

# Contenidos

- Etimología y definición de “modelo”
- Modelos físicos
  - Modelos a escala
  - Modelos sistémicos
- Modelos verbales
- Modelos gráficos
- Modelos matemáticos y computacionales
- Síntesis

# “Modelo”

- Latín, *modus*: manera, medida, forma.
  - *Modus operandi, modus vivendi, etc.*
  - Moda: “la manera del momento” (estilo aceptado o considerado agradable).
- Italiano, *modello*: diminutivo de *modus* (“forma de tamaño reducido”, “formilla”).
  - Acuñado en el Renacimiento (s. XVI).
  - Algo (o alguien) que sirve de punto de referencia para imitar o reproducir (su forma).

# Definiciones de diccionario

**1: Objeto** (o persona) **particular** que sirve de **referencia** para

- **ser imitado** [ej. por su perfección: modelo de acción moral]
- **reproducido** [ej. por ser un prototipo: figura de barro para ser reproducida en mármol, empresa modelo, granja modelo]
- **representado** [ej. por ser, o tener alguna cualidad (belleza), de interés, o ser un ejemplo de algo: cuerpo humano desnudo].

**2: Representación particular** de algo

- en tamaño **pequeño** [modelo en maqueta]
- en un esquema **teórico** [modelos matemáticos]
- en una versión **ideal** [personas que exhiben diseños de moda, son modelos que representan cómo se vería idealmente al usarse]
- en una versión particular **representativa** [especies modelo en biología]



# Definiciones de diccionario

**1: Objeto** (o persona) **particular** que sirve de **referencia** para

- **ser imitado** [ej. por su perfección: modelo de acción moral]
- **reproducido** [ej. por ser un prototipo: figura de barro para ser reproducida en mármol, empresa modelo, granja modelo]
- **representado** [ej. por ser, o tener alguna cualidad (belleza), de interés, o ser un ejemplo de algo: cuerpo humano desnudo].



- Aquí se trata de una “formilla” (forma pequeña) porque se trata de un **objeto “particular”**. El modelo no es la forma misma que se quiere representar (o imitar o reproducir), sino que es **una muestra (“pequeña”) representativa** de (los objetos con) esa **forma**.

# Definiciones de diccionario

- Aquí se trata de una “formilla” porque se trata de una **representación “particular”** (una muestra, de **entre muchas** representaciones en principio posibles) y, además, porque el modelo no representa la forma misma, sino que **una versión “disminuida”** (más pequeña, más simple, más esquemática) de la **forma** original.

## 2: Representación particular de algo

- en tamaño **pequeño** [modelo en maqueta]
- en un esquema **teórico** [modelos matemáticos]
- en una versión **ideal** [personas que exhiben diseños de moda, son modelos que representan cómo se vería idealmente al usarse]
- en una versión particular **representativa** [especies modelo en biología]



“Modelo” =df “Objeto (material o conceptual) que representa hechos, sistemas, procesos o fenómenos de la realidad.”

“Modelo *físico*” = “Objeto *físico* que representa hechos, sistemas, procesos o fenómenos de la realidad.”

“Modelo *matemático*” = “Objeto *matemático* que representa hechos, sistemas, procesos o fenómenos de la realidad.”

“Modelo *gráfico*” = “Objeto *gráfico* que representa hechos, sistemas, procesos o fenómenos de la realidad.”

“Modelo *verbal*” = “Objeto *verbal* que representa hechos, sistemas, procesos o fenómenos de la realidad.”

- **“Modelamiento”, “modelación”, “modelización” (“modelizar”, RAE).**

- Normalmente el modelo tiene **cualidades** (tamaño a escala, simplicidad, simbolización precisa, esquematicidad, visualidad) que lo vuelven **más apto** para ser **estudiado** (**manipulado, analizado o comprendido**), en comparación con aquello que el modelo representa. El estudio del modelo permite el **conocer** aspectos de lo que el modelo representa y **que no se puede (o es muy difícil) conocer directamente.**

## Realidad:

Hecho

Sistema

Proceso

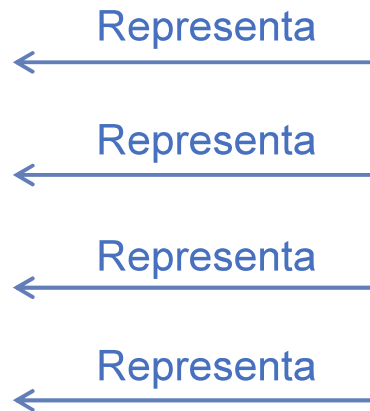
Fenómeno



Análisis

Manipulación

Comprensión



## Modelo:

Hecho

Sistema

Proceso

Fenómeno



**Objeto**  
(material,  
matemático,  
gráfico,  
verbal)



Análisis

Manipulación

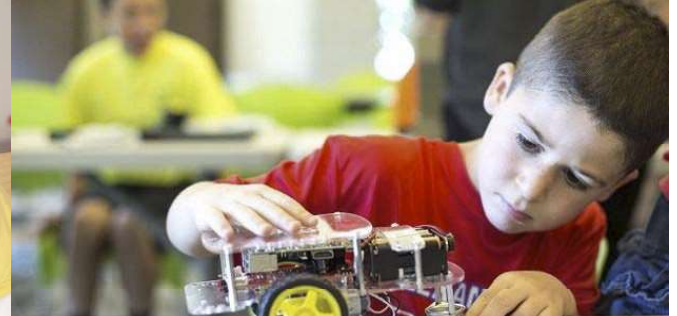
Comprensión





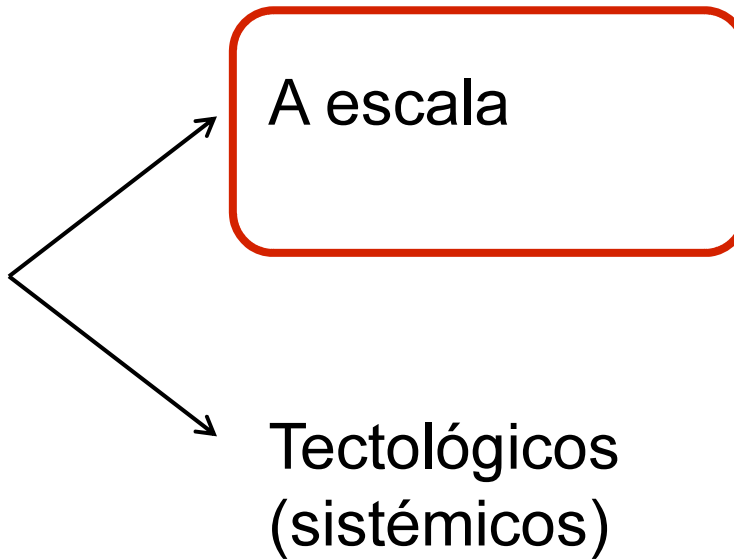
# Modelos físicos

# Juguetes (modelos físicos) de infancia...



## Juguetes de adultos...

- Modelos físicos



# Maquetas arquitectónicas

- Representación física a escala reducida (“modelo a escala”)

