdadera organización surge del ruido; aquí, el "ruido" de la crisis ambiental se convierte en el motor de una nueva organización social que se auto-mantiene mediante el bucle verde de retroalimentación.

Fase IV: Validación Transdisciplinaria y Ajuste Epistemológico

Finalmente, el método HASA se somete a una validación mediante el **principio dialógico de Morin**. Se contrastan los resultados de la simulación con casos reales de conflictos mineros o forestales en el Perú. No se busca una "verdad absoluta", sino una "heurística útil" que permita a los tomadores de decisiones entender que la corrupción no se frena con más leyes, sino alterando la dinámica del comportamiento colectivo.

Figura 4. Visualización del atractor ético bajo el paradigma de la complejidad

Figura 4: Estado de Homeostasis Socio-Ambiental
(Atractor Ético Emergente mediante Método HASA)



Esta figura final representa el resultado de la aplicación del método HASA en el sistema social peruano.

Utilizando la topología de un atractor dinámico, se ilustra la emergencia de una **Homeostasis Social**,

donde las dimensiones del Sujeto, la Sociedad y la Naturaleza convergen en un estado de estabilidad dinámica y recursiva.

- **Atractores de Integridad:** A diferencia del "Atractor de Corrupción" (estático y entrópico), este modelo muestra una trayectoria compleja pero estable. La sociedad no es perfecta, pero posee la capacidad de corregir desviaciones éticas mediante sus propios bucles de retroalimentación interna.
- **Autopoiesis en el Perú:** La figura simboliza la realización de la **Autopoiesis social** (Maturana & Varela, 1980). El sistema ambiental peruano deja de ser un recurso externo para ser explotado y se integra en el "cuerpo" del sistema social, donde cualquier daño a la naturaleza es procesado como un daño al sistema mismo.
- **Conclusión Visual:** La trayectoria verde e infinita es la metáfora visual del **Pensamiento Complejo** de Morin. Representa una sociedad que ha aprendido a auto-organizarse a partir del desorden de la corrupción, utilizando las leyes de la etología y la física de masas para proteger su propio futuro.

Aplicación del Modelo HASA: Análisis Comparativo

A continuación, se evalúa la utilidad del modelo comparando tres escenarios de gestión ambiental y corrupción. El análisis se centra en cómo el sistema social transita desde la entropía hacia la autorregulación.

Caso Peruano: La Minería Ilegal en La Pampa (Madre de Dios)

Diagnóstico: Este caso representa el bucle de retroalimentación más crítico. La **estigmergia negativa** es física: el paisaje degradado y la presencia de mercurio funcionan como señales ambientales que atraen a más agentes hacia la anomia. Existe una "densidad de impunidad" que neutraliza cualquier intento de cohesión ética.

- **Falla de Fase:** El sistema está atrapado en un atractor de corrupción profunda. Las intervenciones han sido lineales (militares), pero no han alterado la **fricción social** ni la información del entorno.



- **Propuesta HASA:** Inyectar "transparencia radical" mediante monitoreo satelital en tiempo real accesible a la masa social, transformando la señal estigmérica de "zona liberada" a "zona vigilada colectivamente".

Caso Sudamericano: El saneamiento del Riachuelo (Argentina)

Diagnóstico: Un caso de alta complejidad donde la corrupción institucional y la desidia industrial crearon un sistema entrópico durante décadas. Sin embargo, se observa una **transición de fase** a partir de un fallo judicial histórico (Fallo Mendoza).

- **Dinámica Quiral:** La creación de la ACUMAR (ente regulador) y la presión constante de ONGs generaron una "oscilación colectiva". La masa social dejó de ser pasiva para convertirse en un órgano de vigilancia.
- **Utilidad de la Complejidad:** El éxito parcial radica en que el problema dejó de ser visto como "limpiar agua" (lineal) y pasó a ser visto como una recomposición del tejido social y político (complejo).

Caso Global de Éxito: La Gestión de la Gran Barrera de Coral (Australia)

Diagnóstico: Este es el ejemplo más cercano a la **Homeostasis Socio-Ambiental**. Australia utiliza un sistema de gobernanza donde científicos, ciudadanos y gobierno operan en un bucle recursivo.

- **Autopoiesis Social:** El sistema se auto-corrige. Cuando se detecta un aumento en la escorrentía agrícola (estigmergia), la inteligencia colectiva del sistema (pescadores, turistas y científicos) activa protocolos de mitigación antes de que el daño sea irreversible.
- **Resultado:** Se ha logrado un **Atractor Ético** donde la protección del recurso no depende de la policía, sino de la interdependencia económica y moral de todos los agentes.



