

SIMULACIÓN BASADA EN AGENTES

Enrique Canessa

1^{er} Semestre 2022

Desarrollando un ABM

Foco
analítico:

Variables
sistémicas

Micro-
mecanismos

Tipo de modelamiento:

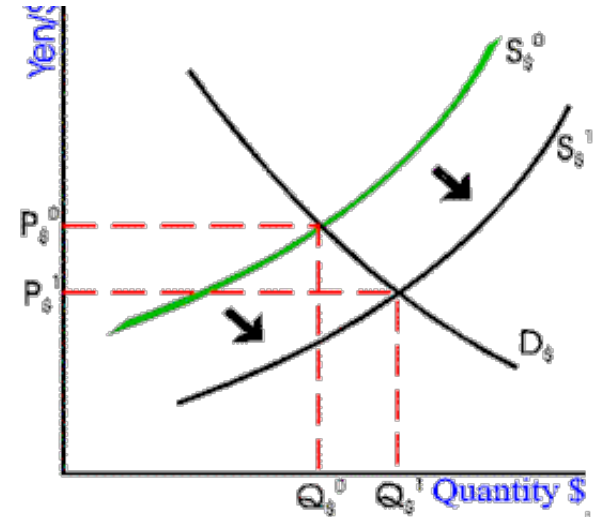
Deductivo

Computacional

1. Macro modelos analíticos	2. Macro- simulación
3. Decisión racional	4. ABM

Macro modelos analíticos

- Cambio de variables agregadas en el tiempo
- Forma cerrada y generalmente basados en ecs. diferenciales
- Homogeneidad de entidades



$$\frac{dy_1}{dx} = f_1(x, y_1, y_2, \dots, y_n)$$

$$\frac{dy_2}{dx} = f_2(x, y_1, y_2, \dots, y_n)$$

.....

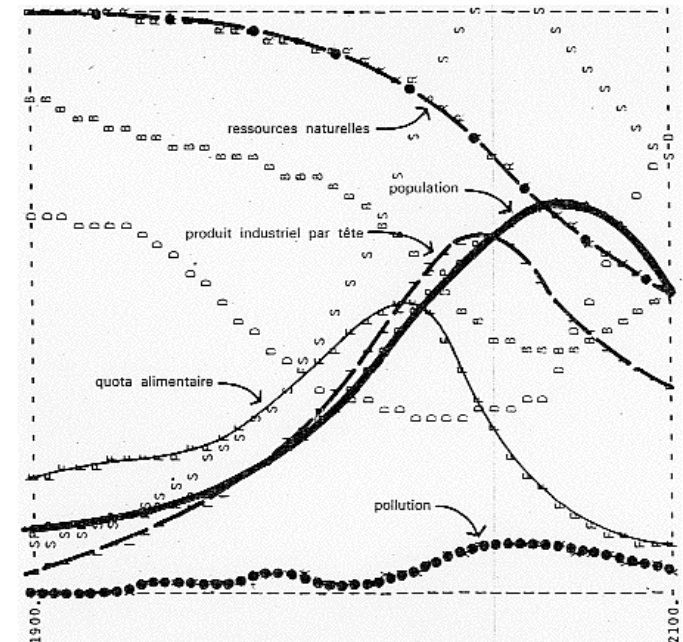
$$\frac{dy_n}{dx} = f_n(x, y_1, y_2, \dots, y_n)$$

Macro simulación

- Sistemas dinámicos, trazando variables macro a través del tiempo
- Basado en teoría de sistemas y modelamiento global