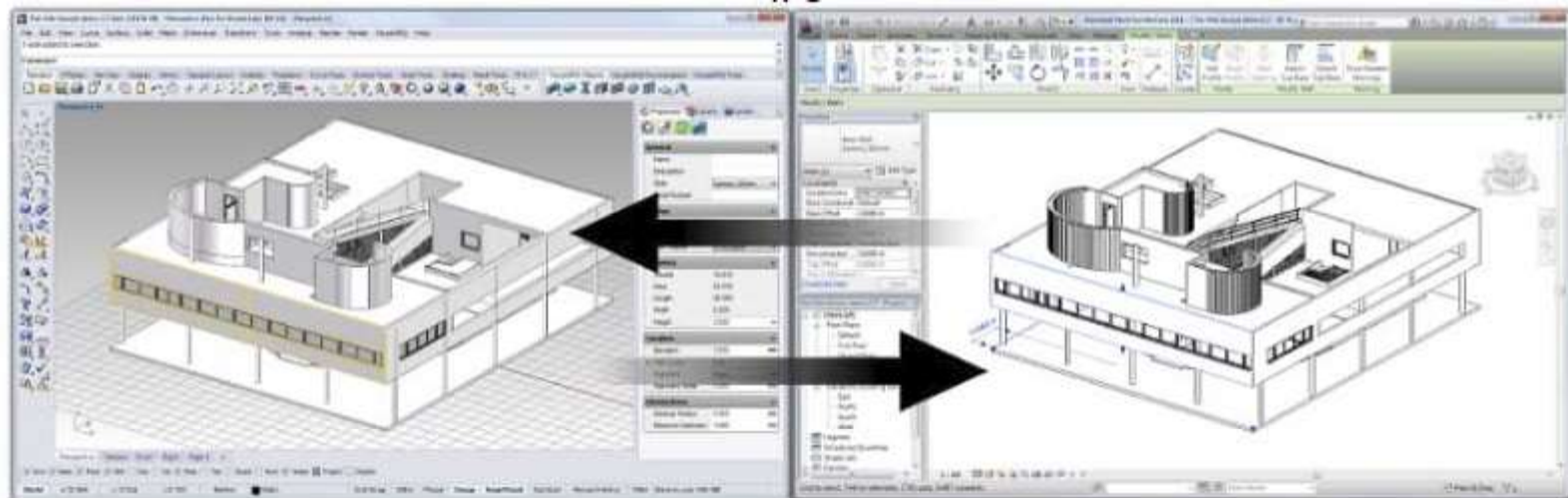
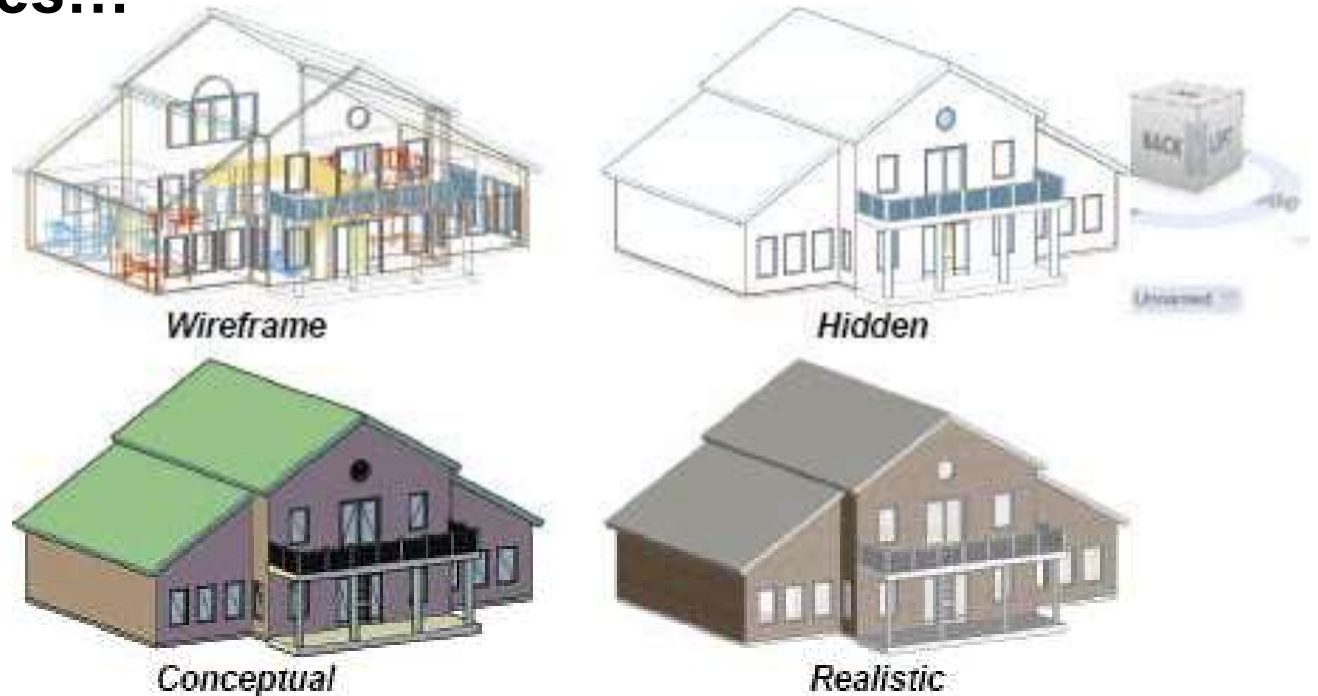
- Evaluar coherencia interna (“interacción de volúmenes”).
- Visualizar el todo (comprensión).
- Predicción.
- Comunicación (explicar un diseño complicado a otros).





# Modelos arquitectónicos computacionales...

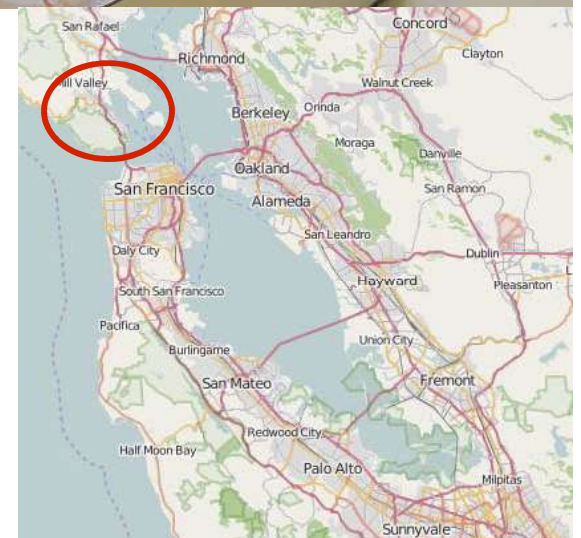
¿Qué tanto importa que el modelo sea “experimental” (“físico”)?





## U.S. Army Corps of Engineers Bay Model

(San Francisco Bay and Sacramento-San Joaquin River Delta System)







**Modelos físicos a escala  
reducida**





NASA wind tunnel



Kirsten Wind Tunnel, a  
subsonic wind tunnel at the  
University of Washington



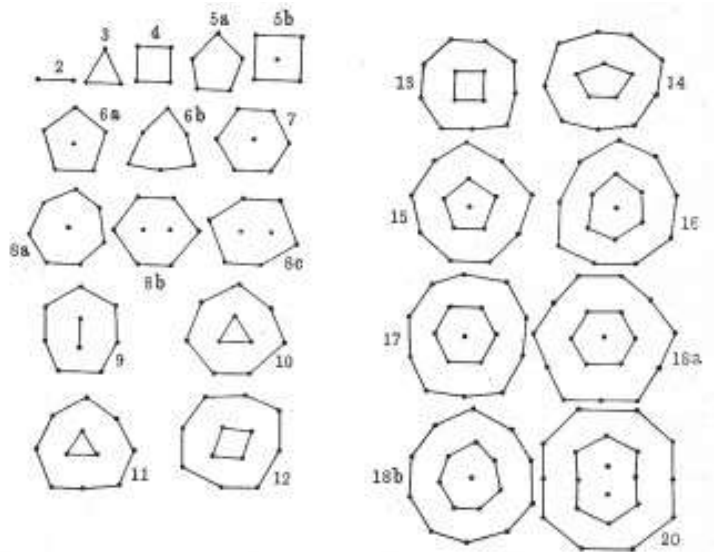
## Modelo análogo (modelo físico práctico)

- represas,
  - puentes,
  - esclusas,
  - puertos,
  - aeronaves en túneles de viento,
  - vertedero y la cuenca de disipación
- 
- **Hidráulica**
  - **Ingeniería estructural**
  - **Aeronáutica**
  - **Geología**
  - ***Cosmología...?***



Modelado de capas geológicas en Instituto Geofísico AS CR, República Checa.

