

 Workshop en simulación basada en agentes

Bogotá, Colombia - 12 y 13 de diciembre

Simulación basada en agentes
Una metodología para la investigación en ciencia e ingeniería

David Anzola Pinzón
Nelson Gómez Cruz
John Vargas
Daniel Rodríguez Cardenás

Centro de Innovación - INNOVA
Escuela de Administración
Universidad del Rosario




Repository con el material

<https://goo.gl/242L5T>

 Workshop en simulación basada en agentes


La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería

Utilizando NetLogo

 Workshop en simulación basada en agentes


La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería

El ambiente de NetLogo



Simulación Documentación Programación

Interface Info Code

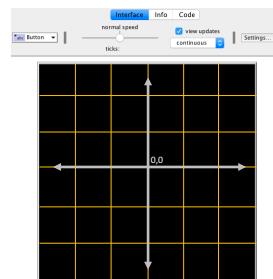
Reticula- ambiente

 Workshop en simulación basada en agentes


La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería

Coordenadas del espacio ambiente

- Origen (0,0) en la mitad de la retícula.
- X+ derecha, Y+ arriba.
- El espacio se compone de celdas ('patches').
- Cada patch se identifica por sus coordenadas.



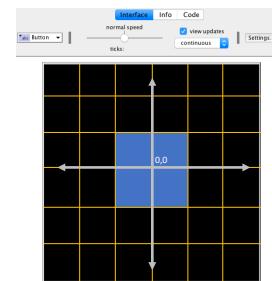
Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería

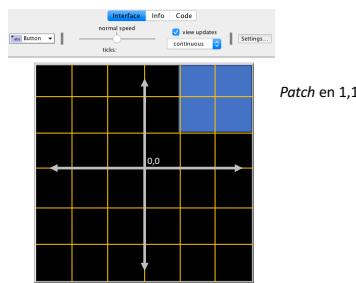
Universidad de Bremen

Coordenadas



Patch en el origen 0,0

Coordenadas



Patch en 1,1

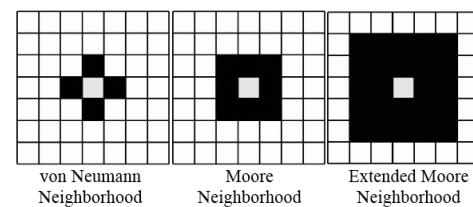
Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería

Universidad de Bremen

Vecindario



von Neumann
Neighborhood

Moore
Neighborhood

Extended Moore
Neighborhood

Workshop en simulación basada en agentes

La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería

Universidad de Bremen

Las tortugas son...

- Entidades que tienen movimiento

Heading

- 0 a 360 grados
- 0 es norte, 90 oriente

Coordenada X Coordenada Y

Ej. "default"

Forma

Tamaño

Color

Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería

Universidad de Bremen

Las tortugas son...

- Toman forma (representan una entidad animada)

Forma

Ej. "default"

Tamaño

Color

Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería

Universidad de Bremen

Las tortugas son...

- Toman forma (representan una entidad animada)

Forma

"Person"

Tamaño

Color

- relativo al tamaño del patch
- 1 es por defecto

Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería

Universidad de Bremen

Las tortugas son...

- Toman forma (representan una entidad animada)

Forma

"person"

Tamaño

Color

- Red, green, blue
- relativo al tamaño del patch
- 1 es por defecto
- Pero puede ser 2

Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería

Universidad de Bremen

Las tortugas son...

- Entidades que tienen movimiento

Workshop en simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería
Universidad de Bélgica

Comandos

Workshop en simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería
Universidad de Bélgica

Comandos

Workshop en simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería
Universidad de Bélgica

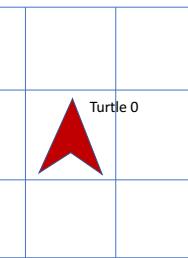
Su turno...