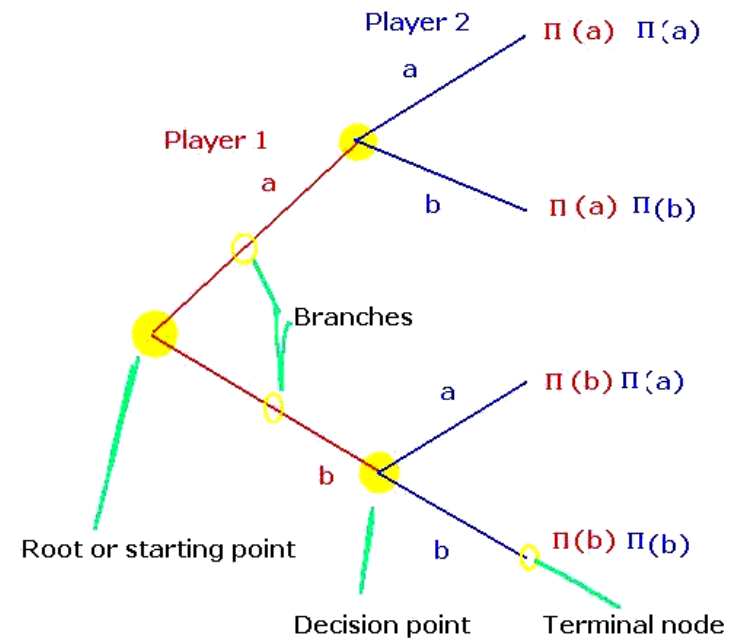


Jay Forrester, MIT



Modelos de decisión racional

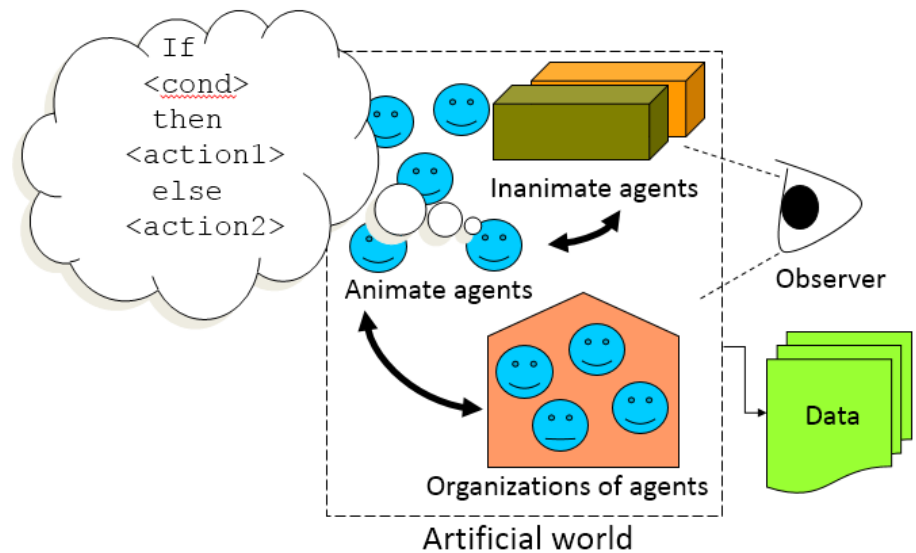
- Modela al individuo y los “agrega”
- Usa teoría de la decisión y teoría de juegos
- Busca soluciones analíticas de equilibrio



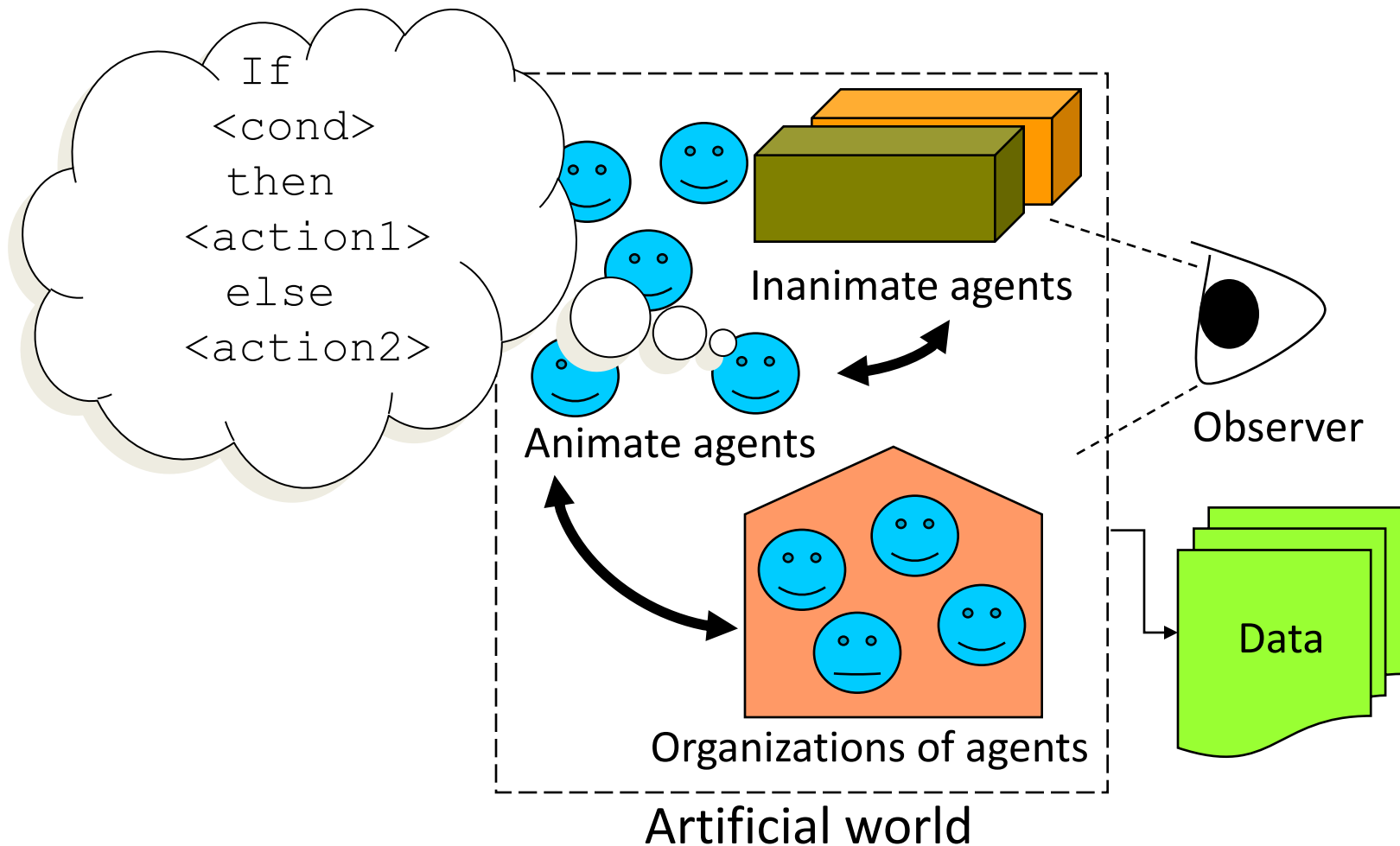
	Cooperate	Not Cooperate
Cooperate	3, 3	1, 4
Not Cooperate	4, 1	2, 2

