



**Complejidad social y nuevos paradigmas científicos:  
Hacia la construcción de futuros deseables**

# **La hoja de ruta de los sistemas complejos**

**Carlos Álvarez Pereira – [calvarez@innaxis.org](mailto:calvarez@innaxis.org)**

**Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP)  
Agosto 2007**

## 1 Retos globales

*El mundo cambia tan rápidamente que nos quedamos sin paradigmas de referencia que expliquen los cambios y sirvan de guía.*

---

## 2 Respuestas de la ciencia

*La ciencia clásica ha alcanzado sus propios límites.*

---

## 3 Ciencia de la complejidad

*Una nueva ciencia aborda la complejidad del mundo real sin reduccionismos, pero también se necesita un nuevo diálogo entre ciencia y sociedad.*

---

## 4 Un seminario para iniciar el camino

*Lograr una interacción más fructífera entre ciencia y sociedad requiere dar muchos pasos como éste.*

---

**1 Retos globales**

---

**2 Respuestas de la ciencia**

---

**3 Ciencia de la complejidad**

---

**4 Un seminario para iniciar el camino**

---

### Un mundo más grande y más cambiante

Lo único permanente es el cambio

Cambio es (casi) siempre sinónimo de crecimiento

La velocidad del cambio es creciente, los cambios son exponenciales

Cambios grandes se producen en escalas de tiempo pequeñas, menores que la escala biológica (*en el tiempo de vida de mi madre, la población mundial se ha multiplicado por 3*)

Estamos acostumbrados a esperar que el futuro sea mejor que el presente, para uno mismo y para las siguientes generaciones: *las expectativas son potencialmente infinitas*

Hay desfase entre el ritmo de los cambios y la “narrativa” individual: la incertidumbre crece y genera ansiedad y temor al futuro

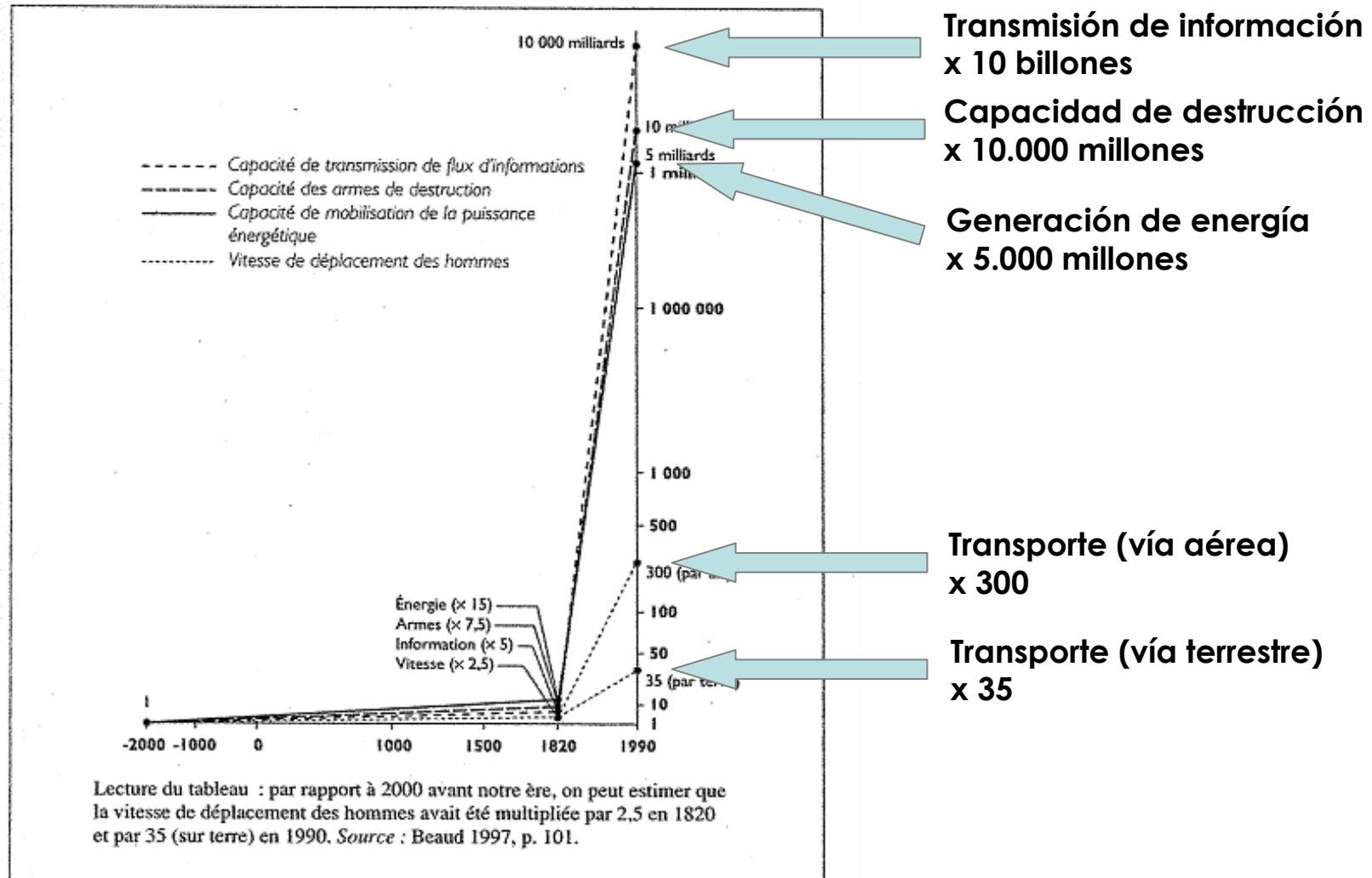
SCHÉMA 3.1. – LA MUTATION ACCÉLÉRÉE CONTEMPORAINE  
DANS LE TEMPS LONG DE L'HUMANITÉ



