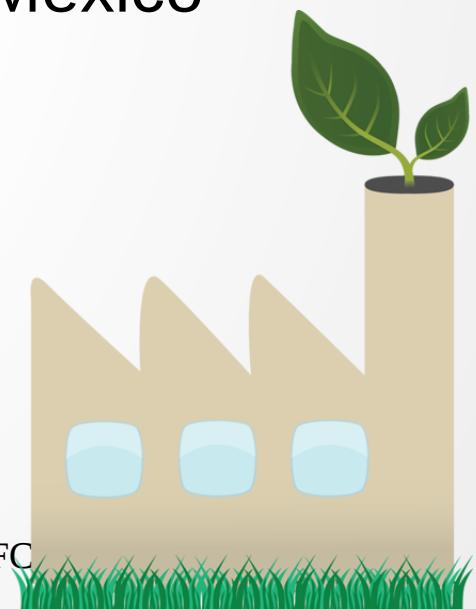


Sustentabilidad una mirada desde los sistemas complejos



Dr. Fernando Ramírez Alatriste

Profesor de la Maestría en Complejidad
Universidad Autónoma de la Ciudad de México
fernando.ramirez@uacm.edu.mx



Índice

- Introducción
 - sistema socio-ecológico
 - Revolución Industrial
 - Antropoceno
 - Sustentabilidad
- Sistemas complejos, propiedad emergente
 - Reducccionismo
 - Sustentabilidad como fenómeno emergente
 - ¿Y qué tiene que ver la administración en todo esto?
 - Teoría de juegos

INTRODUCCIÓN



- El tema de **sustentabilidad** ha avanzado en las últimas décadas hasta llegar a ser uno de los más importantes de siglo 21.
- El término implica un cambio de paradigma de cómo nos relacionamos con nuestro ambiente.
- Implica un cambio en cómo **diseñamos** y **administramos** los sistemas.

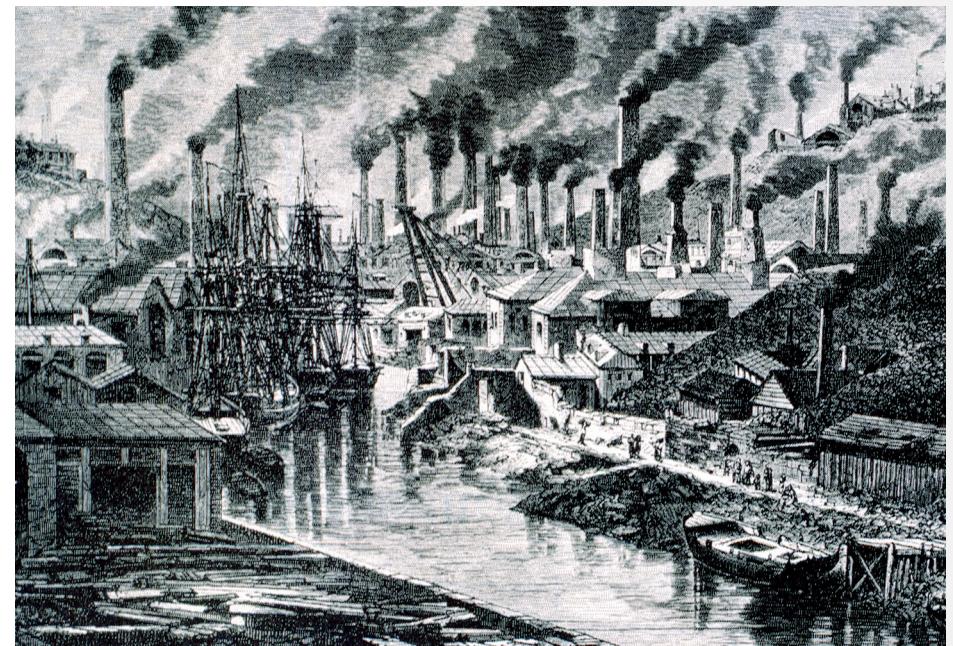
sistema socio-ecológico

- El ambiente natural proporciona al hombre **recursos**, como el agua, comida y energía.
- El ambiente es una combinación del ecosistema natural y la economía, llamado **sistema socio-ecológico**.
- Este sistema ha cambiado con el paso del tiempo, a medida de que se desarrollan nuevas tecnologías.
- La **agricultura** (hace 8000 años) es el primer cambio sustancial en la dinámica de este sistema.
- La **revolución industrial** junto con el desarrollo de la **ciencia** dio otro cambio importante a esta dinámica.



Revolución Industrial

- Empezó en los años 1700, representó una dislocación radical entre la sociedad y el ecosistema local.
- La agricultura cambió de ser familiar a dar paso a las máquinas y a la producción a gran escala.
- La población empezó a cambiar de agricultores a trabajadores industriales en las ciudades.
- Con esto una nueva forma de organización social surgió, separada del ecosistema local, que se basa en mercados de bienes y servicios.

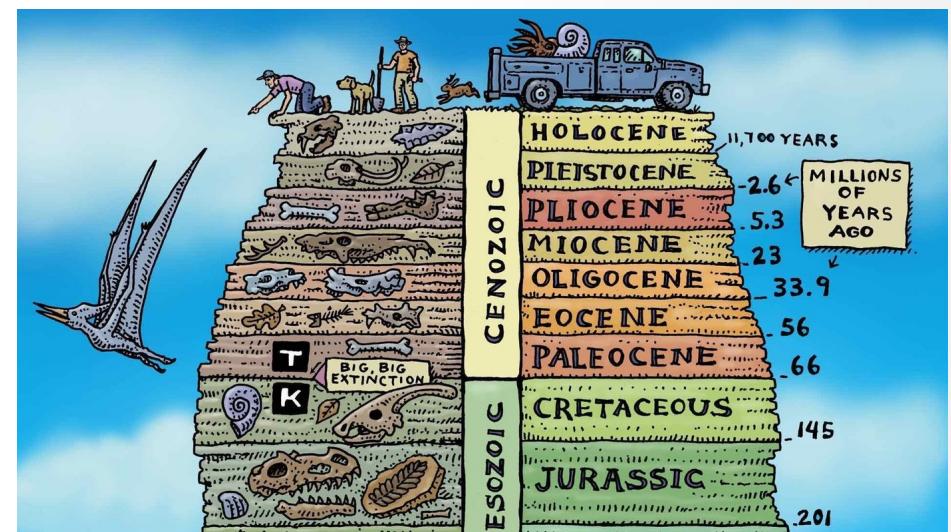


- Estos cambios fueron impulsados por nuevas formas combustión a gran escala del **carbón, el petroleo y el gas**, que permitieron el cambio de procesos manuales a mecánicos.
- Estos cambios en tecnología, economía, sociedad y ecología, dieron lugar a cambios como el **incremento de las economías, la mercantilización a gran escala y la urbanización**.
- Aunque la revolución industrial tuvo un fuerte impacto en el ecosistema, no fue hasta la **segunda mitad del siglo pasado** que el crecimiento de la población, las economías, el consumo de energía y la perdida de especies, fueron creciendo de manera **exponencial**.