Agent-based modeling (ABM)

- ABM crea, analiza y experimenta con “mundos artificiales” poblados por agentes heterogéneos que interactúan no trivialmente
- *Bottom-up*
- Computacional
- Proviene de los CAs e IA

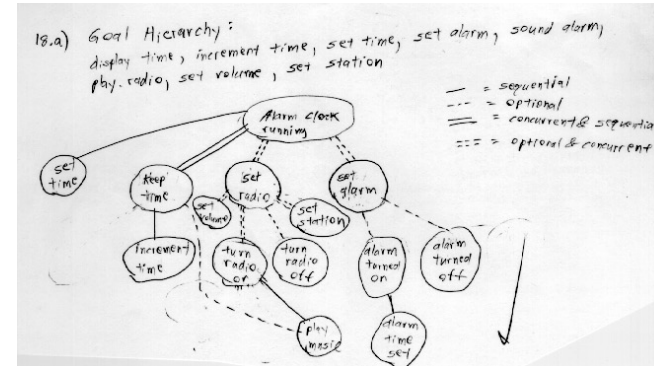


Agent-based modeling (ABM)

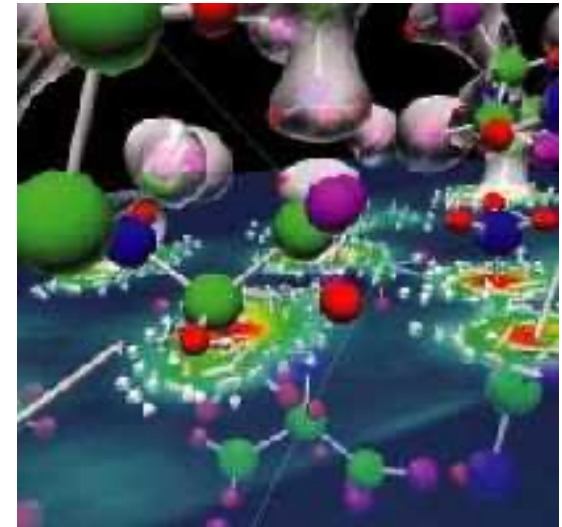
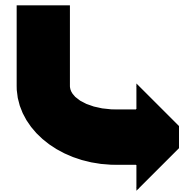


ABM: Enfoque Analítico vs. Sintético

- Tratar de resolver problemas con la estrategia de “divide y reinarás”
- Necesidad de conectar las partes y asumir que NO se modifican mayormente entre ellas

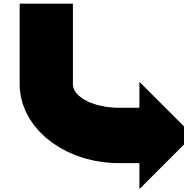
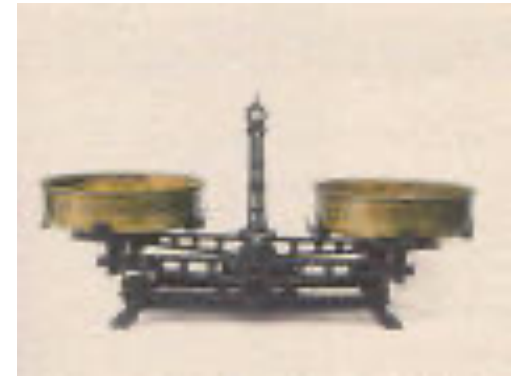