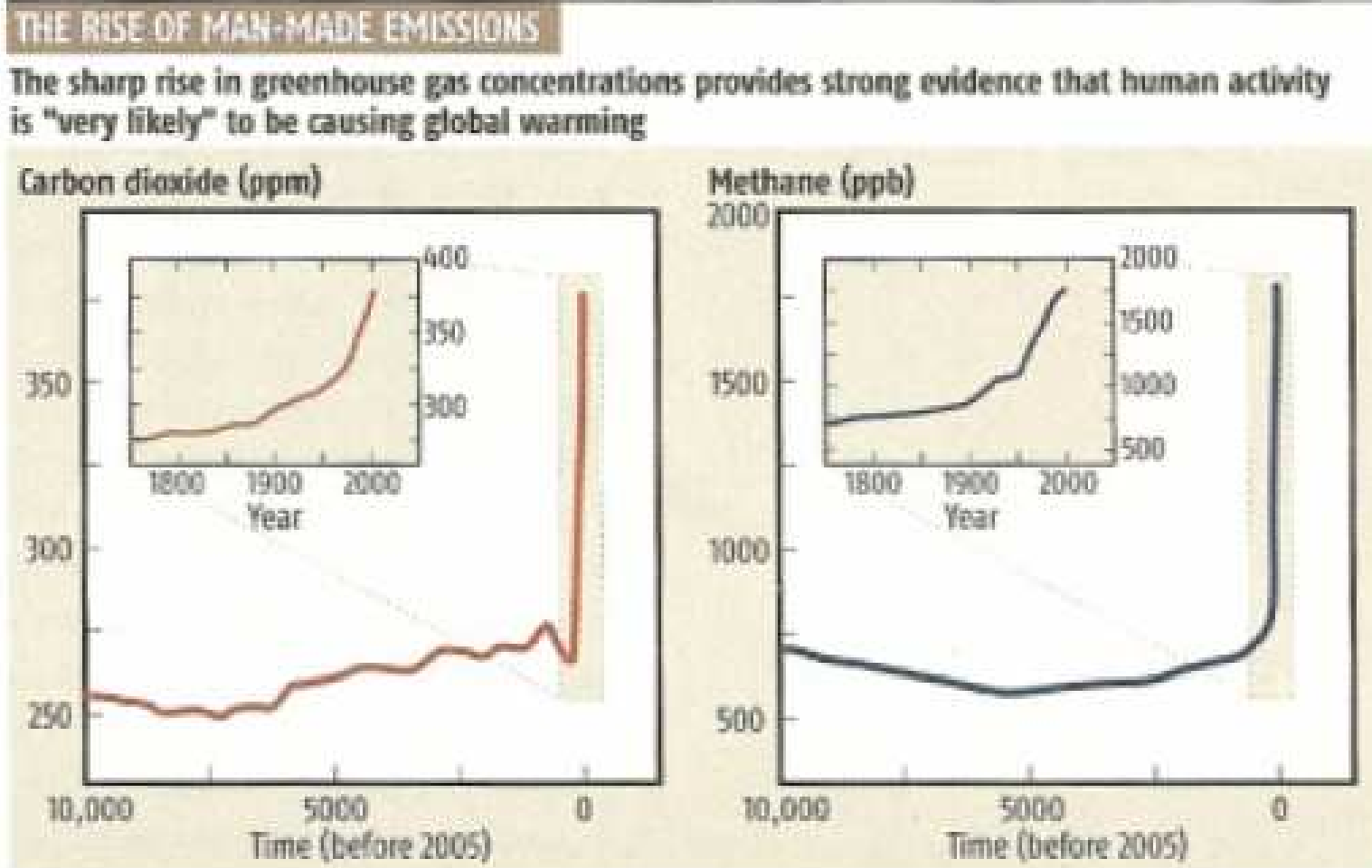
Cette représentation « resserre » d'autant plus les temps passés qu'ils sont anciens. Néanmoins à l'échelle du dernier millénaire, ce graphique devrait avoir une douzaine de mètres de large.

Sources : Jean-Noël Braban, « Essai sur l'évolution du nombre des hommes », *Population*, n° 1, 1979, p. 22-3 ; Jacques Yéron, *Arithmétique de l'Homme*, Paris, Seuil, 1993, p. 92.