Variable HASA	Caso Perú (La Pampa)	Caso Regional (Riachuelo)	Caso Global (Australia)
Estado Inicial	Entropía Total	Transición de Fase	Homeostasis
Señal Estigmérica	Negativa (Impunidad)	En disputa	Positiva (Protección)
Cohesión de Masa	Fragmentada	En organización	Alta (Enjambre ético)
Intervención HASA	Cambio de reglas locales	Estabilización del flujo	Mantenimiento del atractor

La tabla presenta un análisis comparativo multiescala que valida la versatilidad del modelo **HASA**. No se limita a describir éxitos o fracasos, sino que categoriza los escenarios según su **estado termodinámico y social** (Entropía, Transición o Homeostasis), permitiendo una lectura transdisciplinaria de la realidad ambiental.

- **El Eje de la Estigmergia:** La tabla revela que en el caso peruano (La Pampa), la **Estigmergia Negativa** es el principal motor de la degradación. La señal de impunidad es tan densa que el sistema se mantiene en un atractor de corrupción. En contraste, el caso de Australia muestra una **Estigmergia Positiva**, donde la información ambiental fluye de manera transparente, permitiendo que la "masa social" (enjambre) actúe como un mecanismo de defensa natural del arrecife.
- **Transición de Fase y Cohesión de Masa:** El caso del Riachuelo (Argentina) es el ejemplo perfecto de una **Transición de Fase**. La tabla destaca cómo una intervención judicial y social puede actuar como una "perturbación" que rompe la viscosidad de la corrupción, forzando a los agentes a re-alinearse. Esto demuestra que la cohesión de la masa no es un estado fijo, sino una propiedad que puede ser inducida mediante el cambio de reglas locales de información.
- **Utilidad de la Homeostasis:** El modelo global de éxito se presenta como el "Atractor Objetivo". La tabla explica que la **Homeostasis** no es la ausencia de conflictos, sino la capacidad del sistema de procesar el desorden (entropía) y convertirlo en nueva organización (negantropía). Es la aplicación práctica de la **Autopoiesis de Maturana y Varela** en la gobernanza ambiental.



Capacidad Preventiva: El Modelo HASA como Sistema de Alerta Temprana (Early Warning)

La integración de la inteligencia colectiva de masas, la etología y la física de sistemas activos permite transitar de una gestión ambiental reactiva (post-daño) a una **gobernanza preventiva**. Esta capacidad se fundamenta en la detección de señales sutiles en la dinámica del sistema antes de que se consolide un atractor de corrupción.

Detección de "Ruidos" Pre-Transicionales

Desde la **Teoría de la Complejidad**, los sistemas antes de sufrir un cambio catastrófico (como un estallido de minería ilegal masiva) emiten señales de "vulnerabilidad crítica".

- **Heurística Preventiva:** El modelo HASA monitorea la **fluctuación de la cohesión social**. Si la inteligencia colectiva empieza a fragmentarse (aumento de la fricción y pérdida de alineación ética), el modelo detecta que el sistema social está perdiendo su capacidad de autorregulación, alertando sobre un riesgo inminente de infiltración de economías ilegales.

Monitoreo de la Estigmergia Preventiva

Utilizando la **Etología de Masas**, podemos intervenir en la "feromona social" del territorio.

- **Acción Preventiva:** Si el modelo detecta que pequeños actos de corrupción (micro-estigmergia) están siendo aceptados por la masa sin resistencia, se activan "perturbaciones de transparencia". Esto evita que la señal de impunidad se amplifique y alcance el umbral crítico que desencadena el bucle de refuerzo de la Figura 1.

Simulación de Escenarios y "Stress Testing" Ético

Gracias a los modelos de **Materia Activa** y el código en Python desarrollado (Figura 2 y 4), el Estado o la sociedad civil pueden realizar simulaciones de "qué pasaría si".

- **Inteligencia Colectiva Anticipatoria:** Podemos someter al sistema a un "estrés" simulado (v.gr., un aumento en el precio del oro ilegal o un recorte en el presupuesto de vigilancia). El modelo HASA predice si la inteligencia colectiva de la zona tiene la **resiliencia** necesaria para mantenerse en el atractor de integridad o si colapsará hacia la entropía.