- **Pero** en CAS esto casi siempre **NO** es así
- Herbert Simon: los CAS se componen de una gran cantidad de partes que interactúan no linealmente
- Necesidad de estudiar las interacciones explícitamente



ABM: Equilibrio vs. Desequilibrio

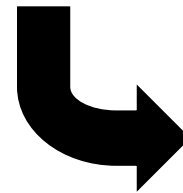
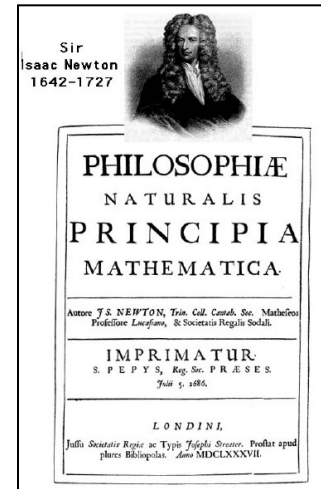
- Suposición estándar en ciencias (sociales): entidades optimizan
- **Pero** la evolución de las entidades y realimentación positiva socavan esa suposición
- Regularidades estadísticas a nivel macro, a pesar de desorden a nivel micro



Ejemplo: Avalanchas en pilas de arena

ABM: Método Nomotético vs. Generativo

- Búsqueda de regularidades causales en el Sistema (experimentación)
- **Pero** ¿Qué hacemos con sistemas complejos con los que no podemos experimentar?
- Se explican las regularidades, derivando los mecanismos que las generan
- Axelrod: “3era forma de hacer ciencia”
- Epstein: “¡Si no lo has creado, no lo has explicado!”



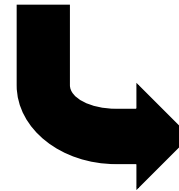
ABM: Basado en variables vs. Ontología configurativa

- Modelos convencionales se basan en variables y ecuaciones
- **Pero** con variables es difícil capturar fenómenos complejos (sociales)
- Un CAS tiene una configuración de interacciones sociales entre actores y sus estructuras sociales
- Con ABM es fácil endogeneizar interacciones y actores
- Orientación al objeto (OO) es un buen paradigma para representar actores

$$y = a + bx$$

where:

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{n}$$
$$b = \frac{n \sum (xy) - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$



Razones pragmáticas para usar ABM

Simular sistemas:

- Ya que no se puede usar el sistema mismo para experimentar: razones éticas, económicas, prácticas lo impiden (p. ej.: poco control sobre el sistema)

Comunicar eficiente y eficazmente análisis y resultados:

- Se visualizan fácilmente los resultados
- Se puede analizar escenarios “qué pasa si ...” rápida y convincentemente
- Se puede modificar supuestos en caso necesario para ver qué tan realista es el ABM

Entender el sistema en un grupo de estudio

- Comunicación es más fluida y es más fácil entender el modelo
- Se puede trabajar en conjunto en el ABM, incorporando diferentes visiones

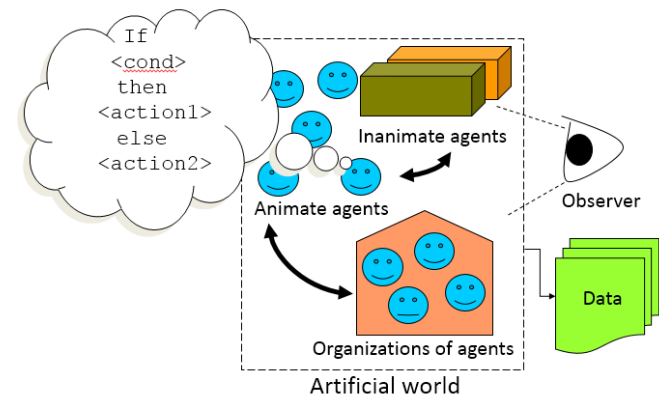
Documentación y formalización del modelo

- Al tener que programar el ABM, nada puede quedar mal o pobremente definido
- Las reglas de ABM son transparentes y sujetas a escrutinio