Antropoceno

- Una nueva era geológica.
- La actividad industrial humana se ha vuelto la causa primaria de los cambios en los sistemas terrestres.
- Este nuevo sistema socio-ecológico tiene alteraciones sin precedentes en sistemas fundamentales de la tierra como la biodiversidad, el clima o la acidez del océano, que apenas estamos tratando de entender.
- Hemos transitado del holoceno, dónde la tierra se regulaba a si misma, al antropoceno, donde los cambios son conducidos por la economía global.



Sustentabilidad

- La sustentabilidad define una propiedad del sistema o proceso de mantenerse o preservarse sobre un periodo de tiempo.
- Que tan sustentable es un sistema puede entenderse en términos de su eficiencia total.
- La eficiencia se entiende como qué tan efectivo es el sistema o la organización en operar adentro de su ambiente.
- Cuando un sistema se vuelve ineficiente adentro de su ambiente, consume más recursos de los disponibles y produce más “entropía” o desechos que lo llevan la insustentabilidad.



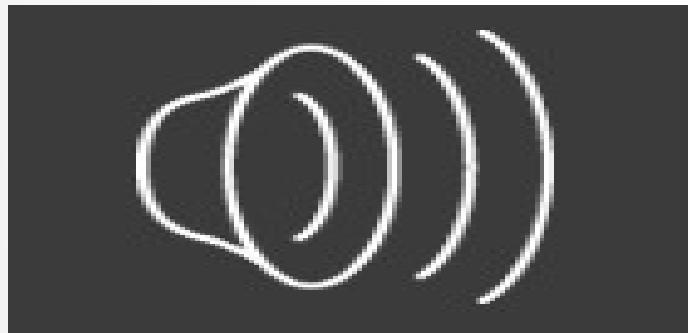
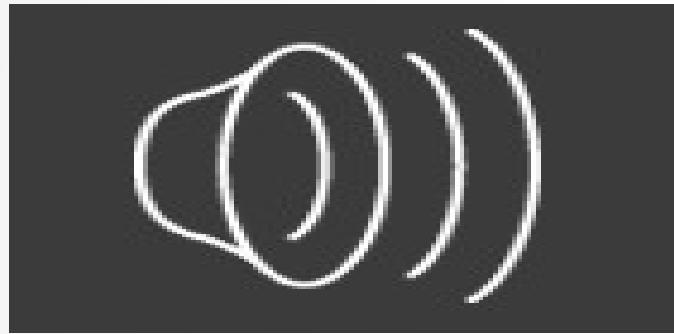
- Satisfacer las necesidades de las generaciones actuales, pero sin afectar la capacidad de las futuras, y en términos operacionales, promover el progreso económico y social **respetando** los ecosistemas naturales y la calidad del medio ambiente



- La **sustentabilidad** **NO** es una propiedad de una cosa aislada, esto es, **una cosa aislada no puede ser sustentable**.
- La **sustentabilidad** es lo que en los sistemas complejos se llama **una propiedad emergente del sistema**.
- No es acerca de las partes, sino de cómo estas **interactúan** para obtener una propiedad del todo.



Sistemas Complejos Propiedad emergente



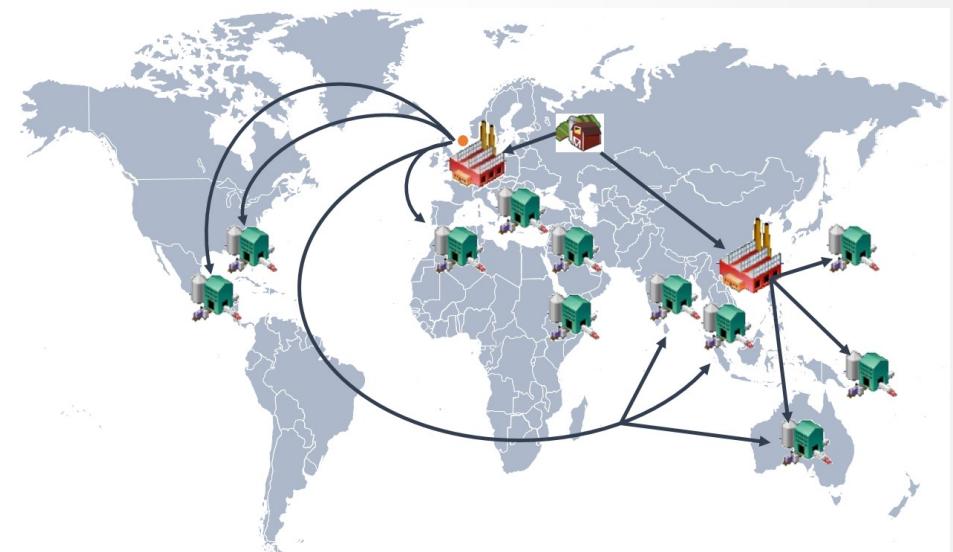
Reduccionismo

- Tradicionalmente, es la forma analítica de resolver problemas.
- Si todas las partes funcionan, se asume que todo el sistema funciona.
- Esta aproximación ha funcionado bastante bien en física, química y biología, pero para sistemas complejos, como una economía o una cadena de suministro NO funciona.



Ejemplos

- Para optimizar una cadena de suministro, optimizamos cada negocio de la cadena aisladamente antes de ver la coordinación de toda la red de suministro.
- Debido a que nos enfocamos sólo en las partes, trasladamos los problemas al sistema y seguimos obteniendo los mismos ineficientes e insustentables resultados,



Ejemplos de lo que NO es sustentabilidad





- En estos ejemplos el sistema **no alcanza la sustentabilidad**.
- Estamos optimizando algunas de las partes individualmente sin optimizar el sistema.
- Debido a que la sustentabilidad es acerca de las **interrelaciones** (interacción) entre sus componentes y su ambiente, no puede ser alcanzada optimizando sus componentes.
- Debemos entender **TODO** el sistema, no sólo sus componentes, sino analizar también sus interrelaciones.
- Esta es la razón del por qué la sustentabilidad representa un desafío para la estructura institucional existente.

Sustentabilidad como fenómeno emergente

- Los métodos **administrativos** y las **estructuras institucionales** han heredado el método analítico para resolver problemas, reduciéndolos, resolviendo las partes y volverlos a ensamblar.
- La **sustentabilidad** es una propiedad compleja, emergente del todo el sistema, que **no puede** ser resuelta por estos métodos.
- Se necesita una mirada global, holística, **compleja**, para **optimizar el sistema en su totalidad** para obtener resultados **sustentables**.

