

COMPLEJIDAD, INCERTIDUMBRE Y SISTEMAS AMBIENTALES

Gilberto C. Gallopín

ggallopin@gmail.com

**Academia Argentina de Ciencias Ambientales
Buenos Aires, 2 de septiembre de 2026**

LA NUEVA SITUACIÓN:

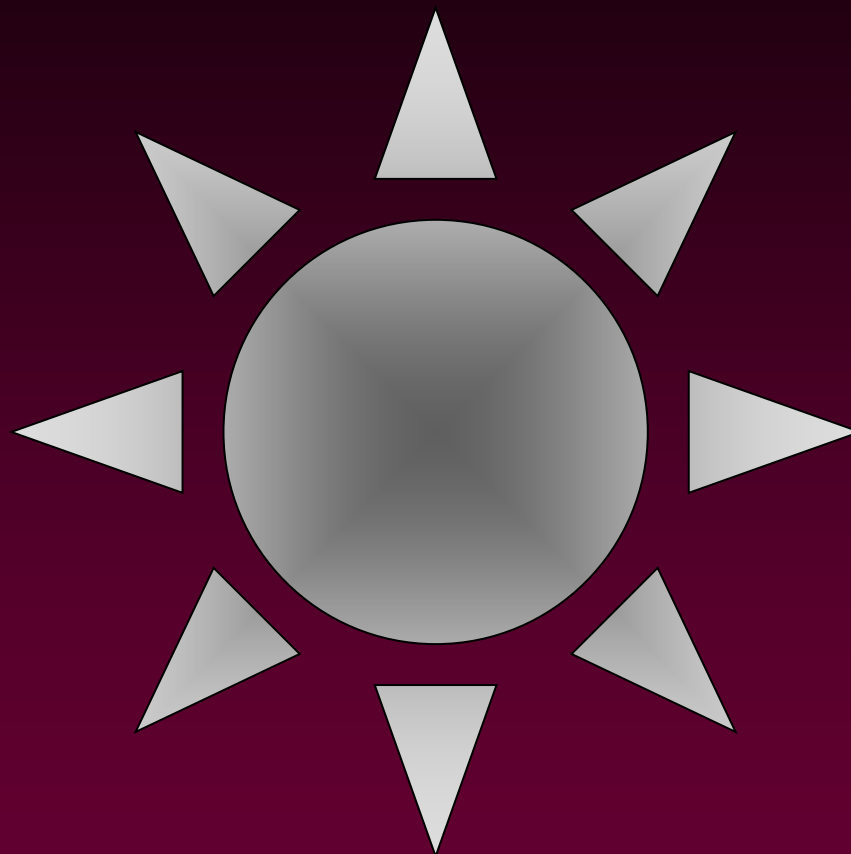
- $\Delta+$ COMPLEJIDAD
- $\Delta+$ CONNECTIVIDAD
- $\Delta+$ INTERDEPENDENCIA
- IRREVERSIBILIDADES
- ACELERACIÓN
- CAMBIO AMBIENTAL GLOBAL
- RECONFIGURACION DEL ORDEN MUNDIAL y $\Delta+$ CONFLICTIVIDAD

Vivimos en un mundo
complejo, pero seguimos
tomando decisiones
simples

(a lo sumo, complicadas)

Crisis ambiental como crisis de conocimiento y valoración

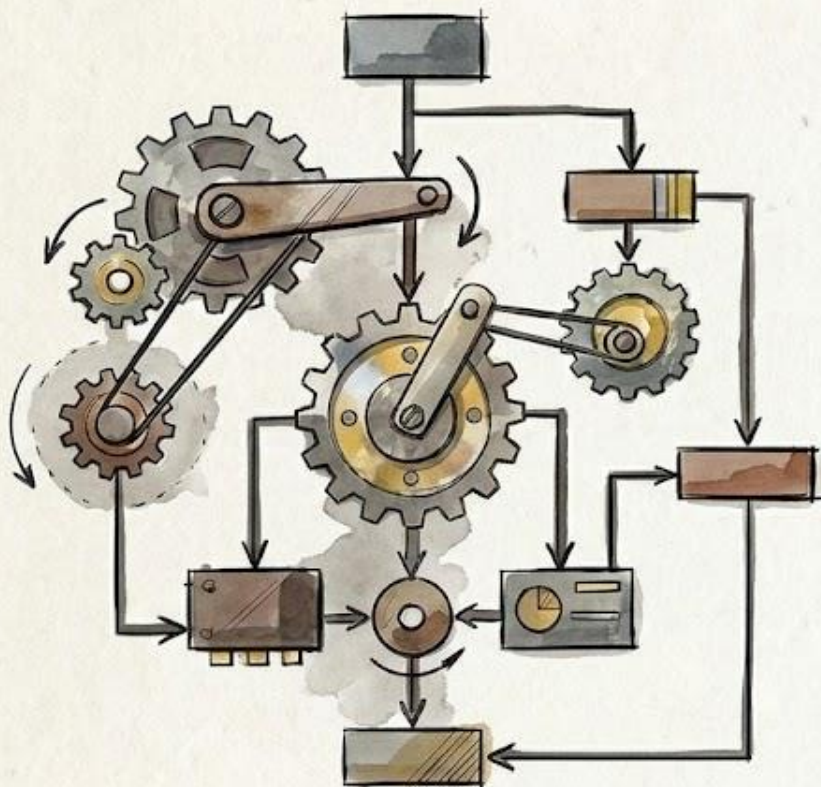
- No es solo la contaminación, el deterioro de los ecosistemas, o el cambio climático (efectos)
- Es una crisis de cómo entendemos, gestionamos y valoramos los sistemas ambientales (causas)



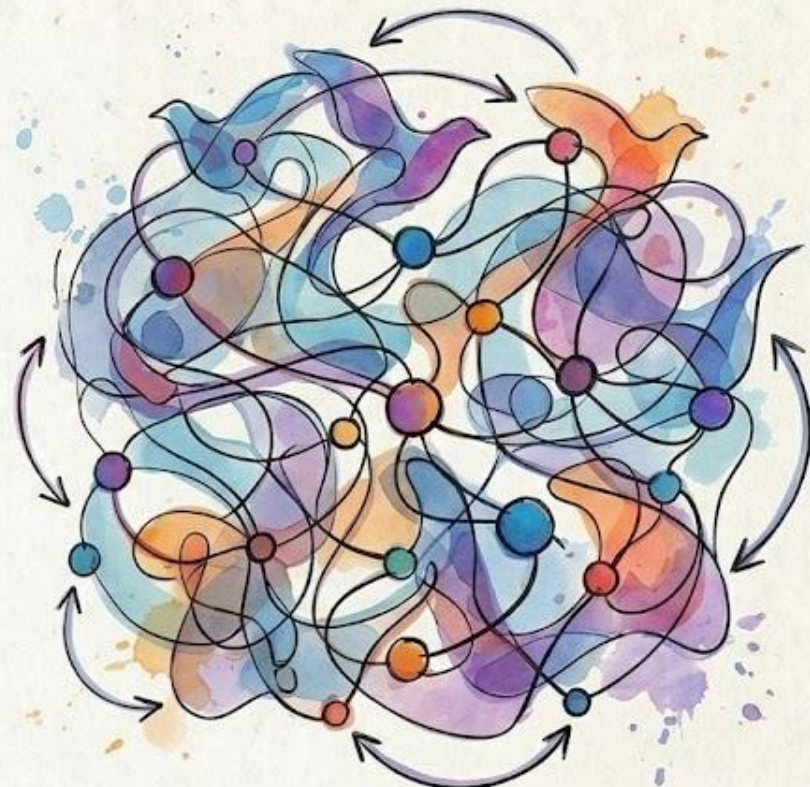
COMPLEJIDAD

Complejo $\neq$ complicado

Complicado	Complejo
Muchos componentes	Muchos componentes
Predecible si se conoce el modelo	Incierto
Descomponible en partes	No descomponible
Controlable	Influible (“danza”)
-	Propiedades Emergentes
-	Autoorganización



