

Marco de la acción física en sistemas socio-ecológicos, filosofía natural

Resumen

Ramiro A. Valdivia H.

El marco de contabilidad socio-económica actual se basa valoración monetaria de horas hombre (de labor-trabajo) y mercaderías, así, carece de interpretación directa en dinámicas del sistema terrestre. Este trabajo presenta un marco basado en la acción-física, parte de la mecánica clásica al cuantificar la intervención humana en sistemas socio-ecológicos. La acción **A** se define integrando en el tiempo $[(T - V) = \text{energías cinéticas desplegadas } T \text{ menos } V \text{ potenciales activados} = \text{Lagrangiano} = L]$ Aquí, se discretiza en actos medibles a_i (en Js). Además, definimos el *impacto ambiental* asociado (**iA**), q' surge en el sistema en respuesta a cada acción, y tiene asimetría sistémica de signo $\pm$ con su impacto, en condiciones irreversibles. Iguales horas hombre de trabajo social, insumos de labor idénticos, no son equivalentes en su suceso, corresponden a trayectorias con impacto energético diferente, ej. si se contrastan sistemas territoriales andinos y amazónicos, se revela el papel de la activación de las energías potenciales y su amplificación sistémica. La formulación de Hamilton proporciona la base física consistente para contabilizar el sistema terrestre, captura explícitamente el cambio ambiental acumulativo e irreversible, sin recurrir a monetizar. El 1° y 3° Apéndice ilustran, 2° y 4° justifican.

1. Introducción

La actividad económica humana se cuantifica rutinariamente usando variables económicas como las horas hombre, de labor o trabajo productivo y su valor monetario. Si bien estas medidas operativas son eficaces a contextos institucionales y de mercado, no describen el proceso ecológico-energético de las acciones humanas que interactúan con el sistema terrestre y las propiedades fundamentales de transformación material, la física real con activación de potenciales almacenados e irreversibilidad, con impacto acumulativo; esto permanece escasamente representado o están ausentes en los marcos contables comerciales corrientes.

Desde la perspectiva física, la actividad humana no es principalmente un fenómeno económico, sino la secuencia de intervenciones enérgicas en sistemas ecológicos y sociales acoplados. Cada labor o instancia de trabajo, hace uso de infraestructura o despliegue tecnológico moviliza energía, así, se alteran trayectorias del sistema, se modifica el estado de fase del espacio natural disponible en procesos. Vale decir, la métrica convencional trata el tiempo dedicado al trabajo como homogéneo, asume implícitamente que, las horas hombre de trabajo representan contribuciones comparables, independientes del contexto material-energético-espacio-temporal en el que se realizan.

Esta abstracción se torna problemática en particular en contextos de cambio en el sistema territorial. Insumos laborales idénticos pueden corresponder a gasto físico diferente, ej. mínima acción en un entorno puede activar potenciales energéticos ecosistémicos a gran escala, o, una hora de trabajo asociada a infraestructura minera a gran altitud, involucra potenciales gravitacionales, criosféricos, hidrológicos y atmosféricos que, superan con creces los activados por el mismo *insumo laboral* en un contexto citadino de bajos gradientes de energía. Ejemplarmente, un pequeño acto de ignición en sistemas forestales tropicales, puede activar -combustionar grandes reservas de energía bioquímica, lo que genera impactos retardados y distribuidos espacialmente.

La física proporciona el lenguaje natural para abordar estos desajustes. En física clásica, el concepto de acción capta no solo la magnitud de energía involucrada, también describe la trayectoria a través de la cual un sistema evoluciona a lo largo del tiempo. La acción integra tanto despliegues cinéticos como activación de potenciales, ofrece una descripción intrínseca, histórica, sensible e irreversible.

A pesar de su papel ecológico fundamental, la acción pocas veces se mide o usa de concepto para describir la suma de actos e impactos humanos en sistemas económicos naturales o eco-sociales.

Un marco de acción físico para cuantificar actividades humanas en los sistemas terrestres, cuantifica la Acción física particular, integrando en el tiempo el Lagrangiano $\int L \cdot dt = \int (T - V) \cdot dt = A$ (Js), como la suma de actos discretos $A = \sum_i (\text{energías cinéticas desplegadas } T_i \text{ menos } V_i \text{ potenciales activados}) \cdot \Delta t_i = \sum_i^k (T_i - V_i) \cdot \Delta t_i = \sum_i^k L_i \cdot \Delta t_i$ temporales y medibles (sugerimos 3600Js=hJ hora Julio). Además a cada acción se asocia un impacto ambiental iA , que representa la respuesta del sistema, Tierra observada, a la acción impuesta. Es intrínseca la aparición de la asimetría de signos entre los actos e impactos, en condiciones temporales irreversibles, reflejando en lo real que, la acción humana que beneficia, a menudo corresponde con la degradación de funciones eco-sistémicas.

Al contrastar sistemas territoriales andinos con amazónicos, se encuentra diferencias en: resiliencia, energía potencial presente, acoplamiento sistémico y configuran la relación entre acción e impacto. Lo propuesto no reemplaza medidas económicas, complementa la descripción física consistente de los efectos de la actividad humana en el sistema terrestre. Resulta básico al comparar intervenciones en distintos territorios, contabiliza cambios irreversibles acumulados, que implícitos en la economía como externalidades, se eliminan sistemáticamente.

Acción: una magnitud física primitiva

En mecánica clásica, la acción ocupa un estatus privilegiado; a diferencia de la fuerza, el trabajo o la potencia, no describe una propiedad instantánea de un sistema, sino su trayectoria histórica a través de espacios ponderados, configurados por estructuras energéticas. No es simplemente una magnitud derivada, es un descriptor primitivo de la realidad física.

Se interpreta la acción no sólo como principio de (mínima acción o estacionaria) optimización, sino, es la medida de la historia física efectuada; un *principio de acción natural menor*, cuasi estacionario es entendido acá de regla de selección entre posibles historias, mientras que, la acción acumulada en sí misma sigue siendo el interés fundamental y esencial al extender la acción de sistemas mecánicos cerrados a sistemas socio-ecológicos abiertos, donde lo óptimo no está garantizado ni bien definido

La formulación Lagrangiana incorpora las leyes de conservación mediante el teorema de Noether, la simetría en sistemas aislados e invariancia bajo: traslación temporal, traslación espacial, rotación, implican la conservación de la energía, del momento lineal y el momento angular, respectivamente.

En los sistemas socio-ecológicos, estas simetrías se rompen no por violación de leyes físicas, si por la apertura. La energía, el momento y la materia de continuo cruzan límites de los sistemas. Sin embargo, leyes de conservación siguen siendo válidas a mayor escala, manifestándose como flujos generalizados en lugar de invariantes locales.

La acción proporciona una variable contable natural para estos flujos porque independiente de su naturaleza integra el despliegue de energías cinéticas y la activación de potenciales en el tiempo, ahí dónde se rompe la conservación local. Así, la acción de Lagrange es más fundamental que energía al describir sistemas abiertos: la energía global se conserva, la acción se acumula local, irreversible.