- Cuando el sistema se trata de manera **analítica**, reduciendo y optimizando sus componentes, se obtienen resultados **insustentables**.
- Todas las organizaciones requieren componentes efectivas y estructuras generales efectivas para integrar esas componentes en un todo funcional, cuando la integridad del sistema se reduce, este se vuelve **insustentable**.
- Esa aproximación funciona sólo para sistemas simples o complicados, pero no para sistemas complejos, donde las interrelaciones y fenómenos emergentes son parte esencial de la dinámica del sistema.
- La **sustentabilidad** es el valor y la integridad de toda la organización que se requiere para que se mantenga en el tiempo.



¿Y qué tiene que ver la administración en todo esto?

Todas las definiciones de administración contienen ciertos elementos en común:

- La existencia de un objetivo(s) hacia el cual está enfocada la administración.
- Menciona la **eficacia**, es decir, lograr los objetivos en el mejor tiempo y cantidad.
- La **eficiencia** que se refiere al logro de los objetivos pero al menor costo y la máxima calidad.
- La administración se da en grupos sociales.
- Debe existir la coordinación de recursos para lograr el fin común.
- Productividad, es la obtención de los máximos resultados con el mínimo de recursos, en términos de **eficacia y eficiencia**.



- Tradicionalmente en la **administración** estudiaba como volver eficientes las partes, que son analizables, sin embargo, las interrelaciones del todo no pueden reducirse, su funcionamiento está **distribuido** en todo el sistema y no es alcanzable por esta metodología.
- No es una especie la que mantiene la diversidad en el ecosistema.
- No es una sola organización la que mantiene la sociedad, son todos sus componentes y sus interrelaciones, y para entender el sistema, tenemos que estudiar al todo, esta es la esencia de los **fenómenos complejos**.
- Debido a que los recursos en un ecosistema, en una economía, en una sociedad o una cultura, están **distribuidos**, aseguran el funcionamiento del sistema y sustentabilidad, los métodos tradicionales de una **administración centralizada** no son efectivos.



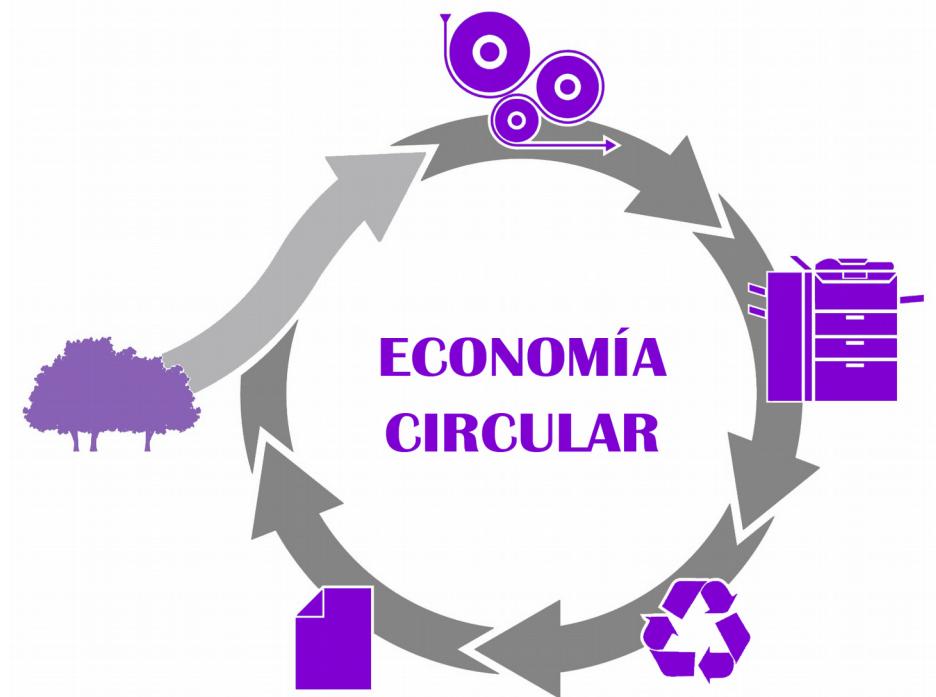
Desarrollo Sustentable

- A partir del siglo XX, hemos afectado la estructura que nos provee el soporte natural y social de nuestra economía moderna, de tal forma que ya no es auto-manejable.
- El reto ahora es entender estas macro estructuras, como funcionan, su valor y desarrollar estructuras organizacionales que las “**administren**” propiamente.
- El desarrollo sustentable es una forma de desarrollo donde administramos al nivel de tecnologías individuales y organizaciones, pero también a nivel del sistema como un todo, para poder alcanzar una economía global sustentable.



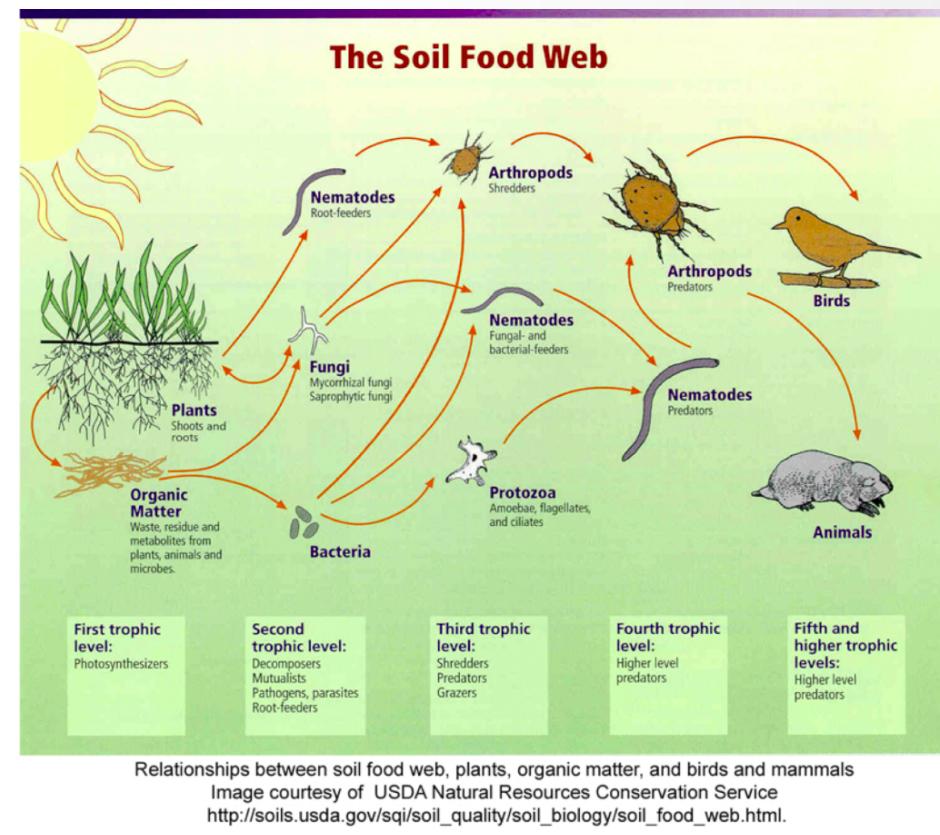
Economía circular

- Basada en la idea de que las desechos no desaparecen y que pueden tener mucho valor.
- Se basa en imitar a los sistemas vivos, donde los desechos de uno, son la fuente de otros.
- Los flujos de materia y energía son injectados nuevamente a ciclos de retroalimentación.
- Diseñar y administrar esta nueva forma de economía requiere entender al sistema como como un todo, entendiendo sus interacciones entre sus componentes, implica una **nueva forma de administración**.