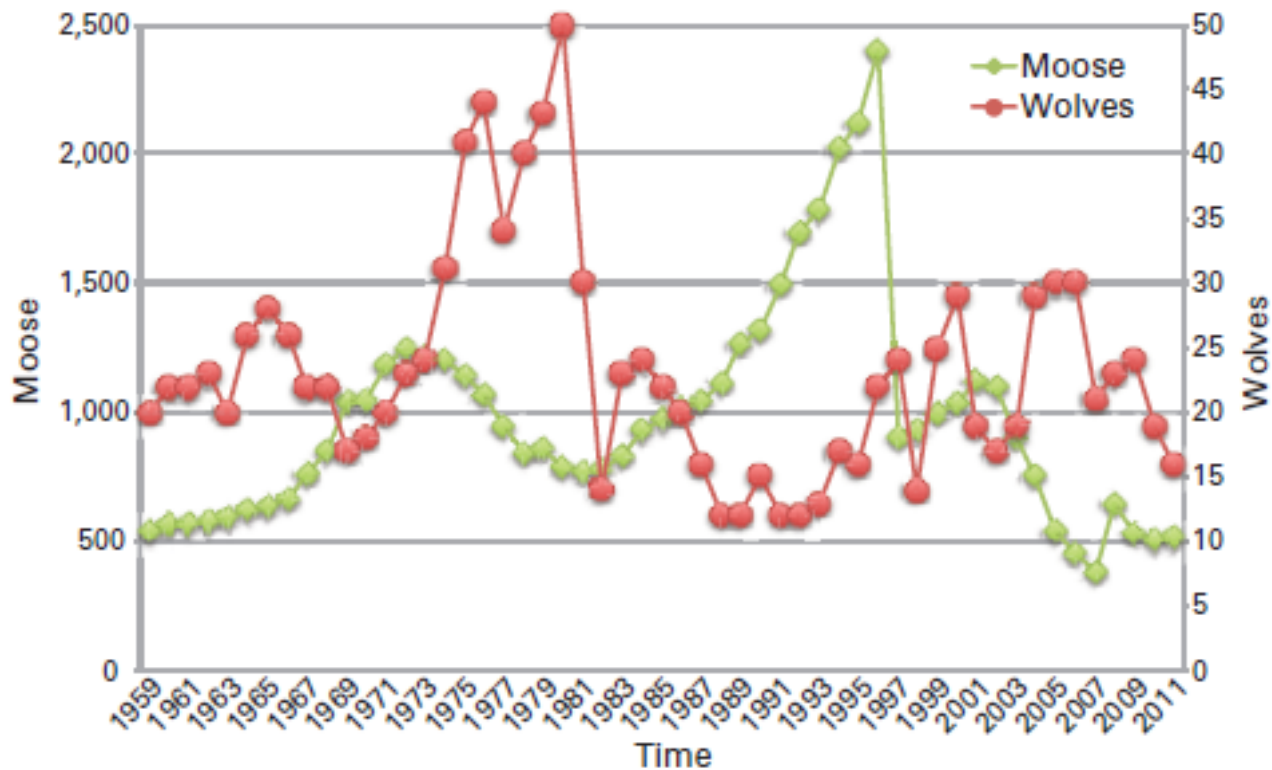
Desarrollando un ABM

- Dos tipos generales de modelos:
 1. Basados en un fenómeno: conocemos los patrones del fenómeno y queremos desarrollar un ABM que los replique y ayude a explicarlo
 2. Exploratorios: tenemos “mecanismos” (agentes) con comportamientos individuales y queremos ver qué emerge si los hacemos interactuar



Desarrollando un ABM

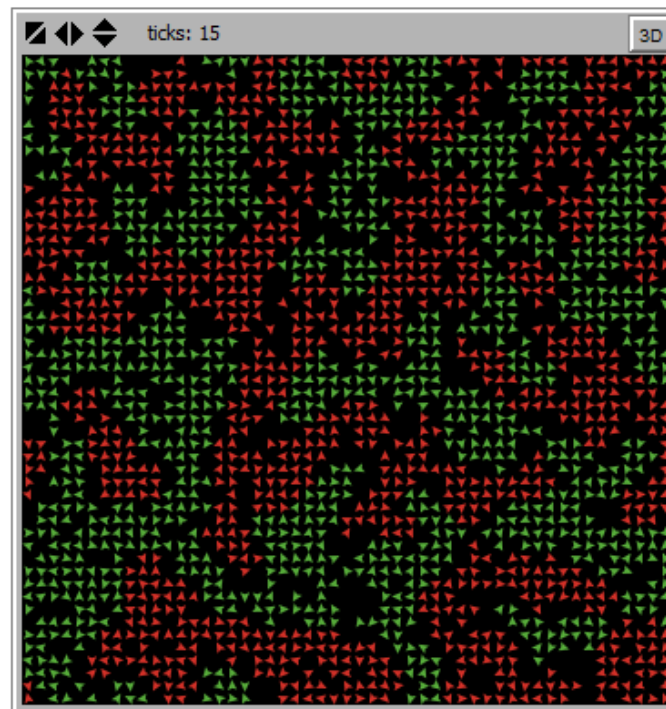
- ABM basado en un fenómeno



- Pregunta: ¿Qué produce estos datos?

