

***Introducción a la metodología de Simulación Social
mediante ordenador y su aplicación a la investigación social***

Master Técnicas de Investigación Social Avanzadas (TISA)

Octubre 2017

Francisco J. MIGUEL QUESADA
Laboratorio de Simulación de Dinámicas Socio-Históricas (LSDS-UAB)

¿Qué es un modelo informático de simulación?
 ¿Qué utilidad puede tener en mi investigación social?



Introducción a la Modelización de sistemas sociales

Laboratorio de Simulación de Dinámicas Socio-Historicas (LSDS-UAB)

(basado en LSDS-Module1)

<http://sct.uab.cat/llds/sites/sct.uab.cat.llds/files/LSDS_TrainingM1_IntroModelling-PRINT.pdf>

Actualización: Junio 2016

Contenidos

- 1.1. Causalidad en la investigación social.
- 1.2. Modelización como metodología de investigación.
- 1.3. Modelización basada en agentes (ABM): Caracterización, Uso para estudiar sistemas sociales, y herramientas ABM.

Lecturas:

GOLDTHORPE, John H. (2001) Causation, Statistics, and Sociology. *European Sociological Review*, 17(1): 1-20.

MACY, Michael W. & WILLER, Robert (2002) From Factors to Actors: Computational Sociology and Agent-Based Modeling. *Annual Review of Sociology*, 28: 143-166 (doi: 10.1146/annurev.soc.28.110601.141117).

1.1. Causalidad en la investigación social:

Idea clásica de causalidad

“succession, covariation, and contiguity”

(David Hume, s.XVII)



David Hume

3 casos de causalidad (*basado en Holland, 1986*)

- A. David es un experto filósofo porque es hombre. (Attribute)
- B. David es un experto filósofo porque decidió estudiar duramente esta materia y así lo hizo. (Behaviour)
- C. David es un experto filósofo porque tuvo tutores y profesores le enseñaron de forma muy eficiente. (Conditions)

1.1. Causalidad en la investigación social: como Dependencia Robusta.

- *“X es una causa ‘genuina’ de Y en la medida en que se pueda demostrar que la dependencia de Y sobre X es robusta: es decir, no puede ser eliminada mediante la introducción de una o más variables en el análisis y por tanto de alguna manera está “controlada”.”*
(Goldthorpe, 2001: 2)
- Suppes, 1970; Granger, 1969; Simon, 1954; Kendall and Lazarsfeld, 1950)

$$X_i | C_i \implies Y_i \text{ (Granger)}$$

$$Z_i \implies X_i \implies Y_i \text{ (Lazarsfeld)}$$

1.1. Causalidad en la investigación social: como Dependencia Robusta.

Concepción subyacente en muchos de los análisis estadísticos de datos observacionales.

- **Cuestión:** Establecer las causas ciertas de ciertos efectos. Descartar el máximo de variables perturbadoras (=que reducen la correlación observada).
- **Crítica:** Causalidad resulta una cuestión exclusivamente de inferencia estadística, sin otros elementos relevantes como el conocimiento previo, o la teoría.
 - Se reclama *“predictibilidad de acuerdo con la teoría”* (Feigl, 1953; Bunge, 1979), o explicación profunda mediante *“objetivos, conocimiento, razonamientos y decisiones de individuos”* (Sen, 1986).
 - Incluso los estadísticos han destacado la limitación de no incorporar *“ninguna noción explícita de proceso subyacente ... en un nivel observacional más profundo que aquel que resulta implicado en el análisis inmediato de los datos”* (Cox and Wermuth, 1996: 220-21)

1.1. Causalidad en la investigación social: como Manipulación Consecuencial.

- *“Sólo pueden ser causas aquellos factores que pueden, al menos conceptualmente, servir como ‘tratamientos’ en experimentos: i.e. las causas deben ser manipulables en cierto sentido. A su vez, la indicación de una causación genuina es que si un factor causal X es manipulado entonces, dados los controles apropiados, se produce un efecto sistemático sobre la variable de respuesta Y ” (Goldthorpe, 2001: 4-5)*

Manipulatio (X_i) \implies Y_i

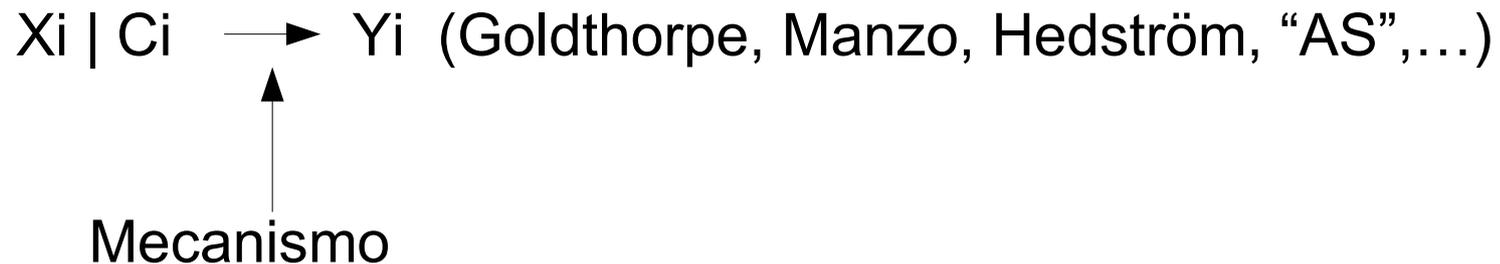
1.1. Causalidad en la investigación social: como Manipulación Consecuencial.

Concepción subyacente en muchos de los análisis comparativos de datos generados en laboratorios.

- **Cuestión:** Establecer los efectos ciertos de ciertas causas. Encontrar el mejor diseño experimental manipulativo.
- **Crítica:**
 - 1) El “*problema fundamental de la inferencia causal*” (FPCI de Holland, 1986a): Resulta imposible que en el mismo experimento una unidad sea expuesta y no expuesta al tratamiento. Requiere necesariamente de la asignación aleatoria de unidades a grupos.
 - 2) No se deberían evaluar factores causales imposibles de manipular, pero en Sociología muchos de ellos son atributos intrínsecos al sujeto -e.g., sexo- y si se cambian el sujeto es otro.
 - 3) *Efecto Hawthorne* en análisis de intervenciones sociales. Reactividad por parte de los sujetos que se saben observados y estudiados.
 - 4) En Sociología, buena parte de las explicaciones plausibles hacen referencia a cuestiones de agencialidad, que resultan imposibles de manipular (“*Ella hizo bien el examen porque estudió para ello*”).

1.1. Causalidad en la investigación social: como Proceso Generativo.

- *“La causalidad es una relación en la que un mecanismo produce su efecto, bajo condiciones apropiadas, debido a que está conectado con el efecto, tiene el poder de producirlo y es estimulado por las condiciones.”* (Harré & Madden, 1975)



“AS” denota “Analytical Sociology”. Sus practicantes reclaman repensar el papel de la causalidad en la explicación de los fenómenos sociológicos.

1.1. Causalidad en la investigación social: como Proceso Generativo.

Concepción subyacente en estudios sociales de variables latentes, explicaciones teóricas o simulación social.

- **Cuestión:** Proporcionar los mecanismos subyacentes que generan el fenómeno estudiado.
- **Crítica:**
Distintos mecanismos, o combinaciones de ellos, pueden generar el mismo efecto.

Hasta la fecha no ha producido mejores predicciones que otras estrategias.

1.1. Causalidad en la investigación social

- Como Dependencia Robusta (análisis estadístico).
- Como Manipulación Consecuencial (diseño experimental).
- Como Proceso Generativo (modelos explicativos).

La simulación social asume una combinación de las nociones “manipulativistas” y “generativista” de la causalidad social.

1.2. Modelización como metodología de investigación.

- Tipos de modelos: físicos, matemáticos y computacionales.
- ¿Por qué usar cada uno de ellos?
- ¿Cómo utilizar modelos de simulación en investigación social?

¿Qué es un “modelo”?

RETO

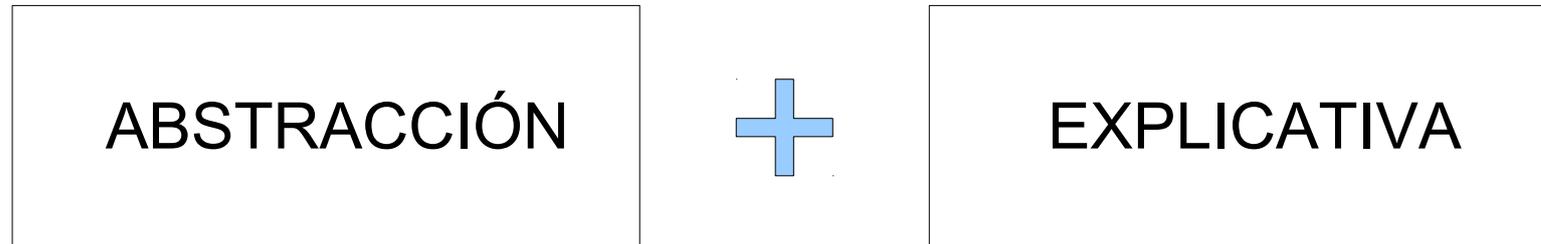
Utilizar una hoja de papel (dinA4) para construir un modelo que ayude a comprender cómo transmitir la información “1234” desde donde os encontráis hasta donde se encuentra el conferenciante.

¿Qué es un “modelo”?



¿Qué es “modelizar”?

Una abstracción de un fenómeno del mundo real, realizada con la intención de explicar el funcionamiento de tal fenómeno.



¿Porqué es así?

¿Porqué cambia como lo hace?

¿Cómo funciona el proceso en conjunto?

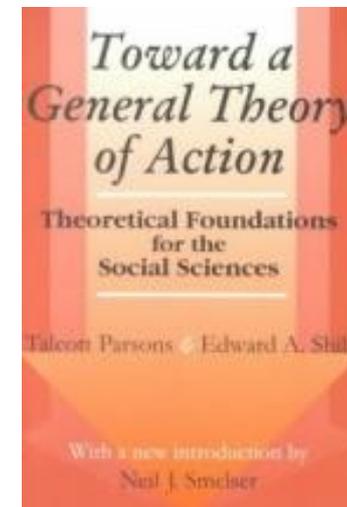
Tipos de modelos: Narrativos

Modelos Narrativos:

Frecuentes en la vida cotidiana, especialmente en procesos de socialización,...

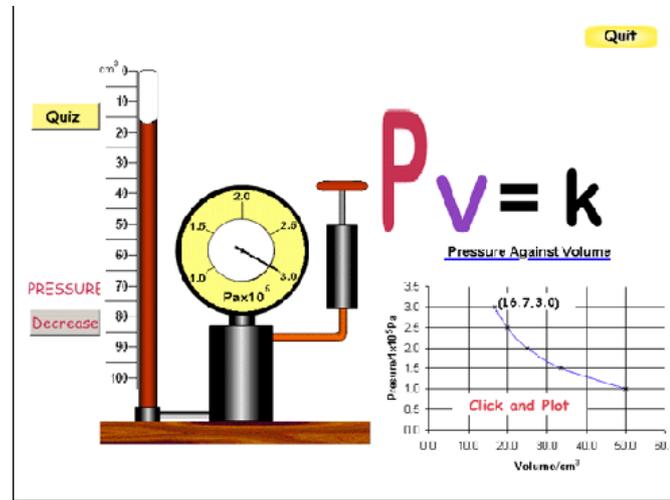


...y también en las Ciencias Sociales y en las Humanidades, en general.



Tipos de modelos: Formales

Modelos Formales:
 Frecuentes en Física
 (e.g., Ley de Boyle)...



...y también presentes en las
 CC. Naturales y Sociales
 (e.g., poblaciones Lotka-Volterra,
 matrimonio G.Beckett)

Growth rate for species 1

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(1 - \frac{N_1}{K_1} - \frac{\alpha_{12} N_2}{K_1} \right)$$

Growth rate for species 2

$$\frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \left(1 - \frac{N_2}{K_2} - \frac{\alpha_{21} N_1}{K_2} \right)$$

Tipos de modelos: Físicos

Modelos Físicos:

Frecuentes en ingeniería o diseño

(e.g., “dummies”, simuladores de partos)...