De la acción continua a los actos discretos

Discretizar la acción en actos es una elección epistémica operativa. Actos humanos intervienen y son identificables: alimentación, construcción, extracción, transporte, restauración, curación, ...ción. Cada acto (a_k) representa un segmento acotado de trayectoria temporal en el sistema observado en el espacio de configuración. La suma de actos reconstruye la historia actuada, la acción:

$$A = \sum^k a_k$$

Esta formulación refleja el razonamiento de la integral de trayectorias: la evolución del sistema no se reduce a puntos finales, sino que se entiende como una composición de historias. La diferencia radica en que, en este caso la historia no es virtual, sino acciones socio ecológicas-energéticas.

Una postura mecánica es, considerar el impacto como una reacción igual y opuesta a la acción. Mientras el acto es impuesto por la agencia humana, el impacto surge de la dinámica del sistema. La representación

$$iA_k = -\Phi(A_k)$$

no es invertible en general; esto refleja tres propiedades profundas de los sistemas reales:

1. Irreversibilidad: la producción de entropía destruye la información.
2. No linealidad: las respuestas escalan de forma no proporcional a las entradas.
3. Memoria: los ecosistemas conservan los efectos de actos pasados.

Por tanto, mientras que la acción es aditiva por construcción, el impacto solo es condicionalmente aditivo y a menudo, depende de la trayectoria (el sistema observado).

La convención de signos $A^+ \Rightarrow iA^-$

no es moral, ni política, ni normativa, es física. Codifica la observación empírica del ordenamiento energético deliberado, impuesto por los sistemas humanos que generalmente incrementa el desorden la pérdida de restricciones o degradación funcional, en otras partes del sistema territorial acoplado.

Esta asimetría evoca un resultado básico en mecánica estadística: la disminución local de entropía se compensa con mayores aumentos de entropía fuera del subsistema. *Acción*, en este sentido, es la expresión local de la disipación global (otra forma de expresar la 2ª ley termodinámica)

La desigualdad $\Sigma A + \Sigma iA > \neq 0$

no es una falla contable, sino una propiedad estructural de la realidad. Establece: ninguna secuencia de acciones puede restaurar el sistema a su estado anterior, una vez superados puntos críticos, la propia fase espacial del sistema se ha alterado.

Esto tiene una importante implicación filosófica: *la restauración no es una reversión temporal*. Incluso cuando los impactos se mitigan parcialmente, la trayectoria original permanece inaccesible. La acción acumula impactos, deja cicatrices, obra.

La acción lleva una interpretación única entre la física y la sociedad. En simultáneo es: una cantidad matemática, un registro histórico y un portador de significado, en medida que, codifica la intención a través de trayectorias realizadas. Al enmarcar la actividad social en términos de acción en lugar de valor-labor, la métrica de actos no reduce lo social a lo físico, si integra significado social dentro de constricciones físicas, reconoce: *la libertad humana opera dentro no fuera de leyes de la naturaleza*

Origen solar de la acción terrestre

Toda acción socio-ecológica en la Tierra a gran escala se alimenta de energía solar. El sistema terrestre es un motor activo en desequilibrio, impulsado por la radiación solar que entra al sistema Tierra como energía de baja entropía y alta exergía (potencial de trabajo útil) centrada en el espectro visible verde. Su transformación se produce principalmente a través de dos vías:

1. *Absorción selectiva en cinéticas químicas => Fotosíntesis*
2. *Absorción general y entrapamiento del infrarrojo (IR) re-emitido*

Estas vías definen al sustrato físico sobre el que se despliegan acciones solares e impactos terrestres.

La fotosíntesis representa un proceso fundamentalmente cuántico: fotones discretos excitan estados electrónicos en la clorofila, separan iones, reaccionan y almacenan energía bioquímica. En términos de acción-impacto, la fotosíntesis realiza una operación notable

$$A^+_{\text{solar}} \Rightarrow A^-_{\text{bio}} (\Delta V^+_{\text{bio}})$$

Es decir, la acción solar se convierte en energía potencial almacenada en la biomasa y ecosistemas.

El potencial almacenado expande drásticamente espacios de fase accesibles en la biosfera, permite las redes tróficas complejas, la regulación atmosférica, los ciclos hidrológicos. Este potencial se acumula en escalas temporales prolongadas, integrando la acción solar en la estructura terrestre.

Cuando los actos humanos alteran los sistemas fotosintéticos (ej., por deforestación; acidificación de océanos), la acción energética inmediata (a_k) suele ser pequeña en comparación con la acción almacenada liberada y previsible. Esto explica por qué

- acciones modestas pueden generar impactos desproporcionados, y
- sistemas amazónicos alterados presentan una fuerte amplificación del impacto. ej. sequías

La segunda vía absorción y entrapamiento infrarrojo-IR, rige la disipación en el sistema terrestre. Los gases de efecto invernadero acumulados, retrasan la re-emisión de la energía solar absorbida al espacio, aumentando el tiempo de residencia de la energía en el sistema. En lenguaje en acción, el entrapamiento infrarrojo aumenta: la duración de trayectorias energéticas, la acción acumulativa asociada con el movimiento térmico y la entropía producida por unidad de energía solar entrante.

Este mecanismo no almacena potencial en el sentido constructivo de la fotosíntesis; si modifica el fondo estocástico en que se produce toda acción, remodela el espacio de fases propio del clima.

Las acciones humanas que incrementan la captura de IR, (combustión, deforestación) alteran eficazmente el espacio de energías del sistema terrestre (= Hamiltoniano = $T+V$), modifican no solo trayectorias, también la geometría del espacio de fases (bosques deforestados, AGEI acumulado atmosférico de gases invernadero, océanos ácidos, fuentes fósiles vaciadas de combustible).

El puente entre procesos químico cuánticos y dinámica climática no es metafórico, es estructural:

- La discreción cuántica (fotones, transición electrónica) permite la captura de la acción solar.
- Las organizaciones biofísicas almacenan esta acción como potencial bioquímico.
- La dinámica Hamiltoniana, estocástica, redistribuye y disipa con retardo como IR.
- La producción de entropía marca la irreversibilidad del proceso.

La acción humana interviene en cada etapa, a menudo acelera la liberación de acción almacenada, al deforestar o consumir combustibles, a la vez que atrapa la creciente disipación del IR, debido a la suma atmosférica de gases efecto invernadero, acumulados que provocan el calentamiento global.

En esta perspectiva ontológica de alto nivel, la acción es el elemento común que vincula:

La absorción cuántica, organización ecológica, intervención humana, disipación climática, Calentamiento global

El sistema terrestre no está optimizado para una acción mínima, sino que está limitado a procesar la acción solar de forma natural irreversible. Las sociedades humanas no son nada ajenas al proceso; lo redirigen y amplifican.

Así, el marco Acción-Impacto sitúa la actividad social dentro de la estructura física más profunda del planeta: un sistema estocástico, impulsado por la energía solar, con raíces cuánticas y que evoluciona lejos del equilibrio, al priorizar economías financieras rentas que ignoran la realidad física, bajo el concepto convencional de externalidades - internas al único planeta que nos alberga.

Tiempo, intencionalidad y generación de acción negativa

La irreversibilidad de los sistemas físicos suele malinterpretarse como fatalismo. En este esquema, la irreversibilidad no niega la agencia, más bien, define las condiciones en que los agentes operan. El tiempo no es un parámetro reversible, sino el medio a través del cual las acciones se acumulan y emergen significados.