SISTEMA COMPLICADO



SISTEMA COMPLEJO

- Un motor es complicado pero predecible
- Un ecosistema es complejo: puede responder de maneras distintas a la misma perturbación. Tratarlo como una máquina es garantía de error

- Los sistemas complicados pueden ser comprendidos completamente y capturados completamente en modelos (en principio)
- Los sistemas complejos no son completamente aprehensibles por un modelo. Los modelos de sistemas complejos son siempre incompletos y cambian en el tiempo

- Un intento de representar o modelar un sistema complejo como sistema complicado puede ser muy útil, pero nunca suficiente y aún puede ser engañoso

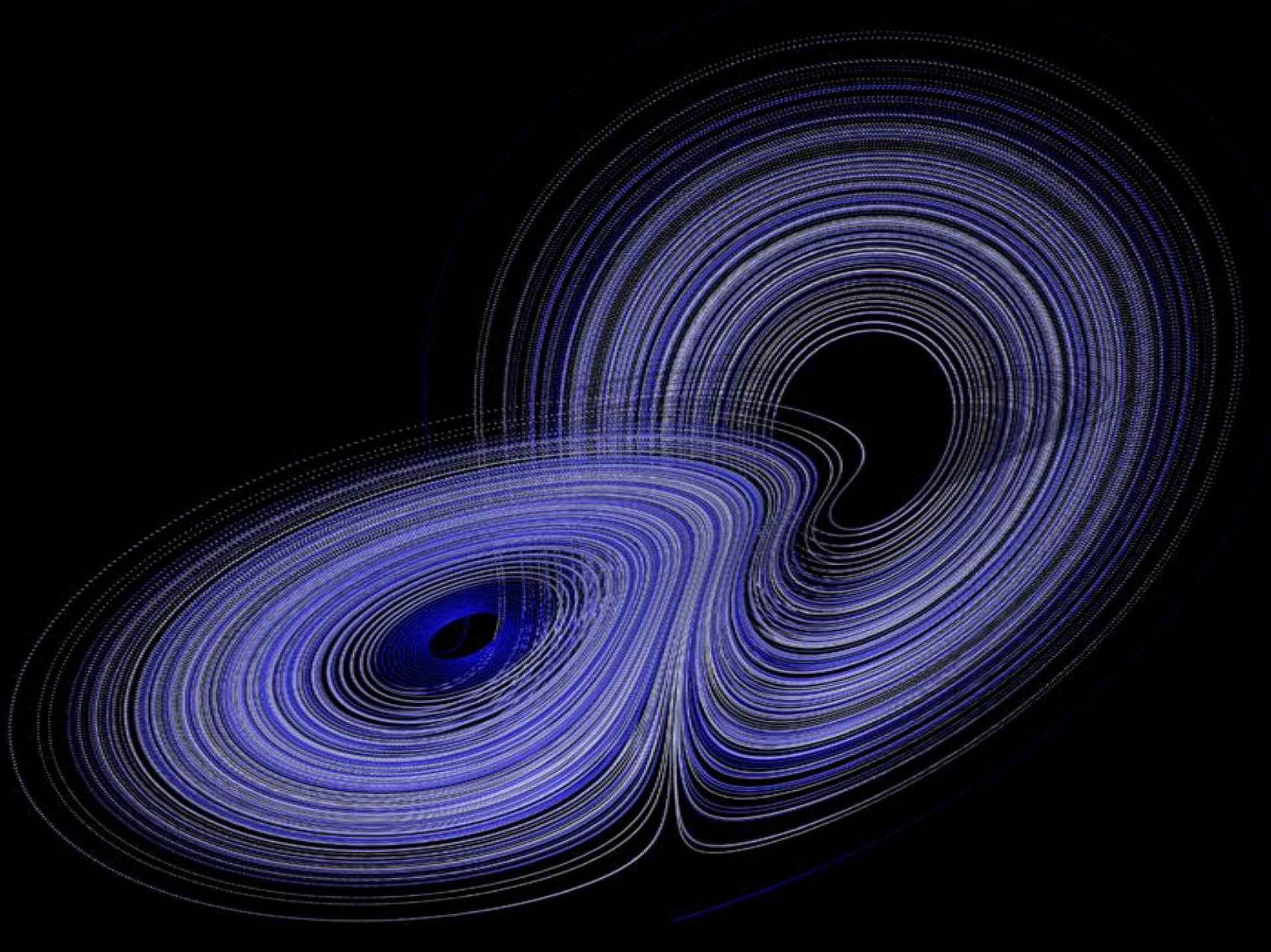
- En sistemas complejos, cualquier intervención suele generar nuevas interacciones y problemas imprevistos

**LA INVESTIGACIÓN DE LOS
SISTEMAS AMBIENTALES
CONFRONTA UNA ACUMULACIÓN
DE COMPLEJIDADES**



Realidad física

Auto-organización, emergencia,
incertidumbre irreductible



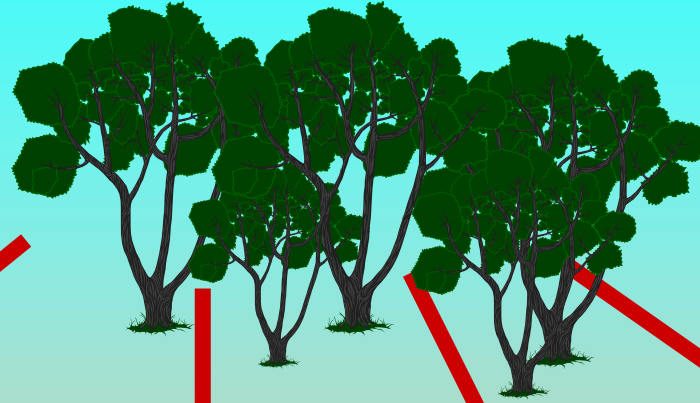
❖ Necesidad de considerar diferentes “epistemologías”

Multiplicidad de percepciones y puntos de vista legítimos

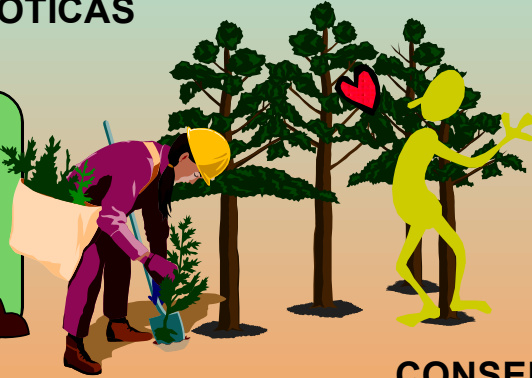


❖ Necesidad de considerar diferentes intencionalidades

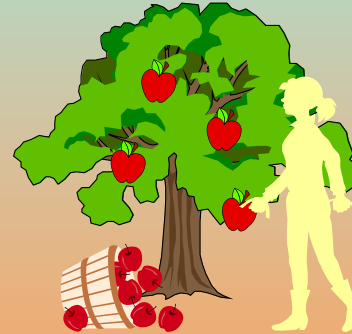
Diferentes actores sociales con sus propios objetivos