...también presente en Ciencias Sociales (e.g., Simuladores de Economía hidráulicos)

Tipos de modelos: Físicos en CC.SS

Models físicos en Ciencias Sociales

Simuladores de estrategia y juegos asociados

“Chaturanga / Chaturaji”



India c. AD 625

“Shatranj”



Persia s.VII

“Schacs”



Valencia c. 1500

“Xiangqi”

China s.XII



Tipos de modelos: Físicos en CC.SS

Modelos físicos en Ciencias Sociales

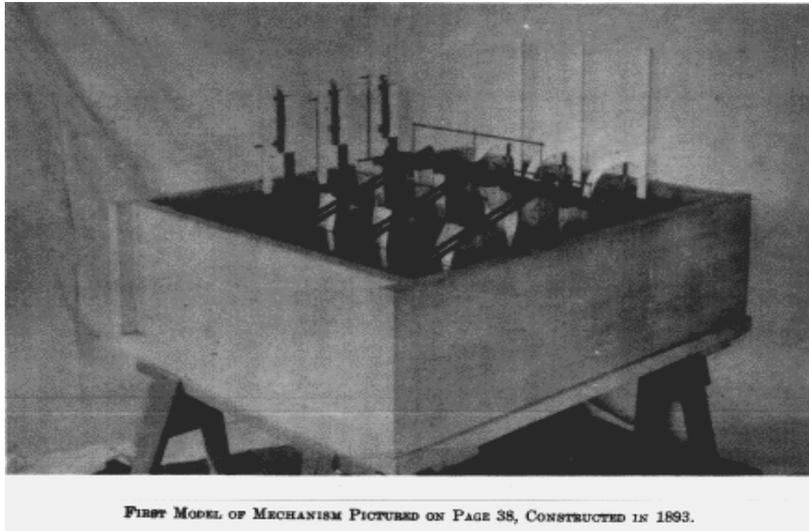
Simuladores de estrategia y juegos asociados



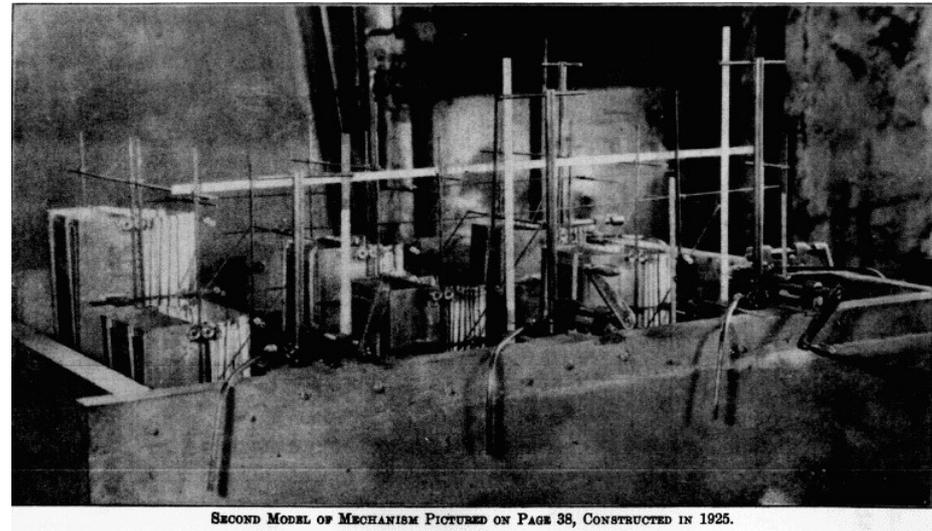
Tipos de modelos: Físicos en CC.SS

Modelos físicos en Ciencias Sociales

Simuladores de Economía contruidos por Irving Fisher,
 Flujo monetario = Flujo de agua



1893

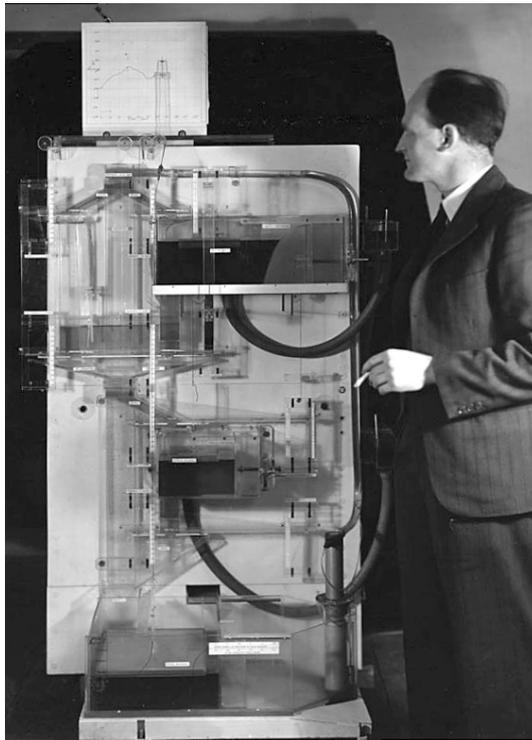


1925

Tipos de modelos: Físicos en CC.SS

Simuladores de Economía (W. Newlyn & Bill Phillips, 1949)

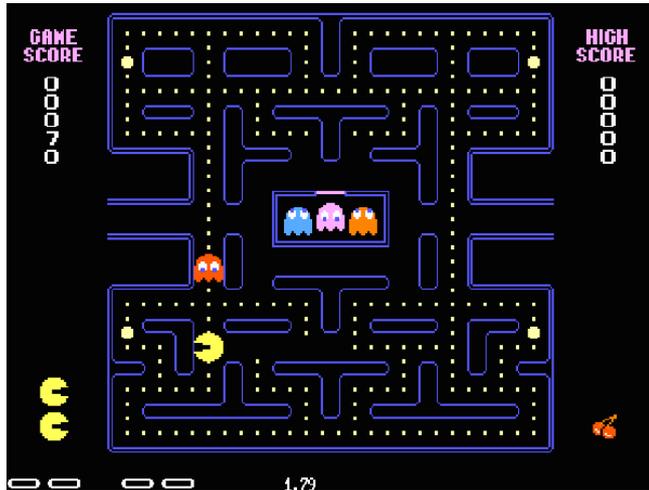
MONIAC (Monetary National Income Analogue Computer), o “computadora hidráulica de Phillips”, o Financefalógrafo.



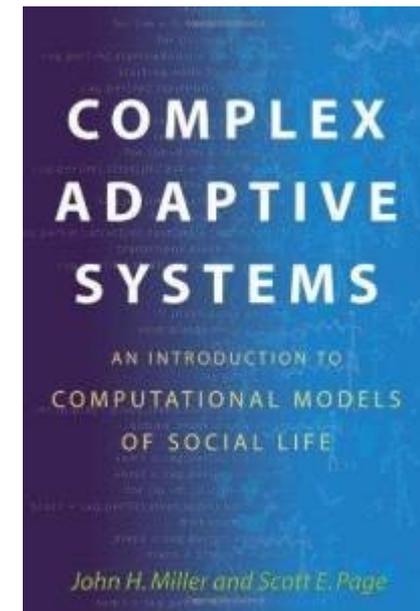
Tipos de modelos: Computacionales

Modelos Informáticos:

Frecuentes en Ingeniería, Militares, Arte y Entretenimiento...

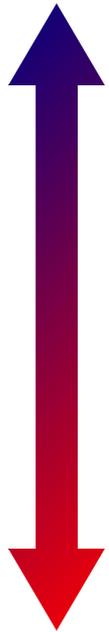


...actualmente presentes en cualquier ámbito de la investigación científica.

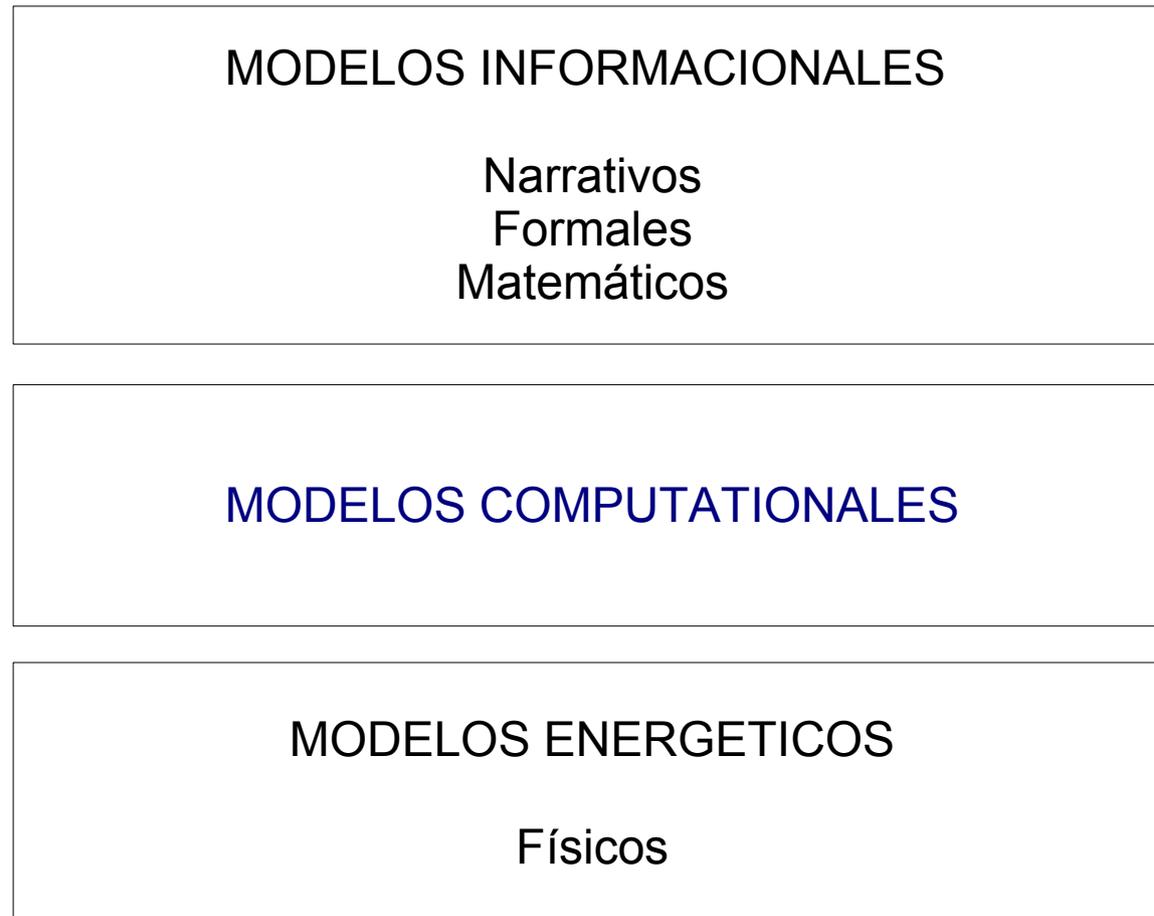


Tipos de modelos

(Simbólico)



(Material)