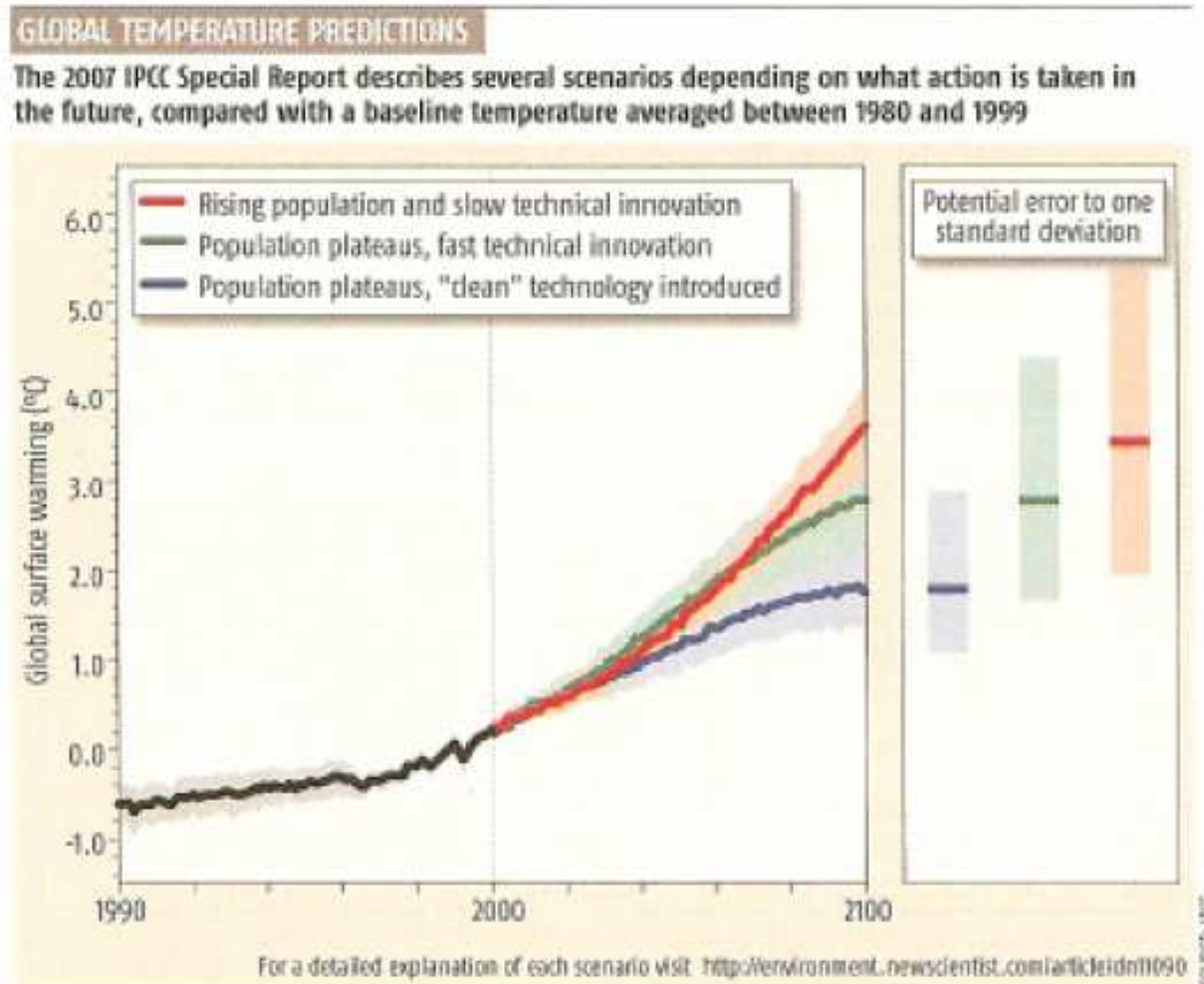
## Un mundo con capacidades técnicas multiplicadas



## Un mundo más contaminado....



## ... más caliente ...



**... más desigual ...**

**SCHEMA 3.3. – FACTEUR DE MULTIPLICATION DE LA PRODUCTION PAR TÊTE, dans le monde, dans les pays riches du Nord et dans les pays pauvres du Sud – en 1500, 1820, 1990 – par rapport à l'ère des grandes civilisations (base 1)**

----- Production par tête dans le monde  
- - - - - Production par tête dans les pays riches  
————— Production par tête dans les pays pauvres

(Les fourchettes en grisé signalent que le creusement des inégalités dans le monde s'est accompagné d'une accentuation des inégalités et parmi les pays riches, et parmi les pays pauvres.)



**Producción per capita en los países ricos**

**Producción per capita en los países pobres**

Lecture du tableau : voir tableau précédent.  
Sources : d'après Bairoch 1994, p. 143 sq. ; Kettle (dir.) 1989 ; Maddison 1995, p. 20-21 et annexes ; BANQUE MONDIALE 1992, p. 212-213.

### ... y más complejo

Con multitudes de **agentes autónomos** (células, seres vivos, humanos, grupos sociales, instituciones, países, software, etc.)

Con un número exponencialmente creciente de **interacciones** entre los agentes (aunque muy desigualmente distribuidas)

Con una gran diversidad de **redes, estructuras y formas**

Con una gran variedad de fenómenos dinámicos y de **escalas temporales y espaciales:**

- Tiempo de las redes y los mercados (escalas cortas < 1 año)
- Tiempo de la política (escalas medias = varios años)
- Tiempo de los individuos (escalas biográficas)
- Tiempo de la especie y el ecosistema (escalas largas)
- Tiempo del planeta (que sobrevivirá a los humanos)
- Con escalas geográficas de lo local a lo planetario

¿ Estamos llegando al límite antropológico compatible con el ecosistema ?

¿ Debemos propiciar más el desarrollo cualitativo de las capacidades humanas en lugar de su desarrollo cuantitativo ?

¿ Qué significa elegir entre ambos ?