Diversidad es la clave

- La diversidad de sistemas es clave para alcanzar sinergías.
- Si sólo existe un sólo sistema/tecnología, producirá los mismos desechos y será incapaz de procesarlos en ciclos de retroalimentación.



Economía de servicios

- La economía lineal está concentrada en el producto y su masificación.
- Hay una sobreproducción y sobreconsumo en lo que se ha llamado la sociedad de consumo.
- La economía de servicios se basa en la entrega de mejores funcionalidades en vez de la cantidad de recursos consumidos.
- Esta una buena aproximación para obligar a los productores a enfocarse al servicio y romper con la economía lineal.
- El producto es propiedad del productor, así como su mantenimiento y reciclado, de tal manera que estén incentivados en producir menos y llevar más funcionalidad.



- La economía de servicios implica el acceso al servicio en vez de la propiedad.
- El acceso es más barato, así el exceso puede ser administrado más eficientemente.
- Una economía sustentable deberá ser capaz de enfocar sus recursos e innovaciones, no en producir más, sino en entregar mayor funcionalidad a través de la coordinación inteligente de los recursos existentes.



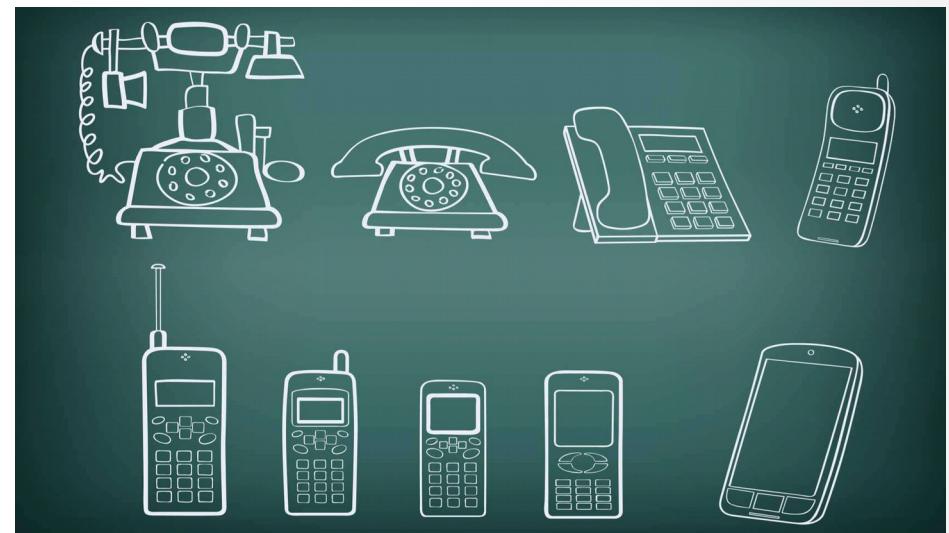
Adaptación

- Las economías, instituciones y empresas fueron creadas para trabajar eficientemente en un **ambiente estable**.
- Pero con los cambios drásticos e inesperados del ambiente, necesitamos una administración que se adapte rápidamente a estos cambios, la **adaptación** y la **resiliencia** son conceptos inherentes de los sistemas complejos.
- Las economías, empresas e instituciones sociales fueron diseñadas para ser estáticas, una vez creadas siguen un ciclo lineal difícil de renovarse así mismas, no fueron diseñadas para **evolucionar**.
- Cambio de paradigma de sistemas **degenerativos** a sistemas **regenerativos**