Modelos Computacionales



Informacional + Energética

CÓDIGO + DINÁMICA

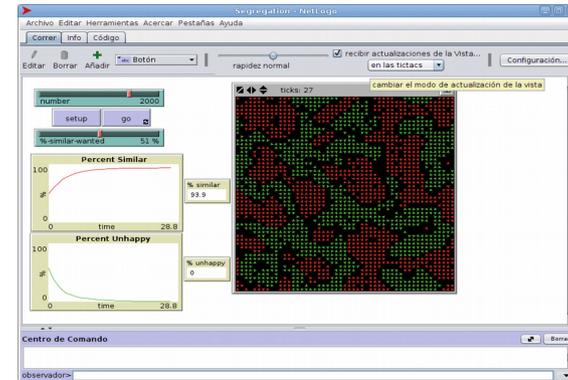
```

Segregation - NetLogo
Archivo Editar Herramientas Acerca Pestañas Ayuda
Correr info código
Buscar Comprobar Procedimientos Guía de forma automática
%habla 1
percent-similar ;; on the average, what percent of a turtle's neighbors
                ;; are the same color as that turtle?
percent-unhappy ;; what percent of the turtles are unhappy?

turtles own [
happy? ;; for each turtle, indicates whether at least %similar-wanted percent of
        ;; that turtle's neighbors are the same color as that turtle
similar-nearby ;; how many neighboring patches have a turtle with my color?
other-nearby  ;; how many have a turtle of another color?
total-nearby  ;; sum of previous two variables.
]

to setup
clear-all
if number > count patches
[ user-message word "This pond only has room for " count patches " turtles."
stop ]
;; create turtles on random patches.
ask n-of number patches
[ sprout 1
  [ set color red 1 ]
  [ turn half the turtles green
    ask n-of (number / 2) turtles
    [ set color green ]
  update-variables
  reset-ticks
end

to go
if all? turtles [happy?] [ stop ]
move-unhappy-turtles
update-variables
tick
end
    
```



Reglas + Resultados de (inter)acción

Fundamentos + Emergencia

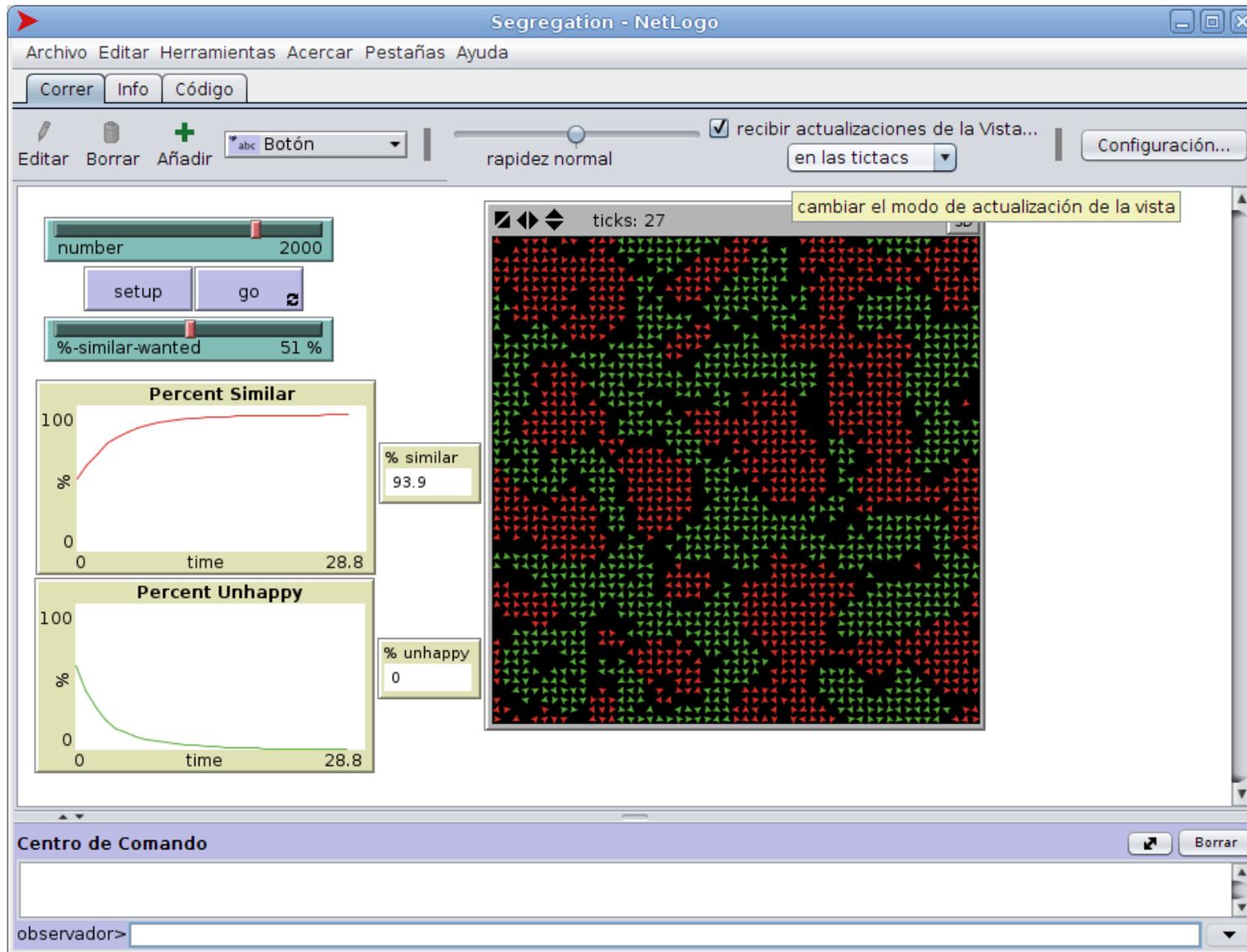
Modelo + Simulación

[setup] + [go]

Modelos Computacionales: CÓDIGO

El código del modelo Netlogo “Segregation” de Th. Schelling

Modelos Computacionales: DINÁMICA



Una ejecución (*run*) del modelo “Segregation” de Th. Schelling

Modelos Computacionales: DINÁMICA

Un ejemplo rápido de ejecución de modelo:

El modelo “Segregation” de Th. Schelling, implementado en Netlogo, puede ejecutarse “en línea” en cualquier dispositivo, accediendo a la URL:

<<http://www.netlogoweb.org/launch#http://www.netlogoweb.org/assets/modelslib/Sample%20Models/Social%20Science/Segregation.nlogo>>

Alternativamente...

- Acceder a la URL <<http://www.netlogoweb.org/launch>> (el nuevo sistema Web ejecución y desarrollo de modelos de simulación online de Netlogo)
- Esperar hasta que el sistema cargue un modelo (seleccionado al azar).
- En el desplegable “Search the Models Library”, hacer clic, y teclear “segregation” para buscar el modelo.
- Click sobre “Sample Models / Social Science / Segregation.
- Click al botón [setup] para crear una nueva sociedad artificial
- Click al botón [go] para ejecutar una simulación del modelo.

Modelos Computacionales: DINÁMICA

El modelo “Segregation” de Schelling, implementado online en Netlogo

Search the Models Library:

powered by NetLogo

density 95%

ticks: 10

go once

visualization square-x

Percent Similar

Number-unhappy

agents 2477

% similar 73.9

num-unhappy 7

% unhappy 0.3

ha seleccionado ningún archivo.

report: NetLogo HTML

Clic en botón setup para crear el mundo virtual

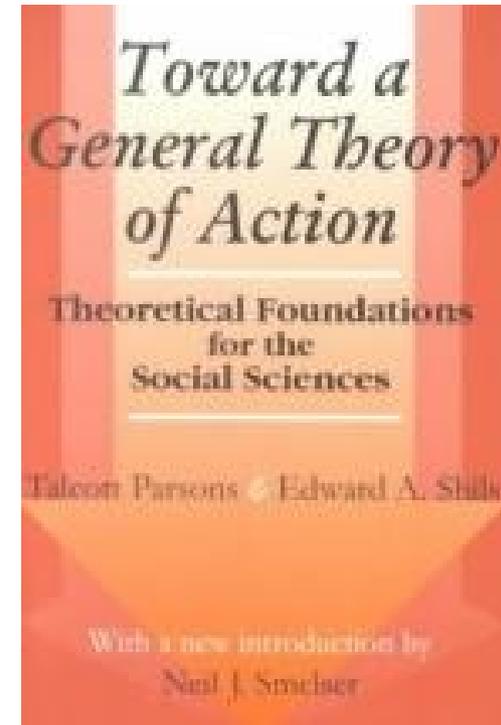
Clic en botón go para “ponerlo en marcha”

Visualizar los efectos agregados de las acciones individuales.

¿Por qué usar modelos narrativos?

Los modelos narrativos son:

- 1) Fáciles de comprender para un público general (suelen narrar una historia)
- 2) Los conceptos y relaciones deben ser precisos (sin ambigüedad):
 - ¿Cuanto es “un poco”?
 - ¿Cómo se mide la “influencia”?
- 3) Pero, son difíciles de comprobar o falsear.



¿Por qué usar modelos formales?

Los modelos formales, son:

- 1) Difíciles de comprender (usan formalismos que deben conocerse)
- 2) Fáciles de comprobar o falsear (análisis formal, o contraste empírico)
- 3) Los términos y los conectores son precisos (sin ambigüedad)

Growth rate for species 1

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(1 - \frac{N_1}{K_1} - \frac{\alpha_{12} N_2}{K_1} \right)$$

N_i : Número de individuos de la población i .

r_i : Tasa de crecimiento per-capita propia de la especie i .

K_i : Capacidad de carga del ambiente para la especie i .

α_{12} : Efecto de la población de la especie 2 sobre la especie 1.

Growth rate for species 2

$$\frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \left(1 - \frac{N_2}{K_2} - \frac{\alpha_{21} N_1}{K_2} \right)$$

¿Por qué usar modelos computacionales?

- 1) Fáciles de comprender (suelen generar una historia, o varias)
- 2) Relativamente fáciles de comprobar o falsear (según disponibilidad datos)
- 3) Todos los términos y conectores están especificados de forma muy precisa (*de otro modo, la simulation no se ejecutaría*).

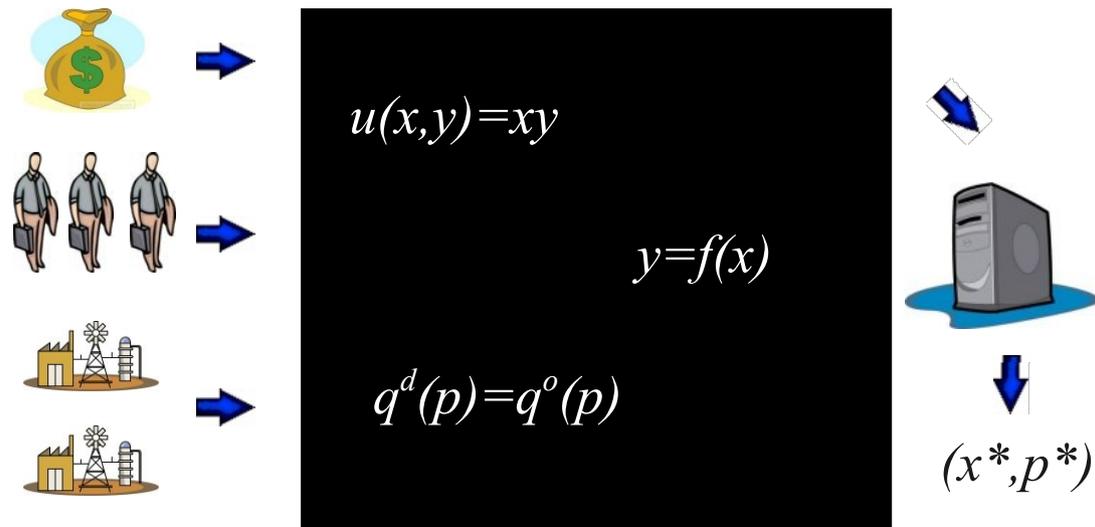
- Tienen ventajas propias de los otros 2 tipos de modelos.
- Dependen, en cuanto a la parte “simbólica”, del desarrollo de buenos fundamentos teóricos relativos a los fenómenos estudiados.
- Dependen, en cuanto a la parte “energética”, de la disponibilidad y la capacidad computacional del estado de desarrollo tecnológico.

¿Resultan de útiles dentro del proceso de investigación científica orientada a la determinación de la causalidad?

Computación Vs. Simulación

Computación: Encontrar soluciones a problemas usando técnicas computacionales y/o algoritmos para calcular estas soluciones.