Si bien trayectorias pasadas no se pueden deshacer, trayectorias futuras permanecen abiertas a las fases de espacios accesibles. La agencia humana se manifiesta en la selección intencional de actos futuros, y pueden incluir actos caracterizados por acción física resultante negativa A^- .

Acción menos, negativa, no implica inacción. Denota esfuerzo enérgico para reducir restricciones, restaurar los grados de libertad o ralentizar procesos térmicos disipativos. Ej incluye la restauración ecológica, dismantelar infraestructura gris, re-introducir especies silvestres y deliberada retirada de rentas energéticas fósiles. Estos actos requieren coordinación, energía y tiempo; no es una reversión pasiva, sino nuevas trayectorias, asimetría social-temporal, retraso constructivo civil planificado.

Desde el punto de vista físico, una de las formas más poderosas de agencia no reside en revertir los impactos, sino en remodelar la estructura temporal. Las acciones extienden las escalas temporales al preservar la biomasa, estabilizar ciclos hidrológicos o mantener, mejorar la capacidad fotosintética, se retrasa eficazmente la producción de entropía y se preservan opciones futuras.

En tal sentido, A^- (léase “A menos”) acción intencional negativa funciona de ingeniería temporal: no restaura el pasado, sino que altera la pendiente de trayectorias futuras. Replantea sostenibilidad no como equilibrio, sino balances gestionados, naturaleza coherente, armonía en los sistemas vivos.

El marco, por tanto, apoya un humanismo moderado pero sólido. La libertad humana no es absoluta ni ilusoria; se ejerce dentro de límites físicos reales, cognoscibles e in-negociables. Solo entonces, la acción adquiere significado ético práctico, preciso, porque es limitada, irreversible y consecuente.

Reconocer la irreversibilidad no disminuye responsabilidad, sino la intensifica. La imposibilidad de una compensación completa hace que la intencionalidad sea más, no menos, significativa. Cada acto selecciona entre futuros que ya no son simétricos.

Formalmente, la presencia de A^- no viola el principio de no compensación:

$$\Sigma A + \Sigma iA \neq > 0$$

Más bien, cambia la *dirección y curvatura* de la acumulación futura acción-impacto. La acción – menos, negativa, reduce la tasa de crecimiento del impacto, puede reabrir parcialmente regiones locales del espacio de fases, incluso si la variedad original permanece inaccesible.

Esta distinción preserva objetividad y re-introduce la esperanza, no para restaurar lo que fue, más bien para la *preservación de lo que aún puede ser*.

La irreversibilidad limita lo que se puede recuperar, no lo que la intención puede generar; así dentro de la asimetría del tiempo, la acción sigue siendo un ámbito de elección. La acción climática-física debe enseñarse en términos de suma de actos que alteran la disipación IR; no solo (emisiones)^N.

Actos

El propuesto marco teórico Acción-Impacto no está cerrado ni es un modelo prescriptor, MC, sino un lenguaje físico, abierto para abordar la realidad eco-social compleja. El cambio de paradigma se desarrollará necesariamente en el tiempo, requiere nuevo formalismo y comprensión cuidadosa de condiciones existentes, para evitar reproducir errores pasados, bajo nuevas abstracciones.

El ámbito aquí explorado, se encuentra en la intersección de ciencia, toma de decisiones colectivas y práctica cotidiana, donde procesos físicos, organización e intención social, van inseparablemente entrelazados. En tal contexto, recetas fijas o soluciones universales, físicamente no se justifican, ni sería epistemología honesta. Significa que, si se puede construir campos de acción plausibles, al considerar las limitaciones físicas y estar informados de las dinámicas presentes en ecosistemas.

Al enmarcar la actividad humana en términos de acción en lugar de valor, la métrica propuesta no reduce la complejidad socio-ecológica al solo indicador $F\Delta Y\Delta C\Delta S$. Si, permite explorar las trayectorias probables en escenarios moldeados por flujos energéticos, potenciales almacenados liberados e irreversibles transformaciones del espacio tiempo, sin asumir un estado óptimo ni de equilibrio.

El tratamiento explícito de la irreversibilidad no implica pesimismo. Si bien, trayectorias pasadas son no reversibles, trayectorias futuras siguen dependiendo de la acción intencional del presente. La generación de acción física negativa (esfuerzos dirigidos a reducir cinéticas, preservar los márgenes temporales o restaurar grados potenciales de libertad en ecosistemas) representa una significativa agencia física. Tales acciones no niegan la producción de entropía, sino, reconfiguran su expresión temporal, preservando opciones futuras dentro de espacios temporales (pacha) de fase limitada.

En tal sentido, el marco (A^+ , iA^-) apoyaría un humanismo moderado pero sólido: uno que reconoce límites físicos sin negar la responsabilidad en la elección. La acción física adquiere importancia ética precisa porque es irreversible, situada y consecuente. La métrica no aclara qué debe hacerse, sino qué tipos de intervención son físicamente coherentes y cómo es probable que sus impactos se propaguen a través del tiempo y el territorio.

El enfoque Acción-Impacto es la herramienta de navegación que ayuda a trazar caminos originales, más que doctrinas para enfrentar un desafío donde, ciencia, sociedad y sistema Tierra deben leerse juntos para comprender el presente, condición necesaria para dar forma a cualquier futuro viable.

1° Apéndice

Diferencia entre horas hombre y horas Julio

Introducción: Acción física [A = S] Suceso

Cuando hablamos de Acción física en sentido clásico: $S = \int L \cdot dt = \int (T - V) \cdot dt$ donde:

T = energías cinéticas desplegadas / V = energías potenciales activadas / t = tiempo de actuación /
L = Lagrangiano mecánico

En tal sentido, la dimensión de la acción no es solo “energía por tiempo”, sino la historia dinámica del sistema, lo que efectivamente *ocurre* frente a lo que *podría* ocurrir.

Esta es la diferencia estructural entre hH horas Hombre laborales y hJ horas Julio de acción efectiva ya no es solo económica vs biofísica, sino, en primera aproximación:

Horas-hombre (hH)	Acción física (hJ)
Tiempo abstracto de trabajo	Tiempo dinámico de transformación
Valor asignado ex post	Realidad física observada
Independientes de L	Depende explícitamente de $L = T - V$
Lineal, contable	Histórico, no lineal, sensible, cuantificable
Convencional	Marcos cuánticos y clásicos compatibles

la hora hombre hH mide la presencia humana en el tiempo de procesos comerciales,
la hora Julio hJ mide acción física efectuada en el tiempo espacio observado

La acción selecciona trayectorias probables que, por acción natural menor, tienden a equilibrar. En tanto el valor económico selecciona trayectorias comerciales financieras aceptadas, contables. Ambas filtran pero son de naturaleza distinta.

La acción es fértil para: métricas ecológicas avanzadas, evaluación de daño ambiental y eventuales responsabilidades por acción u omisión física. Entonces, el marco operativo mínimo para pasar de la noción física al territorio, comparable, útil en política sería la *acción territorial acumulada ATA*

Definición base: $S_{\text{territorio}} = \int L \cdot dt = \sum_{i=1}^n \int_{t_0}^{t_1} (T_i(t) - V_i(t)) \cdot dt$

Donde cada (i) es un subsistema del territorio actuado por humanos (trabajo metabólico + técnico) infraestructura, ecosistemas intervenidos, procesos de restauración-degradación, transporte, extracción, maquinaria. No solo es “energía usada”, sino trayectoria de acción física realizada.