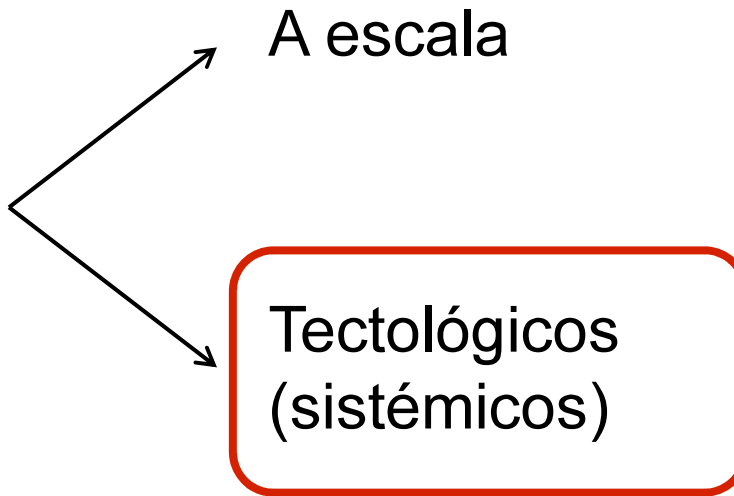
- R. Mayer → experimentos explicando el **equilibrio posible de los electrones en un átomo** por medio de un electromagneto y **magnetos delgados flotando**.



- ¡Aumento de escala! → Escala susceptible de manipulación (experimentación)

# Modelos experimentales

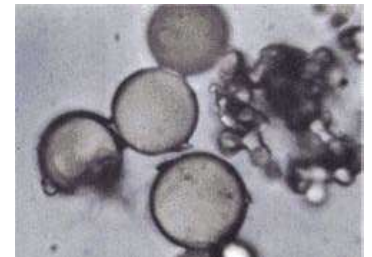
- Modelos físicos



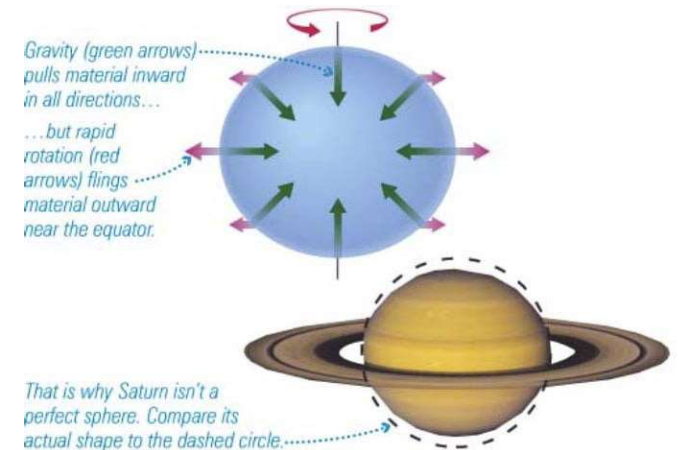
## *La tectología experimental (experimentos organizacionales)*

*[Alexander Bogdanov]*

- **Vida artificial:**
- Experimento de “células artificiales” (G. Quincke, O. Buetschli, mezcla de coloides similares a protoplasma vivo)
- Reproducción de reacciones motoras.
- “¿**A qué campo de la ciencia** deberían estos experimentos ser referidos? ¿**A la biología?** Pero su sujeto de estudio son los cuerpos vivos y los fenómenos de la vida, los cuales aquí se carecen. ¿**A la física de los cuerpos coloidales?** Pero el significado completo y búsqueda de estos experimentos quedan fuera de su cometido: el caso apunta a una nueva elucidación, **una nueva interpretación de los procesos de la vida**” (Bogdánov 1913)



- J. Plato → experimentos que reproducen el aspecto de los **anillos de Saturno**.
- Rotación de una esfera líquida en un medio que lo balancea (del mismo peso específico).
- “De nuevo, ¿en **qué campo de la ciencia** cae este experimento? Ni la hidrodinámica ni la cosmología... Pertenece esencial y enteramente a la **ciencia organizacional**”



A Vortex is created by rotation water sphere

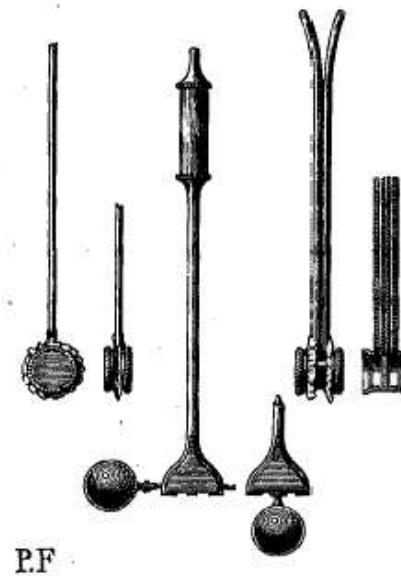
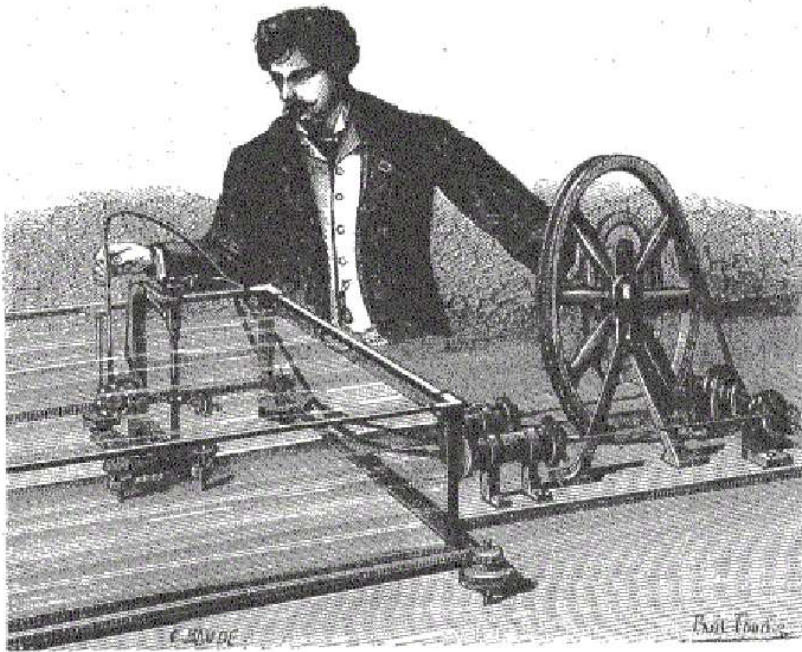
The less dens particles are attracted to the inside.