**REEMPLAZO POR
ESPECIES EXOTICAS**



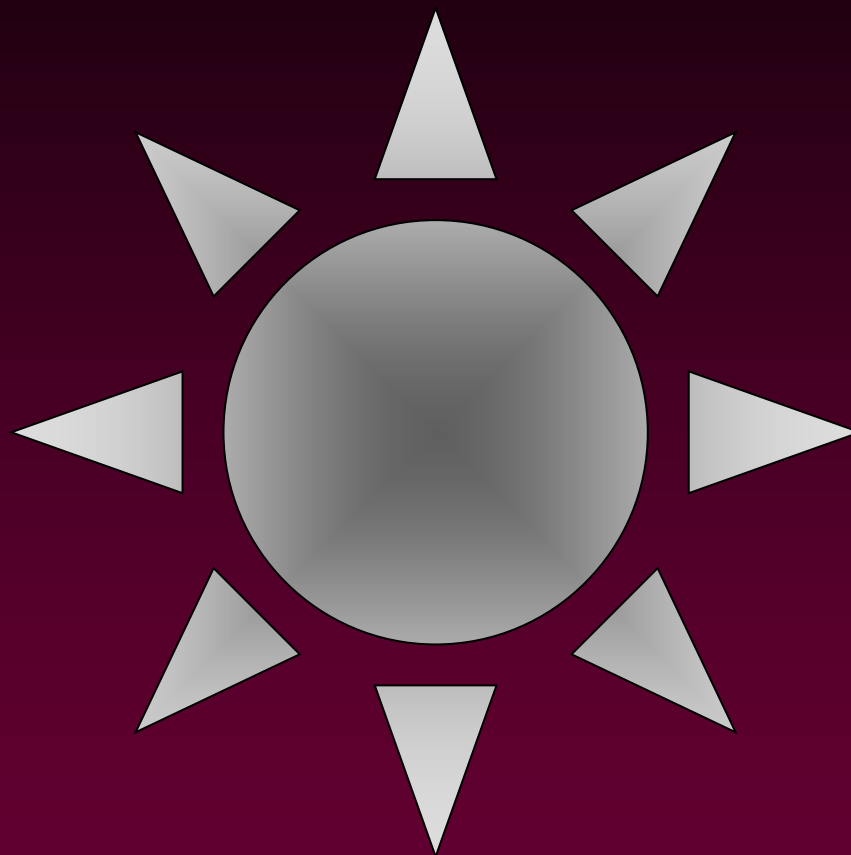
**CONSERVACION
SOLAMENTE**



**RESERVAS
EXTRACTIVISTAS**

**PROTECCION DE
PRACTICAS Y VALORES
CULTURALES**





INCERTIDUMBRE

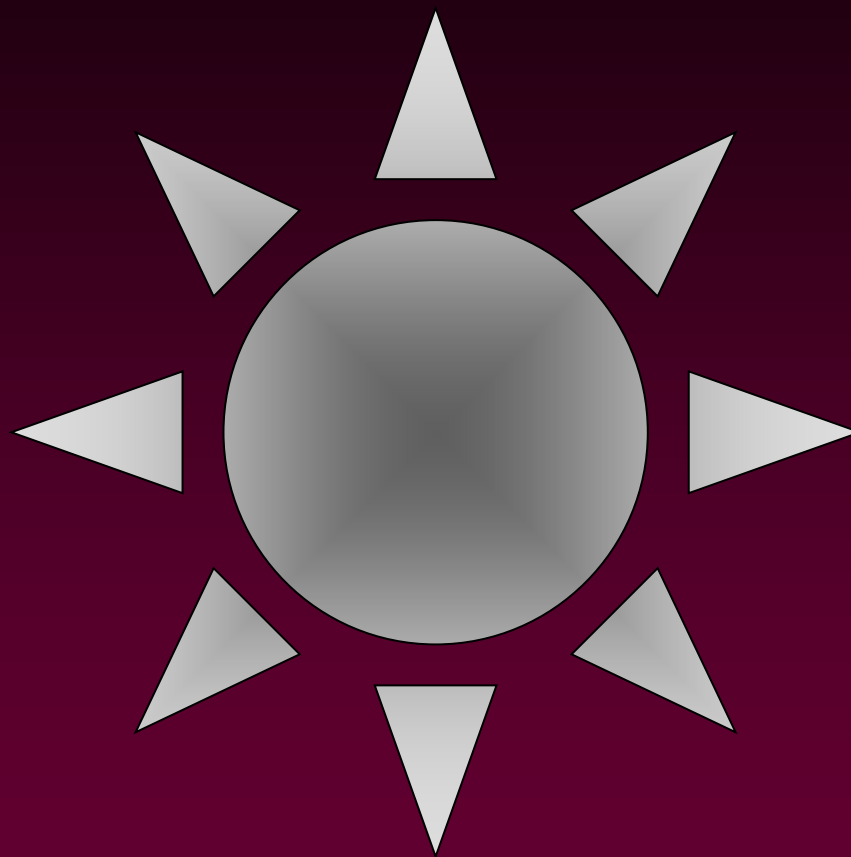
TIPOS DE INCERTIDUMBRE

- **Probabilística**
- **Ignorancia (conocimiento insuficiente)**
- **Fundamental e irreductible**

- Más datos pueden ayudar, pero no eliminan la incertidumbre en sistemas complejos
- No se trata sólo de predecir mejor, sino de decidir mejor bajo incertidumbre

- En sistemas complejos, el enfoque de “comando & control” no sólo es inefectivo; es potencialmente catastrófico

- Necesidad de nuevas estrategias adaptativas y coevolutivas que reconozcan la incertidumbre e incluso se beneficien de ella