Donde en cada subsistema: se despliega energía cinética (T_i): Movimiento efectivo: transporte, rotación de maquinaria, flujos de materia, metabolismo humano activado, medible en J = Julios y se activan energías potenciales (V_i) existentes en el espacio: foresta, reservas hídricas-comprometidas, suelos erosionados, energía química contenida removida, capacidad eco-sistémica perdida. Todas sumadas en cada tiempo de actuación dt_i

Resulta jurídicamente crítico: la economía no descuenta bien las energías potenciales activadas ΔV^-
La moneda captura: solo parte de (T), casi nada de (V), nada de la irreversibilidad.

Física vs economía

La economía monetaria mide algo como:

$$PIB = f(HH, \text{capital}, \text{precios})$$

Mientras que físicamente sucede que la acción : $S_{\text{real}} \gg S_{\text{monetizada}}$
 Resultado: El mercado registra sucesos sesgados; la acción adicionalmente evalúa los impactos.

Desde un $S_{\text{Territorio}}$, se puede definir el Indicador derivado:

$$\text{Intensidad de acción ecológica: } I_T = S_T / (\text{ha.año})$$

Desde un punto de vista económico social, la suma de actuaciones es vista como

Acción creativa-destructiva neta $S^+ = \int (T - V) dt$ cuando en el tiempo $\Delta V_{\text{ecosistema}} < 0$

Acción restaurativa-generativa neta $S^- = \int (T - V) dt$ cuando en el tiempo $\Delta V_{\text{ecosistema}} > 0$

Esto permite clasificar acciones humanas, no por intención, sino por resultado físico territorial.

El quiebre conceptual aparece: El daño no es externalidad, es acción terrena acumulada, irreversible

El financiamiento climático puede orientarse a: reducir S^+ , aumentar S^- o re-configurar trayectorias de mínima acción destructiva. El ecocidio es medible, comparable, atribuible en el tiempo.

Entonces es significativa:

hH = “cuánto se pagó”, Energía = “cuánto se usó”, Acción = “qué se hizo realmente en la Tierra”

& acordamos :

- $A \rightarrow$ Acción física sobre el sistema terrestre (= S suceso territorial)
 - acto $\rightarrow$ acción física medible, unidades $Js = hJ/3.6k$
 - $iA \rightarrow$ impacto ambiental en el sistema-territorial observado, asociado a la acción o acto
 - Relación asimétrica de signo: $A^+ \Rightarrow iA^-$ y $A^- \Rightarrow iA^+$
- No es arbitrario: expresa conservación + irreversibilidad.

Definimos operativamente

$$\text{Acción física } A = \int L \cdot dt = \int (T - V) \cdot dt$$

$$\text{Acto (a): la realidad discreta de la acción: } a_k = t_k \int^{t_{k+1}} (T - V) \cdot dt$$

La acción resultante o total es: $A = \sum^k a_k$

Se define Impacto ambiental (iA): la respuesta ecosistémica a la acción como suma de actos.

$$iA_k = -\phi(a_k).$$

Donde ϕ = función de acople actor $\pm$ ecosistema y el signo – fija la asimetría señalada.

En términos simples: toda acción vista como positiva para el sistema humano, desplaza el estado del sistema ambiental negativamente más si no hay compensación restaurativa en el tiempo.

Notación clásica	Notación acordada
S	A
Suceso-Acción	Acción= Σ Actos (hJ)
S^+	$A^+ \Rightarrow iA^-$
S^-	$A^- \Rightarrow iA^+$

No hay contradicción: cambia la semántica y fijamos el signo ^{$\pm$ cualitativo} físico-ecológico.

Porque existe entropía, hay umbrales ecológicos e irreversibilidad.

La acción ecosistémica $\mathcal{A} = \Sigma A + \Sigma iA > \neq 0$ Es la Regla de oro ecológica, letal para la economía clásica contable y fundacional para métricas ecológicas de regeneración y ecocidio.

CONCLUSIÓN:

El desarrollo no es la suma de actos, sino la acumulación de impactos, obras. La perspectiva de la Tierra como observador impactado, es testimonial.

Horas·Julio (hJ)

Acción física real A

Unidad: *energía × tiempo (J·h)*

Mide lo que física e histórica mente ocurre

(Lagrange-a-no : $T - V$; es energía usada). Δt

Es independiente del mercado, este depende de A

Incluye trabajo humano, maquinaria y ecosistemas

Considera energías potenciales activadas

Capta irreversibilidad y entropía

Comparable entre territorios

Energética. No monetaria

Actos se expresan en $hJ = 3.6KJs$

Genera impacto ambiental iA

$A^+ \Rightarrow iA^-$ (regla física)

Histórica y acumulativa

Compatible con daño/ecocidio

Horas·Hombre (hH)

Acción temporal económica-comercial

Patrón: tiempo de trabajo contable

Basada en economía institucional

Mide lo que se paga o registra

Dependiente de salarios y precios

Solo trabajo humano reconocido

Ignora energía potencial ecológica

Supone reversibilidad contable

No comparable sin ajustes monetarios

Monetizada (directa o indirectamente)

Se expresa en costos / salarios

Genera “externalidades”

$hH^+ \Rightarrow$ “valor agregado”

Lineal y periódica

Insuficiente para probar daño físico

2° Apéndice

Re-formulación Hamiltoniana: Energética de la acción socio-ecológica

De la trayectoria Lagrangiana al espacio de fases

Mientras que la formulación Euler Lagrange enfatiza las trayectorias en el espacio de configuración, la formulación de Hamilton proporciona la descripción complementaria del espacio de fases energía donde coexisten coordenadas generalizadas y momentos conjugados. Esta re-formulación particular es útil para sistemas socio-ecológicos, ya que explicita el papel de las cantidades, restricciones y flujos conservados a través de los límites del sistema.

A partir del Lagrangiano $\{ L(q, \dot{q}, t) = T - V \}$, los momentos conjugados se definen como:

$$p_i = \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i}$$

donde (q_i) representa coordenadas generalizadas asociadas a grados de libertad espacio-temporal, en la infraestructura ecológica

El Hamiltoniano se define entonces mediante la transformada de Legendre:

$$H(q, p, t) = \sum_i p_i \dot{q}_i - L$$

[en sistemas mecánicos conservativos, (H) coincide con la energía total $[T + V]$. Sin embargo, en sistemas socio-ecológicos abiertos, el Hamiltoniano representa una función de energía generalizada, continuamente modificada por entradas externas, disipación e intercambios en los límites.

En la mecánica Hamiltoniana, despejando se puede expresar la acción como:

$$A = \int_{t_0}^{t_1} \left(\sum_i p_i \dot{q}_i - H \right) dt$$

Esta expresión resalta un punto

filosófico: la acción mide el equilibrio entre el flujo en el espacio de fases $(p\dot{q})$ y la restricción energética (H). La actividad humana entra en el sistema principalmente modificando el espacio de fases accesible o el propio Hamiltoniano, a través de infraestructura, extracción, contaminación, cambios de uso del suelo, restauración, etc.

Cada acto corresponde a un segmento finito de la evolución del espacio de fases:

$$a_k = \int_{t_k}^{t_{k+1}} \left(\sum_i p_i \dot{q}_i - H \right) dt$$

Esta representación explicita que, los actos no son meros gastos de energía, sino re-configuraciones de estados accesibles.