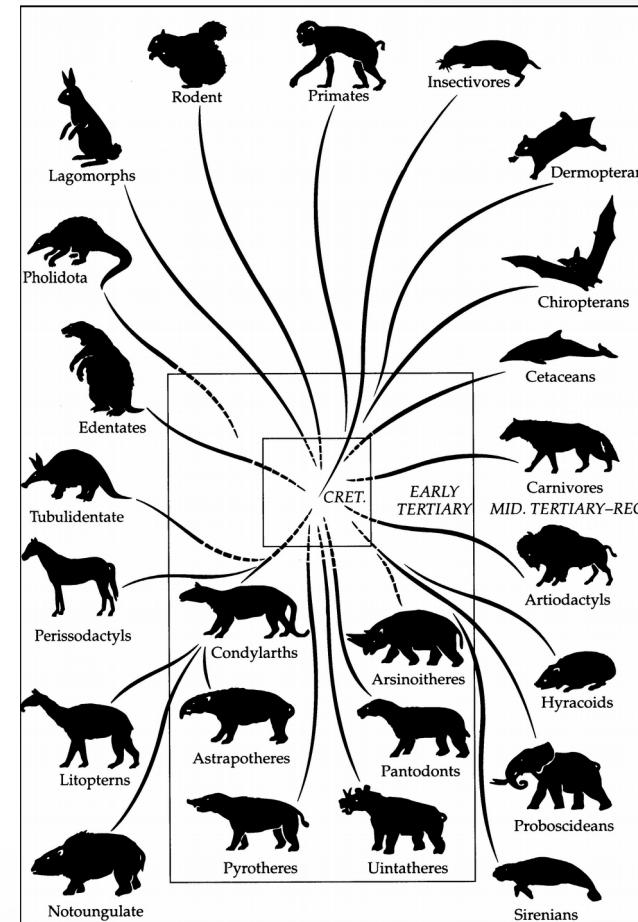


Evolución

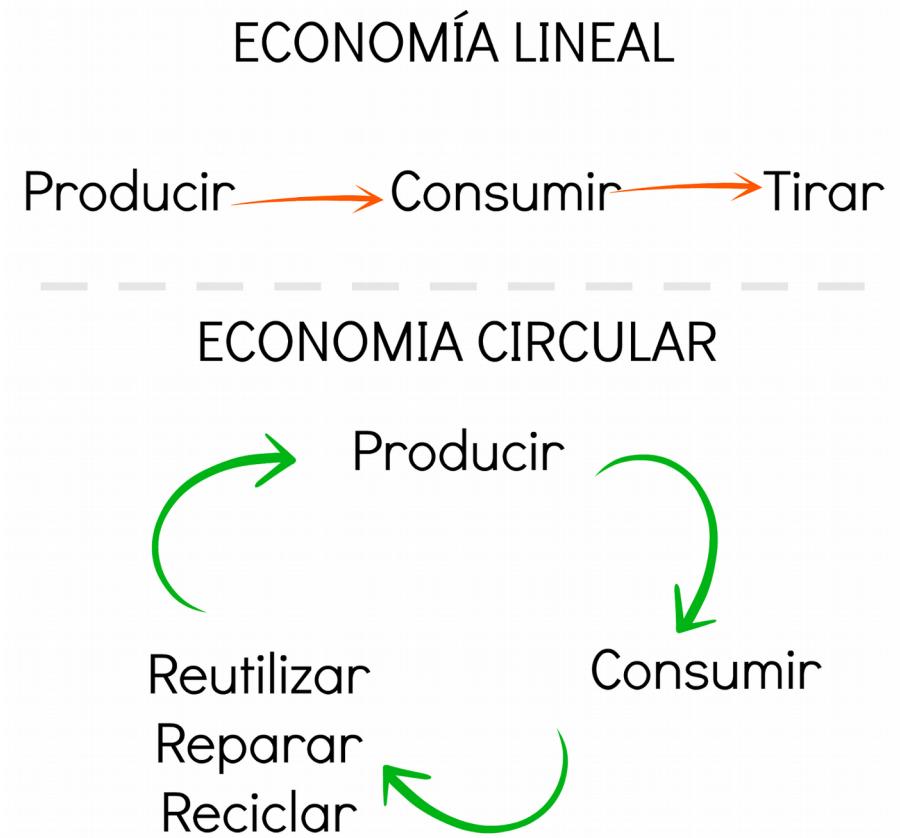
- **Un gran reto para alcanzar la sustentabilidad,** es diseñar organizaciones, tecnología e infraestructura que tenga mecanismos internos para que puedan ser capaces de evolucionar su estructura general.
- **Organizaciones sustentables**, son organizaciones que pueden evolucionar en el tiempo, no sólo se desarrollan a nivel micro de sus componentes, sino que también son capaces de navegar exitosamente en los cambios a nivel macro, permitiendo a todo los cambios.
- Responder a los cambios sistémicos requiere construir mecanismos **evolutivos en las organizaciones**.
- A diferencia de nuestro sistema de administración **centralizado**, capaz de responder a **cambios a nivel micro**, la evolución es la única forma de responder a **cambios sistémicos**.



- La evolución es un proceso distribuido (emergente), nadie tiene, ni puede tener el control.
- Es un proceso donde varias soluciones deben intentarse, antes de que la mejor solución sea encontrada.
- Involucra diversidad, pero también interacción del sistema con el ambiente para identificar la mejor opción.



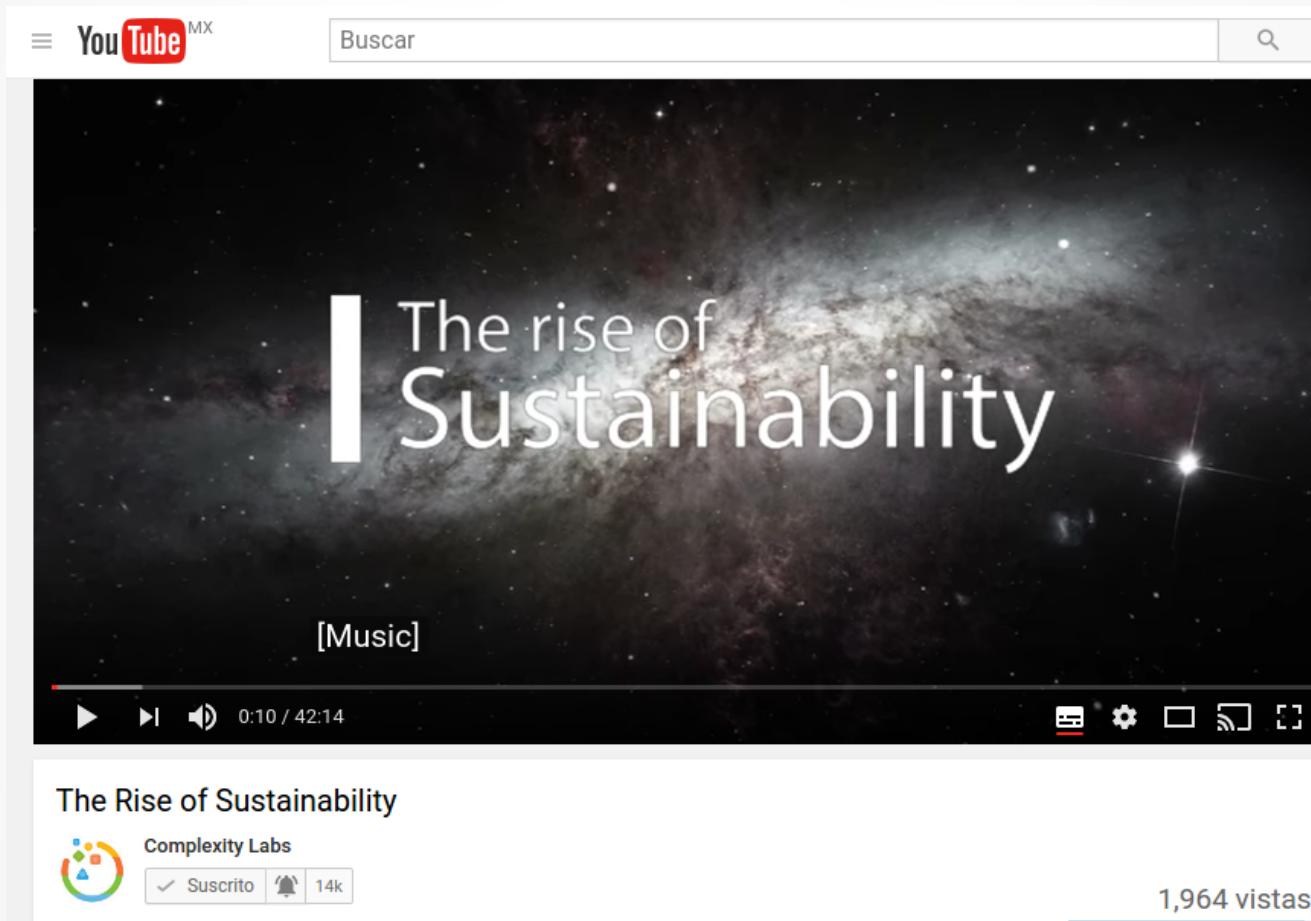
- La economía lineal tradicional, **externaliza** las no linealidades, que son inherentemente incontrolables, en el proceso apaga y expulsa cualquier forma de diversidad.
- El resultado es una **eficiencia a corto plazo**, pero que ya no tiene mecanismos para la diversidad y la evolución, resultando **soluciones insustentables**.



Conclusiones ...

- La crisis ambiental y el desarrollo sustentable nos presenta un reto no visto con anterioridad, por lo que no tenemos soluciones coherentes para esto.
- No podemos resolver problemas usando el mismo tipo de pensamiento que los generó.
- La administración tradicional, instituciones y forma de pensar que crearon la crisis de sustentabilidad, no la resolverán.
- Entonces la sustentabilidad implica un cambio radical en la economía y administración post-industrial, que puedan exhibir nuevas funcionalidades, como diversidad y evolución.