- Iniciar NetLogo
- En la caja de observador > ingresar: `create-turtles 1`
- Ingrese: `inspect turtle 0`
- Ingrese color: `red`
- Heading: `0`
- Xcor : `1`
- Ycor: `1`
- Shape: `"person"`

Workshop en simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería
Universidad de Bélgica

Una visión más cercana a las propiedades...

who	Números (ej. 0)
heading	
xcor	
ycor	
size	
color	
shape	Strings
hidden?	Booleanos



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

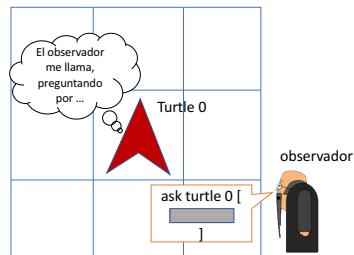
Universidad de Bremen

Tipos de datos

- Números, booleanos y cadenas son tipos de datos.
- Cada tipo de datos tiene su propia sintaxis.

El comando ask

who
heading
xcor
ycor
shape
size
color
hidden?



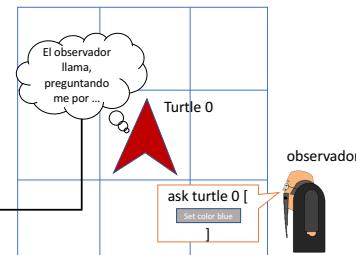
Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

Universidad de Bremen

El comando ask

who
heading
xcor
ycor
shape
size
color
hidden?



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

Universidad de Bremen

El comando ask

Comandos para tortugas

- **Set propiedad valor**
 - Modifica el valor específico de una propiedad.
- **forward patch-units, back path-units**
 - Mueve la tortuga en la dirección actual.
- **left grados, right grados**
 - Cambia la dirección de la tortuga

• De igual manera, para todos los comandos en el “Diccionario de Netlogo”

El diccionario de NetLogo

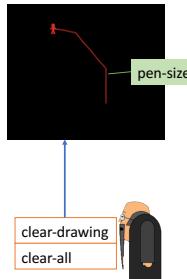
Principal centro de ayuda

Ejercicio!

1. Hacer que el observador pregunte a la tortuga 0:
 - Cambiar color a amarillo.
 - Utilizar los siguientes comandos:
 - forward 1, left 45, forward 1
2. Observar qué pasa cuando se ejecuta:
 - ask turtle 0 [create-turtles 1]
3. Buscar en el diccionario de Netlogo el significado de los siguientes comandos:
 - Pen-up
 - Pen-down
 - Luego experimente con esos comandos usando **forward, left, right**

Resultados (posibles)

- *Pen-down* y *pen-up* cambian el estado de la propiedad llamada "*pen-mode*".
- El color de la línea es igual al color de la tortuga.
- El ancho de la línea puede ser cambiado usando la propiedad "*pen-size*".
- El observador puede borrar las líneas usando el comando "*clear-drawing*" o todo el ambiente usando "*clear-all*"

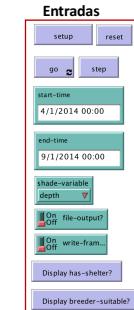


Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

Universidad de Béjar

La interfaz de Netlogo



Workshop en simulación basada en agentes

La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería

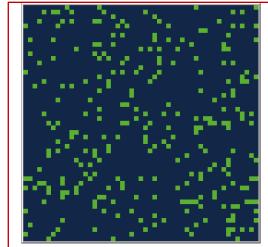
Universidad de Béjar

La interfaz de Netlogo

Entradas



Visualización



Workshop en simulación basada en agentes

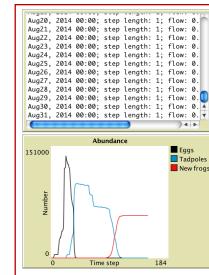
Simulación basada en agentes

Universidad de Béjar

La interfaz de Netlogo

Dynamic Plots: Muestra gráficos dinámicos sobre el tiempo, ej. el número de personas, ovejas, máquinas

Salidas



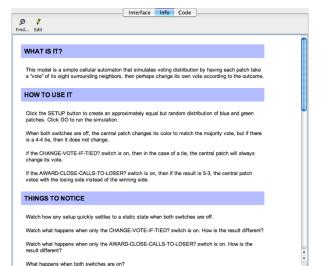
Workshop en simulación basada en agentes

La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería

Universidad de Béjar

Tablero de información en NetLogo

- Proporciona información sobre el modelo: cómo fue creado, cómo usar el modelo, qué parámetros generan comportamientos interesantes.
- Pueden sugerirse maneras de extender el modelo o mejorarlo.