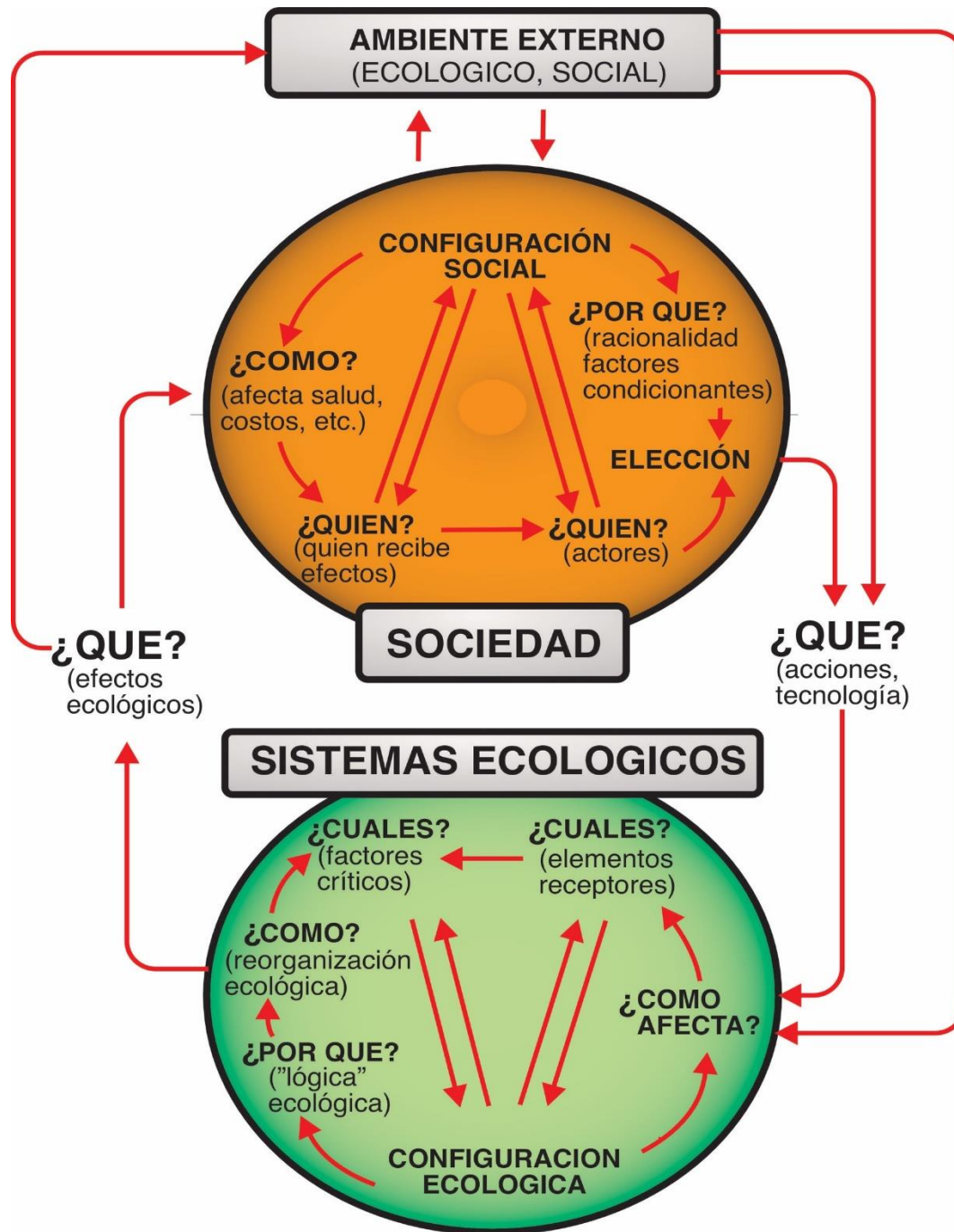
SISTEMAS AMBIENTALES

Sistema ambiental

≠

sistema ecológico

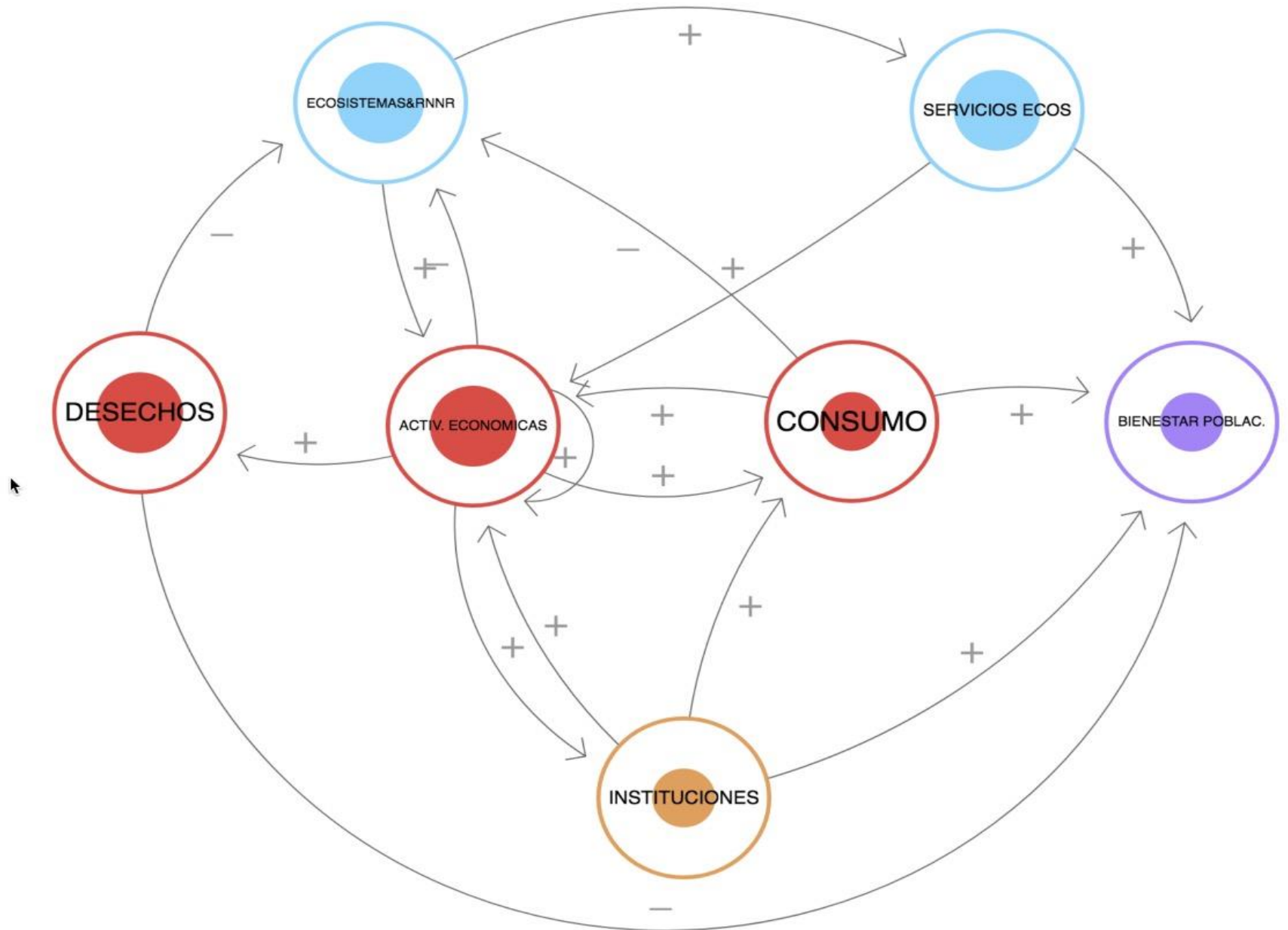
(Excepción: los sistemas ambientales naturales)