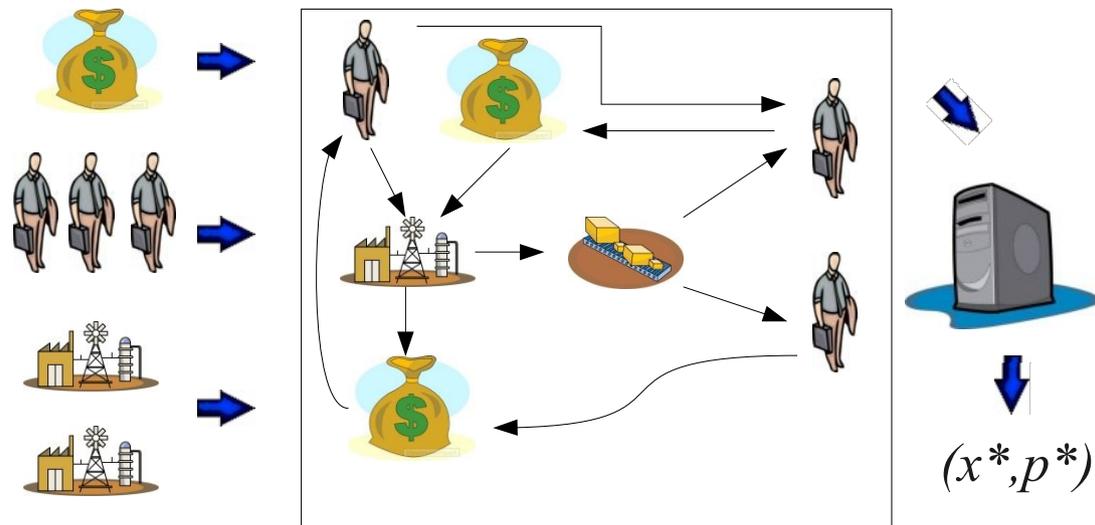
- “Caja negra”.
- El resultado FINAL es lo importante.
- El interés se concentra en la eficiencia, la convergencia, y en la solución correcta.



Computación Vs. Simulación

Simulación: Estudiar el comportamiento de un sistema mediante técnicas computacionales que simulan el comportamiento y la respuesta de sus componentes.

- “Caja de cristal”.
- Lo importante es el proceso en conjunto.
- El interés se concentra en la complejidad del sistema, en el ajuste de las simulaciones, en los patrones regulares que emergen.



Modelos de simulation: Principales usos

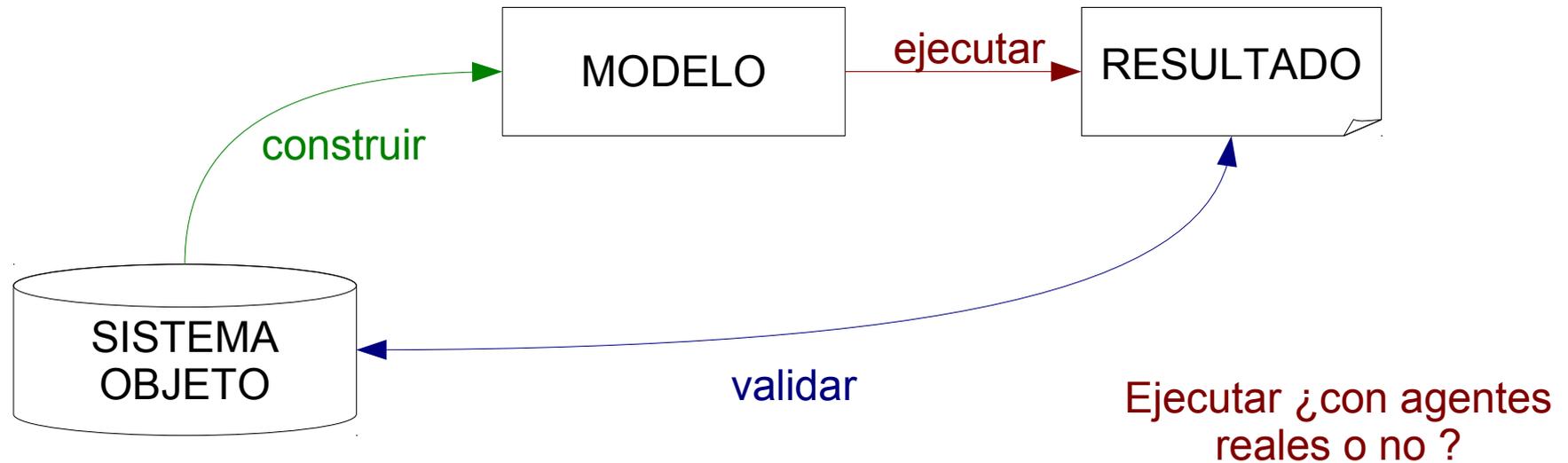
(Gilbert & Troitzsch, 2006) Reordenado según intención de control.

- Herramienta (sistemas expertos)
- Predicción (escenarios de prospectiva)
- Comprensión (de fenómenos del mundo real)
- Formalización (precisión, coherencia, y completitud)
- Aprendizaje (simuladores de vuelo, ...)
- Descubrimiento (consecuencias de sistemas artificiales)
- Entretenimiento (Juegos: SimCity, The Sims, MUDs...)

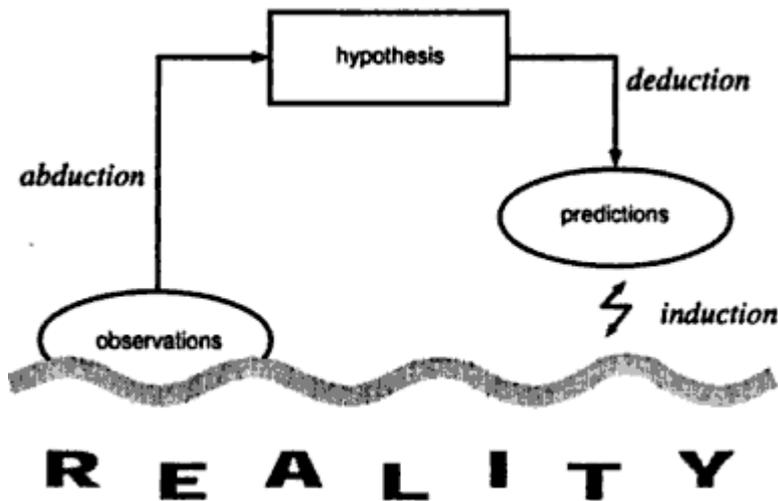
Gilbert, G. N. & Troitzsch, K. G. (2006). Simulación para las ciencias sociales: Una guía práctica para explorar cuestiones sociales mediante el uso de simulaciones informáticas. Madrid: McGraw Hill, 2ª ed.

¿Qué hacer con modelos?

- Construir un modelo == *“Teorizar”*
- Ejecutar un modelo == *“Observar” / “Medir”*
- Validar un modelo == *“Contrastar” / “Experimentar”*
- Usar un modelo == *“Predecir” / “Resolver problemas”*



Modelos de simulación en investigación (1): Causalidad como manipulación consecucional



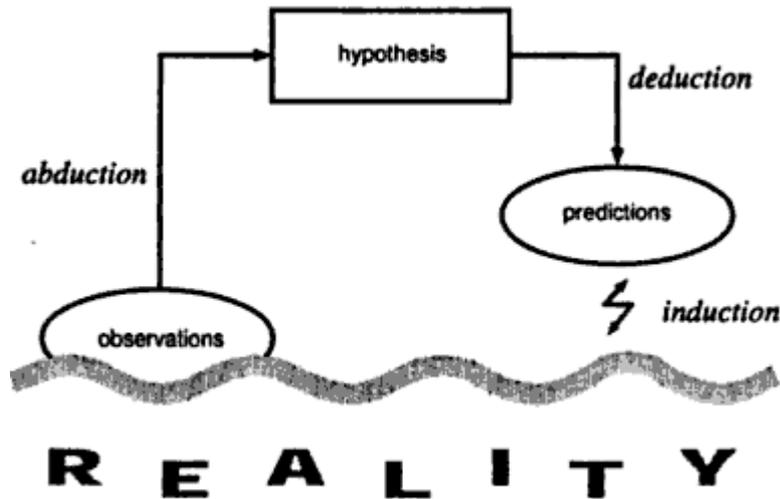
Flach & Kakas, 2000: 7, Figure 1,
after Peirce, 1958

Proceso de investigación científica

GENERAL	SIMULACION PARTICIPATIVA
Observación	Conocimiento experto observacional y/o teórico
Abducción	Construcción de modelo formal explicativo
Hipótesis	Hipótesis verificables
Deducción	Diseño de plan experimental
Predicciones	Diferencias significativas entre grupos de tratamiento / control
Inducción	Experimentación y recopilación de datos empíricos.

El objetivo de **usar** simulaciones para conseguir datos, es obtener el mejor conjunto de respuestas por parte de los sujetos experimentales..

Modelos de simulación en investigación (2): Causalidad como proceso generativo



Flach & Kakas, 2000: 7, Figure 1,
after Peirce, 1958

Proceso de investigación científica

GENERAL	SIMULACION
Observación	Conocimiento experto observacional y/o teórico
Abducción	Especificación / Prueba / Validación / Extensión del modelo
Hipótesis	Modelo (código informático)
Deducción	Ejecución de simulaciones (condiciones iniciales experimentales)
Predicciones	Resultados simulados
Inducción	Contrastación empírica

El objetivo de **construir** simulaciones es obtener el mejor modelo (*i.e.*, un conjunto sistemático de hipótesis explicativas “*in silico*”) a partir de conocimiento experto observacional o teórico.

Modelos de simulación en investigación

GENERAL	SIMULACION PARTICIPATIVA	SIMULACION CLÁSICA
Observación	Conocimiento experto observacional y/o teórico	Conocimiento experto observacional y/o teórico
Abducción	Construcción de modelo formal explicativo	Especificación / Prueba / Validación / Extensión del modelo
Hipótesis	Hipótesis verificables	Modelo (código informático)
Deducción	Diseño de plan experimental	Ejecución de simulaciones (condiciones iniciales experimentales)
Predicciones	Diferencias significativas entre grupos de tratamiento / control	Resultados simulados
Inducción	Experimentación y recopilación de datos empíricos.	Contrastación empírica
	Experimentos con sujetos reales respondiendo como agentes en una simulación, interactuando con el entorno y otros agentes virtuales.	Experimentos con agentes virtuales programados para seguir reglas de comportamiento que modelan los mecanismos explicativos.

Flach, P. A. & Kakas, A. C. (2000). On the Relation Between Abduction and Inductive Learning. In P. A. Flach, & A. C. Kakas (Eds.), Abduction and induction: essays on their relation and integration. Kluwer Academic Publishers.

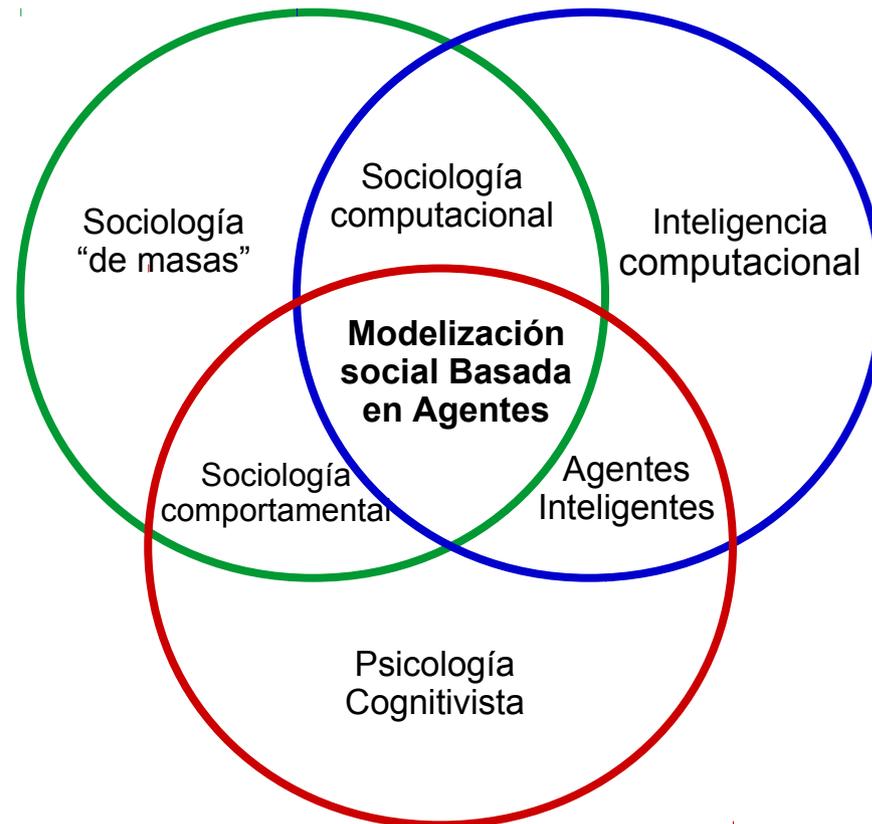
Peirce, Ch. S. (1958). Collected Papers of Charles Sanders Peirce. Cambridge, MA: Harvard University Press. Edited by C. Harstshorne, P. Weiss & A. Burks.