The more dense particles are ejected to the exterior.

**Rotating Sphere of Water in Microgravity**



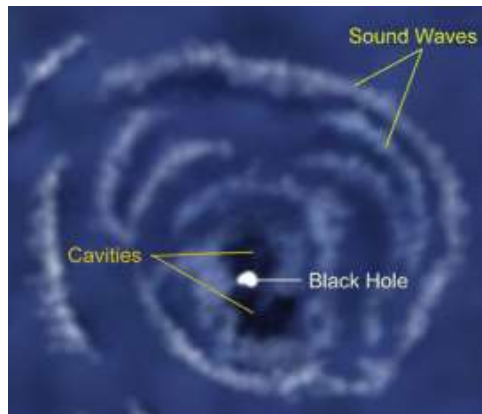
- C. A. Bjerkes (1825–1903) → modelos hidrodinámicos reproducen propiedades de polos y corrientes eléctricas.



Instrumentos usados para los experimentos hidro-dinámicos. A la izquierda las esferas, dando efectos tipo-magnéticos. A la derecha baterías cubiertas de goma, produciendo efectos eléctricos.

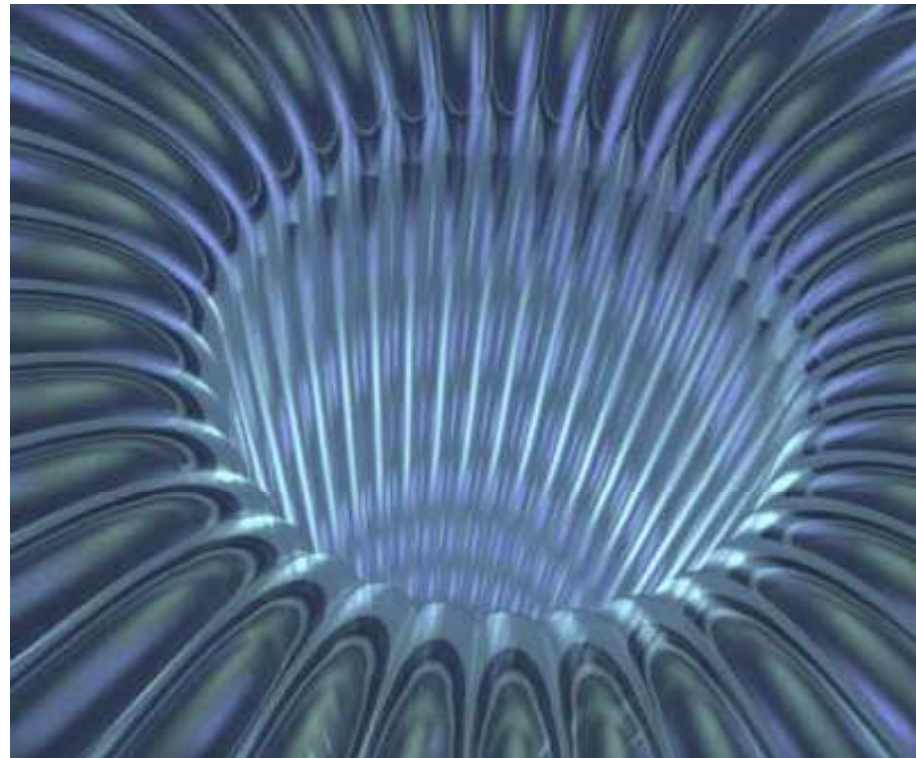
# Agujero mudo (o *dumbhole*) (“agujero negro sónico”)

Predicho en 1981 (primer experimento en 2009)



## “Analogue gravity”

(*acoustics* in a moving **fluid**, **superfluid** helium, or **Bose–Einstein condensate**; *gravity waves* in **water**; and propagation of electromagnetic waves in a **dielectric medium**)



# Modelos experimentales

- Modelos físicos

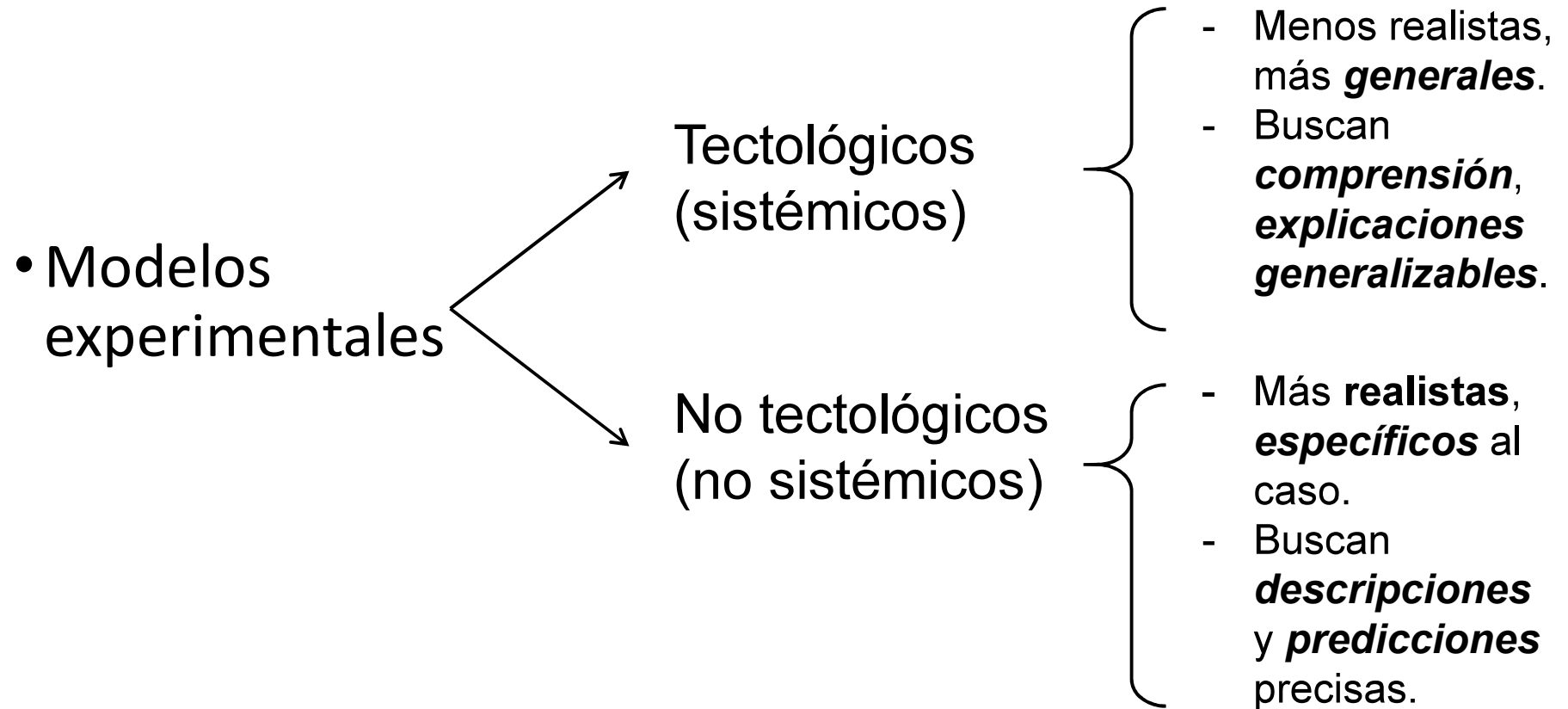


- **Ventaja:** se incluyen en el modelo **variables ocultas** (y/o **incontrolables**)!!
- (*Puede* aumentar el **realismo** del modelo)