Sistemas abiertos y no conservación del Hamiltoniano

En los sistemas socio-ecológicos, el Hamiltoniano generalmente no se conserva: $\frac{dH}{dt} \neq 0$

Esta no conservación no viola las leyes físicas; más bien, refleja la apertura del sistema. La energía, el momento y la materia fluyen a través de las fronteras, impulsados por los procesos naturales y la acción humana. La formulación Hamiltoniana permite representar estos intercambios generalizados como fuerzas y restricciones dependientes del tiempo:

$$\dot{p}_i = -\frac{\partial H}{\partial q_i} + F_i^{\text{ext}}$$

donde (F_i^{ext}) captura las intervenciones impuestas externamente, incluyendo insumos tecnológicos y los impulsores socio-económicos. Por lo tanto, la acción se acumula incluso cuando la energía se conserva o redistribuye localmente, esto refuerza el papel de la acción como la *variable contable adecuada para las intervenciones espacio-temporales*.

Restricciones, irreversibilidad y contracción del espacio de fases

Una ventaja crucial de la perspectiva de Hamilton es su tratamiento de las restricciones. Muchos impactos socio-ecológicos se manifiestan como reducciones irreversibles del espacio de fases accesible: pérdida de funciones eco-sistémicas, colapso de redes tróficas, anulación hidrológica.

Los procesos se interpretan como restricciones efectivas que eliminan la accesibilidad futura a regiones de fase en el espacio. Una vez impuestas, dichas restricciones no pueden revertirse ni invirtiendo momentos, ni restaurando insumos energéticos.

Matemáticamente, corresponde a una contracción del volumen efectivo del espacio de fases, incluso mientras la acción continúa acumulándose. El impacto iA puede, por lo tanto, interpretarse como una medida de la pérdida de accesibilidad a las fases del espacio, inducida por las acciones.

La reinterpretación de la asimetría de signos dentro del marco Hamiltoniano

$$A^+ \Rightarrow iA^- \quad \text{o} \quad A^- \Rightarrow iA^+$$

adquiere un significado cualitativo preciso. La acción positiva corresponde a trayectorias que incrementan localmente la utilidad o el ordenamiento de subsistemas humanos, a la vez, imponen restricciones que reducen el espacio de fases accesible de los subsistemas ecológicos, o viceversa.

Desde esta perspectiva, impacto no es pérdida de energía per se, sino pérdida de libertad dinámica. Este replanteamiento alinea la degradación ambiental con conceptos dinámicos fundamentales, en lugar de con esquemas de valoración externos (ej. morales o financieros).

Re-consideración de la no compensación en el espacio de fases

La desigualdad $\Sigma A^+ + \Sigma iA^- \neq 0$

Afirma: ninguna secuencia finita de actos puede restaurar regiones eliminadas del espacio de fases una vez impuestas restricciones irreversibles. Los actos de restauración pueden redirigir trayectorias dentro del espacio restante, pero no recrean la variedad original. Refuerza la conclusión estructural que si bien la compensación está limitada, no está constreñida institucionalmente.

La acción como libertad realizada bajo restricción

En formulación de Hamilton, la acción es el rastro matemático de libertad bajo constricción espacial y la acción humana selecciona trayectorias, pero la estructura energética, moldeada por leyes físicas y límites ecológicos - determina qué trayectorias permanecen accesibles.

Por tanto, la acción no es puramente libre ni está completamente determinada. Registra decisiones tomadas dentro de espacios de fases en contracción o expansión. El impacto ambiental marca señala la contracción de esos espacios.

Producción de entropía, Hamiltonianos estocásticos y puente solar cuántico-climático

De los Hamiltonianos deterministas a la dinámica estocástica

En sistemas Hamiltonianos *ideales*, el teorema de Liouville garantiza la conservación del volumen del espacio de fases. Sin embargo, los sistemas socio-ecológicos son fundamentalmente abiertos, impulsados y disipados, invalidando la dinámica Liouvilliana estricta en las escalas relevantes.

Para capturar esta realidad, el Hamiltoniano debe extenderse a una forma estocástica, dependiente del tiempo:

$$H(q, p, t; \xi(t))$$

donde $(\xi(t))$ representa el forzamiento estocástico que surge de la variabilidad ambiental, los procesos biológicos y las entradas de energía externa, entre las que destaca la radiación solar pues cambia la fase espacial fotosintética terrestre y la atmosférica con entrapamiento IR por AGEI.

Las ecuaciones de movimiento se convierten en:

$$\dot{q}_i = \frac{\partial H}{\partial p_i}, \quad \dot{p}_i = -\frac{\partial H}{\partial q_i} + \eta_i(t)$$

con $\eta_i(t)$ codificando términos disipativos y estocásticos. En este régimen, el volumen del espacio de fases ya no se conserva; en cambio, la producción de entropía se vuelve intrínseca a la dinámica.

Producción de entropía como acción acumulada y pérdida informativa

En termodinámica estocástica, la producción de entropía (σ) se asocia con la irreversibilidad y la pérdida de información a lo largo de las trayectorias realizadas. En el presente marco, el impacto ambiental (iA) puede interpretarse como...

$$iA \sim \int \sigma(t) dt$$

Esto establece un vínculo profundo entre: la acción (A) como trayectoria realizada, el impacto (iA) como pérdida irreversible y la producción de entropía como el mecanismo físico subyacente. La condición de no compensación $\Sigma A^+ + \Sigma iA^- > \neq 0$

equivale, por tanto, a afirmar que la producción total de entropía en un sistema abierto no puede deshacerse mediante trayectorias posteriores.

3º Apendice

Energías cinéticas y potenciales de Euler Lagrange en coordenadas generalizadas

Se presenta una probable *traducción universal de la mecánica analítica de Joseph-Louis Lagrange y Leonhard Euler* hacia procesos discretos ecológicos, sociales, económicos e institucionales, en

coordenadas generalizadas, la idea central sería: $\mathcal{A} = \int (\mathbf{T} - \mathbf{V}) \cdot d\mathbf{t} = \int (\mathbf{L}) \cdot d\mathbf{t}$

donde: $(\mathbf{T})$ = energía cinética general $\rightarrow$ lo que efectivamente ocurre, fluye, se mueve, transforma.

$(\mathbf{V})$ = energías potenciales $\rightarrow$ lo acumulado, almacenado, habilitante, restrictivo, confinado

en una generalización de actos discretos: $\mathcal{A} \approx \sum_i (\mathbf{T}_i - \mathbf{V}_i) \cdot \Delta t_i \approx \mathcal{S}$

que funciona incluso como *eventos históricos secuenciales, sucesos*.

En sistemas complejos humanos y ecológicos, lo “cinético” no solo significa velocidad sino *toda capacidad efectiva de transformación observable* y en tanto lo “potencial” representa *capacidades almacenadas, restricciones, estructuras, confinamientos, gradientes*.

T “Energías Cinéticas desplegadas”

Aquello que efectivamente desplaza materia u energía:

Son flujos, movimientos, trabajo realizado, disipación, actividad concreta.