**1 Retos globales**

---

**2 Respuestas de la ciencia**

---

**3 Ciencia de la complejidad**

---

**4 Un seminario para iniciar el camino**

---

### **La ciencia juega un papel cada vez más importante en la evolución de las sociedades, pero...**

La ciencia y su transformación en tecnología han sido y son protagonistas de los grandes éxitos de las sociedades industriales, pero también de sus grandes destrucciones

### **Mucha gente piensa que conocimiento y sabiduría no progresan a la vez**

*“La gente no confía en que decisiones tomadas solamente por expertos, aunque estén basadas en una evaluación científica de riesgos y beneficios, sean necesariamente garantía de la mejor elección para la sociedad”  
(EURAB Report on Research and Societal Engagement, Junio 2007)*

La ciencia clásica se ha desarrollado sobre paradigmas deterministas, buscando erradicar incertidumbres y enunciar leyes universales

Además, el método científico se ha basado en la descomposición de los problemas en partes más simples y en una posición “objetiva” del científico, externa al objeto de estudio y (muchas veces) a la sociedad

## Fundamentos de la ciencia clásica *(adaptado de Carlos Gershenson)*

### **Reduccionismo**

Descomposición de los sistemas en sus componentes más sencillos.  
Separación de los subsistemas y análisis de sus propiedades.  
Principio de la explicación más sencilla (“navaja de Ockham”).  
Separación de las escalas “micro” (aleatorias) y “macro” (deterministas).

### **Determinismo**

Los sistemas evolucionan sobre trayectorias en un espacio de estados, según leyes universales que determinan completamente las trayectorias en el futuro (predecible) y en el pasado (reversible).

### **Dualismo y objetividad**

Materia y pensamiento pertenecen a categorías distintas. Las observaciones de agentes externos permiten determinar las leyes de evolución de la materia y construir representaciones mentales objetivas de la realidad.

### **Racionalismo**

A partir del conocimiento de la realidad, los agentes autónomos actúan racionalmente maximizando una función de utilidad. Esto permite extender el determinismo a las acciones de la mente consciente.

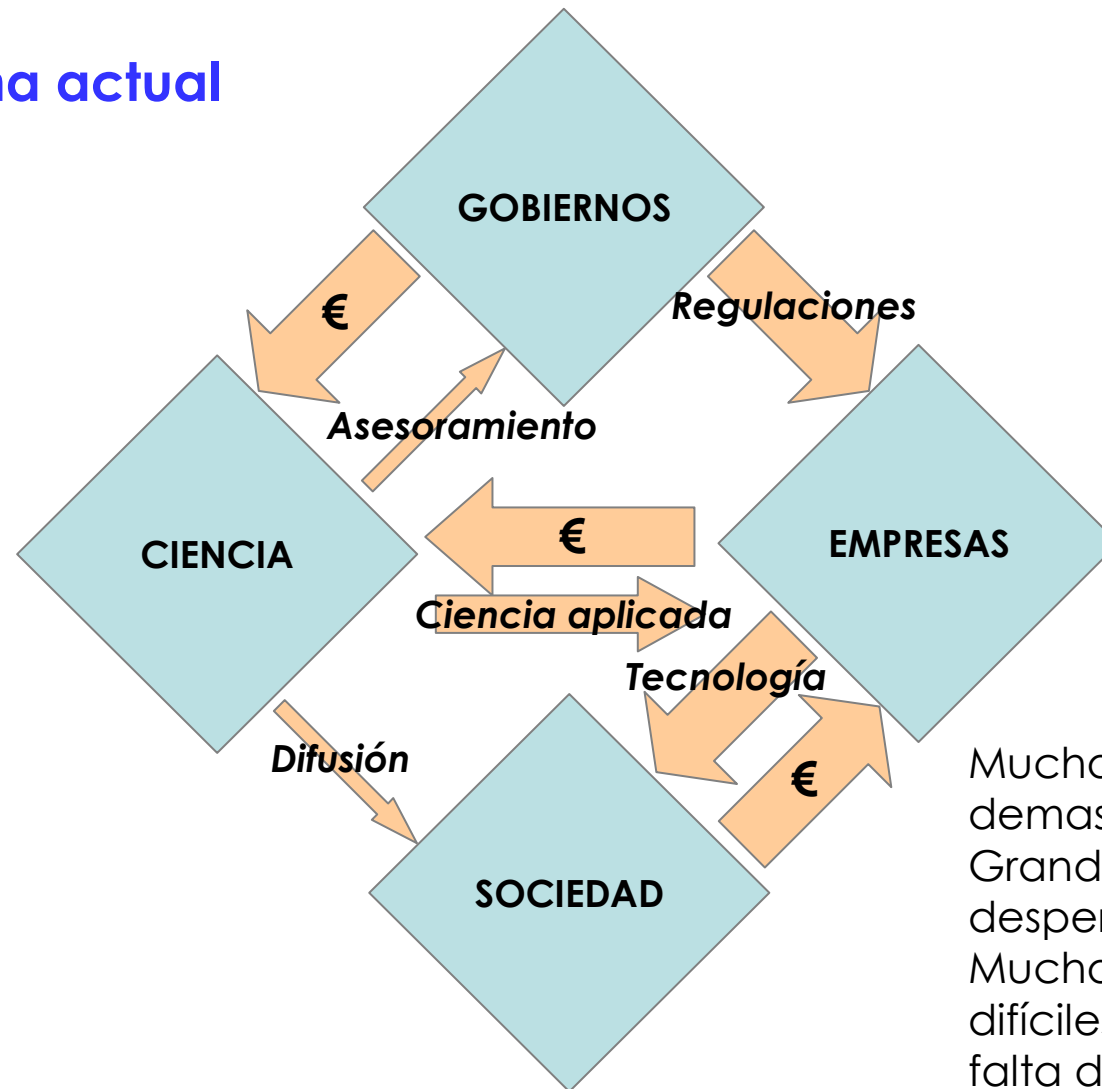
### Las respuestas científicas clásicas a los retos globales tienen múltiples limitaciones