Desarrollando un ABM

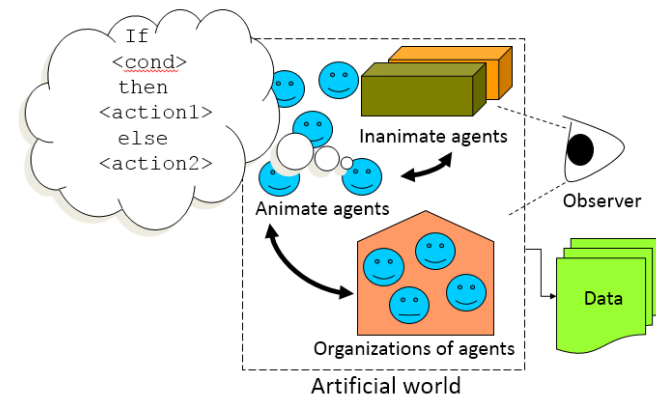
- ABM exploratorio



- Pregunta: ¿Si a las personas les gusta estar en localidades que tengan una cierta proporción de personas similares a ellas, qué pasará con su localización espacial?

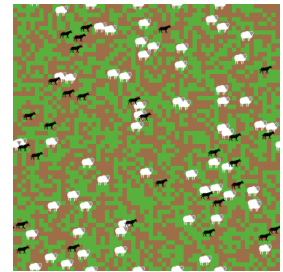
Desarrollando un ABM

- Elija la pregunta de investigación (¿Corresponde a un ABM Basado en Fenómeno o Exploratorio?)
- Elija a los agentes y su nivel de “granularidad”
- Elija las propiedades que caracterizarán a los diferentes tipos de agentes
- Elija las características del ambiente y agentes “estacionarios”
- Elija el comportamiento de cada tipo de agente
- Diseñe un “paso de simulación” (*time step*)
- Elija los parámetros del ABM
- Elija las medidas (salidas, respuestas) del ABM



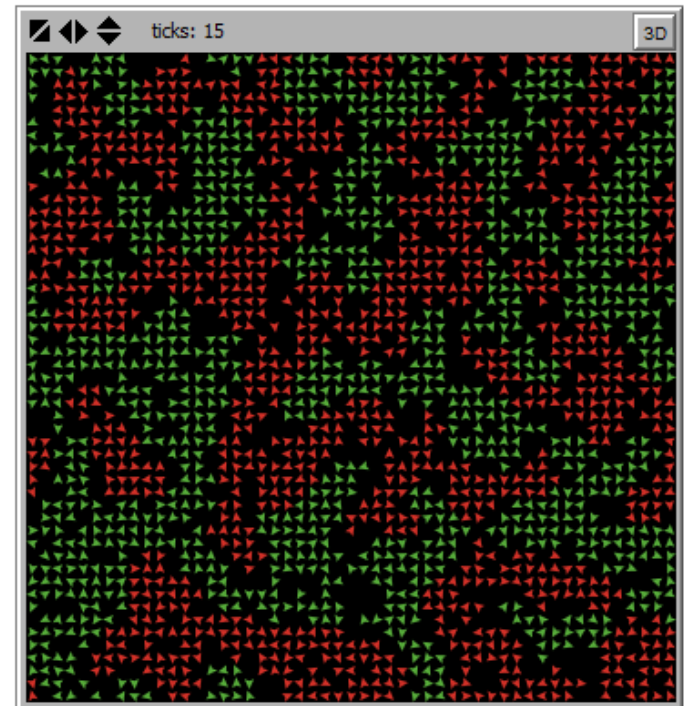
Desarrollando un ABM

- **Pregunta:** Basado en Fenómeno: ¿Bajo qué condiciones dos especies exhiben niveles oscilantes y positivos de población en un área geográfica limitada, siendo una especie el predador de la otra y la segunda especie consume recursos limitados del ambiente pero que se regeneran?
- **Tipo de agentes:** ovejas, lobos, pasto
- **Propiedades:** ovejas y lobos = energía, localización, dirección; pasto = cantidad
- **Ambiente:** espacio físico representado por una grilla toroidal
- **Comportamientos:** ovejas y lobos = moverse, morir, reproducirse; lobos = comer ovejas; ovejas = comer pasto; pasto = crecer
- **Time step:** ovejas y lobos se mueven; ovejas y lobos mueren; ovejas y lobos comen; ovejas y lobos se reproducen; pasto crece
- **Parámetros:** número inicial de ovejas y lobos; costo de moverse; energía ganada al comer pasto; energía ganada al comer ovejas; tasa temporal de crecimiento del pasto
- **Salidas:** número de ovejas y lobos versus tiempo