1.3. Modelización basada en agentes (ABM)

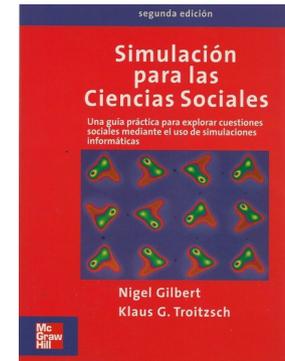
¿Qué es una modelización basada en agentes (ABM)?

¿Porqué es adecuado usar ABM para estudiar sistemas sociales?



ABM, ¿por dónde comenzar?

- UN ARTÍCULO [<www.casos.cs.cmu.edu/education/phd/classpapers/Macy_Factors_2001.pdf>](http://www.casos.cs.cmu.edu/education/phd/classpapers/Macy_Factors_2001.pdf)
 Una introducción a los modelos computacionales basados en agentes como estrategia de construcción de teoría sobre interacción social humana.
- UN LIBRO [<http://cress.soc.surrey.ac.uk/s4ss/>](http://cress.soc.surrey.ac.uk/s4ss/)
 Gilbert, N. & Troitzsch, K. (2005) Simulation for the Social Scientist (2nd edition). London: MacGraw-Hill,
- UNA REVISTA [<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/JASSS.html>](http://jasss.soc.surrey.ac.uk/JASSS.html)
 Journal of Artificial Societies and Social Simulation
- [<http://www.openabm.org/>](http://www.openabm.org/) OpenABM Consortium
 (Includes a growing collection of tutorials on computational modeling, frequently asked questions about computational modeling, a modeling library intended to provide a locus for authors and modelers to share their models, and forums for modeling related discussion and job postings.)
- UNA LISTA DE RECURSOS
- UN WEB-BLOG [<http://www.agent-based-models.com/blog/>](http://www.agent-based-models.com/blog/) (Aims to become an information hub for ABM, and also to promote discussion of the methodological and philosophical foundations of agent-based modeling. [University of California, Davis, Psychology])
- UNA ASOCIACIÓN [<http://www.essa.eu.org/>](http://www.essa.eu.org/) European Social Simulation Association
 (Promotes the development of social simulation research, education and application in Europe)

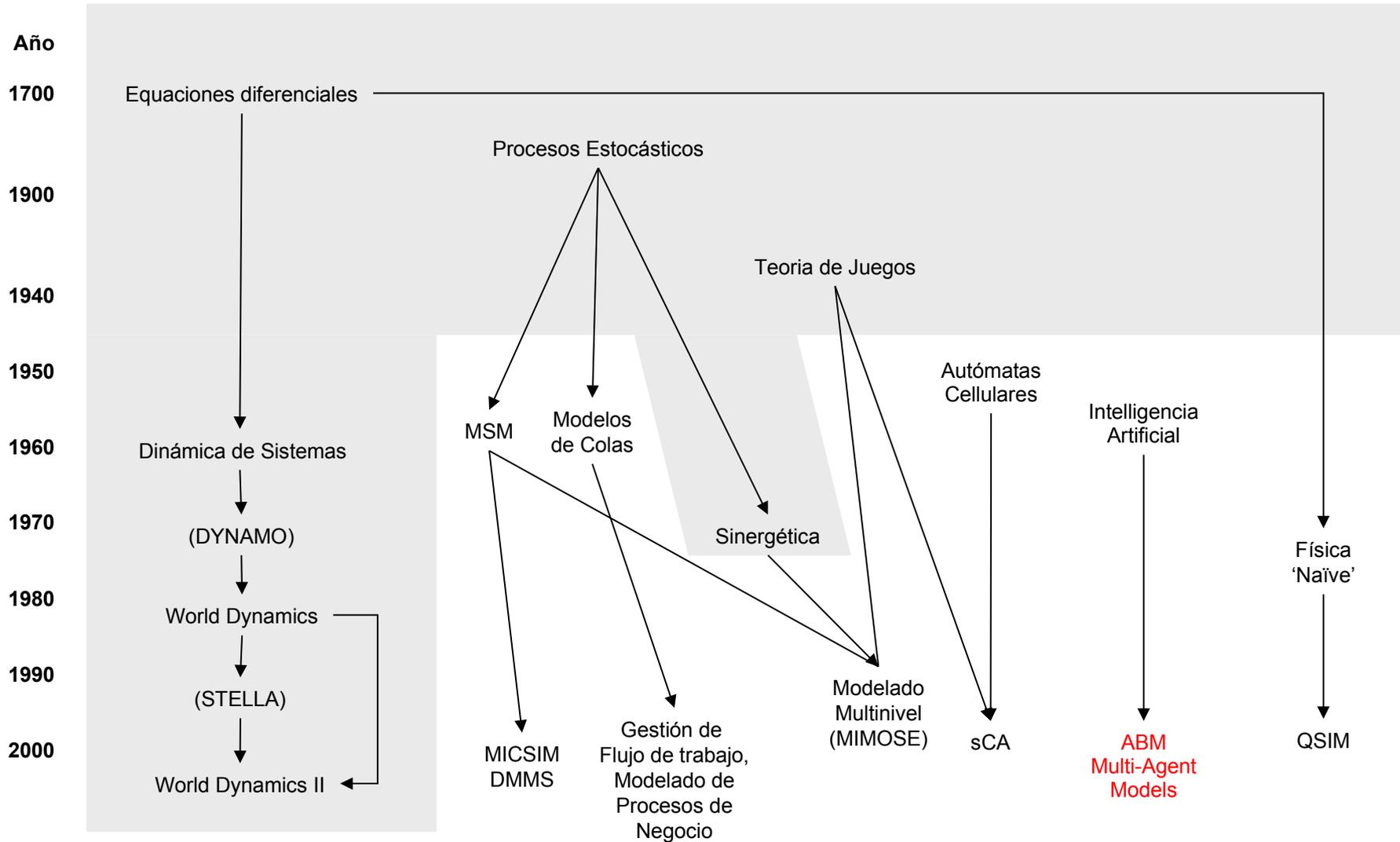


Modalidades de Simulación Social

Comparación de técnicas de simulación en CC. Sociales (Gilbert & Troitzsch, 2006)

	Número de niveles	Comunicación entre agentes	Complejidad de agentes	Número de agentes
Dinámica de Sistemas	1	No	Baja	Uno
Microsimulación	2	No	Alta	Muchos
Modelos de colas	1	No	Baja	Muchos
Simulación Multinivel	>1	Puede	Baja	Muchos
Autómatas celulares	2	Sí	Baja	Muchos
Modelos multi-agente	>1	Sí	Alta	Bastantes
Modelos Aprendizaje	>1	Puede	Alta	Muchos

Historia de la Simulación Social



Desarrollo de aproximaciones a la simulación en las ciencias sociales (Troitzsch 1997)

Tres modalidades de Simulación Social

Dinámica de Sistemas

Niveles: 1 (Población)

Entidades: 1

NO comunicación

Dinámica:
Ecuaciones Diferenciales

Nivel de Población
+
Sistema de Ecuaciones
+
Tiempo (run)
=
Niveles de Pobl. Actualiz.

Microsimulación

Niveles: 2 (Ind.+Pob.)

Entidades: Muchas

NO comunicación

Dinámica:
Tablas de Transición

Micro-base de
atributos individuales
+
Probabilidades de sucesos
+
Tiempo (Prob.)
=
Atributos de agentes act.

Simulación ABM

Niveles: ≥ 2

Entidades: Muchas

Interacción entre Agentes

Dinámica:
Reglas de Acción

Conjunto de Agentes
+
Reglas comportamiento
+
Interacción (tiempo)
=
Atributos de agentes act.

Tres modalidades de Simulación Social

Dinámica de Sistemas

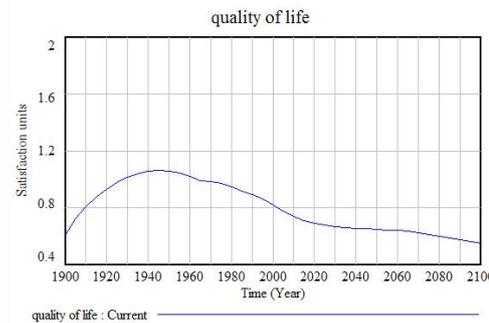
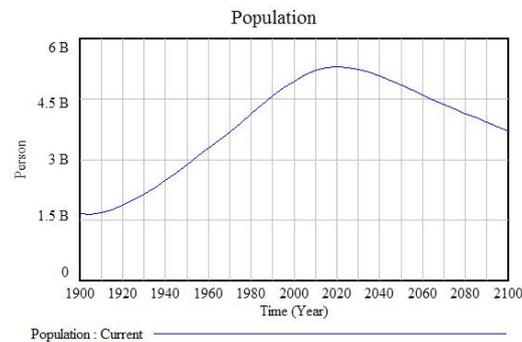
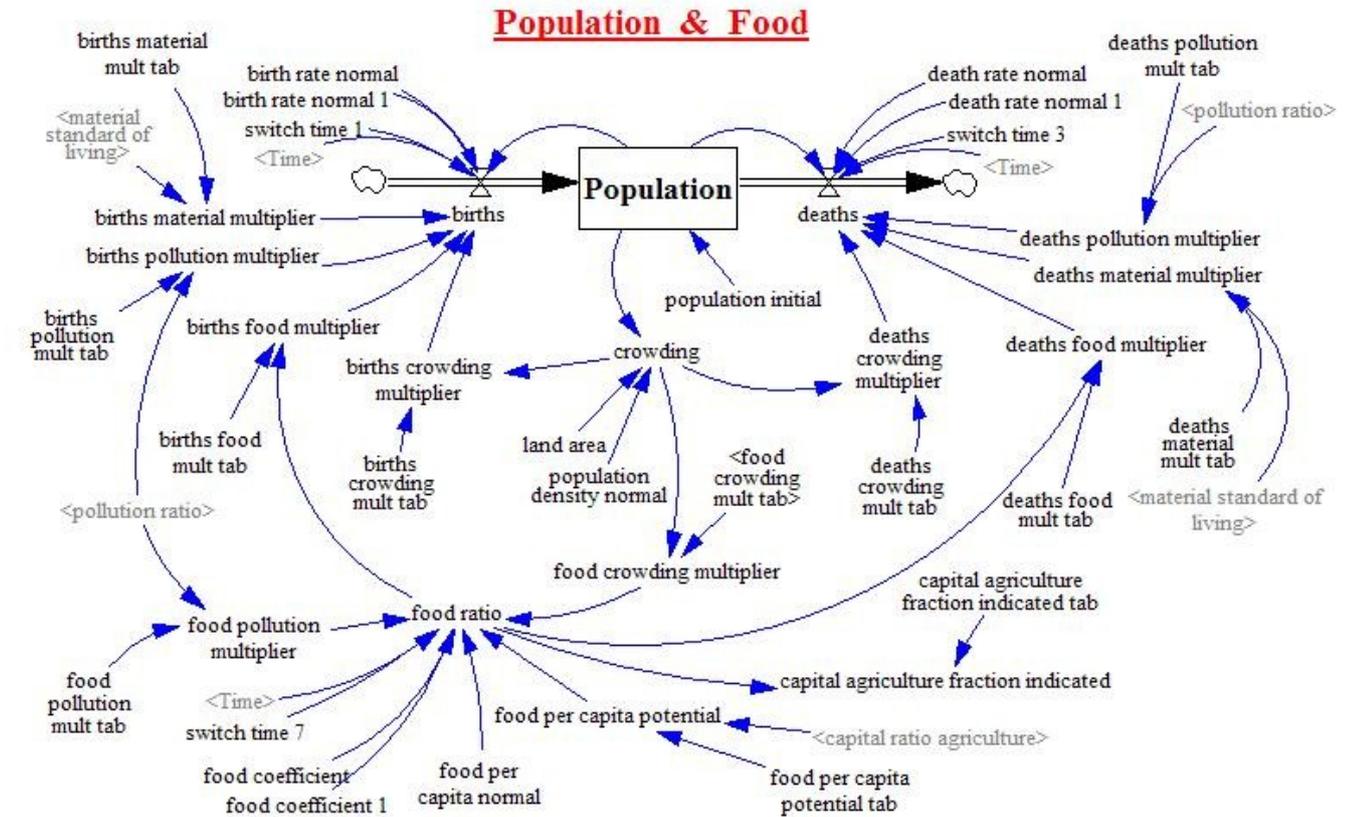
Niveles: 1 (Población)

Entidades: 1

NO comunicación

Dinámica:
Ecuaciones Diferenciales

Nivel de Población
+
Sistema de Ecuaciones
+
Tiempo (run)
=
Niveles de Pobl. Actualiz.