Una limitación de **orden filosófico** (ontológico y epistemológico), por una concepción reduccionista y determinista de la ciencia, que es inadecuada para el análisis de los sistemas complejos que conforman el mundo real

Una limitación por la **fractura interdisciplinar** entre ciencias “duras” y el resto (cultura “científica” vs cultura “humanista”) y entre disciplinas concretas (por marcos conceptuales y lenguajes diferentes), cuando los problemas del mundo real son por definición interdisciplinarios

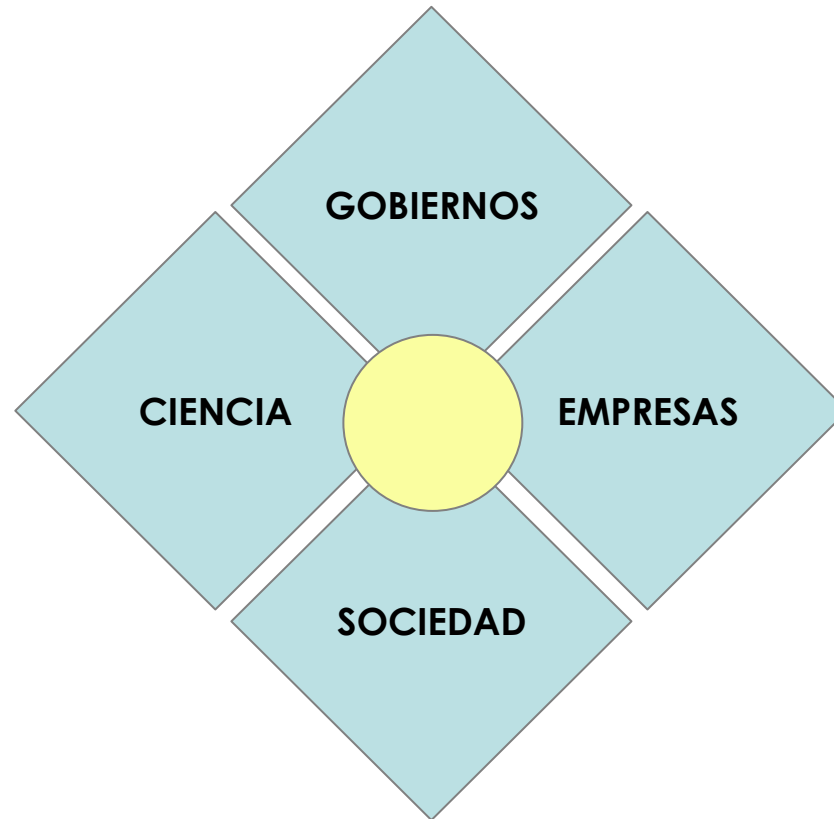
Una limitación por el **lugar que ocupa la ciencia en la sociedad** (imprescindible pero aislada) y por su deficiente integración con otros ámbitos (y en particular con la política)

## El esquema actual



Muchos **acoplamientos** son demasiado débiles  
Grandes **capacidades** se desperdician  
Muchos **problemas** son difíciles de abordar, por falta de una visión holística

## El espacio de la complejidad



**1 Retos globales**

---

**2 Respuestas de la ciencia**

---

**3 Ciencia de la complejidad**

---

**4 Un seminario para iniciar el camino**

---

*“La complejidad emerge como un paradigma post-Newtoniano que permite abordar con un punto de vista unificado un amplio espectro de fenómenos de interés que se sitúan en el cruce de caminos entre ciencias físicas, ingeniería, ciencias del medio ambiente, ciencias de la vida y ciencias humanas.”*

**Grégoire & Catherine Nicolis**

*“La ciencia clásica ha alcanzado sus propios límites.”*

*“Lo cierto no es la verdad y lo incierto no es la ignorancia”*

**Ilya Prigogine (premio Nobel de Química)**

## Fundamentos de la ciencia de la complejidad

### **Holismo**

Además del enfoque clásico, es necesario contemplar los sistemas en su totalidad, considerando las interacciones en distintas escalas entre subsistemas y con el entorno, de las que emergen propiedades inesperadas.

### **Incertidumbre**

Los sistemas complejos tienen una memoria limitada del pasado y su futuro es realmente incierto. Son sistemas dinámicos lejos del equilibrio, muchas veces caóticos, cuyo comportamiento ni es determinista ni es totalmente aleatorio. La incertidumbre es un mecanismo de construcción, que abre la puerta a fenómenos de auto-organización y auto-producción (autopoiesis).

### **Epistemología**

Materia y pensamiento no son siempre separables. Las representaciones mentales forman parte de la realidad. Los marcos conceptuales de la ciencia son históricos y culturales.