Workshop en simulación basada en agentes

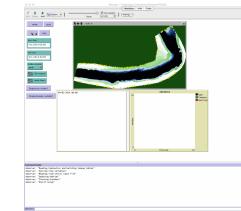
Simulación basada en agentes

Universidad de Bremen

Salidas de NetLogo

Análisis de rutina:

- Estadística descriptiva
- Regresiones
- Series de tiempo
- Cross-sectional data* (Análisis de poblaciones)



Análisis más interesantes:

- Ejecutar nuevos experimentos enfocándose en datos de interés.
- Diseñar nuevos experimentos.
- Crear nuevas narrativas de los problemas analizados.

Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

Universidad de Bremen

Elementos clave en la interfaz de NetLogo



Configurando el ambiente

Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

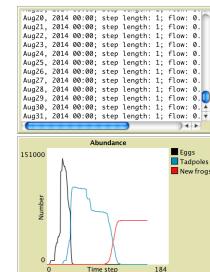
Universidad de Bremen

Elementos clave en la interfaz de NetLogo

Creando elementos – click derecho en el espacio de la interfaz

- Button
- Slider
- Switch
- Chooser
- Input
- Monitor
- Plot
- Output
- Note
- Export Interface...

Monitores y gráficos



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

Universidad de Bremen

La escritura de programas

Recursos útiles: Librería de Modelos

This screenshot shows the 'About the Models Library' dialog box. It includes sections for 'About the Models Library', 'Sample Models', 'User-Defined Models', 'Code Examples', 'Alternatives', and 'User Community'. The 'About the Models Library' section contains links to the CCL home page, the User Community web page, and the NetLogo home page. The 'Sample Models' section lists categories such as AN, Boids, Boids 2D, Chemistry & Physics, Computer Science, Economics, Mathematics, Physics, Social, and Technology. The 'User-Defined Models' section lists categories like Cellular Automata, Complexity, Evolution, Game Theory, Geometric, Information, Mathematical, Physical, and Social. The 'Code Examples' section lists examples like Boids, Boids 2D, Cellular Automata, Code Examples, Evolution, Game Theory, Geometric, Information, Mathematical, Physical, and Social. The 'Alternatives' section lists models from the application of NetLogo, including the 'NetLogo 2009' and 'NetLogo 2010' editions. The 'User Community' section links to the User Community page.

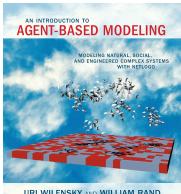
Buscando ayuda en línea

The left side of the screenshot shows the openabm.org homepage, which features a search bar and a sidebar with links to 'Home', 'About', 'Contact', 'Log in', and 'Log out'. The right side shows a 'NetLogo: Overview and Introduction' page from subversion.american.edu/aisaac/notes/netlogo-intro.xhtml#id7. This page includes sections for 'What Is NetLogo?', 'Documentation', and 'Getting Started'.

Preguntas y respuestas

The left side of the screenshot shows a Stack Overflow search results page for 'netlogo'. The right side shows a Yahoo group page titled 'NetLogo' with a post from 'NetLogo Users' asking for help with a 'NetLogo 2010' model. The post includes a link to a screenshot of the model.

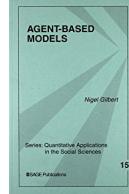
Textos útiles



Uri Wilensky and William Rand. An introduction to agent-based modeling: Modeling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo. MIT Press, 2015.



Steve. F. Railsback and Volker Grimm. Agent-based and Individual-Based Modelling. Princeton University Press, 2011.



Nigel Gilbert. Agent-based models. No. 153. Sage, 2008.

Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

Universidad de Béjar

Artículos útiles (Hay muchos más en cada área de estudio)

Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems

Eric Bonabeau*

Icosystem Corporation, 545 Concord Avenue, Cambridge, MA 02138

Journal of Simulation (2014) 8, 111–143
© 2013 Operational Research Society Ltd. All rights reserved. (ISSN 1750-923X)
www.jopsim.org/contents

FROM FACTORS TO ACTORS: Computational Sociology and Agent-Based Modeling

Michael W. Macy and Robert Willer
Department of Sociology, Cornell University, Ithaca, New York 14853;
macy@cornell.edu; willer@cornell.edu

Key Words: simulation, complexity, emergence, social representation, cellular automata, genetic algorithms

Tutorial on agent-based modelling and simulation

CLV Mendoza*, J. Gómez-Villamizar**
Center for Complex Adaptive Agent Systems Simulation, Decision & Information Sciences Division, Argonne National Laboratory, Argonne, IL, USA; and *Computational Institute, The University of Chicago, Chicago, IL, USA

Agent-based modeling and simulation (ABMS) is a relatively new approach to modeling systems composed of many interacting agents. ABMS is well suited to model complex systems characterized by strong interactions and adaptive systems. Such systems often self-organize themselves and create emergent order. Agent-based models have been applied to a wide range of fields, from social sciences to engineering, biology, chemistry, and economics. The development of agent modeling tools, the availability of software, and advances in modeling methodology have made ABMS accessible to a wide range of users. This tutorial provides an introduction and description of the basic principles of ABMS, its applications, and its strengths and limitations. It also discusses some recent developments in ABMS, such as the use of distributed and parallel processing, and the use of ABMS to study complex systems across a variety of disciplines, and introduces methods and tools for developing agent models. Journal of Simulation (2014) 8, 151–162. DOI:10.1057/jos.2013.20

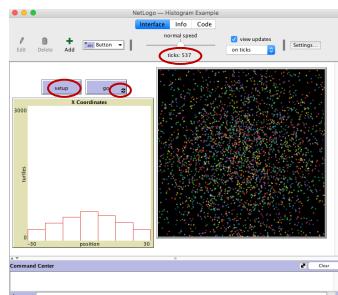
Keywords: agent-based modelling and simulation; modelling behaviour; social simulation

Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

Universidad de Béjar

Explorando el “ejemplo histograma”



- Los dos botones “setup” y “go” se utilizan para interactuar con el modelo.
- “Setup” limpia e inicia el modelo.
- “go” ejecuta la simulación y genera el histograma, dentro de un ciclo infinito en tiempo discreto – “ticks”.

Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

Universidad de Béjar

El tablero “código”

NetLogo — Histogram Example

Interface | Code

```

11 to setup
12   (limpiar)
13   (crear tortugas)
14
15 end
16
17 to go
18   (mover tortugas)
19
20 end
21
22
23
24
25
26
27
28

```

- Ir al tablero “Code”.
- Observar las dos rutinas: “setup” y “go”.
- Estas dos rutinas son llamadas desde los botones

Buttons

Agent(s) | observer | Forever
 Disable until ticks start

Commands

setup

Display name: Action key: Cancel OK

Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

Universidad de Béjar

Procedimientos

El conjunto de comandos está estructurado dentro de unidades lógicas llamadas:

```

to setup
... comandos...
end

to go
... comandos ...
end

```

Siempre tienen la sintaxis

```

to <nombre-del-procedimiento>
... comandos...
end

```

Escribiendo el primer programa

```

1 to setup
2   clear-all
3   create-turtles 1
4 end
5
6 to go
7   ask turtle 0 [
8     forward 1
9   ]
10 end
11
12

```

• Estos son los comentarios. Empiezan con ";"
• Los comentarios son ignorados por NetLogo.
• Ayudan a entender el código.

Conectando el programa a la interfaz de usuario

- Hacer clic en "Add".
- Click en un espacio dentro de la interfaz
- Ingresar el nombre del comando
- Insertar otro botón con la opción "Forever"

Adicionando multiples tortugas

- Adicionar un deslizador (slider) llamado "numero-tortugas" que determine el número de tortugas a crear.
- Usar este valor en el "Setup".
- Distribuir todas las tortugas en el espacio.