Tres modalidades de Simulación Social

Microsimulación

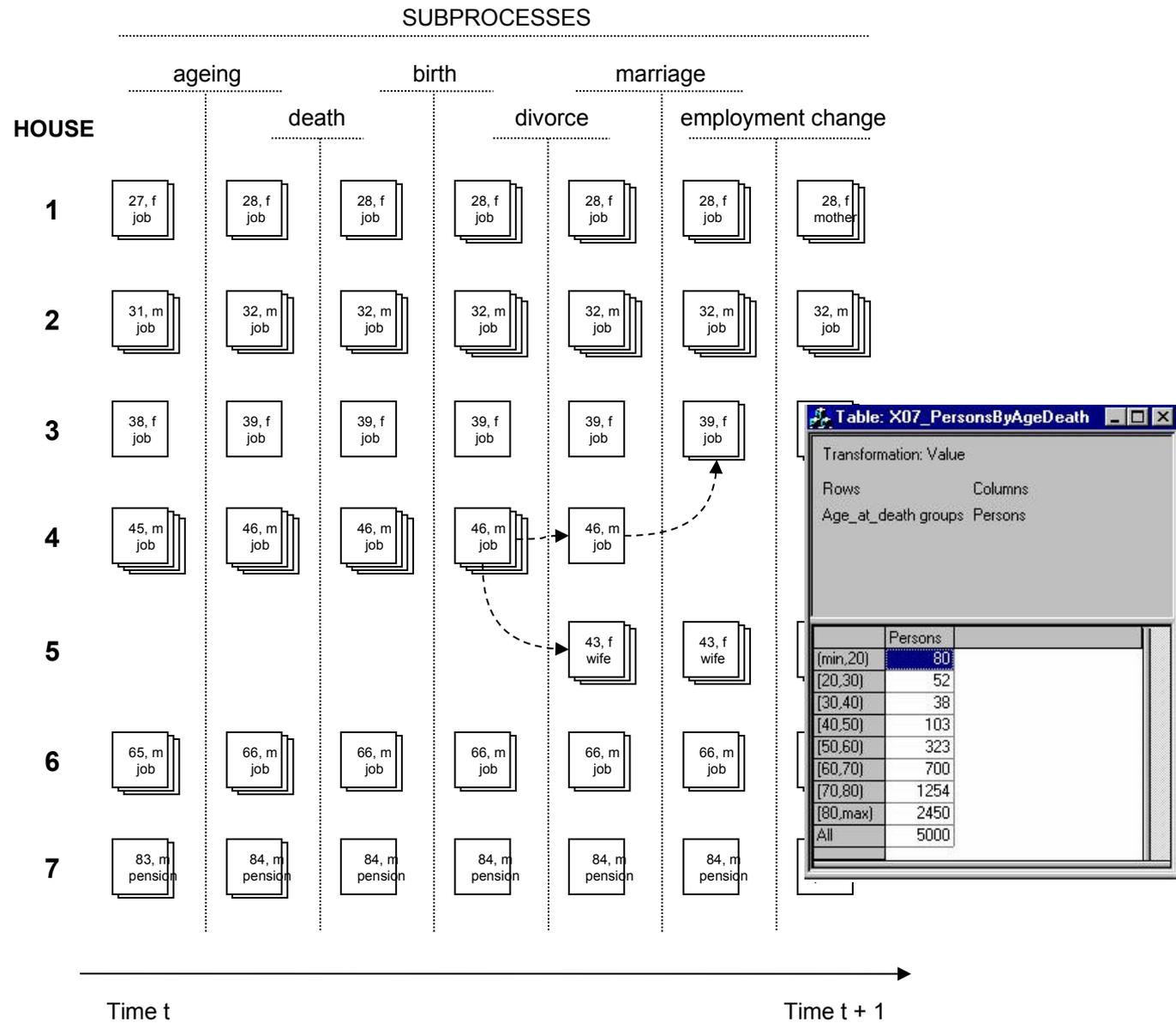
Niveles: 2 (Ind.+Pob.)

Entidades: Muchas

NO comunicación

Dinámica:
Tablas de Transición

Micro-base de atributos individuales
+
Probabilidades de sucesos
+
Tiempo (Prob.)
=
Atributos de agentes act.



Tres modalidades de Simulación Social

Simulación ABM

Niveles: ≥ 2

Entidades: Muchas

Interacción entre Agentes

**Dinámica:
Reglas de Acción**

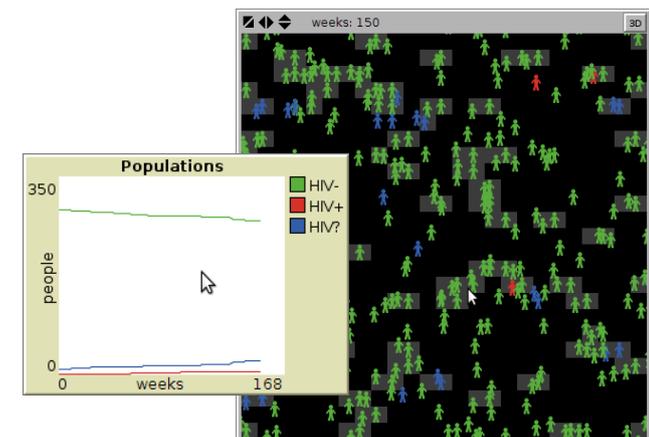
Conjunto de Agentes
+
Reglas comportamiento
+
Interacción (tiempo)
=
Atributos de agentes act.

Código de programación (Netlogo)

```
to actuar
  if any? other compradores-here [ hablar ]
  ifelse not empty? lista-de-compra
    [ comprar ]
    [ set color sky ]
end
```

```
to hablar
  let pareja 0
  set pareja one-of other compradores-here
  recordar [memoria] of pareja
  ask pareja [ recordar [memoria] of myself ]
end
```

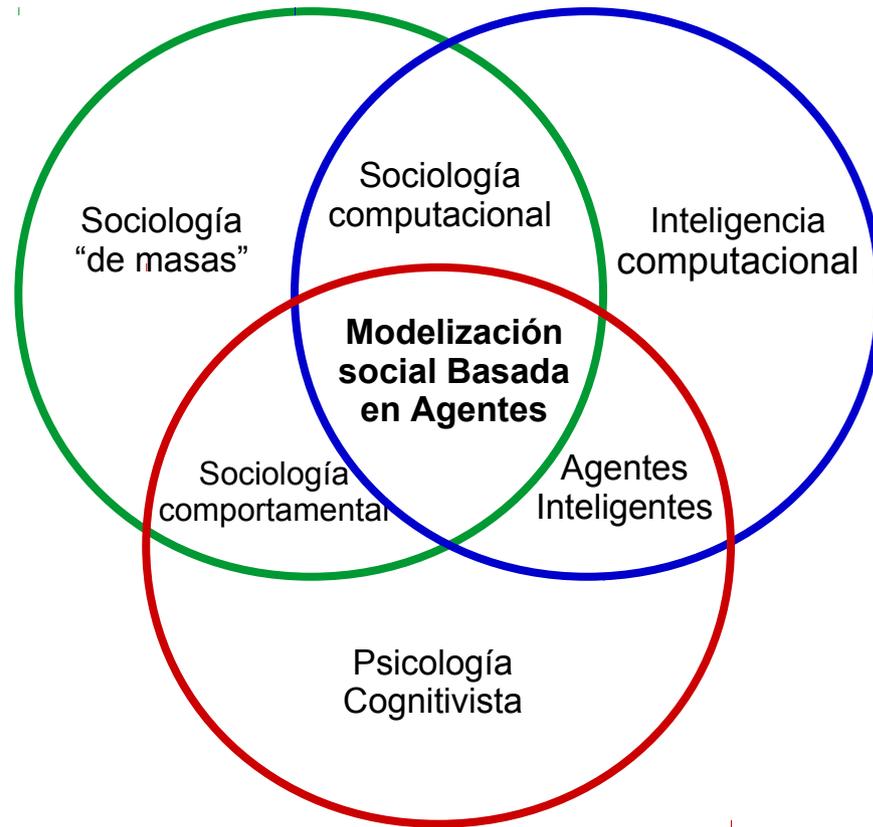
**Reglas de Comportamiento:
Formato condicional (IF...THEN...)**



Agent-Based Modelling (ABM)

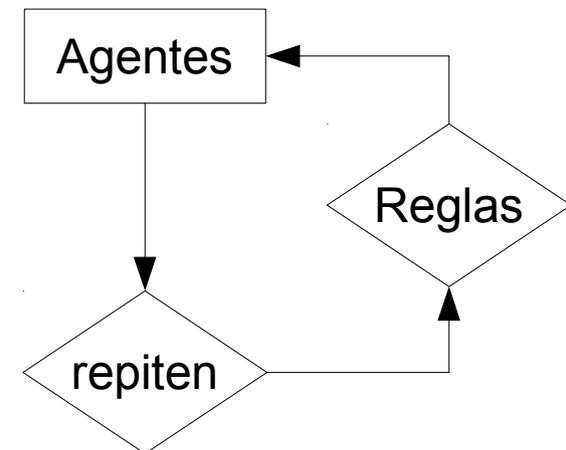
- Los modelos basados en agentes simulan las características agregadas o emergentes de sistemas adaptativos complejos (CAS).
- Esto se consigue simulando las acciones e interacciones de multitud de agentes que participan en la dinámica del sistema objeto.
- En el contexto de la Sociología, se construye una sociedad virtual y se puebla con múltiples instancias de agentes inteligentes definidos por software. Estos agentes pueden moverse e interactuar de forma libre y aleatoria unos con otros, persiguiendo la consecución de sus propios objetivos.
- Tales modelos ABM ocupan una posición única en la encrucijada entre la psicología cognitivista, la inteligencia computacional, y la ciencia social general (o de masas).