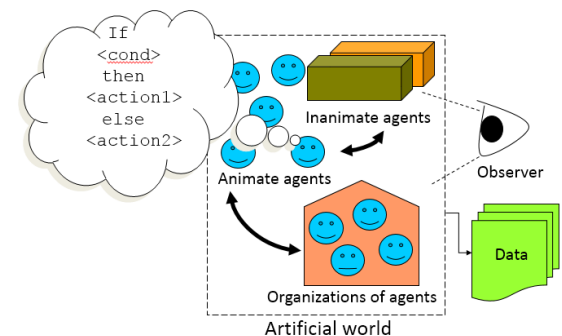
Desarrollando un ABM

- Para el modelo de segregación de Schelling (IABM Textbook/Chapter 3/Segregation Extensions/Segregation Simple), vea la información del modelo y describa los puntos ya vistos:
 - Pregunta
 - Agentes
 - Propiedades
 - Ambiente
 - Comportamientos
 - Time step
 - Parámetros
 - Salidas
- Luego, inspeccione el código y verifique sus respuestas



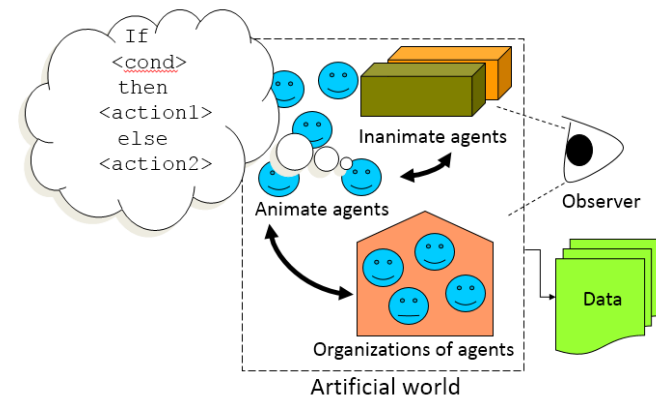
Desarrollando un ABM

- Algunas consideraciones
 - Usar principio *KISS (Keep It Simple Stupid)* (Axelrod)
 - Partir simple, ir agregando cosas sólo en la medida que se necesite
- Usabilidad
 - Permitir que Ud. mismo y otros puedan entender/seguir el código e interpretar sus salidas y entender cómo funciona
- Tener cuidado con las diferentes versiones de un ABM
 - Verificar que sean coherentes/concordantes
- Capacidad de extensión:
 - Que código y enfoque conceptual lo permitan
 - Permitir que el ABM se pueda adaptar a otros usos
 - Nuevas preguntas surgen de un ABM



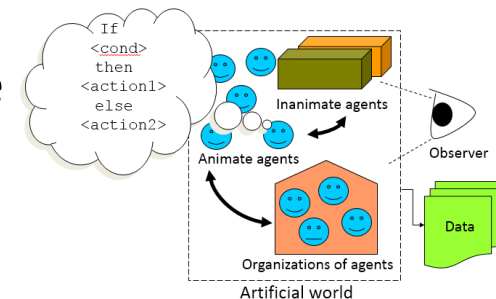
Desarrollando un ABM

- Verificación (veremos esto en detalle más adelante)
 - ¿Hace el código lo que se espera?
 - ¿Corresponde el código a la especificación del ABM?
- Validez (veremos esto en detalle más adelante)
 - ¿Refleja el ABM la realidad suficientemente bien?
 - ¿Permite contestar la/s pregunta/s?
 - Si surgen resultados inesperados, ¿Es eso correcto?
- Comportamiento humano
 - Comportamientos psicológicos complejos
 - Comportamiento irracional
 - Decisiones y elecciones subjetivas