- Modelos conceptuales



# Modelos experimentales



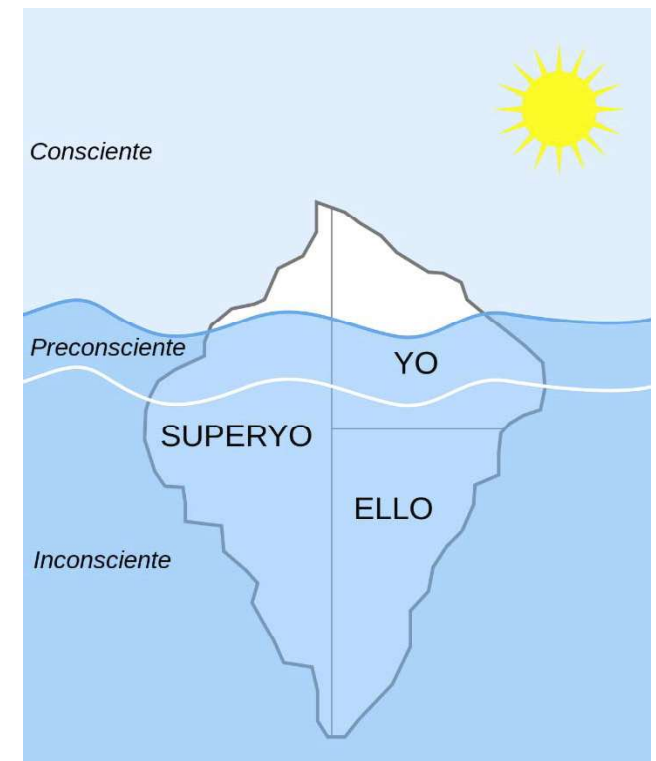
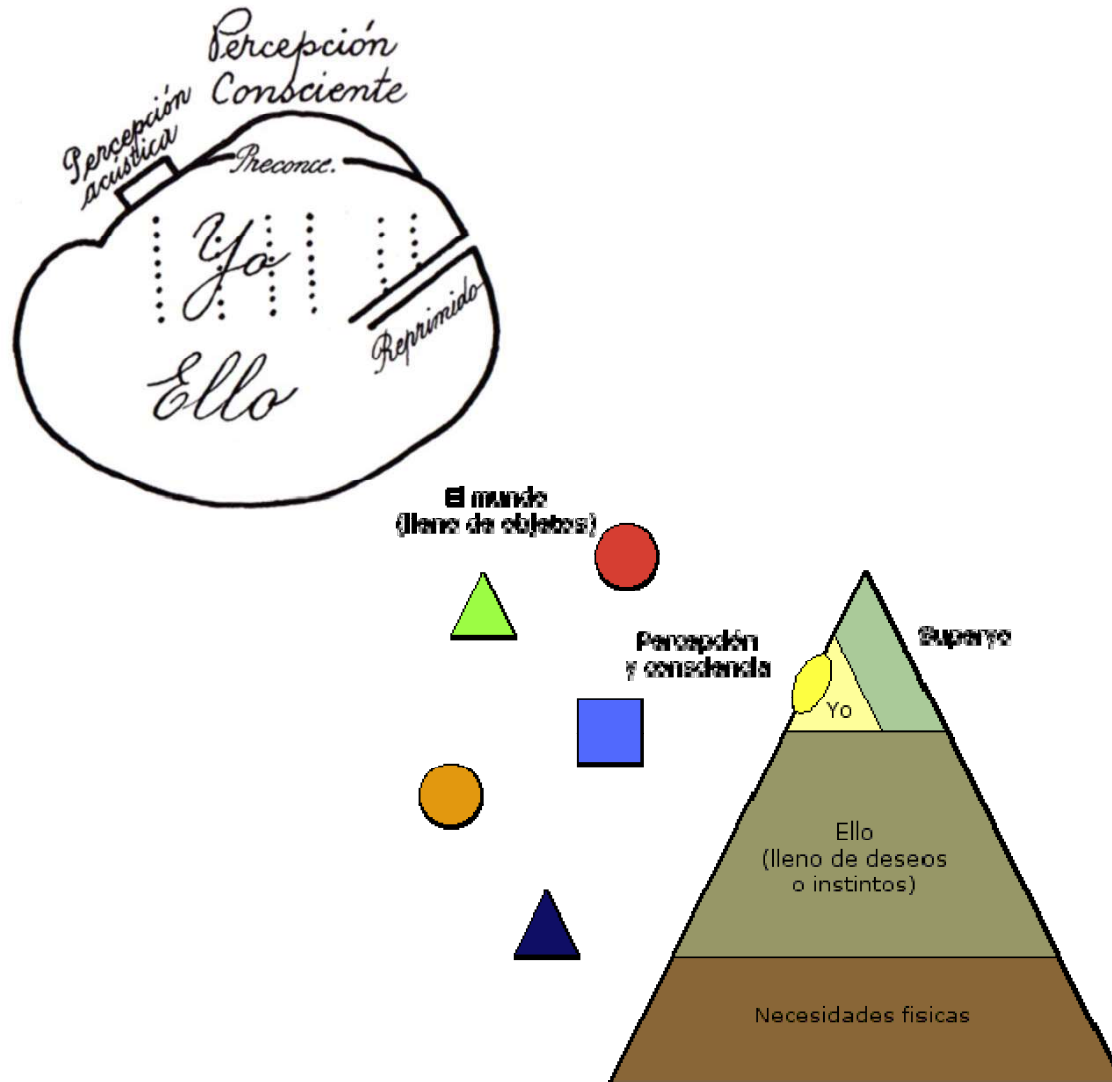
# Modelos verbales