1.3. Modelización basada en agentes (ABM)



Modelos de Simulación Social basados en agentes

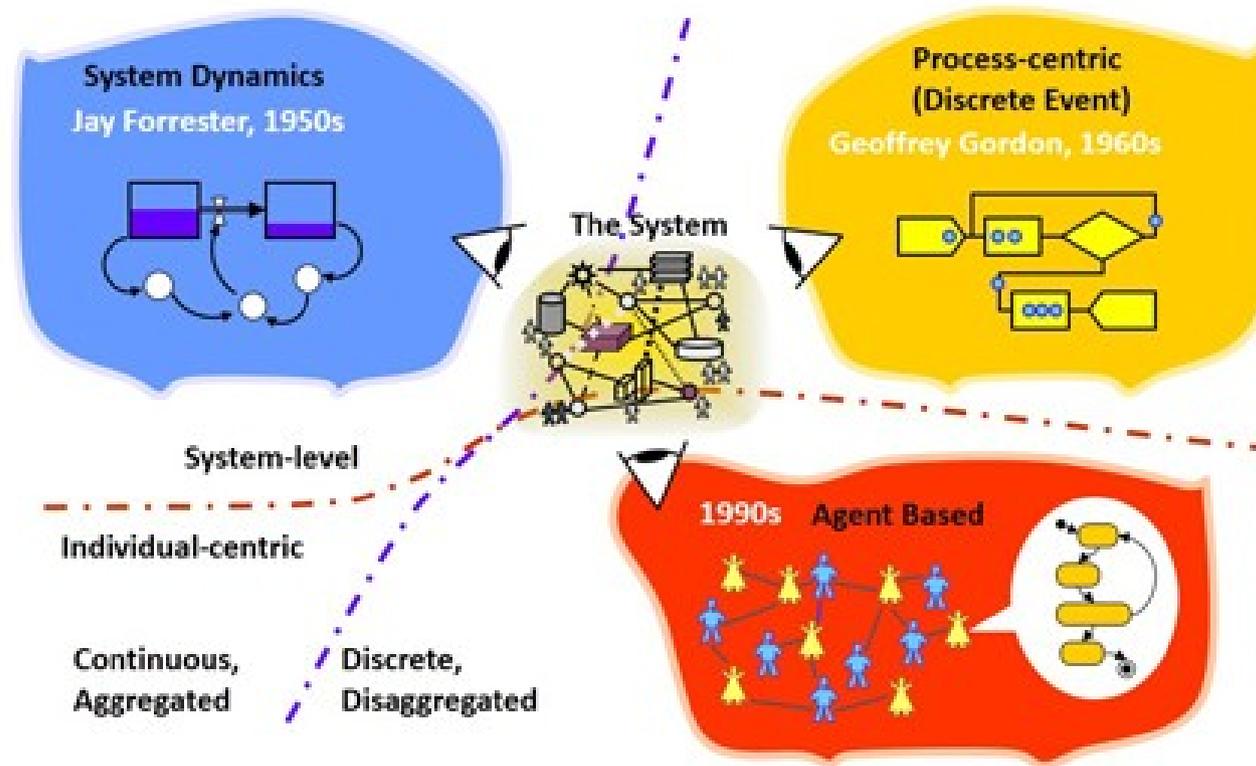
- NO asunción *ex-ante* de equilibrio general del sistema social,
- NO sistema de ecuaciones “resuelto”, por estimación de parámetros,
- NO sistema de ecuaciones “computado”, desde valores iniciales,
- NO una micro-database “actualizada”, con tablas de probabilidad,
- SINO un conjunto de reglas de acción que generan cambios en el estado del sistema, con:
 - elementos básicos múltiples y heterogéneos (*agents*),
 - algoritmos de acción como reglas, modelizando mecanismos (*dynamics*),
 - evolución del sistema a través de múltiples sucesivas ejecuciones (*simulation runs*)



Complex adaptive systems (CAS)

- **complexity:** Dynamic networks of interactions and relationships, not just aggregations of static entities. Emergent causation, decentralized system behaviour.
- **adaptation:** Individual and collective behaviour changes over time as a result of the system outcomes (“experience”, “learning”,...).
- **massive:** Number of components so large that conventional descriptions (ex., a system of differential equations) are impractical and useless in understanding the system.
- **rich-interactivity:** Components do interact dynamically. Any element in the system is affected and affects several other systems (co-evolution). Interactions can involve both physical or informational exchange.
- **locality:** Interactions are primarily (not exclusively) with immediate neighbours, and components are ignorant of the behaviour of the system as a whole.
- **recurrence:** Interactions can feed back onto itself; directly or after a number of intervening stages, varying in quality.
- **non-linearity:** Small causes => large results (causal cascades, or butterfly effect), extended changes => no result (resilience).
- **sub-optimality:** Far from equilibrium conditions (need of a constant flow of energy to maintain the organization of the system).

¿Cómo puede ser modelizado un sistema social?



(c) AnyLogic

...y otro ejemplo, sistemas de autómatas celulares (CAS)...

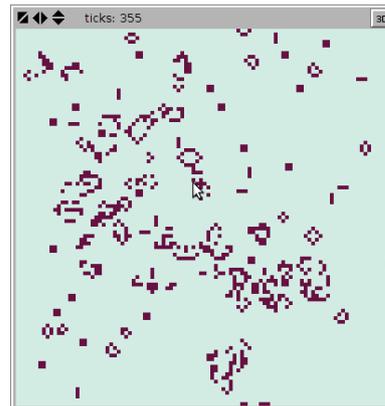
Un ejemplo de CAS: Juego de la Vida

`<http://netlogoweb.org/launch#http://netlogoweb.org/assets/modelslib/Sample%20Models/Computer%20Science/Cellular%20Automata/Life.nlogo>`

Busca el botón azul [stup-random] (arriba izquierda)

Púlsalo para crear un mundo virtual inicial

Púlsa el botón [go-forever]

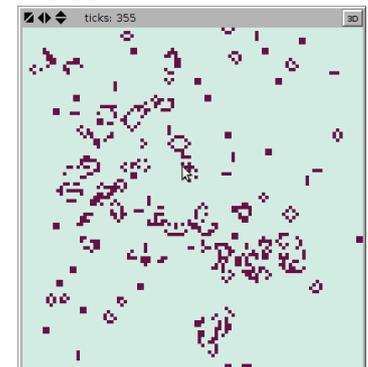
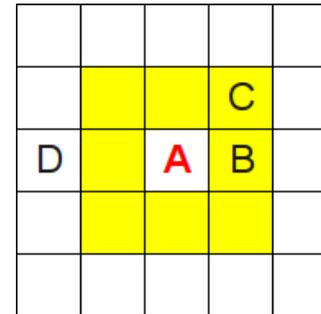


¿Cómo describirías lo que estás viendo en la pantalla?

Un ejemplo de CAS: Juego de la Vida

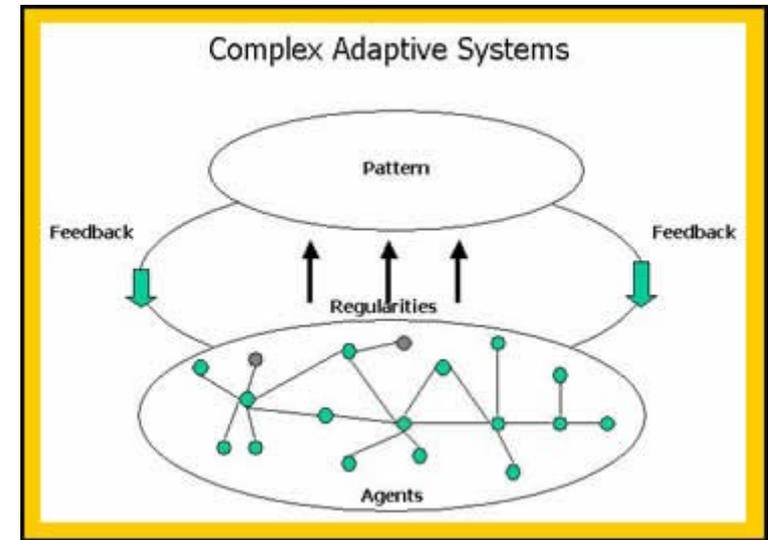
<http://netlogoweb.org/launch#http://netlogoweb.org/assets/modelslib/Sample%20Models/Computer%20Science/Cellular%20Automata/Life.nlogo>

- El “mundo” esta representado por un espacio 2D discreto, una cuadrícula ortogonal de “celdas” (o células).
- Cada celda puede estar en uno de dos estados: “viva” (negra) or “muerta” (blanca).
- Cada celda (A) tiene 8 celdas “vecinas” alrededor (B, C, pero no D).
- El tiempo avanza en una escala discreta. Para cada nuevo “turno”, el estado de cada celda depende de los estado anterior de sus celdas vecinas.
- Cada celda actualiza el estado sincronamente. **Las reglas son:**
 - Una celda “muere” si tiene menos de 2 o más de 3 vecinas vivas.
 - Una celda “revive” si tiene 3 o más vecinas vivas.
 - Una celda con exactamente 2 vecinas vivas mantiene su estado.



Sociedades modelizadas como CAS

Cualquier sociedad humana, a cualquier escala, puede ser entendida como un CAS social (con algunos componentes cognitivos).

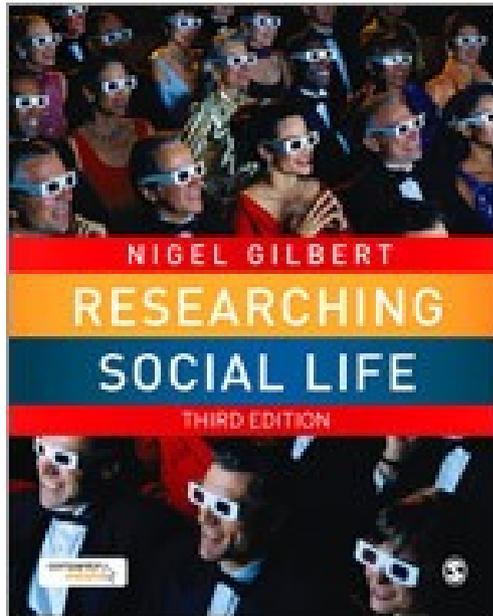


- **Sistemas autopoieticos:**
Algunas sociedades tienen una característica distintiva, no presente en sistemas físicos, llamada “inmergencia”.

La dinámica del sistema genera macro-efectos con causalidad directa sobre el nivel micro (la cognición de los agentes), de ta forma que el macro-efect puede ser “reforzado” en un bucle de realimentación positivo.
(e.g., *Ants.nlogo*, *Social Norms*).

- ABM permite representar, modelizar y simula CAS sociales con emergencia.

¿La vida social es un sistema CAS?



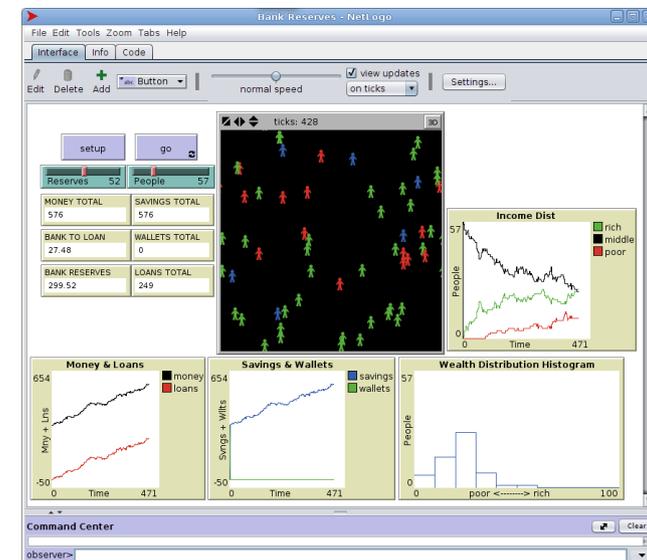
- Un número masivo de entidades elementales como componentes del sistema,
- Algoritmos simples gobiernan el comportamiento de las entidades (puede ser formalizado como IF...THEN...),
- Heterogeneidad: Las entidades elementales tienen diferentes capacidades, recursos y reglas comportamentales,
- Interacción: Existe causalidad local entre componentes cercanos (tanto, en espacio como en tiempo),
- Adaptación: Existe autoajuste como resultado de interacción con el entorno (físico y social).

¿La vida social como patrones emergentes?

- Cuando ponemos una mezcla de harina, huevos y azucar en el horno obtenemos “algo más que” una masa calentada.



- Cuando ponemos compradores, vendedores y bienes en un mercado obtenemos “algo más que” un grupo de agentes cargando con mercancías de un lado a otro.