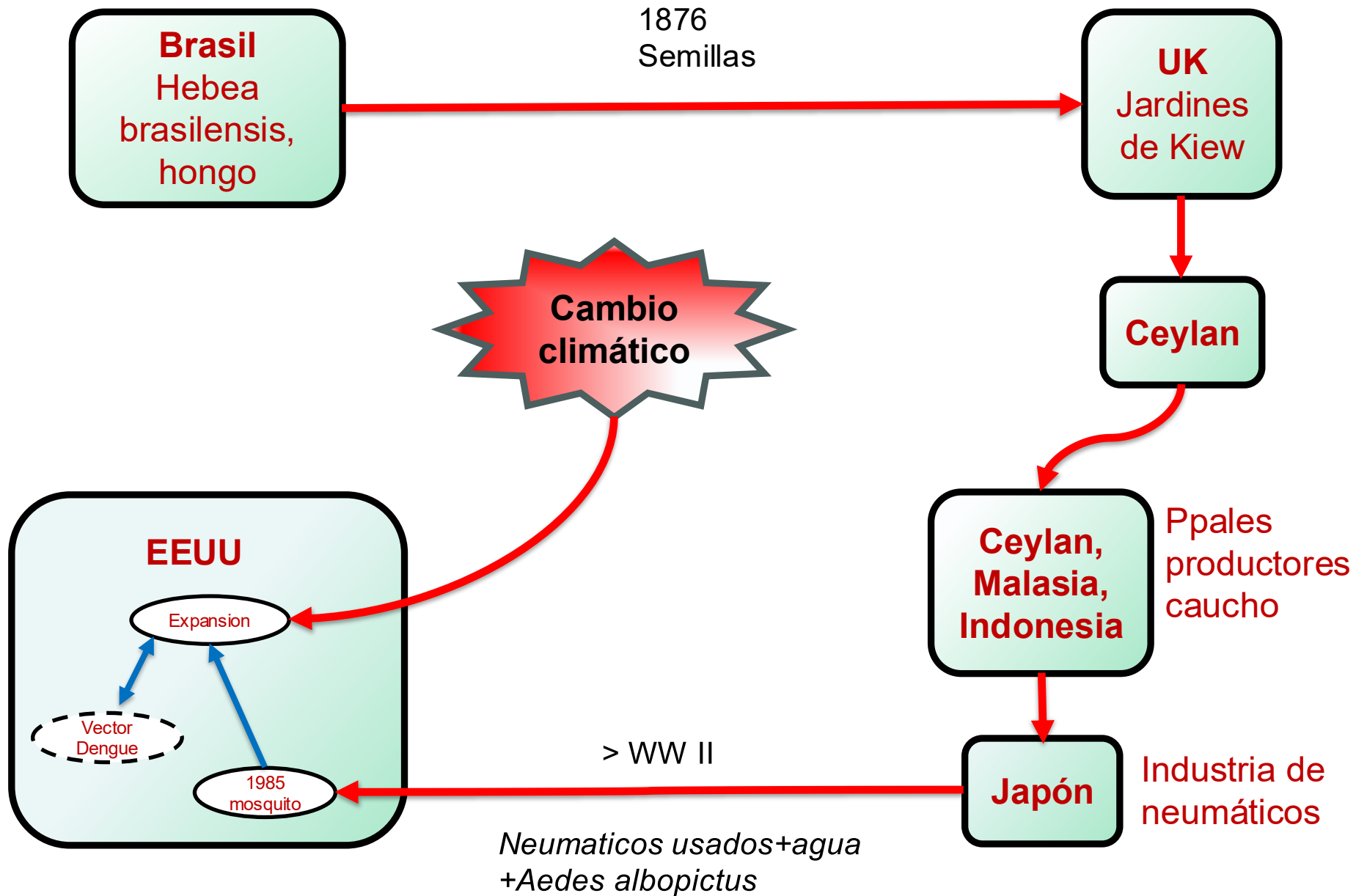
Complejidad e Incertidumbre en Sistemas Ambientales

COMPLEJO ECOSISTEMAS Y SOCIEDAD

(muy simplificado)



- **Lo anterior es una representación como sistema complicado de un sistema complejo**
- **Pero muy pocas veces se considera el sistema ambiental objeto de la gestión ni siquiera como sistema complicado**





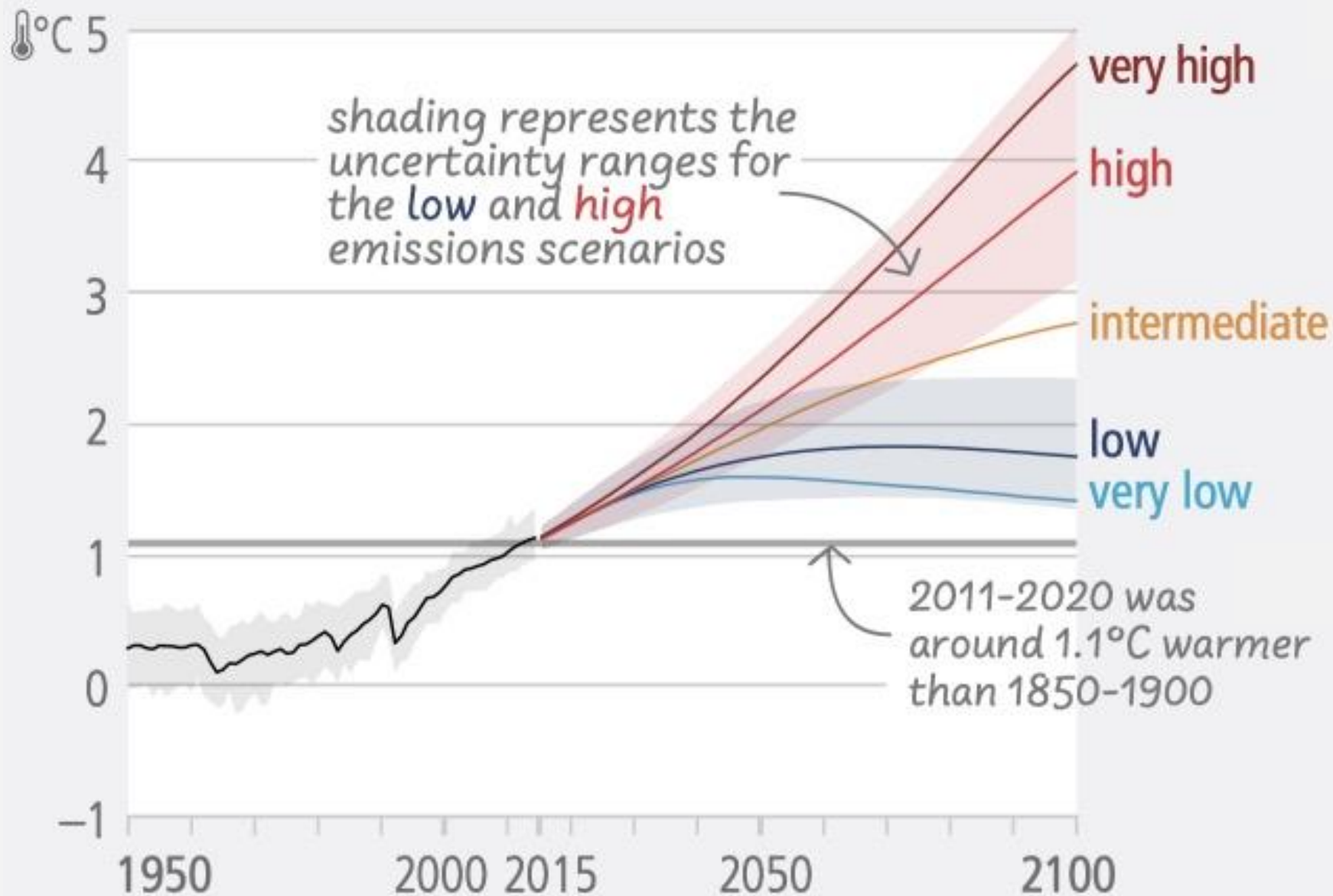
Predomina el pensamiento lineal:
hacemos A y esperamos B. Pero los
sistemas ambientales responden
con retrasos, retroalimentaciones y
efectos inesperados

Ejemplo:

IPCC

6º Informe de Evaluación

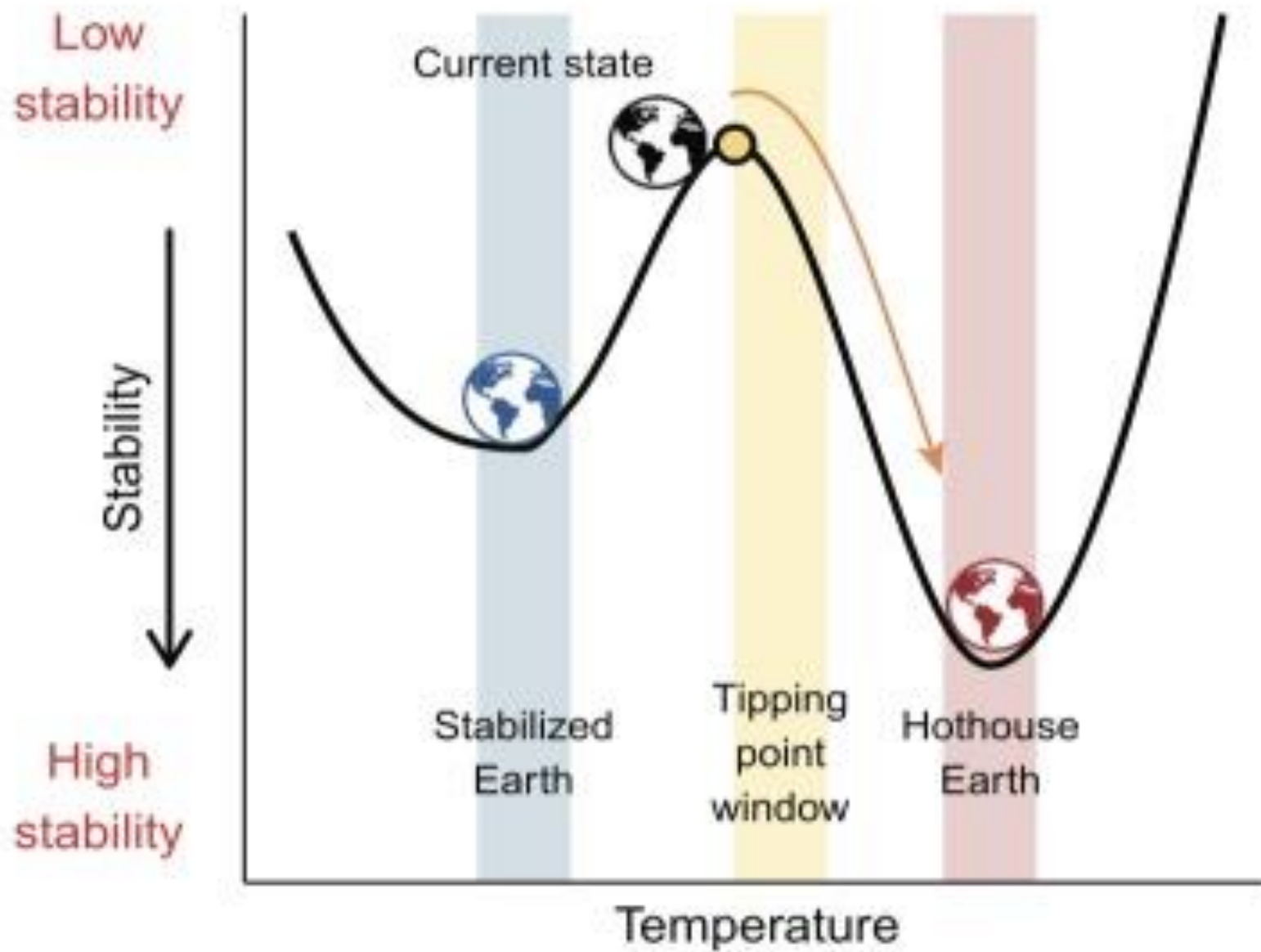
Global surface temperature change relative to 1850–1900



Pero...

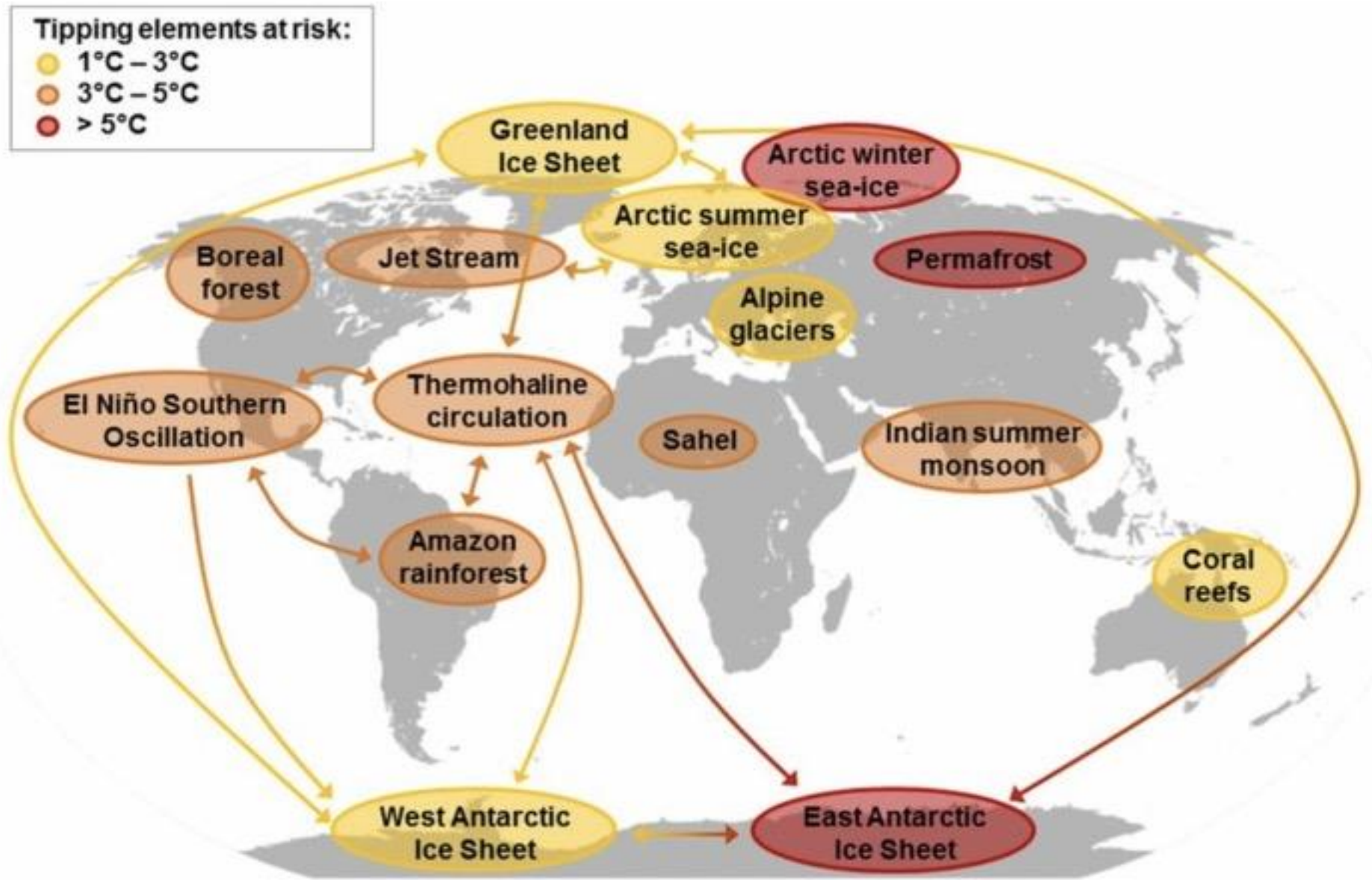
“Tipping points” Puntos de no retorno

(Umbrales a partir de los
cuales se dispara un cambio
sistémico)