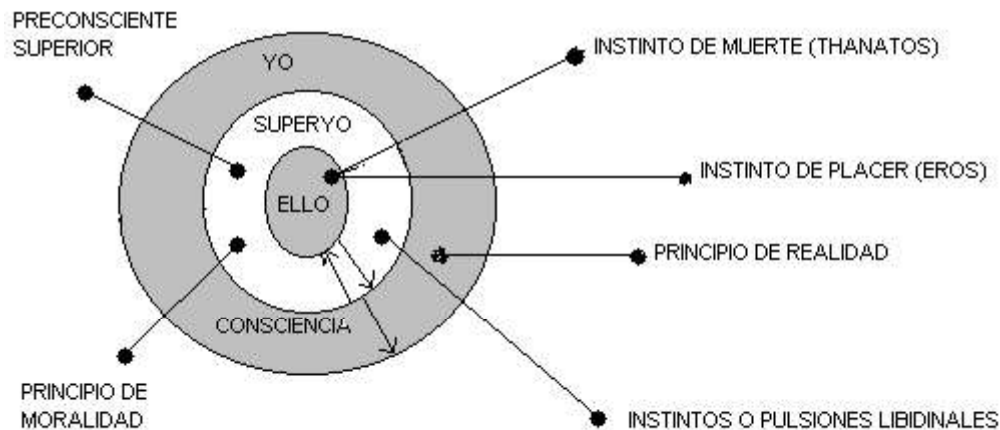
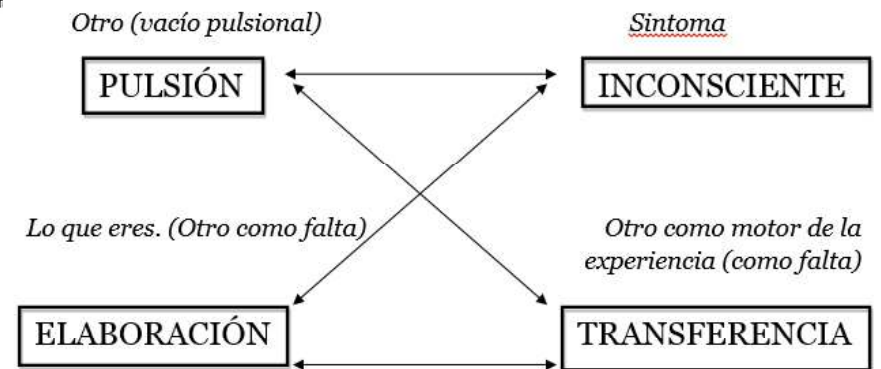
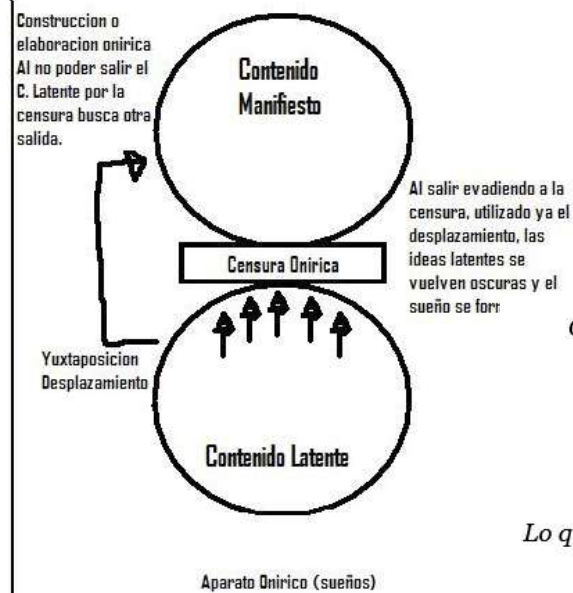
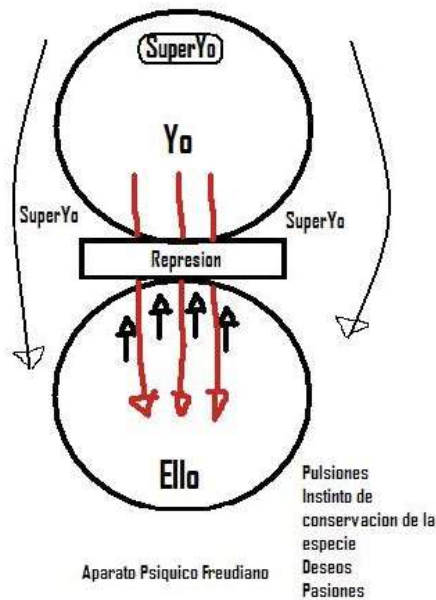
# Modelos verbales

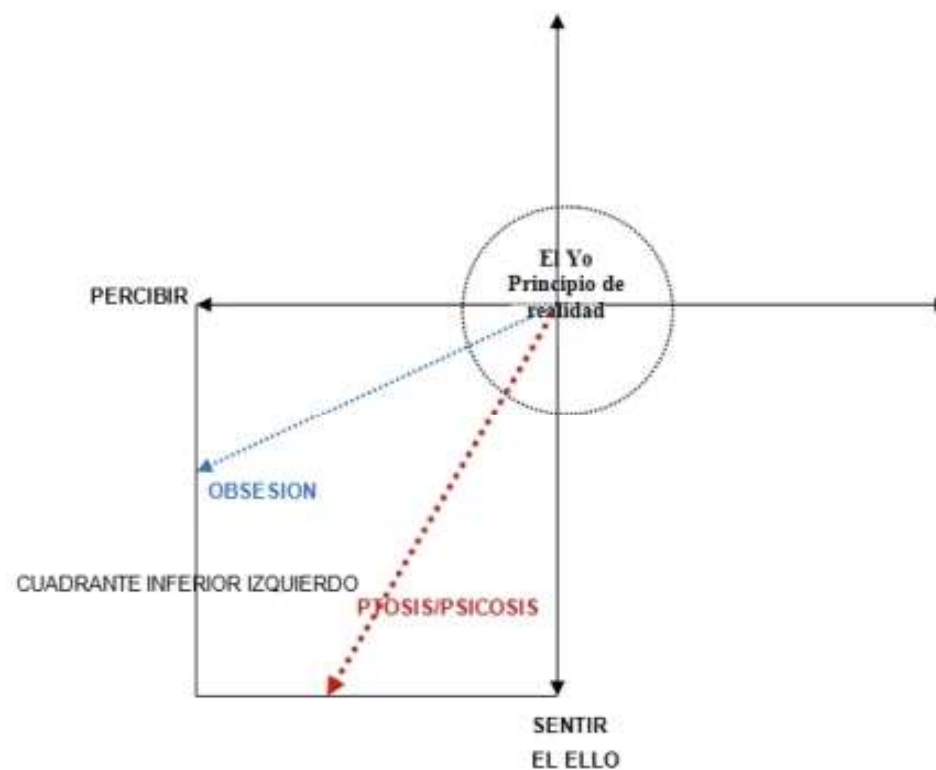
- “Pero también lo reprimido concluye con el **Ello** hasta el punto de no constituir sino una parte de él. En cambio, se halla separado del **Yo** por las resistencias de la represión, y sólo se comunica con él a través del Ello... El **Yo** se esfuerza en transmitir a su vez al **Ello** dicha influencia del mundo exterior y aspira a sustituir el principio del placer, que reina sin restricciones en el Ello, por el principio de la realidad. La percepción es para el **Yo** lo que para el **Ello** el instinto... Pero el **Superyo** no es simplemente un residuo de las primeras elecciones de objeto del **Ello**, sino también una enérgica formación reactiva contra las mismas. Su relación con el **Yo** no se limita a la advertencia...” (Freud 1923, *El Yo y el Ello*)

# Modelos gráficos

# Modelos gráficos







# Modelos matemáticos y computacionales ("modelos formales")



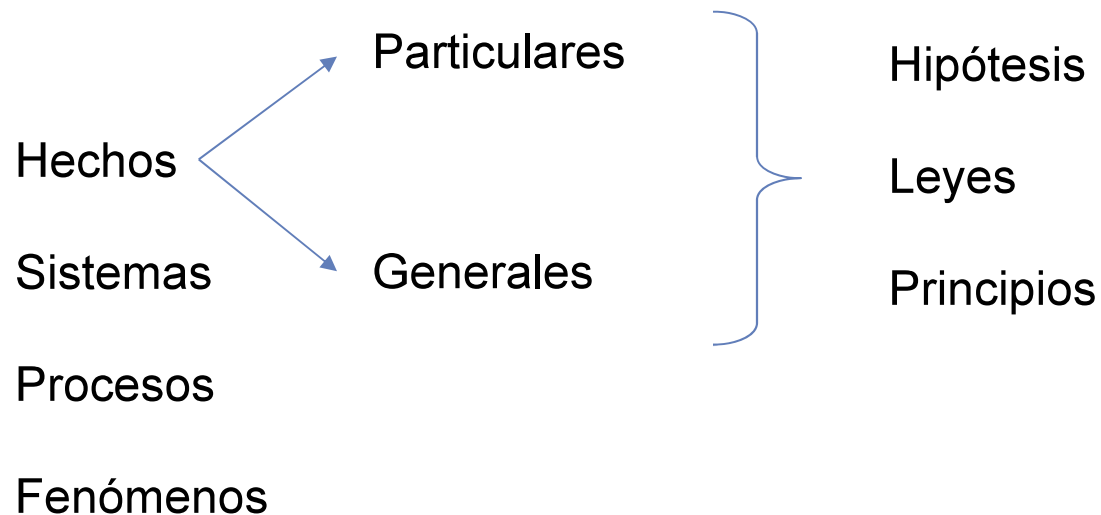
“En cada disciplina particular que estudia la naturaleza solo se puede hallar tanto de genuina ciencia cuanto hay de matemática en ella”

(Kant 1786, *Los principios metafísicos de la ciencia natural*)

“En situaciones donde los estudios experimentales directos son difíciles o imposibles, el modelamiento matemático ha probado ser indispensable para proveer un marco de trabajo unificado.”