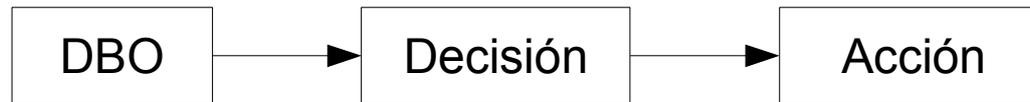


Emergencia: Niveles de la vida social

- Nivel macroscopico (dinámica agregada)



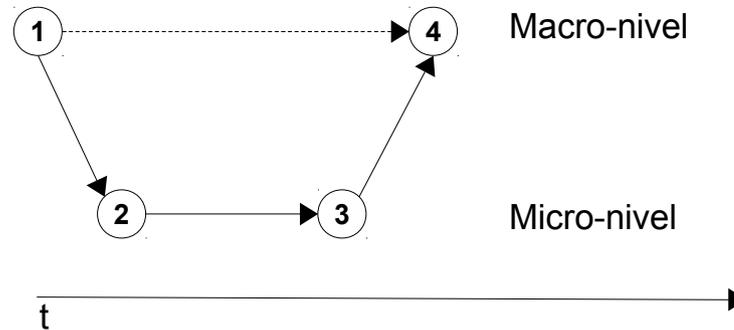
- Nivel microscopico (dinámicas individuales)



- Emergencia de Primer Orden: Cuando las propiedades del macro-nivel son generadas por interacciones a partir de micro-acciones. *(en tal sentido, “temperatura” es similar a “movimiento en pantalla”)*
- Emergence de Segundo Orden (“*Immergence*”): Los agentes son capaces de construir una representación de las macro-propiedades que han contribuido a generar, y la usan para guiar sus acciones y para asegurar que el macro-efecto se regenera (*Dennett 1995, Gilbert 2001*)

Modelización multi-nivel de la vida social

“Barco metodológico de Coleman” (1990, p.8)



- Un conjunto de mecanismos gobierna la dinámica de los procesos que constituyen la vida social.
- Procesos “Sub-intencionales” (1-2): Configuración causal de las creencias (información), deseos (fines), y oportunidades (recursos) de los individuos.
- Procesos “Intencionales” (2-3): Toma de decisión bajo constricciones, y acción individual.
- Procesos “Transformationales”, o “supra-intencionales” (3-4): Agregación causal de efectos a partir de múltiple interacciones.

Coleman, J.S. (1990) *Foundations of Social Theory*. Cambridge, MA: Harvard Univ. Press.

Modelado de sub-sistemas

Un caso: el modelo DBO para explicar acciones de agentes

La acción generada a partir de Deseos, Creencias, y Oportunidades (Bratman).

Hoy está lloviendo, y el Sr. Smith se está mojando...

¿Por qué no cogió su paraguas esta mañana?

Explicación-D

Explicación-B

Explicación-O



El Sr. Smith cree que hoy será un día especialmente lluvioso, y compró un paraguas nuevo la semana pasada; PERO caminar bajo una fuerte lluvia le hace sentir como si fuera Gene Kelly y a él le gusta especialmente ese estado emocional.

Modelado de sub-sistemas

Un caso: el modelo DBO para explicar acciones de agentes

La acción generada a partir de Deseos, Creencias, y Oportunidades (Bratman).

Hoy está lloviendo, y el Sr. Smith se está mojando...

¿Por qué no cogió su paraguas esta mañana?

Explicación-D

Explicación-B

Explicación-O



El Sr. Smith no desea mojarse, y él compró un paraguas nuevo la semana anterior; PERO esta mañana leyó una predicción meteorológica de un periódico de la semana pasada, y por tanto **cree erróneamente** que hoy va a ser un día soleado.

Modelado de sub-sistemas

Un caso: el modelo DBO para explicar acciones de agentes

La acción generada a partir de Deseos, Creencias, y Oportunidades (Bratman).

Hoy está lloviendo, y el Sr. Smith se está mojando...

¿Por qué no cogió su paraguas esta mañana?

Explicación-D

Explicación-B

Explicación-O



El Sr. Smith's no desea mojarse, cree correctamente que hoy será un día especialmente lluvioso, y compró un paraguas nuevo la semana pasada; PERO esta mañana su hijo se llevó su paraguas al colegio, y el Sr. Smith no encontró otro paraguas en casa.

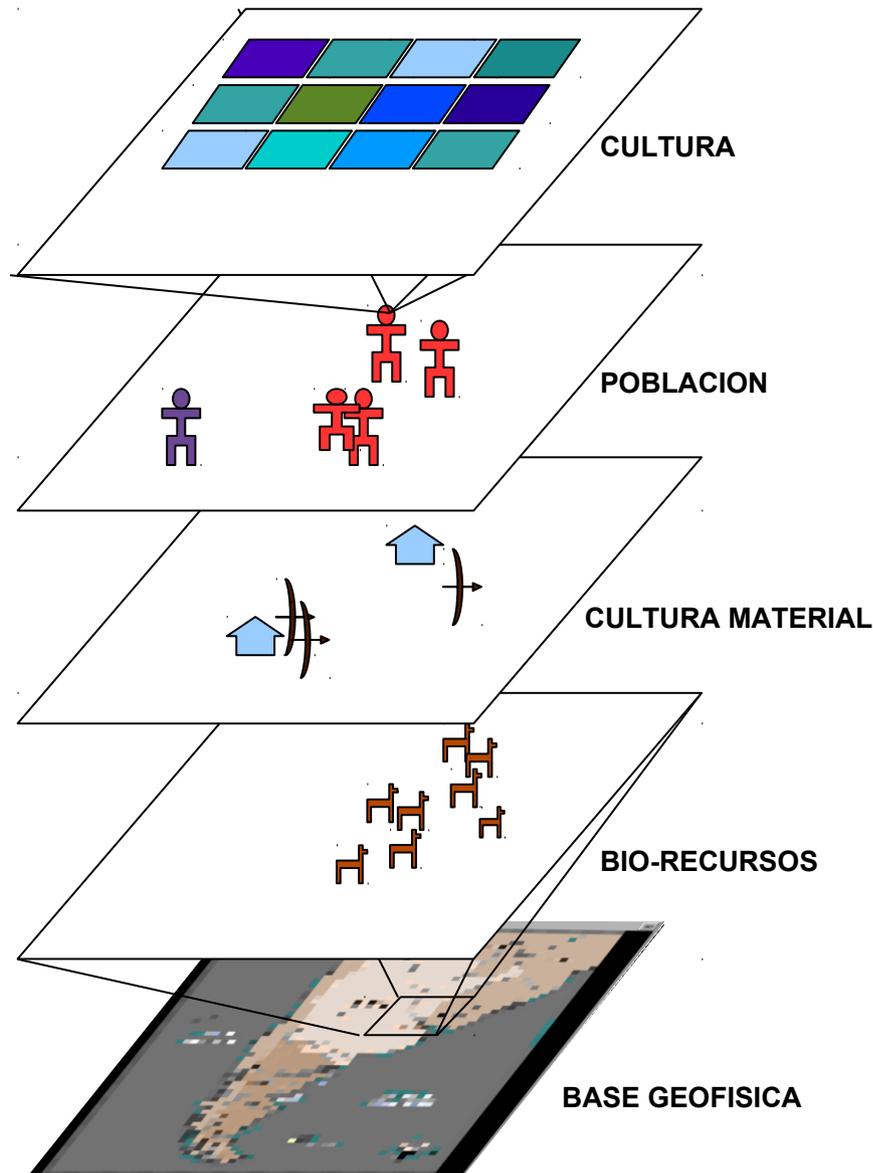
Modelizando la vida social como un conjunto de sub-sistemas

- El sub-sistema de entorno ambiental impone constricciones a las acciones humanas.
- El “entorno social” (las acciones de otros) también impone constricciones.
- El resultado de las propias acciones previas también las impone.
- Todas estas constricciones (o “*filtros*”) se convierten en causación “motivacional” para las nuevas acciones llevadas a cabo por los agentes.

=> Es necesario implementar:

- Reglas sobre la dinámica medio-ambiental física o ecológica;
- Reglas sobre las constricciones del entorno “material” a la acción, y sobre los efectos de las acciones sobre el medio-ambiente;
- Reglas sobre las dinámicas de redes sociales (efectos de la interacción, emergencia institucional o normativa,...);
- Reglas sobre dinámicas “biograficas” (path-dependence), o “adaptativas” (de aprendizaje).

Modelizando la vida social como un conjunto de sub-sistemas

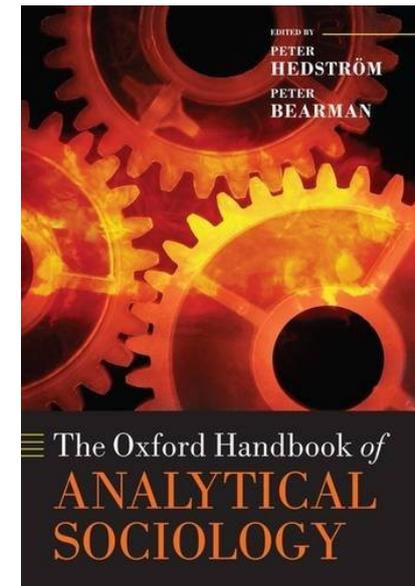


- Cada nivel está compuesto por diferentes tipos de agentes.
- Cada nivel tiene endo-reglas que gobiernan sus dinámicas endógenas (i.e., clima, predación, desgaste por uso, reproducción, etiquetado social)
- Existen exo-reglas que gobiernan los efectos de cada nivel sobre los otros.

Simulación ABM y Sociología

“Cuando escribimos un conjunto de algoritmos computacionales (el programa), formalizando las hipótesis generativas..., lo que estamos haciendo es hipotetizar una serie de mecanismos generativos. Cuando ejecutamos el programa...engendramos el proceso derivado del conjunto de mecanismos generativos propuesto. Con la distinción técnica entre ‘escritura’, ‘compilación’, y ‘ejecución’ del programa queda claro que un ‘proceso’ no es más que el aspecto dinámico de uno (o varios) mecanismo(s): es lo que el mecanismo puede disparar” (Manzo, 2007, pp. 5-6).

- La metodología de simulación ABM proporciona una infraestructura técnica fuertemente emparejada con la agenda teórica de la Sociología Analítica. (Hedström & Ylikoski, 2010: 49-67)
- ABM no es únicamente una herramienta útil para la Sociología Analítica, sino que hay una afinidad natural entre componentes de las explicaciones basadas en mecanismo y los modelos de simulación basados en agentes.
- La sociología analítica es una práctica minoritaria en Sociología.



Hedström, P., & Ylikoski, P. (2010). “Causal Mechanisms in the Social Sciences”. *Annual Review of Sociology*, 36(1), 49-67.

Manzo, G. (2008). “Review of Gilbert (2007) *Agent-Based Models*, Sage Publications: London, 2007”. Retrieved from <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/11/2/reviews/manzo.html>

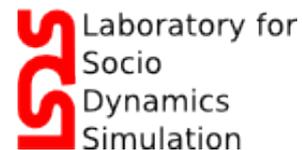
CONCLUSIÓN

Simulación ABM: Uso en investigación social

- La explicación científica busca establecer causalidad de fenómenos. La causalidad puede entenderse de diversas formas, en discusión.
- La metodología de investigación debe adecuarse al tipo de causalidad asumido.
- Los modelos son una herramienta de investigación social. Hay diversos tipos, los computacionales reúnen algunas ventajas del resto.
- Los modelos computacionales pueden ser útiles en la investigación social en dos formas: como simple técnica de observación en un diseño experimental, o como metodología de investigación en sí misma.
- Hay diversos tipos de simulación computacional de vida social. La modalidad ABM es una buena solución para el estudio de sistemas complejos adaptativos y con emergencia de segundo orden.
- Las sociedades humanas pueden modelizarse como CAS multinivel, especialmente utilizando la perspectiva de la explicación por mecanismos, propia de la llamada Sociología Analítica.

Gracias por tu atención

Más información en nuestro website
[<http://sct.uab.cat/llds>](http://sct.uab.cat/llds)



Agradecemos a todos los participantes previos en actividades formativas de SSASA, LSDS y LACCESS la colaboración para mejorar estos materiales.

Desarrollado originariamente por Francesc Miguel, Xavier Vilà y Oriol Griera para el “Laboratorio de Simulación de Dinámicas Socio-Históricas” LSDS-UAB.