Adicionando un deslizador

1. Adicionar el deslizador dentro de la interfaz de simulación
2. Nombrar la variable global
3. Establecer el rango de valores de la variable

Creando n-tortugas

1. Actualizar "Setup"
2. Ejecutar el procedimiento actualizado
3. Tomar nota de los múltiples agentes creados (click derecho sobre las tortugas)

```
to setup
  clear-all
  create-turtles n-tortugas
end
```

Variables globales

- El valor en el deslizador “n-tortugas” se habilita en cualquier parte del código con este nombre de variable. A estas variables se les conoce como **globales**.
- Hay cuatro opciones para definir variables globales que se controlan desde la interfaz:

Slider	Switch	Chooser	Input
Produce un número dentro de un rango determinado	Produce un valor booleano (Verdadero o falso)	Produce cualquier tipo de dato, dependiendo de los valores de la lista	Produce un numero, cadena o color, dependiendo del tipo de dato definido

Ahora todas las tortugas!

- Para consultar todas las tortugas se utiliza el comando **ask turtles**

```
1 to setup
2   clear-all
3   create-turtles n-tortugas
4   ask turtles
5     set color RED
6     set shape "person"
7     set heading 0
8   ]
9 end
```

- Todos los comandos internos, configuran la lógica y configuración del conjunto de tortugas

"Reporters" (1)

- Como se puede observar, las tortugas en el código anterior, se crean en el origen (0,0).
- Para ponerlas en lugares aleatorios en el ambiente, necesitamos:

```

1 to setup
2   clear-all
3   create-turtles n-tortugas
4   ask turtles[
5     set color RED
6     set shape "person"
7     set heading 0
8
9     set xcor random-xcor
10    set ycor random-ycor
11  ]
12 end

```

Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

Universidad de Bélgica

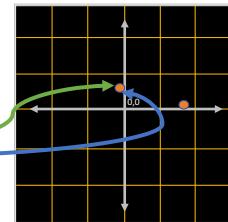
"Reporters" (2)

- A los comandos que ejecutan funciones se les conoce como reporteros.
- Los reporteros computan un valor (en este caso: un número que representa una coordenada) y lo asignan a una variable.

```

1 to setup
2   clear-all
3   create-turtles n-tortugas
4   ask turtles[
5     set color RED
6     set shape "person"
7     set heading 0
8
9     set xcor random-xcor
10    set ycor random-ycor
11  ]
12 end

```



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

Universidad de Bélgica

Comparando reporteros y variables globales

Reporters

- Puede ser usado para calcular y almacenar un valor concreto.
- El valor es producido por computación (Ej. generar una posición aleatoria).
- Es posible definir parámetros para la función.

parametro
sin 30 → 0.4999999999

Workshop en simulación basada en agentes

Variables globales

- Puede ser usado para asignar un valor concreto.
- El valor es producido el usuario. (Ej. Un deslizador)
- Es un "valor" al cual se puede referir.

n-tortugas → 25
pi → 3.1415926535897

Simulación basada en agentes

Universidad de Bélgica

Preguntando a las tortugas al momento de crearlas

```

1 to setup
2   clear-all
3   create-turtles n-tortugas
4   ask turtles[
5     set color RED
6     set shape "person"
7     set heading 0
8
9     set xcor random-xcor
10    set ycor random-ycor
11  ]
12 end

```

```

1 to setup
2   clear-all
3   create-turtles n-tortugas[
4     set color RED
5     set shape "person"
6     set heading 0
7
8     set xcor random-xcor
9     set ycor random-ycor
10   ]
11 end

```

Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

Universidad de Bélgica

Dirigiendo las tortugas

Workshop en simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería
Universidad de Bremen

Seleccionando tortugas...

Workshop en simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería
Universidad de Bremen

Seleccionando tortugas...

Workshop en simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería
Universidad de Bremen

Seleccionando tortugas con ciertas propiedades

Workshop en simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería
Universidad de Bremen

Mas ejemplos...

with [ycor > 0]	
with [ycor > 0 and xcor < 0]	
with [ycor > 0 or xcor < 0]	



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería



Condiciones booleanas

Para construir las consultas, se pueden construir sentencias "verdaderas" o "falsas".