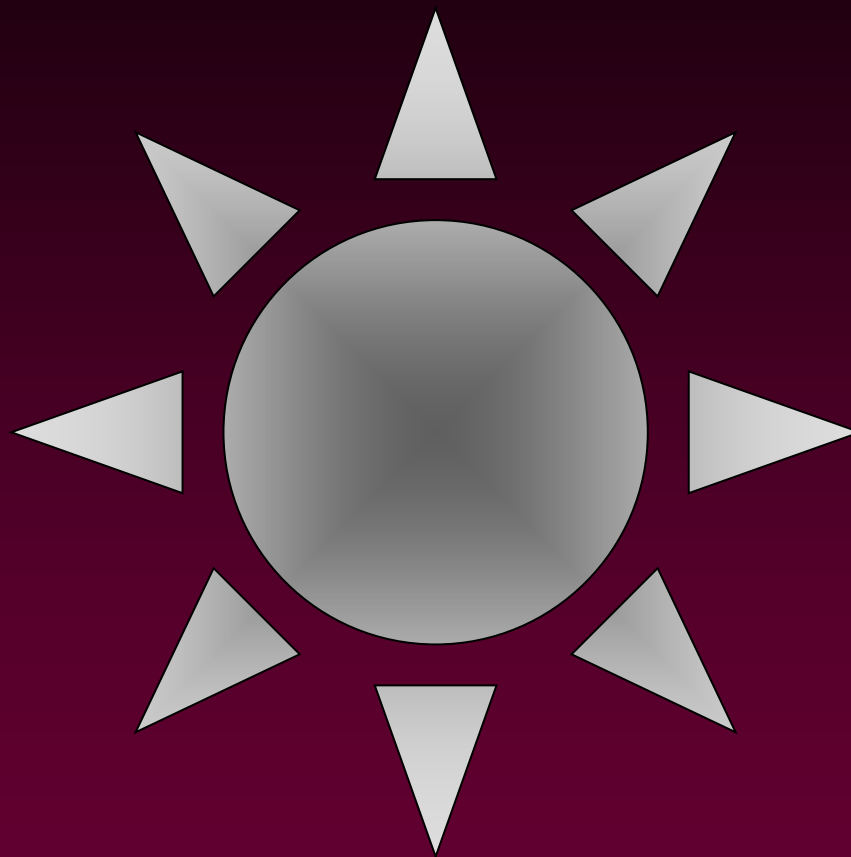


GLOBAL TIPPING POINTS REPORT 2025





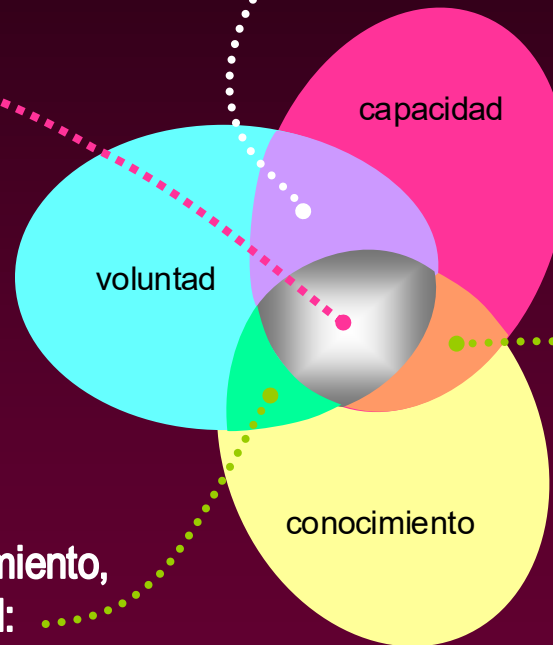
Steffen et al., *Trajectories of the Earth System in the Anthropocene*, 2018)



Implicancias para el ambiente y su gestión

Voluntad y capacidad,
pero ignorancia: **acciones equivocadas**

**Acciones
adecuadas**



Voluntad y conocimiento,
pero sin capacidad:

acciones fallidas

Conocimiento y capacidad,
pero sin voluntad:
**inacción o acciones
cosméticas**

Por qué fallan muchas políticas ambientales

- No reconocimiento de la complejidad del sistema ambiental
- Pensamiento compartimentalizado
- Soluciones universales
- Visión de corto plazo
- Intereses en juego