A. Físicas directas

- $\mathbf{T} = \frac{1}{2} m \mathbf{v}^2$ energía cinética partícula / Movimiento mecánico / Transporte / Trabajo muscular / Flujo hidráulico / Flujo eléctrico / Transferencia térmica / Vibración / Radiación emitida / Potencia industrial activa / Procesamiento computacional en ejecución /

B. Biológicas

- Metabolismo activo / Respiración / Fotosíntesis efectiva / Migración animal / Crecimiento vegetal observable / Trabajo humano / Actividad neuronal / Comunicación biológica / Reproducción efectiva / Digestión y catabolismo /

C. Sociales

La generalización de coordenadas re-evoluciona. Se pueden considerar “cinéticas”:

- Trabajo humano efectivo / Producción económica real / Construcción de infraestructura / Transporte social / Intercambio comercial / Comunicación social / Guerra activa / Protesta social / Educación impartida / Gestión institucional en ejecución / Proceso judicial activo / Decisiones políticas ejecutadas / Transferencia tecnológica

Porque todas implican: disipación energética, transformación material, irreversibilidad histórica.

D. Informáticas

- Procesamiento de datos / Transmisión de información / Entrenamiento de IA / Escritura y publicación / Atención humana movilizadora / Actividad financiera transaccional / Flujo mediático

E. Ecológicas

- Flujos de biomasa / Ciclos biogeoquímicos activos / Evapotranspiración / Flujo trófico / Transporte sedimentario / Polinización efectiva / Captura activa de carbono / Corrientes oceánicas / Dinámica atmosférica

V “Energías Potenciales generalizadas”

Aquello almacenado-confinado, latente o estructural. Representa capacidad futura, gradientes, tensiones o restricciones.

A. Físicas, clásicas

- **V = mgh** Energía potencial gravitatoria / Energía elástica / Energía química / Energía nuclear / Diferenciales eléctricos / Presión almacenada / Gradientes térmicos / Energía magnética /

B. Biológicas

- Biomasa acumulada / Fertilidad del suelo / Diversidad genética / Nutrientes almacenados / Reserva hídrica / Tejido ecológico resiliente / Salud acumulada / Capacidad reproductiva /

C. Sociales e institucionales :

- Resulta predictivo “poder modelar como potenciales” capacidades de acción, futura, aún no desplegadas como Infraestructura instalada / Memoria cultural / Capital educativo / Derechos jurídicos codificados / Confianza social / Redes sociales estructuradas / Capital financiero acumulado / Legitimidad institucional / Capacidad tecnológica / Conocimiento científico acumulado / Reservas estratégicas / Organización social latente / Estabilidad política.

D. Potenciales negativos o restricciones

- Son “funciones pozo de potencial” muy importantes en ecología política. Condicionan trayectorias energéticas históricas, ejemplo: Deuda ecológica / Contaminación acumulada / Entropía sistémica / Desigualdad estructural / Concentración de poder / Fragmentación ecológica / Fragilidad institucional / Riesgos climáticos acumulados / Pérdidas de biodiversidad / Dependencia fósil /

Lagrangiano en sistemas humanos:

En vez de: $L = T - V$ en Julios, el Lagrangiano generalizado, se reinterpreta

Podemos pensar: $L = (\{ \text{flujos efectivos} \} - \{ \text{restricciones estructurales} \})$

incluso plantear: $L = (\{ \text{acción transformadora} \} - \{ \text{gastos ecosistémicos acumulados} \})$

La *acción histórica* se manifiesta como una *mecánica de los sistemas complejos*, donde A no mide solo movimiento, sino impactos trayectorias civilizatorias en la Tierra. Entonces: Guerras representa pulsos cinéticos disipativos enormes. Bosques son potencial fotosintético territorial, negaentrópico. Finanzas son potenciales de confianza abstractos transferibles. Infraestructura es masa con potencial social incorporada al territorio. Instituciones son potenciales organizacionales. Ecocidio: destrucción sistémica irreversible del potencial ecológico.

Taxonomía parcial

Acción Tipo Cinética - <Flujo Potencial-Contenedor

Física	movimientos	gradientes
Biología	metabolismo	biomasas
Economía	producción	capitales
Sociedad	trabajo social	organización
Política	gobernanza activa	Legitimidad
Información	procesamiento	conocimiento
Ecología	Ciclos activos	Biodiversidad Resiliencia
Clima	flujo energético	estabilidad planetaria

se puede formular:

$$\mathcal{A}_{\text{eco-social}} = \Sigma (\{\text{transformación efectiva}\} - \{\text{degradación potencial}\}) \cdot \Delta t$$

donde el signo e intensidad territorial históricas en la acción describen (+) disipación, extracción, colapso y (–) estabilidad, regeneración... surgiendo de la realidad la idea

La Tierra esta presente en toda acción humana & comercial mente es participe material energético -Stakeholder del que se consume potenciales planetarios y genera cinéticas disipativas territoriales

La naturaleza dinámica elige, prefiere, efectúa trayectorias de menor acción o estacionarias. En sistemas humanos complejos asentados sobre la Tierra vale preguntar: ¿Las civilizaciones siguen trayectorias de menor acción ecológica...o de mayor disipación energética? La respuesta conecta: crítica civilizatoria, termodinámica, economía ecológica, teoría de sistemas

Muy próximas a las ideas de Nicholas Georgescu-Roegen, Mario Giampietro y Joan Martinez Alier, Herman Daly, Howard T. Odum. Se plantea un lenguaje Euler-Lagrange más universal $\pm$ energético & la métrica territorial de la acción e impacto ambiental A^- vs A^+ es una línea epistémica muy fértil.

El problema del clima y la energía demanda ciencia traducida en acción política territorial, espacio-temporal, eco social. El camino más corto para solucionarlo, pasa por la enseñanza conceptual y práctica de la energía y sus funciones flujo y acción.

En Perú, hacer virtud nacional reconocer la energía de los saberes ancestrales del Ayni y Minka, en su carácter de Sami y Ucha, reinterpreta desde la filosofía natural, la física de la complejidad.

4° Apéndice:

Economía tripartita re-tributa por gasto ecológico-energético de la Tierra.

Solución económica cuántica al calentamiento global IR con crisis ambiental climática.

Resumen

Ramiro A Valdivia H

La justicia climática ambiental intergeneracional, asume, es la economía liberal con externalidades, la raíz del problema global. La acumulación de capital financiero y propiedad material donde: *el 1% más rico consume más energía que el 50% más pobre, y a* ello sumamos errores ej. mercados C de emisiones en Ton CO₂ equivalente a bono\$, en vez de balancear: flujos en W/m² / acciones en hJ, SI, se busca justicia convencional, caemos en la trampa moral de juzgar individuos, el problema es que, no hay tiempo para tanto proceso largo. Se avecina una cascada ecológica de catástrofes, por la insolvencia biofísica planetaria y requerimos actuar eficazmente. Entonces simplificando, si en toda transacción comercial hay comprador y vendedor beneficia-dos que, sin equidad ignoran a la Tierra, tercer actor material enérgico siempre presente, le corresponde 1/3 del valor en beneficios que socialmente, se traduce en presupuestos y finanza para la regeneración territorial certificadas.