Presentación Basada en

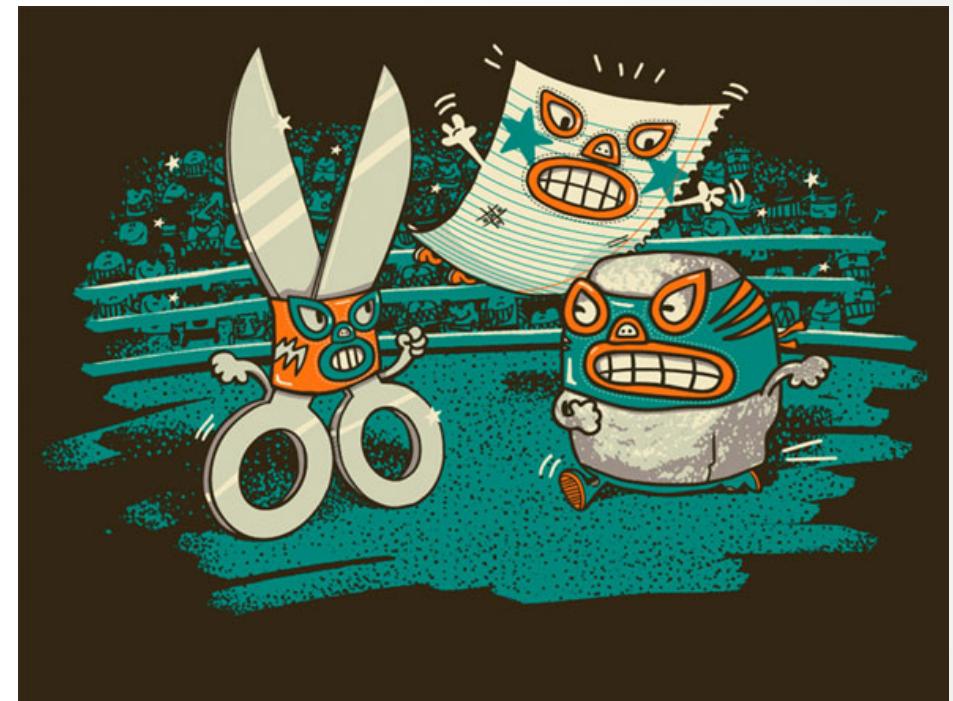


¿Qué hay de las herramientas de la complejidad?

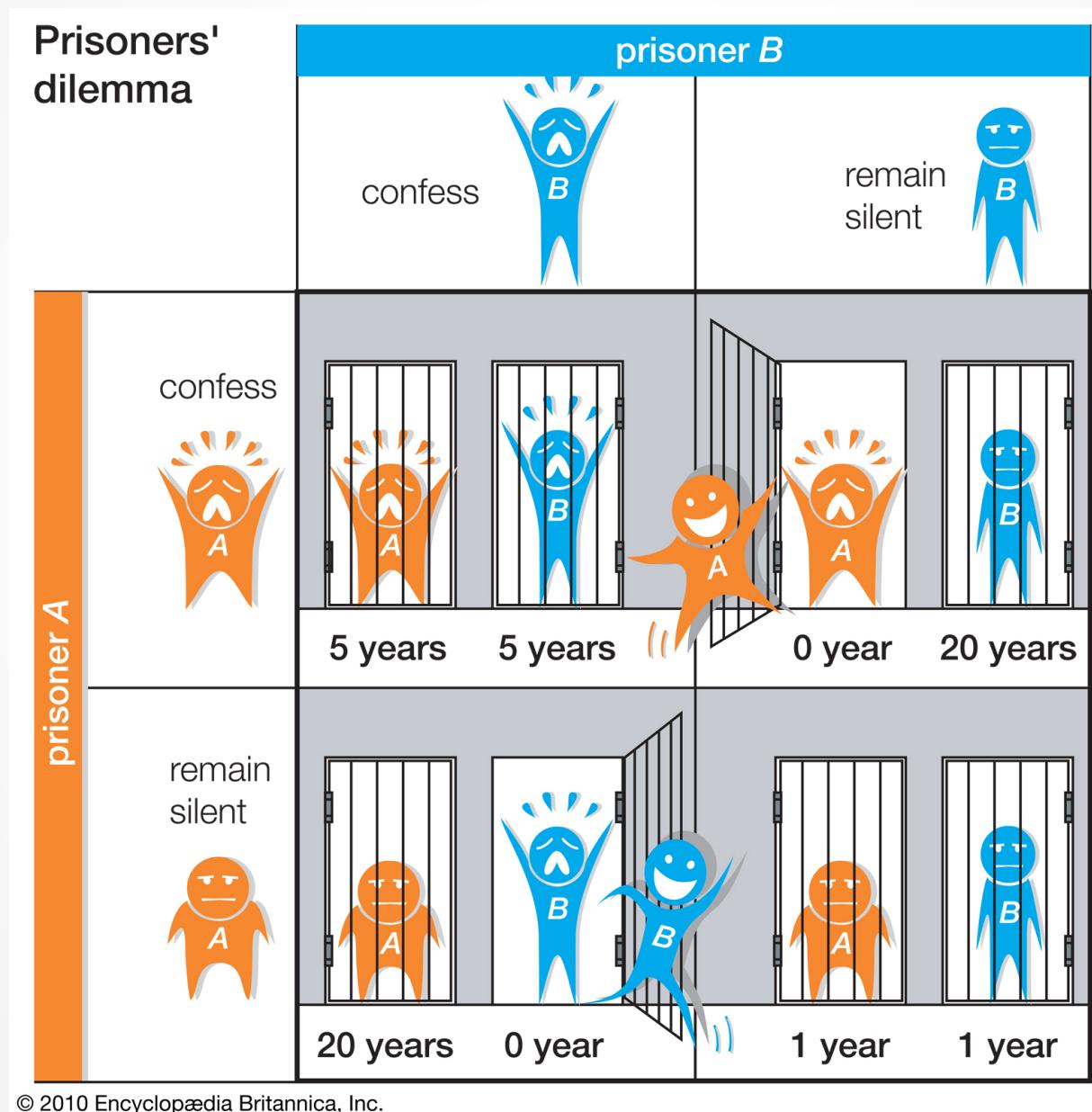
- Teoría de juegos evolutivos
- Inteligencia artificial
- Modelo Basado en Agentes
- Ecuaciones diferenciales no lineales
- Redes

Teoría de Juegos

- Rama de la matemática aplicada, que utiliza modelos para estudiar interacciones en estructuras formalizadas de incentivos (los llamados «juegos») y llevar a cabo procesos de decisión



¿Qué pasa cuando se busca el bien individual?