### **Cognición**

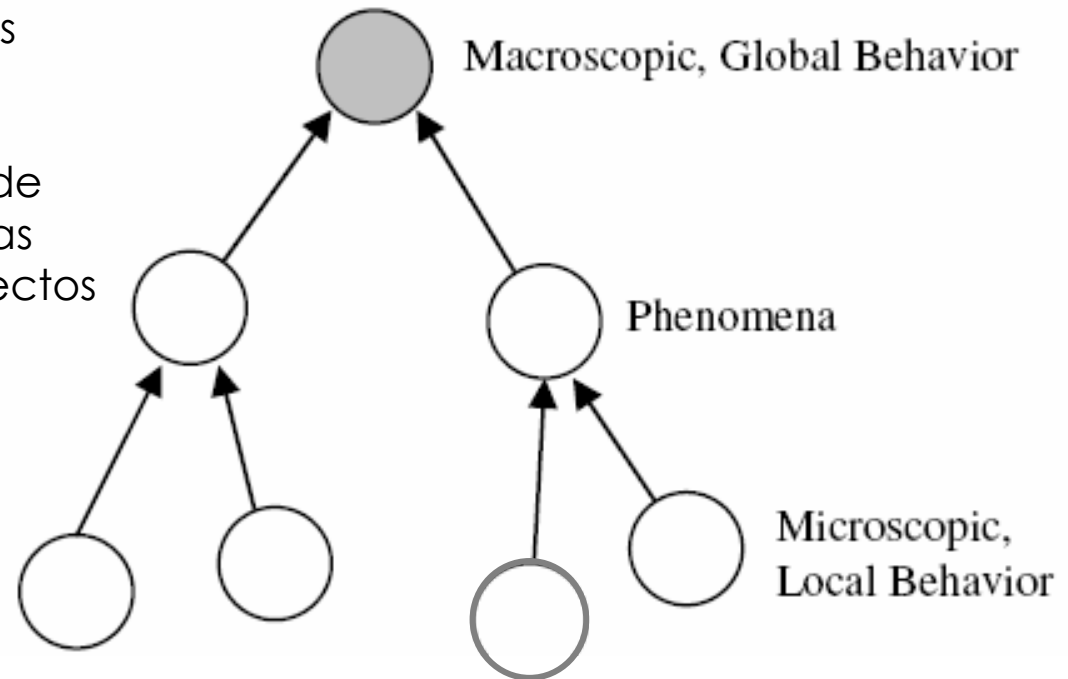
El comportamiento de los agentes autónomos es en sí mismo complejo. No hay decisiones sin emociones. Los seres vivos, y en particular los conscientes, se auto-producen en relación con el entorno.

En los sistemas complejos, las escalas micro y macro están acopladas

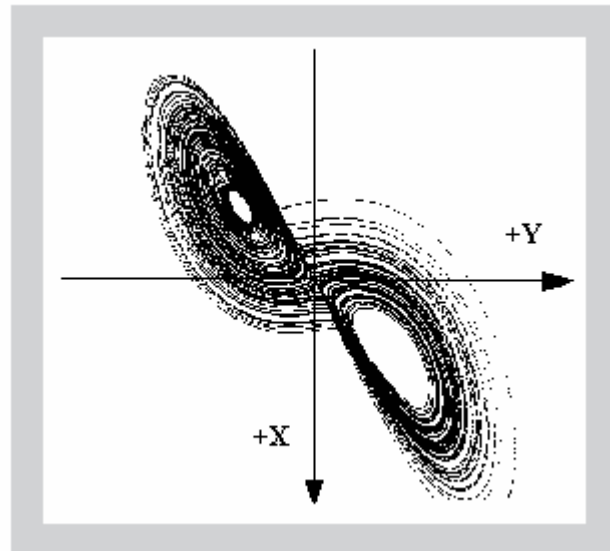
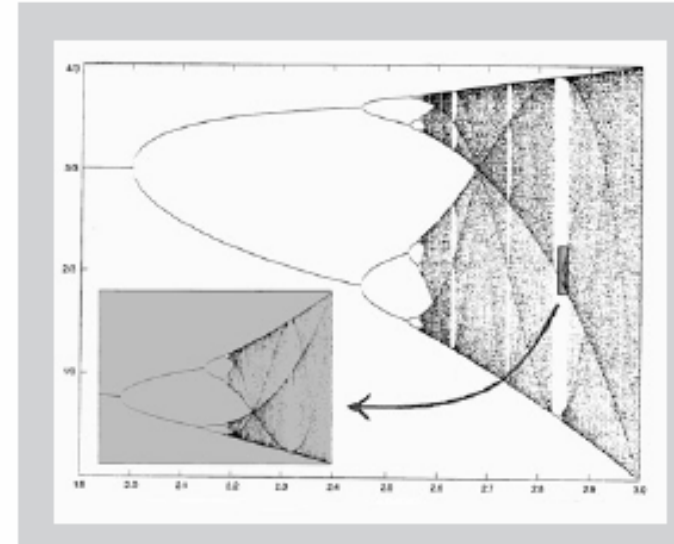
Lejos del equilibrio, cerca de zonas de inestabilidad y bifurcación, pequeñas fluctuaciones producen grandes efectos

La sensibilidad respecto a las condiciones de contorno impide formular leyes deterministas (nuestro conocimiento de los datos es por definición incompleto)