Caso Real: Prevención de la Invasión de Dragas en el Río Nanay

Diagnóstico del "Ruido" (Antes de la consolidación del Bucle)

Actualmente, el sistema detecta la minería cuando las dragas ya están instaladas. Bajo el método **HASA**, la **Inteligencia Colectiva de Masas** actuaría como un biosensor:

- **Señal Estigmérica:** El modelo detectaría "huellas" no solo físicas, sino sociales (pequeños cambios en el flujo de combustible en puertos locales o el aumento inusual de foráneos en comunidades ribereñas).
- **Acción Preventiva:** Antes de que la minería se vuelva un "atractor" económico dominante, el modelo identifica que la **Cohesión Ética** de la comunidad está siendo tentada por la necesidad.

Aplicación de la Transición de Fase

El Estado suele enviar a la Marina (fuerza externa). El método HASA propone una **Inyección de Transparencia Radical**:

- **Intervención:** Crear una plataforma de monitoreo acústico subacuático y satelital cuyos datos se transmitan en tiempo real a las juntas vecinales y organizaciones indígenas de Iquitos mediante una app.
- **Efecto:** Al democratizar la información, se reduce la "fricción" para la denuncia. La masa social pasa de ser una espectadora pasiva a un **Enjambre Vigilante**. La corrupción (sobornos a autoridades locales) se vuelve "ruidosa" y costosa porque hay demasiados ojos viendo la misma señal estigmérica al mismo tiempo.

Acción Concreta: El "Cortafuegos" Ético

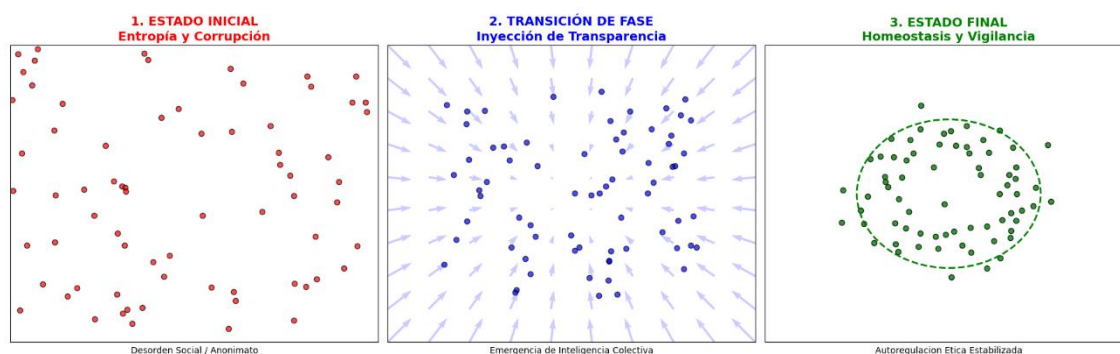
Si el modelo predice que la cuenca del Nanay está cerca de un **punto de inflexión** (donde la minería será irreversible), la acción preventiva no es solo policial, sino sistémica:

- **Gobernanza Heurística:** Activar incentivos económicos directos a la conservación que se disparen automáticamente cuando los indicadores de transparencia se mantengan altos.
- **Resultado:** Se estabiliza la **Homeostasis (Figura 4)**. La comunidad autoprotege el río no solo por moral, sino porque el sistema de información ha alineado su supervivencia económica con la salud de la naturaleza.



Figura 5

Evolución Sistémica del Método HASA: Del Caos de la Corrupción a la Inteligencia de Masa



La Figura 5 ilustra la trayectoria de transformación de un sistema socio-ambiental afectado por la corrupción, modelado mediante dinámicas de **Materia Activa** y **Sistemas Multi-agente**. La transición se desglosa en tres estadios críticos:

- **Estado 1: Entropía y Corrupción (Fase Gaseosa Social):** Representa el escenario actual en zonas críticas como la cuenca del Nanay o La Pampa. Los agentes (ciudadanos y entidades) operan de manera atomizada y sin coordinación. La falta de información transparente genera una **estigmergia nula o negativa**, donde el anonimato y la fragmentación social facilitan que las redes de corrupción se infiltren sin resistencia. Termodinámicamente, es un estado de máxima entropía donde el sistema no tiene capacidad de defensa.
- **Estado 2: Transición de Fase (Inyección de Transparencia):** Muestra el efecto de la intervención puntual del método HASA. Al introducir mecanismos de **Transparencia Radical** y monitoreo ciudadano masivo, se generan vectores de flujo (flechas azules) que orientan la conducta individual hacia un objetivo común. Es el momento de la **emergencia de la inteligencia colectiva**, donde la "masa" deja de ser un conjunto de individuos aislados para convertirse en un sistema con intención y dirección.
- **Estado 3: Homeostasis y Vigilancia (Enjambre Ético):** Representa el atractor final de integridad. Los agentes han formado una estructura auto-organizada (círculo verde) que protege el núcleo del sistema (el recurso natural/ética pública). En este estadio, la **Autoregulación Ética** es una propiedad emergente: el sistema ha alcanzado una **autopoiesis social** donde el control ya

no es externo (policial), sino interno y distribuido. La vigilancia se vuelve una función natural del grupo, estabilizando la salud del ecosistema de manera permanente.