(Gavrilets 2003, *Evolution and Speciation in a hyperspace*)

“Modelo *matemático*” = “Objeto *matemático* que representa hechos, sistemas, procesos o fenómenos de la realidad.”



Ecuación de Einstein  
(ecuación *algebraica*)

$$E = mc^2$$

Segunda ley de Newton  
(ecuación *diferencial*)

$$F = \frac{dp}{dt}$$

Principio de mínima acción  
(ecuación *integral*)

$$s = \int_{t_1}^{t_2} \mathcal{L}(q(\alpha), \dot{q}(\alpha), t) dt$$

“Modelo *matemático*” = “Objeto *matemático* que representa hechos, sistemas, procesos o fenómenos de la realidad.”

Hechos

Sistemas

Procesos

Fenómenos

Particulares

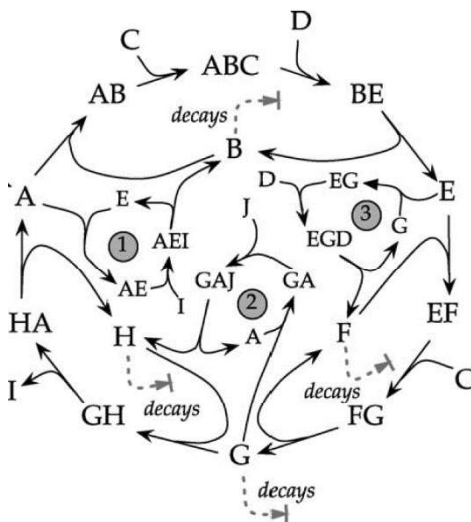
Generales

Componentes

Relaciones

Estructuras

Dinámicas

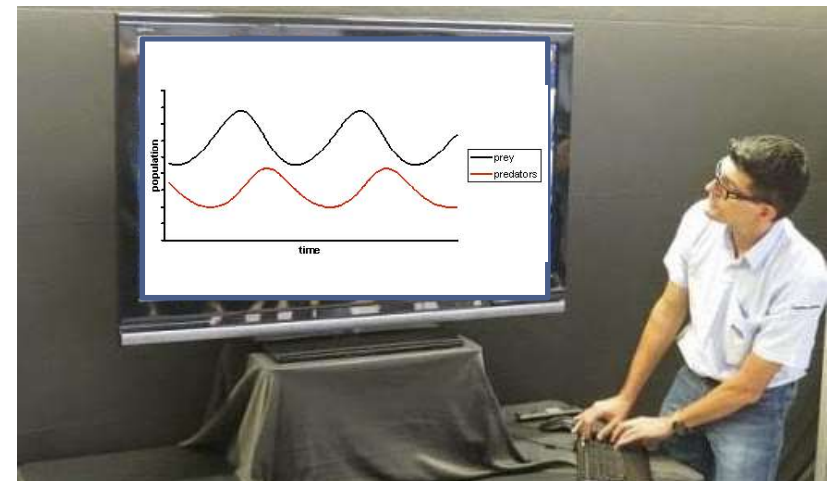


Presas:

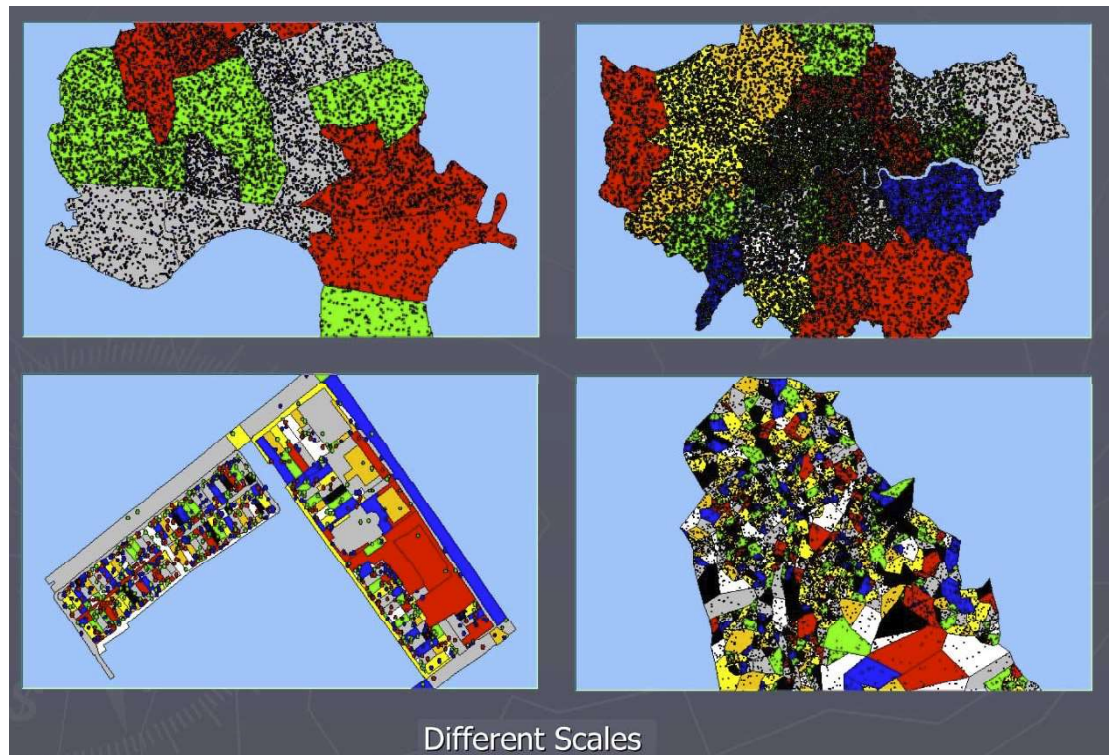
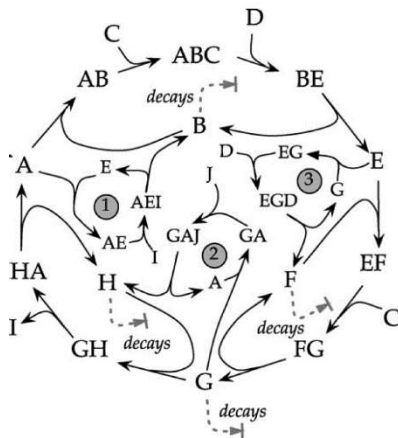
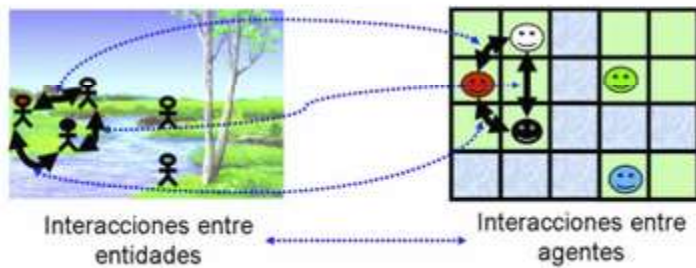
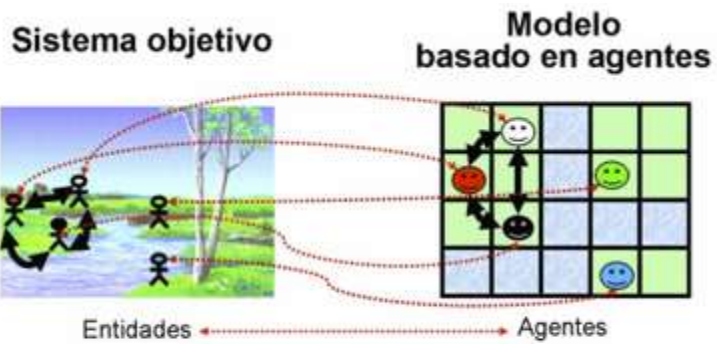
$$\frac{dx}{dt} = \alpha x - \beta xy$$