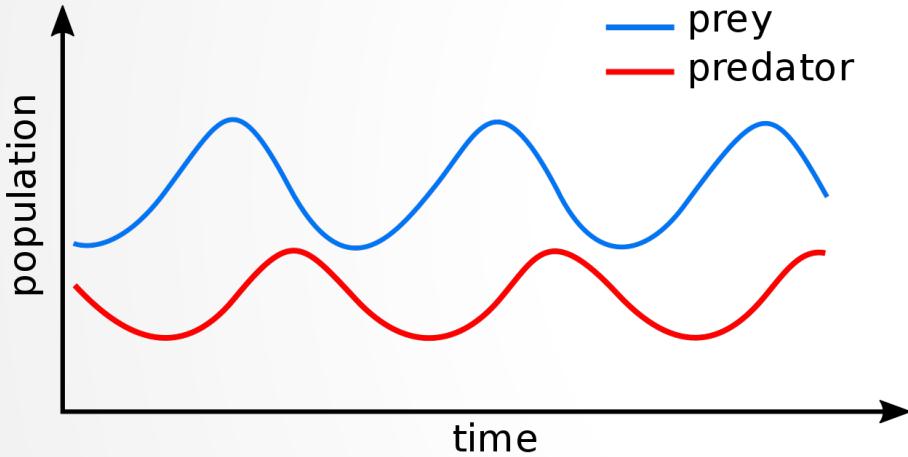


Tragedia de los comunes



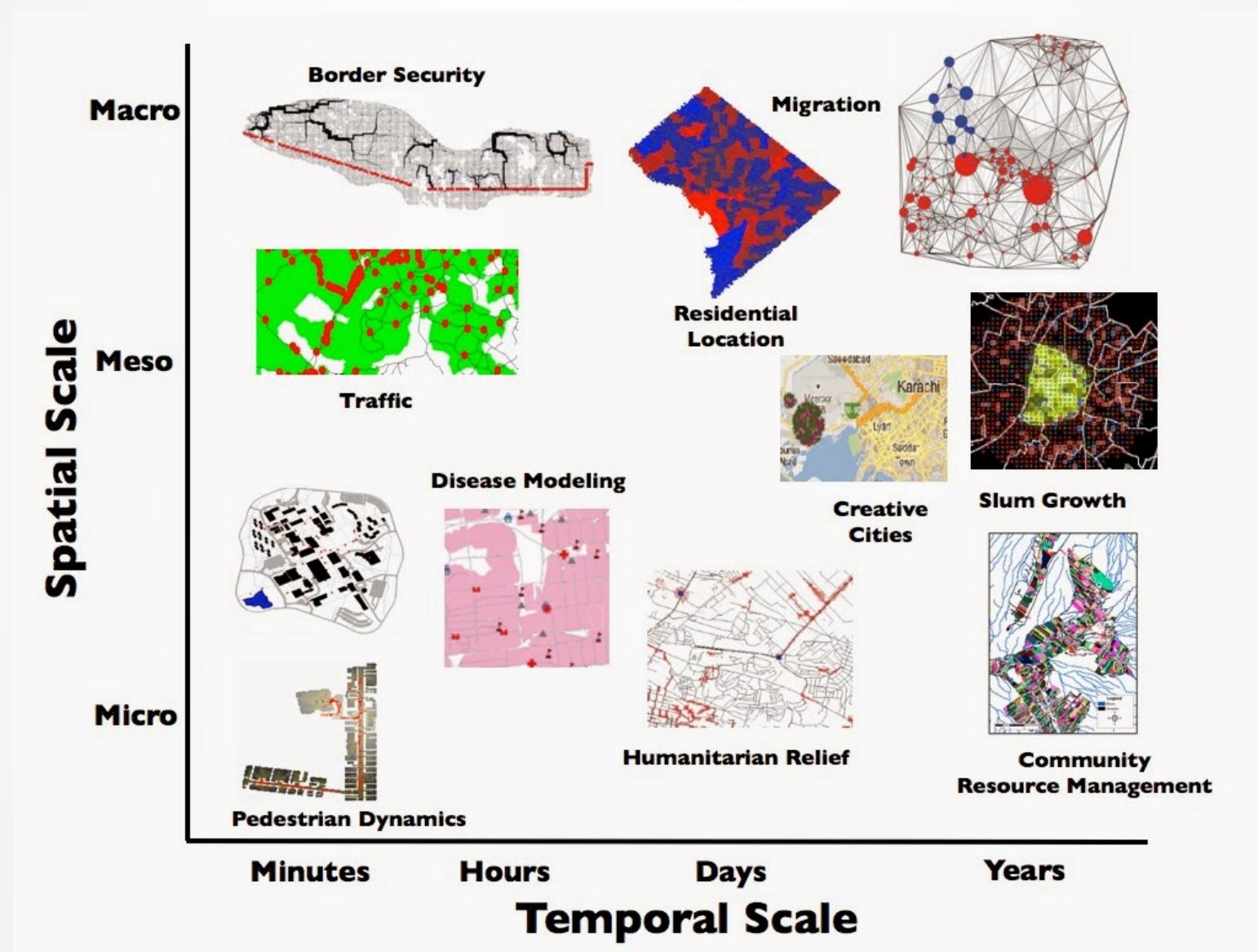
Simulación basada en agentes de Netlogo

Ecuaciones diferenciales Lotka Volterra

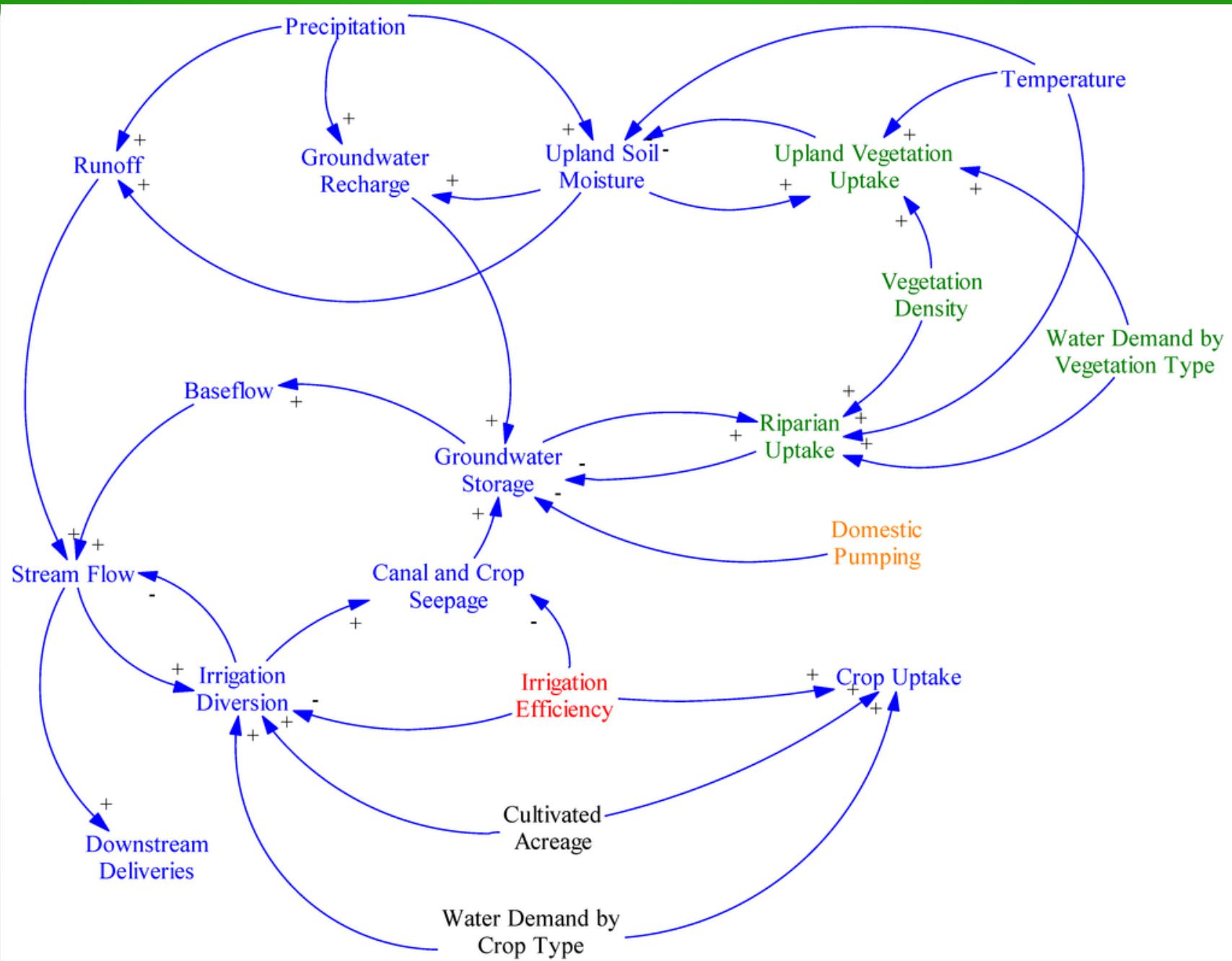


$$\frac{dx}{dt} = \alpha x - \beta xy$$
$$\frac{dy}{dt} = \delta xy - \gamma y$$

Modelado Basado en Agentes

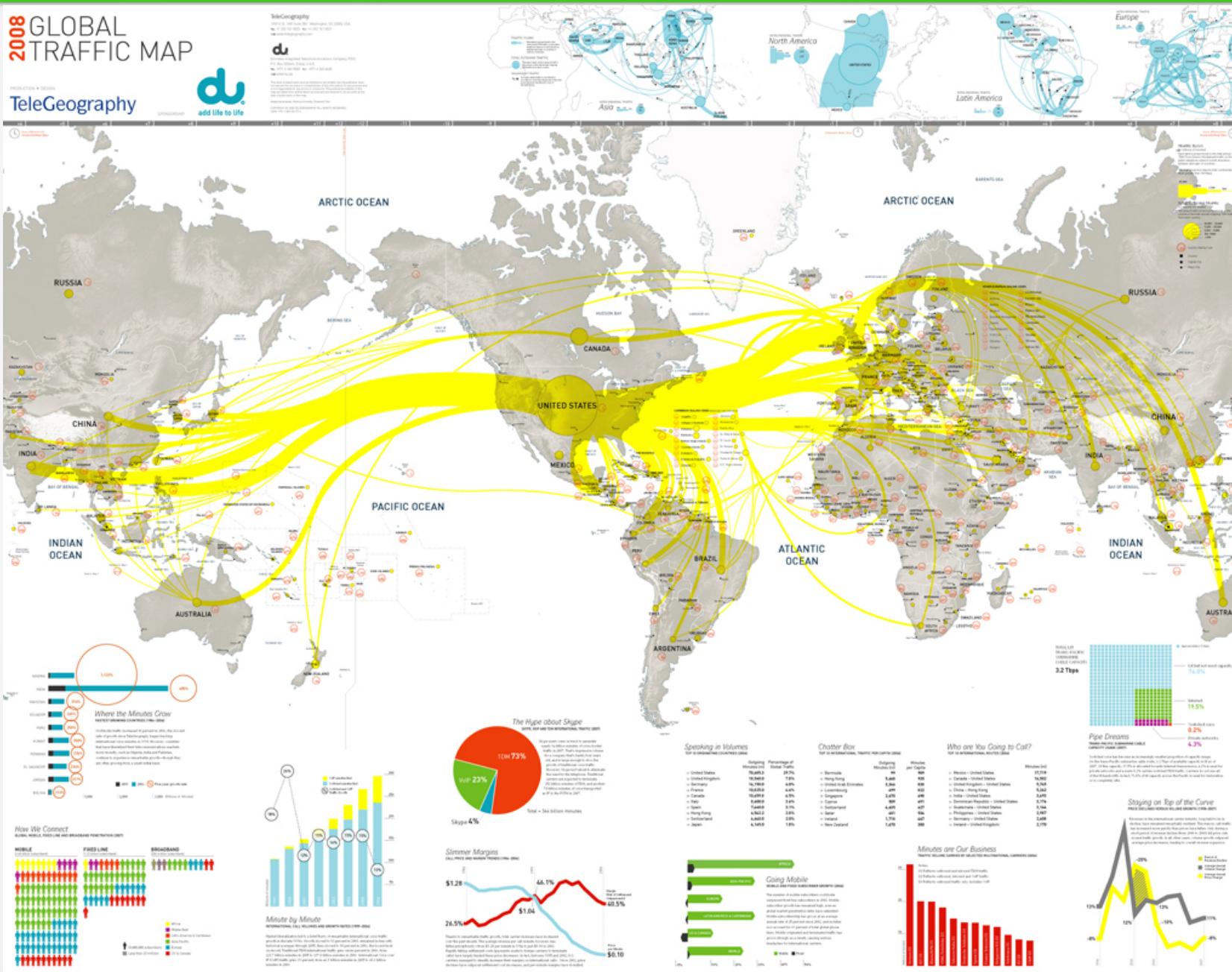


Redes



2008 GLOBAL TRAFFIC MAP

PRODUCTION • DESIGN
TeleGeography



Bobliografía

- Kay, J. J., Regier, H. A., Boyle, M., & Francis, G. (1999). An ecosystem approach for sustainability: addressing the challenge of complexity. *Futures*, 31(7), 721-742.
- Mason, M. (2009). Making educational development and change sustainable: Insights from complexity theory. *International Journal of Educational Development*, 29(2), 117-124.
- Mason, M. (2014). Complexity Theory in Education Governance: Initiating and sustaining systemic change.
- Funtowicz, S., & Ravetz, J. R. (1994). Emergent complex systems. *Futures*, 26(6), 568-582.
- Systems Thinking: Managing Chaos and Complexity: A Platform for Designing Business Architecture, Jamshid Gharajedaghi, Edition 3, Elsevier, 2011, ISBN 0123859166.