Introducción: *Análisis conceptual físico, institucional económico-y ético-jurídico.*

Toda actividad humana *implica flujos de energía y materia*. La economía contable de mercado\$, *puede modelarse con solo dos actores: comprador y vendedor*. Sin embargo, físicamente-explicito implícito esta presente el tercer actor, la Tierra Madre Pachamama Gaia Earth, es el planeta que provee energías y materiales a espacios temporales, más disipación de residuos y excedentes en sumideros ecológicos, a economías con límites planetarios y podemos describir:

Acción socioeconómica = flujos de energía + transformaciones materiales + impacto ecosistémico

El sistema económico optimiza los beneficios privados, no asume externalidades, no las contabiliza ignorando así su ecuación los ecosistemas. Entonces, aparece la extrema acumulación de materiales, agotamiento de sumideros saturados por altos flujos disipativos, ej. AGEI, plástico en océanos, etc.

La ecología de 1 transacción comercial consta de 3 actores mínimo, el comprador o usuario final del bien o servicio, el vendedor o proveedor del BoS, & el ecosistema Tierra que hace posible transar al proveer energía y los materiales, más sus servicios eco-sistémicos. Así, la Tierra en equidad mínima debiera recibir: 1/3 del valor generado, para restaurar o regenerar los territorios. Esto solo se parece a varias ideas existentes: impuestos al carbono, pagos por servicios ecosistémicos, fondos soberanos de recursos naturales, dividendos ecológicos. Son ejemplos reales: el dividendo petrolero de Alaska, fondos climáticos globales, propuestas de Earth Dividend, etc.

La diferencia acá es: no se gravan emisiones específicas, sino toda la transacción económica por su base biofísica (W/m²=MW/km²; hJ=3.6kJ/s); & la retribución debe contabilizar se en tales unidades, aunque medien finanzas. Ello tiene 2 virtudes: evita el problema de medir cada impacto e igual las culpas individuales; ataca la raíz sistémica, busca accionar el paradigma eco-sistémico. Así, el cambio de relación socio-ecológica propuesto es una solución económica de energía-cuántica.

La jurisprudencia por daños climáticos en territorios, obliga acciones de justicia intergeneracional al vulnerarse umbrales biofísicos en la Madre Tierra. El impacto no es función lineal de un acto y es la acumulación de impactos lo que define procesos en el tiempo. Contabilizar las energías en general, permite realizar cálculos de acción según la matemática de Euler Lagrange, analizar y entonces por

Ecológica: la Pachamama sujeto jurídico indirecto recibiría retribución antropógena para regenerar los ecosistemas, con previos ecocidios territoriales, a nombre del desarrollo industrial y urbano,

cuyos metabolismos demandan la extracción de recursos y energía en otras locaciones, y que sin retribución sistémica o flujo compensatorio, degradan los potenciales ecológicos territoriales.

La solución modifica el Hamiltoniano, es cuántica y armónica pues cambia el nivel energético, y se justifica en el *principio de acción natural menor*, $\text{panm} \rightarrow$ cualquier otra solución demanda mayor tiempo y acción. Por la normativa de la simetría contractual, si hay tres actores, el mínimo reparto equivalente es de $3 \text{ a } \frac{1}{3} =$ La Tierra + el vendedor-productor + el comprador-consumidor

Dado el déficit biofísico actual y el principio precautorio, la retribución debiera ser alta por defecto. El costo financiero de regenerar ecosistemas va de 20% a 50% del valor económico generado, así $\frac{1}{3}$ es óptimo en el rango plausible. Si, demanda reformular el contrato económico global vigente pues, *hoy toda transacción real lleva implícito nulo contrato con Pachamama Madre Tierra Gaía Earth.*

Esta política potencial, simplifica lo jurídico, evita contabilidades al infinito, cambia el marco ético moral e implica una transformación radical del capitalismo.

El contexto actual presenta 3 serias objeciones: 1) Sobre-simplificación: no toda transacción tiene el mismo impacto; exige taxativa. 2) Conteo doble: hay actividades que ya regeneran ecosistemas; se estimulan y visibilizan 3) Viabilidad política global $\sim 33\%$, por conflictos con la propiedad privada.

En coordenadas generalizadas podría reformularse como, un Principio de participación biofísica. *Toda transacción económica implica el uso de capital natural y capacidad de absorción planetaria. Por tanto, un porcentaje fijo del valor ecológico-energético debiera destinarse a regenerar la Tierra.*

La economía no otorga valor a la Tierra, siendo accionista silenciosa de toda economía, si recibiera retribución se costearían: presupuestos regenerativos, restauración ecosistémica, justicia-energética intergeneracional. La coda es, reformular la acción antropógena resultante sobre el sistema terrestre.

Re-formulación económica de la acción sobre los ecosistemas

La tríada fundamental en economía planetaria la constituyen 1° Humanos que aportan producción, consumo y tecnología. 2° Mercados como mecanismo de intercambio y acumulación. 3° Sistema Tierra como fuente de energías y sumideros ecosistémicos. Visión coherente con las ciencias del sistema Tierra, como planeta complejo. La economía moderna olvidó al tercer actor y delación al cambio de métrica\$, por tanto aumentan el tiempo y aumenta $A^+ \rightarrow$ no es la solución más eficaz.

Podemos expresar el metabolismo económico como: $E_{in} \rightarrow \text{Producción} \rightarrow \text{Consumo} \rightarrow E_{out}$ donde: E_{in} = energía extraída del planeta; E_{out} = energía degradada + residuos. La 2° Ley termodinámica nos enseña que *la economía es un subsistema disipativo del planeta.*

La falla estructural de mercado es por registrar solo: **Valor = Precio**, ignorando el **Costo_biofísico** $iA = iS$. Esto es lo que la economía llama externalidad, siendo en realidad la base física del sistema, y una crítica central en la Economía Ecológica.

El principio de la Tierra como tercer actor, permite reformular: Toda transacción económica implica *tres contribuciones: trabajo humano, organización social, energía y estabilidad del sistema Tierra*

Entonces definimos: **Valor = H + S + T** donde: H= aporte humano / S= aporte social-institucional / T = aporte del sistema Tierra. *(La economía actual solo remunera H y S)*

Un dividendo planetario, una norma simple establecería: un tercio de la renta económica se debería re-invertir voluntario en regeneración planetaria $[T \geq \frac{1}{3} V]$. La importancia de esta política es que, no depende de medir cada impacto, funciona como regla sistémica.

Los estudios muestran: el 1 % más rico consume una fracción de energía global mayor que, la del 50 % de los más pobres. Las emisiones lo reflejan, pero solo como *parte de las trayectorias de más flujos de energía*. Así, la desigualdad energética resulta estructural al sistema de acumulación.

Si intentamos resolver el problema mediante culpa individual y juicios morales, perdemos el foco sistémico y los procesos son demasiado lentos. La solución debe ser ética e institucional, no moral.

El sistema podría implementar un *Fondo Planetario de Regeneración*, un mecanismo simple donde: cada transacción económica da lugar a una contribución automática. Ej, micro-tasa financiera global / tasa sobre energía primaria / tasa sobre extracción material. Así

Presupuestaría el fondo: restauración D ecosistemas, regeneración D suelos, protección D océanos, reforestación D territorios, poblaciones en transición D **energía**. Lo que hoy se discute dentro de las finanzas climáticas globales.

El fundamento legal se apoya en el desarrollo de los *Derechos de la naturaleza: Rights of Nature* y en el *debate sobre ecocidio* en la corte penal internacional - *International Criminal Court*. Validan el reconocer al sistema Tierra como *sujeto jurídico indirecto*.