Depredadores:

$$\frac{dy}{dt} = \delta xy - \gamma y$$



# Modelos computacionales



## Realidad:

Hecho

Sistema

Proceso

Fenómeno

Representa

Representa

Representa

Representa

## Modelo:

Hecho

Sistema

Proceso

Fenómeno

**Objeto**  
(material,  
matemático,  
gráfico,  
verbal)



- Revisar coherencia lógica
- Derivar hipótesis para corroborarlas
- Evaluar intervenciones
- Derivar recomendaciones, etc.



Análisis

Manipulación

Comprensión



Análisis

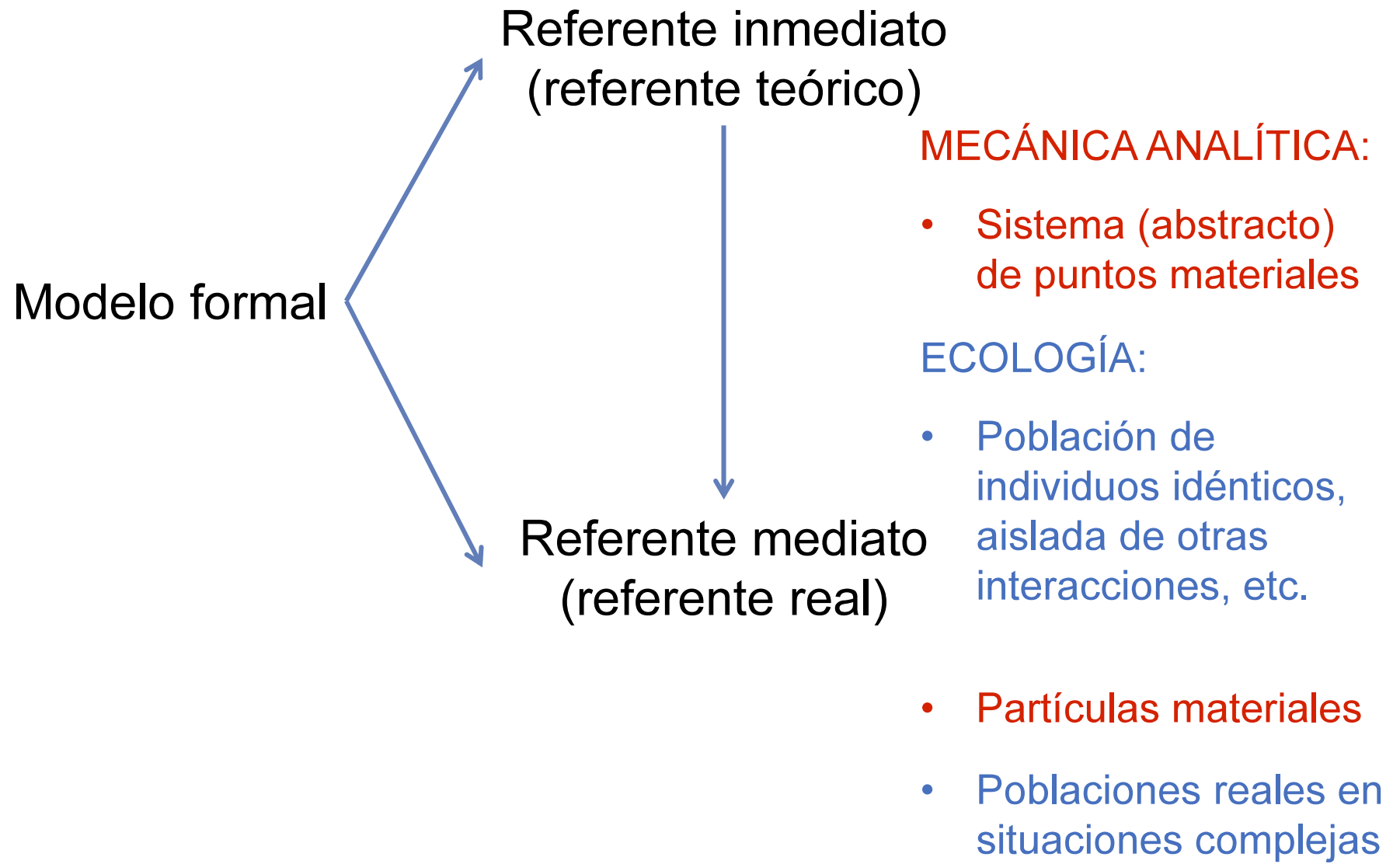
Manipulación

Comprensión

- Modelos verbales
- Modelos gráficos



- Modelos matemáticos
- Modelos computacionales





# Síntesis

- La **palabra “modelo”** etimológicamente significa **“forma (o manera) pequeña”** y denota a un **objeto particular** que sirve de **referencia** para **ser representado** (o imitado o reproducido) o a **una representación** particular de algo.
- En el ámbito **científico**, un modelo se puede definir como un **objeto (material o conceptual)** que **representa hechos, sistemas, procesos o fenómenos** de la realidad.
- Los modelos tiene **cualidades** (tamaño a escala, simplicidad, simbolización precisa, esquematicidad, visualidad) que lo vuelven **más apto** para ser **estudiado (manipulado, analizado o comprendido)**, en comparación con aquello que el modelo representa.

# Síntesis

- El **estudio del modelo** permite el **conocer** aspectos de lo que el modelo representa y que **no** se puede (o es muy difícil) **conocer directamente**.
- Los modelos físicos típicamente son versiones **a escala** de la **misma naturaleza** que el sistema que representa o experimentos de **diferente naturaleza** (modelos sistémicos o tectológicos).
- Entre los modelos **conceptuales** se incluyen los **verbales, gráficos, matemáticos y computacionales**.
- Los modelos pueden representar **hechos**, tanto particulares como generales, como **hipótesis, leyes y principios** y también **sistemas** (y sus **procesos y fenómenos**) .

# Síntesis

- El modelamiento matemático y computacional permite **evaluar la coherencia lógica** de hipótesis, **derivar hipótesis observables** a partir de hipótesis teóricas, **evaluar intervenciones** o **derivar recomendaciones** para el manejo de sistemas concretos, etc.
- Los **modelos verbales** y/o **gráficos** suelen ser **pasos previos** necesarios para el **modelamiento matemático** o **computacional**.
- Los modelos pueden interpretarse como representando un **referente real** o **mediato** y también como representando un **referente teórico** o **inmediato**. Este último es un referente **abstracto** simplificado que **representa** al **referente real**.