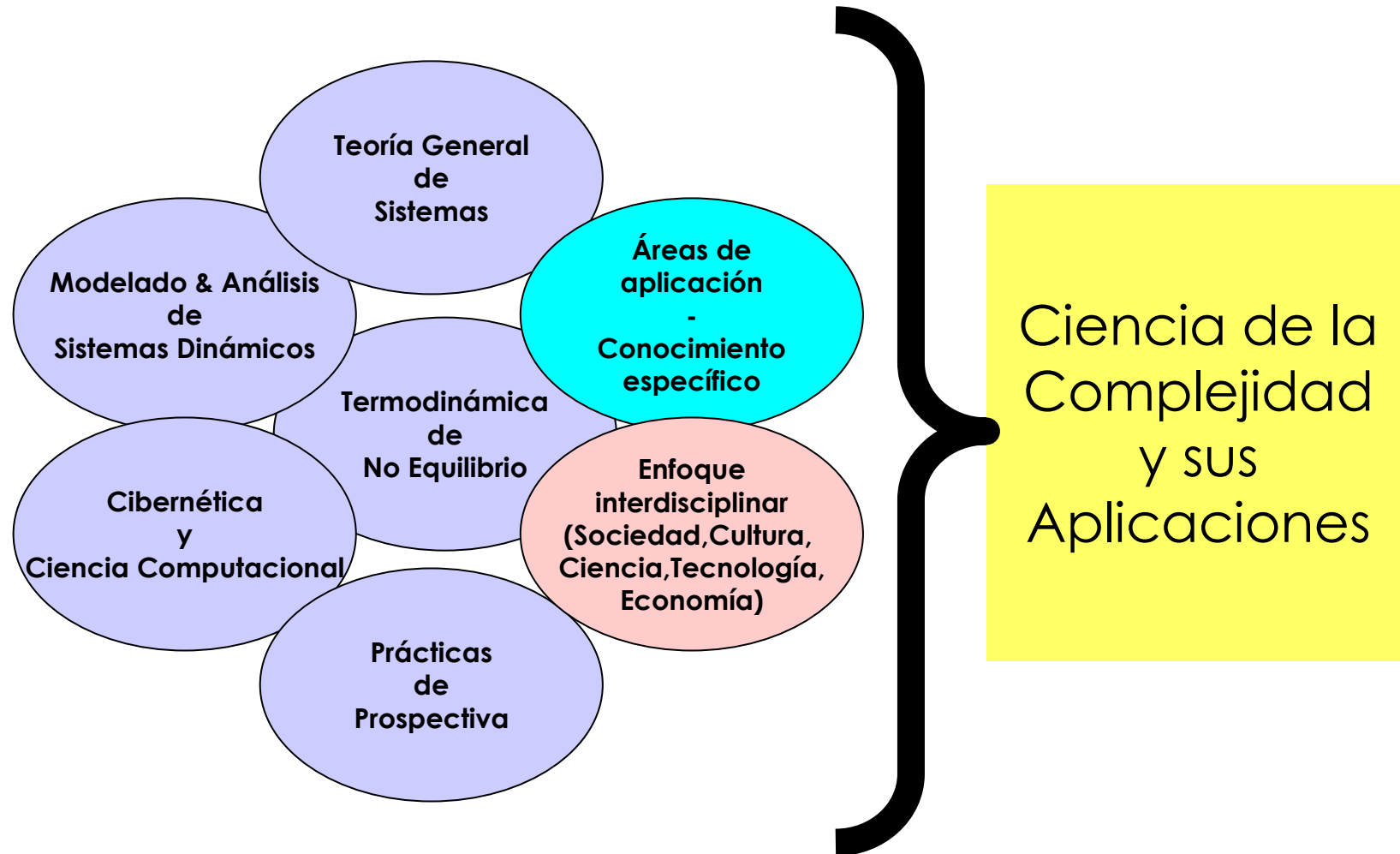
Las crisis, mutaciones e inestabilidades son más importantes que las situaciones de equilibrio para comprender los sistemas complejos



Los sistemas reales **bifurcan**  
hasta el infinito...



... y tienen comportamientos  
**imprevisibles** pero dentro  
de un cierto **orden**



## Algunos fundadores

**Bateson, Gregory**  
**Forrester, Jay Wright**  
**Jantsch, Erich**  
**Laszlo, Ervin**  
**Le Moigne, Jean-Louis**  
**Meadows, Dennis L. & Donella**  
**Morin, Edgar**  
**Nicolis, Grégoire & Catherine**  
**Prigogine, Ilya**  
**Simon, Herbert Alexander**  
**Stengers, Isabelle**  
**Waddington, Conrad H.**

**Referencias** Instituto de Santa Fe  
Université Libre de Bruxelles  
Escuela de Santiago de Chile (H. Maturana y F. Varela)  
Open Network of Centres of Excellence in Complex Systems (ONCE-CS)  
Complex Systems Society (CSS)  
New England Complex Systems Institute (NECSI)  
Institute for Scientific Interchange (ISI, Torino)  
Institut des Systèmes Complexes (ISC-PIF, Paris)  
Réseau National des Systèmes Complexes (RNSC)  
Association pour la Pensée Complexe (MCX-APC)  
Journal of Artificial Societies and Social Simulation (JASSS)  
Complexity Digest ([www.comdig.com](http://www.comdig.com))

Comunidades relacionadas con:

- Sistemas dinámicos, sistemas no lineales, caos
- Teoría de redes
- Simulaciones basadas en agentes