- Para los números, usar ($>$, $<$, \geq , \leq , \neq)
- Para booleanos ($=$, \neq), ejemplo:
 - turtles with [hidden? = true]
 - turtles with [hidden? != true]
- Cadenas pueden usar comparaciones ($=$, \neq), ejemplo:
 - turtles with [shape = "person"]



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería



Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería



Operadores lógicos en NetLogo

Puede utilizar operadores lógicos and, or y not para construir condiciones de verdadero o falso:

Operador Lógico	Uso	Ejemplo
condición 1 and condición 2	Se debe satisfacer todas las condiciones enlazadas por el operador and.	(shape = "person") and (ycor > 0) and (xcor < 0)
condición 1 or condición 2	Se debe satisfacer al menos una de las condiciones enlazadas por el operador	(ycor > 0) or (xcor < 0)
not condición	Se debe no satisfacer las condiciones enlazadas por el operador	Not (shape = "person")



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería



Ejemplos

```

1[ to setup
2  clear-all
3  create-turtles n-tortugas[
4    set color BLUE
5    set xcor random-xcor
6    set ycor random-ycor
7  ]
8  ask turtles with [ycor >= 0] [
9    set shape "person"
10   set color RED
11  ]
12 end
13
14[ to go
15  ask turtles with [shape = "person"] [
16    forward 1
17  ]
18 end
19

```

- En la creación, todas las tortugas toman el color azul.
- A continuación, las tortugas que tienen coordenada positivas toman el color rojo y la forma "persona".
- "go" únicamente mueve las tortugas de forma "persona".

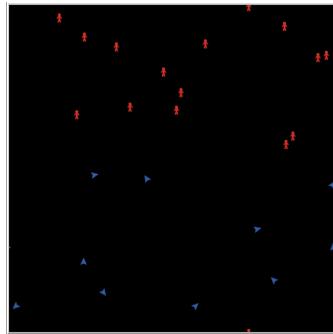
Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería



Observaciones al modelo

- Hemos creado dos grupos de tortugas.
- Puede ser más elegante nombrar los grupos que cambiar 'manualmente' las formas de las tortugas.
- Adicionalmente, cada grupo puede tener propiedades que los identifique.



Workshop en simulación basada en agentes

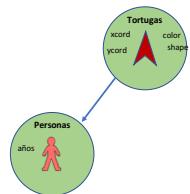
Simulación basada en agentes

Universidad de Bremen

Generación de razas "breeds"

- Para NetLogo, la "raza" más general son las tortugas.
- Usted tiene la libertad de definir tantas "razas" como sea necesario usando la palabra clave "breed".

breed [personas persona]
plural singular



- Todas las razas heredan las propiedades de las tortugas. Adicionalmente se definen propiedades *específicas para el grupo*.

Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

Universidad de Bremen

Definiendo propiedades adicionales

- Las propiedades adicionales para cada "raza" pueden ser definidas usando el nombre en plural:

```

1 breed [personas persona]
2
3 personas-own [
4   edad
5 ]
6
7 to setup
8   clear-all
9 end
10 to go
11   create-personas n-tortugas[
12     set xcor random-xcor
13     set ycor random-ycor
14     set color RED
15     set edad 0
16   ]
17   ask personas [
18     set edad (edad + 1)
19   ]
20   ask personas with [edad > 80] [
21     die
22   ]
23 end
24

```

- Para crear tortugas de una "raza" específica:

"create-<raza en plural>"

```

create-personas 1
  set shape "person"
  set edad 0
]

```

Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

Universidad de Bremen

Ejercicio...

```

1 breed [personas persona]
2
3 personas-own [
4   edad
5 ]
6
7 to setup
8   clear-all
9 end
10 to go
11   create-personas n-tortugas[
12     set xcor random-xcor
13     set ycor random-ycor
14     set color RED
15     set edad 0
16   ]
17   ask personas [
18     set edad (edad + 1)
19   ]
20   ask personas with [edad > 80] [
21     die
22   ]
23 end
24

```

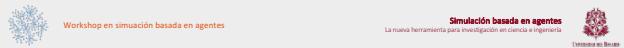
- En cada paso, una cantidad de *n-tortugas* son creadas.
- Cada paso de la simulación representa un año. Por lo tanto, la propiedad "edad" para cada persona se incrementa.
- Despues, se seleccionan todas las personas cuya *edad* sea más de 80 y "mueren" (die)

Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

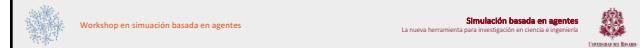
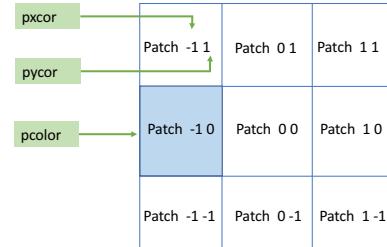
Universidad de Bremen

Patches

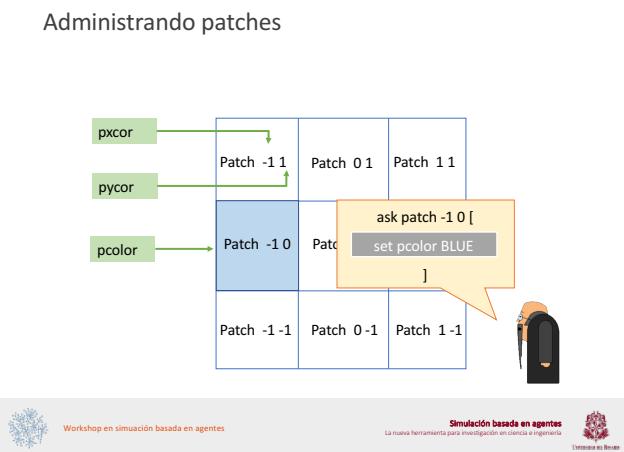


Introducción

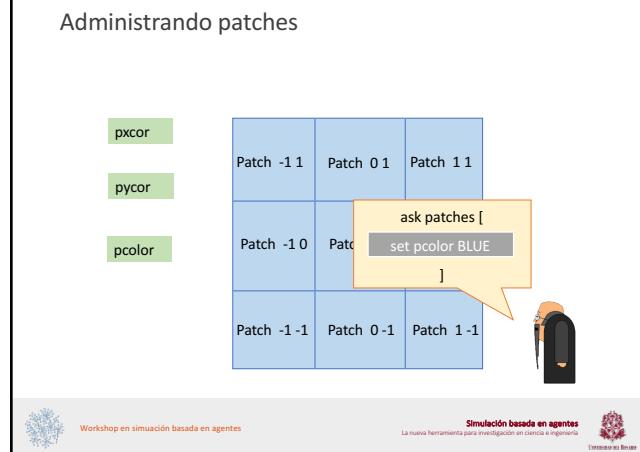
Los "patches" son una especie de "raza" predefinida en NetLogo con las siguientes propiedades:



Administrando patches



Administrando patches



Extendiendo los patches

- La propiedades específicas de los patches pueden ser modificadas con:

```
patches-own[
  tipo
]
```
- Sin embargo, no hay posibilidad de adicionar "razas" que puedan heredar de patches.
- Adicionalmente, los patches no son creados usando código, en cambio se utiliza la ventana de configuración del ambiente.

Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

Universidad de Bremen

Ejercicio...

```
patches-own[
  tipo
]

to setup
  clear-all
  ask patches [
    set tipo random 2
  ]
  ask patches with [tipo = 1][
    set pcolor yellow
  ]
end
```

Workshop en simulación basada en agentes

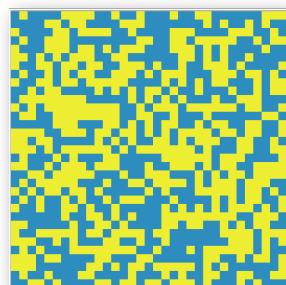
Simulación basada en agentes

Universidad de Bremen

Mejoras al código - *ifelse*

```
patches-own[
  tipo
]

to setup
  clear-all
  ask patches [
    set tipo random 2
    ifelse tipo = 1[
      set pcolor yellow
    ][
      set pcolor sky
    ]
  ]
end
```



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes

Universidad de Bremen

Gracias!

Simulación basada en agentes

Universidad de Bremen