predecir para controlar

VS

experimental para aprender

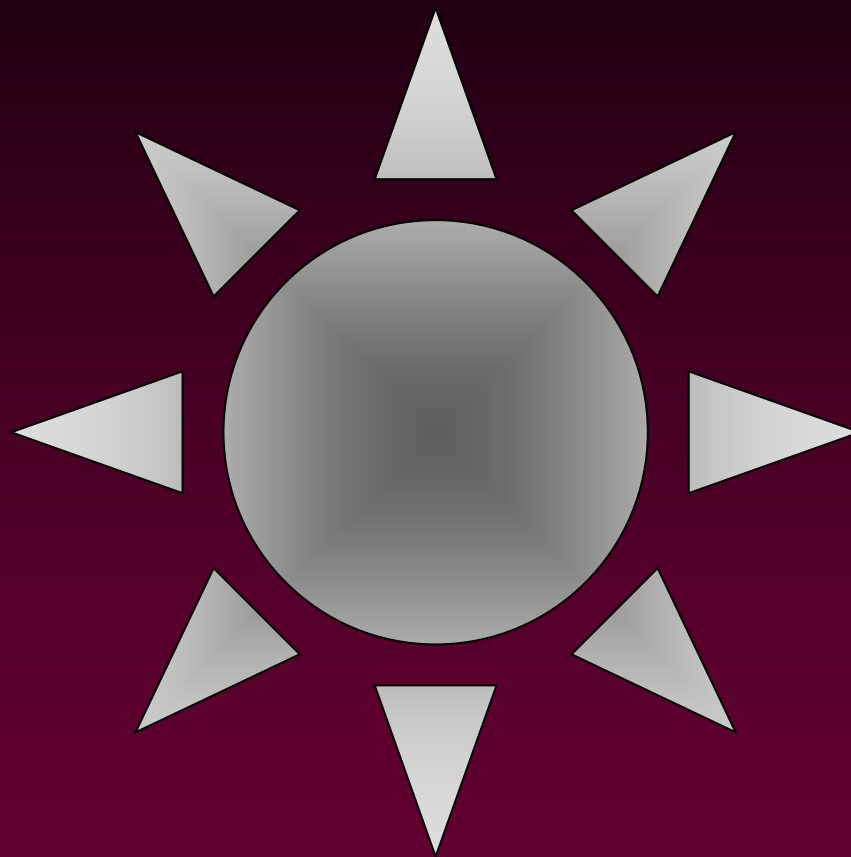
Enfoques Adaptativos

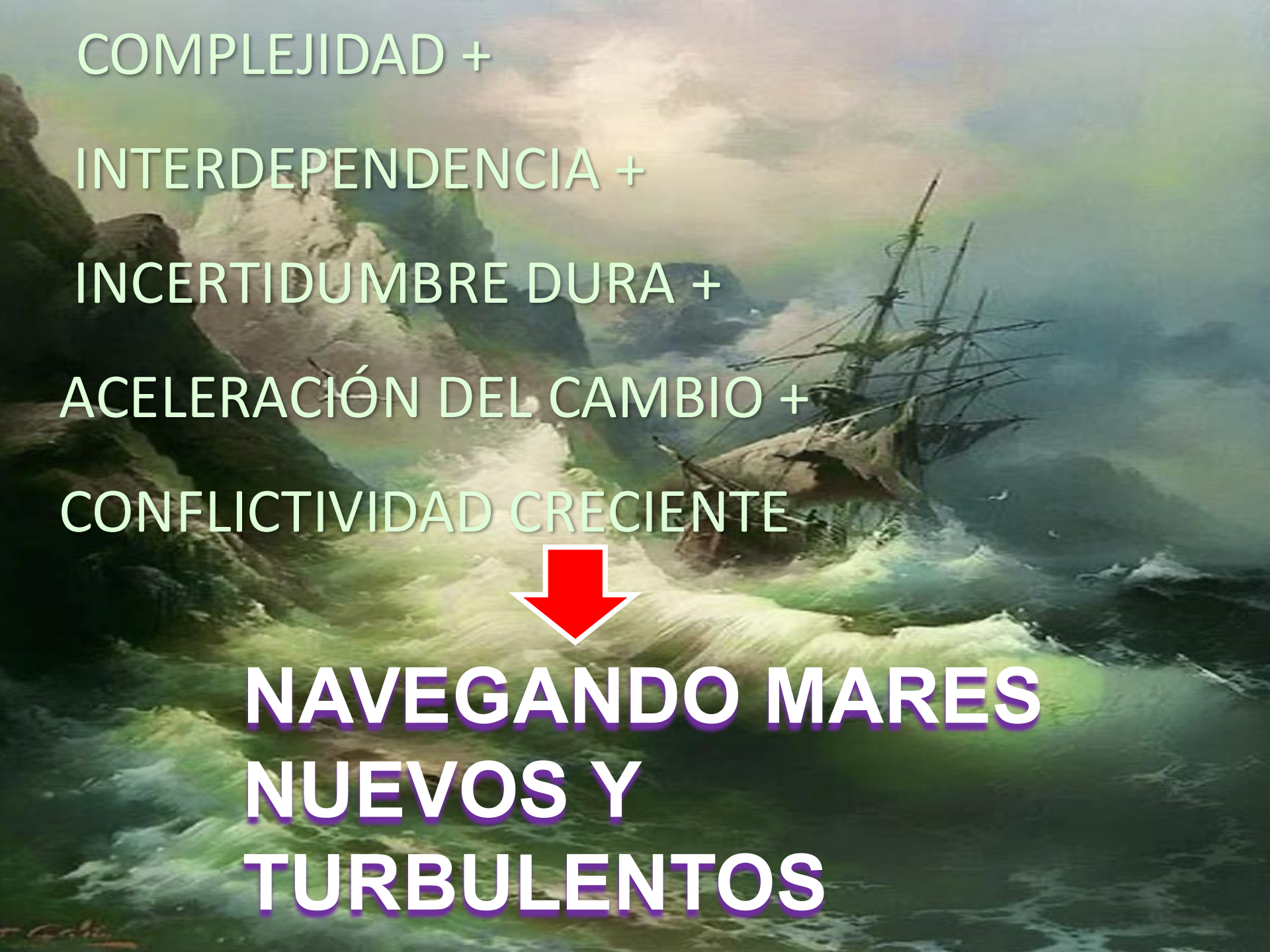
- **Gestión como experimento a escala sistémica**
- **Monitoreo y evaluación de la respuesta a la gestión + instituciones capaces de aprender de los errores**
- **Participación de las partes interesadas**
- **Evaluación y cambio de acciones para responder a la nueva información sobre cómo funcionan los sistemas + los cambios en los objetivos**

Gestión en contextos complejos. Principios...

- **Principio precautorio**
- **Gestión adaptativa**
- **Diversidad (biológica y social)**
- **Aprendizaje continuo**
- **Resiliencia vs. Eficiencia**

- En un mundo complejo, sobrevivir no depende de tener todas las respuestas, sino de aprender lo suficientemente rápido
- El desafío del futuro no es eliminar la incertidumbre, sino aprender a actuar responsablemente dentro de ella





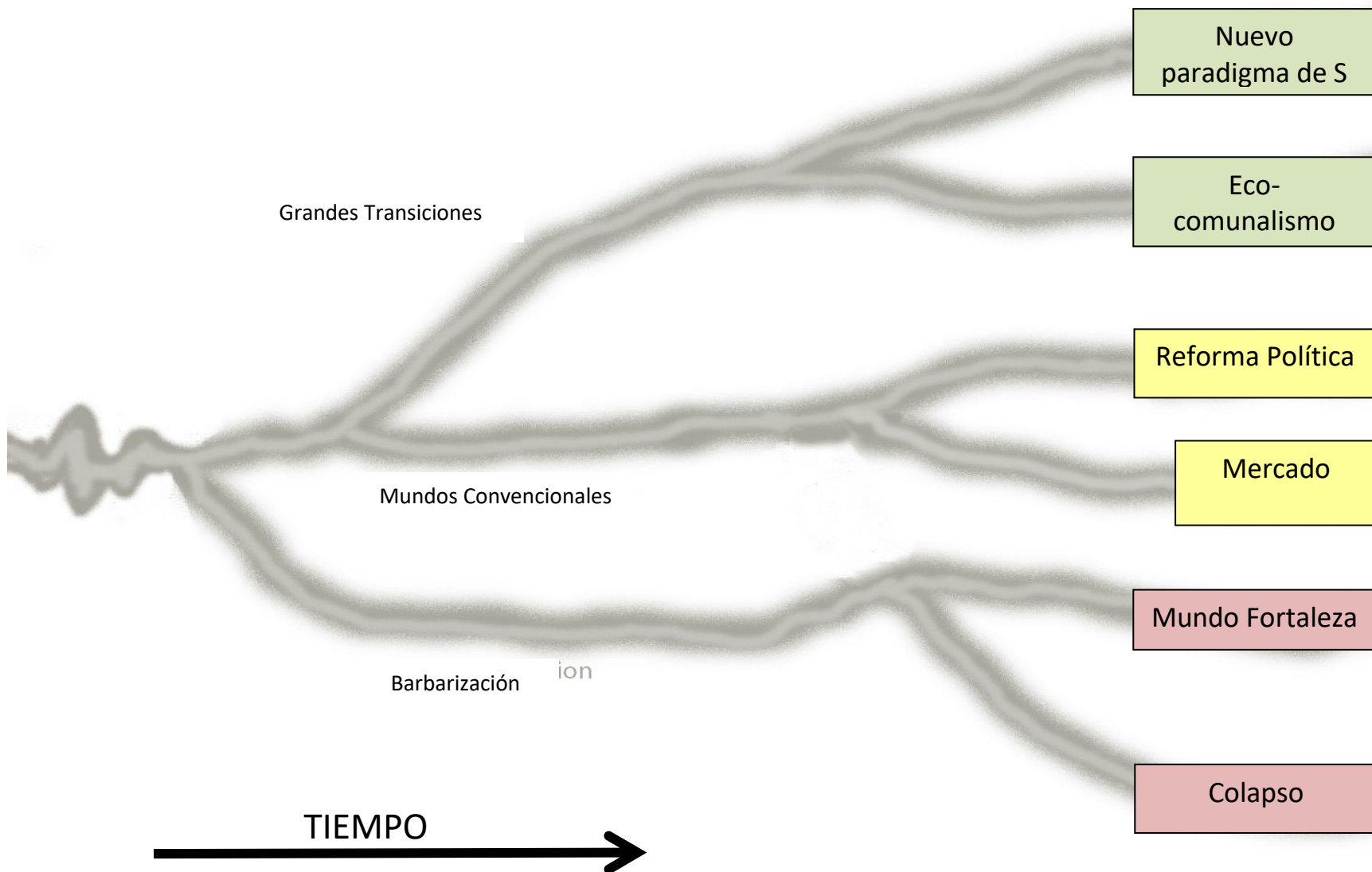
COMPLEJIDAD +
INTERDEPENDENCIA +
INCERTIDUMBRE DURA +
ACELERACIÓN DEL CAMBIO +
CONFLICTIVIDAD CRECIENTE



**NAVEGANDO MARES
NUEVOS Y
TURBULENTOS**

Explorando el futuro: hoy
existen varios mundos
posibles

www.gsg.org



***MUNDOS
CONVENCIONALES***



**fuerzas del
mercado**



reforma política

BARBARIZACIÓN



Mundo-fortaleza



degradación

***GRANDES
TRANSICIONES***



eco-communalism



Nueva sostenibilidad

La pregunta central de la que partir es...

**Que mundo
queremos?**



¿UNA NUEVA ÉTICA?