Vista la *Tierra como ente accionista de la economía global*, la situación actual resulta radical, la economía funcionaría como una empresa que usa recursos de un socio, sin pagar dividendos. El Dividendo Terrestre - Earth Dividend corregiría esa falla.

Síntesis conceptual

1. Axioma biofísico La economía es un subsistema energético biofísico del sistema Tierra.
2. Axioma institucional Toda transacción económica utiliza capital natural.
3. Justicia intergeneracional la economía debe re-invertir parte del valor en regeneración planetaria
4. Regla operativa un tercio de la renta económica global al menos debe destinarse a ello

En política global el valor estratégico de simplificar es: las reglas simples sobreviven, es sistémico, es fácil de entender, evita el bloqueo político de las auditorías para medir cada impacto.

Esto acerca a una *ley económica para la conservación planetaria: si el capital biofísico permanente disminuye, la riqueza económica no puede crecer indefinidamente*. En principio puede verse como una *regla de contabilidad planetaria*.

La economía administrada como sistema físico

Toda economía es un *sistema disipativo de energía*, Earth System Science.

La estructura básica es: $E_{sol} + E_{geológica} \rightarrow \text{economía} \rightarrow \text{calor} + \text{residuos}$

donde: energía solar + energía fósil-geológica + materiales del planeta, permiten las actividades humanas; La *economía no crea energía, solo la transforma*. El sistema económico contable mide: precios, salarios, capital financiero, pero *no mide la degradación energética*. Así, se viola la lógica termodinámica.

$\Delta S > 0$ (la entropía aumenta).

Esto muestra como el crecimiento económico coexiste con la *degradación ecológica masiva*. La economía representa un metabolismo: ***Extracción → Transformación → Consumo → Desechos***

es el núcleo de la economía biofísica desarrollada dentro de la Economía Ecológica, el problema del sistema actual es que solo remunera la *fase de transformación*, pero no se retribuye por la: *extracción planetaria + capacidad de absorción de residuos*.

Cada transacción real implica tres aportes:

1. trabajo humano 2. organización social (instituciones, capital) 3. estabilidad biofísica del planeta.

Esto se puede escribir como valor: $V = H + S + T$

donde: H = trabajo humano; S = organización social; T = contribución del sistema Tierra. Hoy $T = 0$ en la contabilidad económica.

Físicamente contable T es enorme, y en principio se crea una deficit ecológico estructural. En tanto, la economía moderna acumula riqueza porque no retribuye-paga por el costo biofísico real.

Podemos escribir: $H + S = R_{\text{económica}} = V - T$

donde: $R_{\text{económica}}$ = riqueza contabilizada. Si T fuese incluido, gran parte del crecimiento desaparece, esto ejemplifica la *deuda ecológica global*.

La distribución energética global extremadamente desigual es un problema no moral ni individual, es *la estructura del sistema de acumulación*

El sistema Tierra tiene límites biofísicos, contextualizados en el marco de los Límites Planetarios e incluyen: clima, biodiversidad, ciclos de nitrógeno, agua dulce, océanos. La economía actual está superando varios, de esos límites simultáneamente, 7 de 9.

Se propone la regla de corrección estructural sistémica, si toda transacción tiene tres actores, entonces, el valor generado debe repartirse. $B_T = \frac{1}{3} \int B_{\text{generado}}$

donde: B_T = participación del sistema Tierra, es el dividendo planetario, el 1/3 no es un *impuesto*, es la participación del capital natural. La economía reconocería al planeta como coproductor de la riqueza, concepto coherente con la teoría del capital natural.

Escala del cambio

El PIB mundial aproximado es ≈ 105 trillones USD/año.

Si un tercio fuera re-generativo ≈ 35 trillón\$ anual.

Esto permitiría: restauración masiva de ecosistemas, transición energética acelerada, adaptación climática global. Hoy el mundo invierte menos de 2 trillones en clima, la brecha es gigantesca.

Institucionalmente el mecanismo podría ser un *Fondo de Regeneración Terrestre*, financiado por: tasa ecológica global, dividendos de recursos naturales, impuestos a energía fósil, tasas financieras.

Los Derechos de la Naturaleza, reconocen a los ecosistemas como sujetos de derecho. También, el debate sobre ecocidio en la Corte Penal Internacional. Abren la posibilidad de considerar *al Sistema Tierra de Interés jurídico protegido globalmente*.

Volviendo al lenguaje original Euler Lagrange, la acción socio-ecológica puede escribirse:

$S = \int (\text{Beneficio}_{\text{humano}} - \text{Daño}_{\text{planetario}}).dt$

El sistema actual maximiza el primer término. La regla tripartita introduce un *feedback correctivo*. Civilizatoria mente, si la Tierra recibe dividendos, la economía deja de ser solo extractora, se vuelve *regenerativa por diseño*. Las empresas *maximizarían beneficios dentro de los límites planetarios*.

Se torna muy poderosa una *economía* al dejar de ser un sistema humano cerrado, & pasar a ser UN *subsistema contractual dentro del sistema Tierra*. Así, existe participación planetaria por principio, en toda actividad económica, hay flujo energético material y estabilidad biofísica del sistema Tierra. Esto justifica $\frac{1}{3}$ fracción sustancial del valor económico generado deba re-invertirse en regenerar el potencial natural productor que sustenta la civilización humana.

Lo propuesto evita tres enormes pozos: la contabilidad infinita del carbono; las culpas individuales; el bloqueo político de mediciones exactas (auditorías certificadas). Es una *regla sistémica simple*.

Si tal ética radical se adopta, implica : *el crecimiento económico actual sin regeneración ecológica es contablemente fraudulento, porque usa capital natural sin registrarlo*.

Conclusión

- *Considerar en la economía tercer actor a la Tierra: aporta materiales y energía, habilita la conservación planetaria (por ahora)* $\text{Riqueza humana} \leq \text{Capacidad Tierra}$
- *$\frac{1}{3}$ de renta global voluntaria retributiva en Acciones- Flujos- para regeneración planetaria es una solución eco-social feasible cuántica eficaz, en respuesta a la crisis ambiental por calentamiento climático antropógeno.*
- La epistemología operativa de la acción física, facilita la ética práctica, sostenible, terrestre, deriva del principio de acción natural menor. Debiera incluirse en toda currícula académica, para cubrir la enseñanza de la actuación A⁻ ambiental eficaz para la madre nave Tierra
- (Esta utópica alucinación ChatGPT, revisada, la indujo el autor mediante el original [Stefam: ecológico sistema de transacción de energías, flujos, acciones y materiales](#) q' trata la deuda ecológica y método equitativo enérgico de cancelarla. *El intercambio de la regenera-acción territorial voluntaria en (W/m² y hJ); por sistemas A⁻ energía renovable local, involucra a, bosques y biodiversidad, por: FV, FT, H, aéreo e hidro genera-acción eléctrica, biomasa y biodigestores, invernaderos, pisciculturas etc. y todo tipo de sistema energético; entonces, promueve "transar interacciones térmicas IR equivalentes en el tiempo" iguala potenciales para no calentar la atmósfera, entre restauradores voluntarios de natura y compensadores (con alta deuda ecológica) a energía renovable. Eleva efectivamente la acción⁻ restaurativa de 1 a 2 o se puede hacer crecer 100% NDC con Real Politik. Acá se saneó lo económico)*