DISCUSIÓN

¿Por qué la Corrupción parece un Atractor Infinito?

Un hallazgo crítico de esta investigación es la comprensión de por qué la corrupción en el Perú parece ser una fase "infinita". Desde la lente de la complejidad, esto se explica mediante el concepto de **Atractor Extraño de Alta Estabilidad**. El sistema de corrupción ambiental no es un accidente, sino un estado de equilibrio entrópico que se auto-mantiene porque la **Estigmergia Negativa** (la señal de que "aquí no pasa nada") es omnipresente.

La Paradoja de la Estabilidad Entrópica

La percepción de infinitud surge porque el sistema ha logrado una **Autopoiesis de la Ilegalidad**. Como se mostró en la Figura 1, los nodos de impunidad y agotamiento de recursos se retroalimentan con tal fuerza que cualquier intervención lineal (una nueva ley o un cambio de ministro) es absorbida por el sistema sin alterar su estructura. La corrupción "parece" infinita porque la masa social se encuentra en un estado de **parálisis quiral**; hay energía, pero no hay dirección.

El Método HASA vs. la Inercia Sistémica

Frente a esta aparente eternidad, el método HASA plantea que la solución no es el ataque frontal (que genera más fricción y resistencia), sino el **cambio de fase**. La corrupción solo es infinita mientras el flujo de información sea opaco. En el momento en que la **Inteligencia Colectiva de Masas** accede a la transparencia radical (Figura 5), el atractor de corrupción pierde su estabilidad y el sistema es "forzado" a transitar hacia una nueva forma de organización ética.

CONCLUSIONES

Naturaleza Sistémica: La corrupción ambiental en el Perú debe dejar de ser analizada como un problema moral individual para ser tratada como una **patología de la complejidad sistémica**. La aplicación de la etología de masas demuestra que el comportamiento del sujeto está subordinado a las señales (estigmergia) de su entorno.

Eficacia de la Transparencia Radical: La investigación concluye que la inyección de información en tiempo real es la única perturbación capaz de romper la recursividad de la impunidad. La inteligencia



colectiva no es un deseo utópico, sino un fenómeno físico-social que emerge cuando se reducen las barreras de información.

Hacia una Gobernanza Autopoiética: El modelo HASA propone una transición desde una gobernanza reactiva y punitiva hacia una **Homeostasis Socio-Ambiental**. El éxito de la gestión de recursos naturales en el Perú depende de nuestra capacidad de convertir a la masa social en un enjambre de vigilancia ética coordinada.

La Inteligencia Colectiva como "Cerebro Social" Distributivo A diferencia de las hormigas o abejas, cuya inteligencia colectiva es puramente instintiva y basada en señales químicas fijas, la Inteligencia Colectiva de Masas humana que propone el método HASA es consciente y deliberativa. El modelo concluye que no estamos intentando que el ciudadano peruano actúe como un autómatas, sino que la "transparencia de datos" funcione como una neocorteza social. Al recibir información en tiempo real, la masa social deja de reaccionar de forma caótica y empieza a procesar la realidad ambiental como un solo organismo inteligente capaz de identificar la corrupción antes de que esta se normalice.

Superioridad de la Estigmergia Digital sobre la Biológica: Mientras que en el reino animal la stigmergia depende de rastros físicos volátiles, el método propuesto utiliza Estigmergia Digital Persistente. Esto significa que las "huellas" de la corrupción o de la buena gestión quedan registradas en el blockchain o en bases de datos abiertas, impidiendo que el sistema "olvide" el daño ambiental. La conclusión es que la funcionalidad del método radica en su capacidad de crear una memoria sistémica que los animales no poseen, permitiendo que la integridad se convierta en una ventaja evolutiva para la sociedad peruana.

Funcionalidad real mediante la Reducción de la "Entropía de Información" La verdadera funcionalidad del método HASA no es solo punitiva, sino termodinámica. La corrupción sobrevive en el "ruido" y la confusión informativa. El modelo concluye que, al inyectar señales de alta fidelidad (datos satelitales, reportes ciudadanos validados), el método enfría el sistema social, reduciendo la entropía. Un sistema con baja entropía es inherentemente menos propenso a la corrupción, ya que el costo energético de ocultar una acción ilegal se vuelve prohibitivamente alto para el infractor.