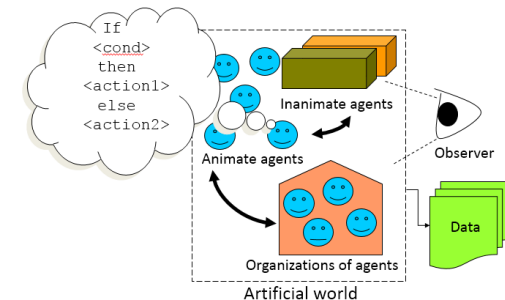
Desarrollando un ABM

- Cualitativo vs. cuantitativo:
 - Depende del nivel de datos que tengamos y su precisión
 - Podemos usar datos cualitativos para comprender mejor el modelo y el sistema
- Capturar el comportamiento de todas las entidades constitutivas
 - Niveles bajos de descripción (granularidad) son difíciles de manejar
 - Código se vuelve complicado
 - ABM se hace difícil de entender
 - El código se pone muy lento computacionalmente



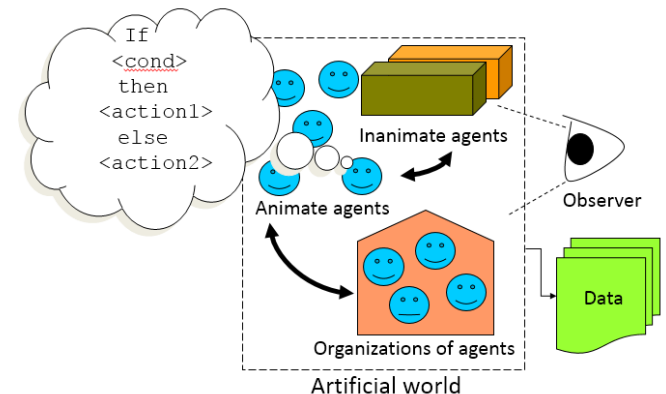
Desarrollando un ABM

- Recomendaciones generales
 - Use nombres largos y descriptivos para las variables (importantes)
 - Listar todas las variables (importantes) al comienzo del programa
 - Documente el código: escriba comentarios que ayuden a entender el código
 - Describa y etiquete completamente las salidas
 - Desarrolle programas compatibles “hacia arriba”
 - Documente cada version del código
 - Use plataformas de desarrollo de ABM (evite usar lenguajes “nativos”)
 - Verifique la “micro-dinámica” del ABM
 - Describa bien y comunice resultados (protocolo ODD) (Overview, Design concepts, Details; Grimm et al., 2006)



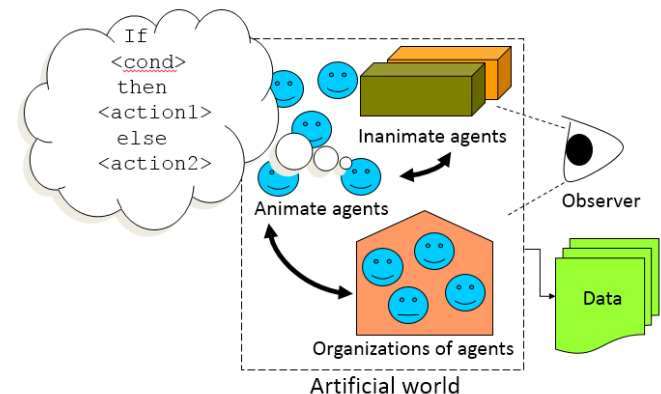
Desarrollando un ABM

- Ventajas de usar ABM
 - Formal: las suposiciones quedan claramente especificadas
 - Flexible: permite acomodar diferentes grados de dificultad (p. ej.: agentes racionales, adaptativos)
 - Trazable: permite lidiar con la complejidad (no linealidades, heterogeneidad, emergencia)
 - Generativo: permite crear nuevas hipótesis
 - *Bottom up*: permite entender las entidades que constituyen el sistema y su interacción



Desarrollando un ABM

- Desventajas de usar ABM
 - Modelos muy simples: se pueden resolver en forma cerrada
 - Modelos muy complicados: no se entienden, difícil ver la causalidad
 - Errores en el código: muchas líneas de código, más difícil verificar que en un modelo matemático (ecuaciones matemáticas)
 - Análisis de salidas: muchos parámetros de entrada dificulta analizar el espacio de parámetros (existen demasiadas combinaciones de parámetros a ser probadas)
 - Muchas veces difíciles de validar



Desarrollando un ABM

Entregable proyecto:

1. Seleccione un ABM de su interés y descríballo (idealmente el ya usado para la tarea anterior con 3 entradas y 1 salida cuantitativa)
2. Especifique: Tipo de pregunta, agentes, propiedades, etc.
3. Señale las ventajas de usar el ABM versus otros modelos posibles
4. Elabore una presentación de *10* minutos y venga preparado para exponer
5. TODOS los miembros de cada grupo deben poder exponer: se seleccionará aleatoriamente al expositor/es
6. Entregue una copia impresa de la presentación, con un tamaño adecuado para que pueda ser leída (2 diapositivas por página, por ambas caras)