**En España** ICREA, IMEA, IFCA, UC3M, URJC, UPM, UZAR, etc.

**1 Retos globales**

---

**2 Respuestas de la ciencia**

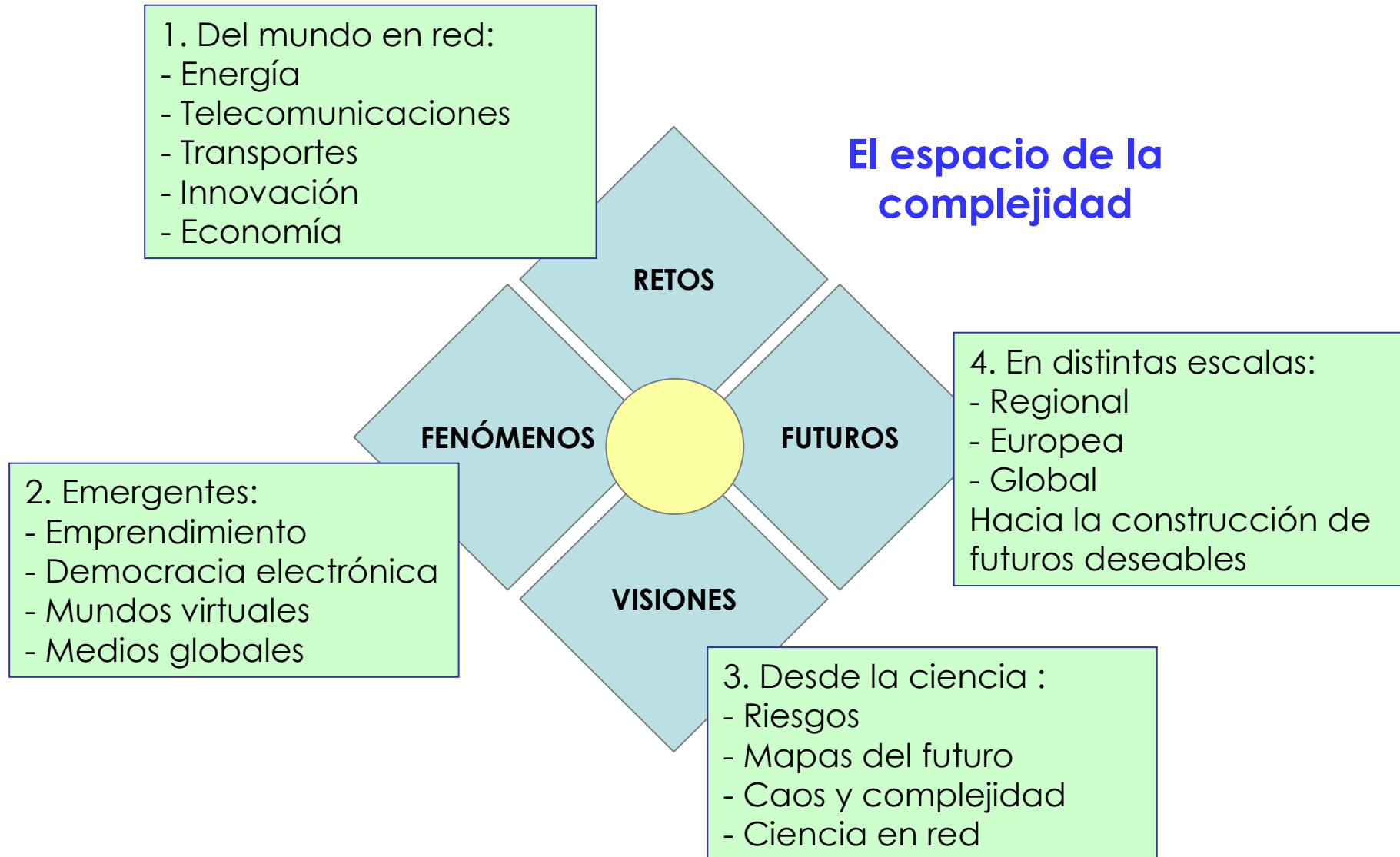
---

**3 Ciencia de la complejidad**

---

**4 Un seminario para iniciar el camino**

---



### Fundación Instituto de Investigación INNAXIS

**Creada en 2006, entidad española sin ánimo de lucro**

**Iniciativa personal de profesionales con recorridos diversos en ámbitos de la empresa, la universidad, la investigación y la sociedad**

**Dedicada a la promoción de la **ciencia de la complejidad** y de sus **aplicaciones****

**Promueve proyectos en tres áreas:**

- Sistemas autónomos complejos e inteligencia artificial
- Redes sociales e inteligencia colectiva
- Prospectiva y gobernanza de sistemas sociales complejos

**y en diversos ámbitos de aplicación:**

Transporte y gestión del tráfico, tecnologías de la información, economía y mercados financieros, innovación y aprendizaje, relaciones internacionales,

**actuando como **catalizador** de proyectos de I+D ambiciosos y cooperativos,** con participación de entidades científicas, empresariales, políticas y sociales.

### Fundación Instituto de Investigación INNAXIS

#### Focaliza sus **competencias** en dos ámbitos:

- Concepción, promoción y gestión de proyectos de I+D cooperativos e interdisciplinarios, en ámbitos nacionales e internacionales,
- Estado del arte de las técnicas de modelización matemática de sistemas complejos (dinámica de sistemas, teoría de redes, teoría de juegos, simulaciones basadas en agentes, etc.)

#### para cumplir dos **misiones esenciales**:

- Crear redes interdisciplinarias de intercambio de ideas entre personalidades y entidades de ámbitos diversos, mediante la celebración de eventos y la creación de soportes online
- Concebir, promover y desarrollar proyectos de I+D interdisciplinarios que utilicen los conceptos de la Ciencia de la Complejidad

Los **primeros proyectos ya están iniciados**, en el ámbito aeronáutico y del transporte aéreo (ATLÁNTIDA, INOUI, ANTICIPATE, etc.)

Más información en [www.innaxis.org](http://www.innaxis.org)



**Complejidad social y nuevos paradigmas científicos:  
Hacia la construcción de futuros deseables**

# **La hoja de ruta de los sistemas complejos**

**Carlos Álvarez Pereira – [calvarez@innaxis.org](mailto:calvarez@innaxis.org)**

**Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP)  
Agosto 2007**