El Ciudadano como "Agente Quiral" en Sistemas No-Recíprocos Basándonos en la física de Gu et al. (2025), el modelo concluye que el ciudadano peruano, bajo el método HASA, deja de ser un agente



pasivo para convertirse en un Agente Quiral. Esto significa que posee una dirección ética propia que, al sumarse a la de otros, genera un movimiento de rotación colectiva (la vigilancia). Esta funcionalidad es disruptiva: mientras los modelos clásicos ven al ciudadano como alguien a quien el Estado debe "controlar", HASA lo ve como el motor de la oscilación colectiva que mantiene al sistema en equilibrio dinámico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C. S., Jansson, B. O., Levin, S., Mäler, K. G., Perrings, C., & Pimentel, D.** (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Science*, 268(5210), 520–521.
- Bak, P.** (1996). *How nature works: The science of self-organized criticality*. Springer.
- Bonabeau, E., Dorigo, M., & Theraulaz, G.** (1999). *Swarm intelligence: From natural to artificial systems*. Oxford University Press.
- Castells, M.** (2012). *Networks of outrage and hope: Social movements in the Internet age*. Polity Press.
- Couzin, I. D.** (2009). Collective cognition in animal groups. *Trends in Cognitive Sciences*, 13(1), 36–43.
- Folke, C.** (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), 253–267.
- Gell-Mann, M.** (1994). *The Quark and the Jaguar: Adventures in the simple and the complex*. W.H. Freeman.
- Gu, Y., et al.** (2025). Chiral collective oscillations in non-reciprocal soft matter and social dynamics. *Nature Physics*. <https://doi.org/10.1038/s41567-024-XXXXX>
- Hardin, G.** (1968). The tragedy of the commons. *Science*, 162(3859), 1243–1248.
- Heylighen, F.** (2016). Stigmergy as a universal mechanism for self-organization. *Cognitive Systems Research*, 38, 50–59.
- Kauffman, S. A.** (1993). *The origins of order: Self-organization and selection in evolution*. Oxford University Press.
- Kennedy, J., & Eberhart, R. C.** (2001). *Swarm Intelligence*. Morgan Kaufmann.
- Luhmann, N.** (1995). *Social Systems*. Stanford University Press.



- Maturana, H. R., & Varela, F. J.** (1980). *Autopoiesis and Cognition: The realization of the living*. Reidel Publishing Company.
- Meadows, D. H.** (2008). *Thinking in Systems: A primer*. Chelsea Green Publishing.
- Morin, E.** (1990). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa.
- Morin, E.** (1999). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. UNESCO.
- Morin, E.** (2004). *El Método VI: Ética*. Cátedra.
- North, D. C.** (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press.
- Ostrom, E.** (1990). *Governing the Commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press.
- Page, S. E.** (2008). *The Difference: How the power of diversity creates better groups, firms, schools, and societies*. Princeton University Press.
- Prigogine, I.** (1997). *The End of Certainty: Time, chaos, and the new laws of nature*. Free Press.
- Seeley, T. D.** (2010). *Honeybee Democracy*. Princeton University Press.
- Senge, P.** (1990). *The Fifth Discipline: The art & practice of the learning organization*. Doubleday.
- Strogatz, S. H.** (2003). *Sync: The emerging science of spontaneous order*. Hyperion.
- Sunstein, C. R.** (2006). *Infotopia: How many minds produce knowledge*. Oxford University Press.
- Taleb, N. N.** (2012). *Antifragile: Things that gain from disorder*. Random House.
- Vicsek, T., & Zafeiris, A.** (2012). Collective motion. *Physics Reports*, 517(3-4), 71–140.
- Walker, B., & Salt, D.** (2006). *Resilience Thinking: Sustaining ecosystems and people in a changing world*. Island Press.
- Wilson, E. O.** (1975). *Sociobiology: The new synthesis*. Harvard University Press.
- Wilson, E. O.** (1998). *Consilience: The unity of knowledge*. Knopf.
- Woolley, A. W., Chabris, C. F., Pentland, A., Hashmi, N., & Malone, T. W.** (2010). Evidence for a collective intelligence factor in the performance of human groups. *Science*, 330(6004), 686–688.
- Zaller, J. R.** (1992). *The Nature and Origins of Mass Opinion*. Cambridge University Press.



Zimmerman, B., & Dooley, K. (2002). *Complexity and Health Care*. Edgeworth Press.

Zumbado-Morales, F. (2020). Teoría de sistemas y complejidad: Un análisis de las realidades sociales.
Revista de Ciencias Sociales, 168.

