

Modelación Basada en Agentes

Dr. Felipe Contreras

25 de enero de 2018

1

Antecedentes

- Sistemas Complejos
- Mapeos Discretos
- Autómatas Celulares

Sistemas Complejos

Características

- Sistema: Conjunto de elementos o partes conectadas entre sí, que llevan a cabo cierta función
- Complejo \neq Complicado
- Presentan auto-organización
- Exhiben propiedades emergentes (“el todo es más que la suma de sus partes”)
 - ① Muchos elementos
 - ② Las interacciones son dinámicas
 - ③ Elementos influyen y son influidos por los demás
 - ④ Las interacciones son no lineales (pequeñas “causas”, pueden tener “efectos” grandes)
 - ⑤ Las interacciones son recursivas
 - ⑥ Son abiertos
 - ⑦ Operan lejos del equilibrio
 - ⑧ Tienen una historia
 - ⑨ Los elementos actúan con información local

Características

- Sistema: Conjunto de elementos o partes conectadas entre sí, que llevan acabo cierta función
- **Complejo \neq Complicado**
- Presentan auto-organización
- Exhiben propiedades emergentes (“el todo es más que la suma de sus partes”)
 - ① Muchos elementos
 - ② Las interacciones son dinámicas
 - ③ Elementos influyen y son influidos por los demás
 - ④ Las interacciones son no lineales (pequeñas “causas”, pueden tener “efectos” grandes)
 - ⑤ Las interacciones son recursivas
 - ⑥ Son abiertos
 - ⑦ Operan lejos del equilibrio
 - ⑧ Tienen una historia
 - ⑨ Los elementos actúan con información local

Características

- Sistema: Conjunto de elementos o partes conectadas entre sí, que llevan acabo cierta función
- Complejo \neq Complicado
- Presentan auto-organización
- Exhiben propiedades emergentes (“el todo es más que la suma de sus partes”)
 - Muchos elementos
 - Las interacciones son dinámicas
 - Elementos influyen y son influidos por los demás
 - Las interacciones son no lineales (pequeñas “causas”, pueden tener “efectos” grandes)
 - Las interacciones son recursivas
 - Son abiertos
 - Operan lejos del equilibrio
 - Tienen una historia
 - Los elementos actúan con información local

Características

- Sistema: Conjunto de elementos o partes conectadas entre sí, que llevan acabo cierta función
- Complejo \neq Complicado
- Presentan auto-organización
- Exhiben propiedades emergentes (“el todo es más que la suma de sus partes”)
 - 1 Muchos elementos
 - 2 Las interacciones son dinámicas
 - 3 Elementos influyen y son influidos por los demás
 - 4 Las interacciones son no lineales (pequeñas “causas”, pueden tener “efectos” grandes)
 - 5 Las interacciones son recursivas
 - 6 Son abiertos
 - 7 Operan lejos del equilibrio
 - 8 Tienen una historia
 - 9 Los elementos actúan con información local

Características

- Sistema: Conjunto de elementos o partes conectadas entre sí, que llevan acabo cierta función
- Complejo \neq Complicado
- Presentan auto-organización
- Exhiben propiedades emergentes (“el todo es más que la suma de sus partes”)

❶ Muchos elementos

- ❷ Las interacciones son dinámicas
- ❸ Elementos influyen y son influidos por los demás
- ❹ Las interacciones son no lineales (pequeñas “causas”, pueden tener “efectos” grandes)
- ❺ Las interacciones son recursivas
- ❻ Son abiertos
- ❼ Operan lejos del equilibrio
- ❽ Tienen una historia
- ❾ Los elementos actúan con información local

Características

- Sistema: Conjunto de elementos o partes conectadas entre sí, que llevan acabo cierta función
- Complejo \neq Complicado
- Presentan auto-organización
- Exhiben propiedades emergentes (“el todo es más que la suma de sus partes”)
 - 1 Muchos elementos
 - 2 Las interacciones son dinámicas
 - 3 Elementos influyen y son influidos por los demás
 - 4 Las interacciones son no lineales (pequeñas “causas”, pueden tener “efectos” grandes)
 - 5 Las interacciones son recursivas
 - 6 Son abiertos
 - 7 Operan lejos del equilibrio
 - 8 Tienen una historia
 - 9 Los elementos actúan con información local

Características

- Sistema: Conjunto de elementos o partes conectadas entre sí, que llevan acabo cierta función
- Complejo \neq Complicado
- Presentan auto-organización
- Exhiben propiedades emergentes (“el todo es más que la suma de sus partes”)
 - 1 Muchos elementos
 - 2 Las interacciones son dinámicas
 - 3 Elementos influyen y son influidos por los demás
 - 4 Las interacciones son no lineales (pequeñas “causas”, pueden tener “efectos” grandes)
 - 5 Las interacciones son recursivas
 - 6 Son abiertos
 - 7 Operan lejos del equilibrio
 - 8 Tienen una historia
 - 9 Los elementos actúan con información local

Características

- Sistema: Conjunto de elementos o partes conectadas entre sí, que llevan acabo cierta función
- Complejo \neq Complicado
- Presentan auto-organización
- Exhiben propiedades emergentes (“el todo es más que la suma de sus partes”)
 - 1 Muchos elementos
 - 2 Las interacciones son dinámicas
 - 3 Elementos influyen y son influidos por los demás
 - 4 Las interacciones son no lineales (pequeñas “causas”, pueden tener “efectos” grandes)
 - 5 Las interacciones son recursivas
 - 6 Son abiertos
 - 7 Operan lejos del equilibrio
 - 8 Tienen una historia
 - 9 Los elementos actúan con información local

Características

- Sistema: Conjunto de elementos o partes conectadas entre sí, que llevan acabo cierta función
- Complejo \neq Complicado
- Presentan auto-organización
- Exhiben propiedades emergentes (“el todo es más que la suma de sus partes”)
 - 1 Muchos elementos
 - 2 Las interacciones son dinámicas
 - 3 Elementos influyen y son influidos por los demás
 - 4 Las interacciones son no lineales (pequeñas “causas”, pueden tener “efectos” grandes)
 - 5 Las interacciones son recursivas
 - 6 Son abiertos
 - 7 Operan lejos del equilibrio
 - 8 Tienen una historia
 - 9 Los elementos actúan con información local

Características

- Sistema: Conjunto de elementos o partes conectadas entre sí, que llevan acabo cierta función
- Complejo \neq Complicado
- Presentan auto-organización
- Exhiben propiedades emergentes (“el todo es más que la suma de sus partes”)
 - 1 Muchos elementos
 - 2 Las interacciones son dinámicas
 - 3 Elementos influyen y son influidos por los demás
 - 4 Las interacciones son no lineales (pequeñas “causas”, pueden tener “efectos” grandes)
 - 5 Las interacciones son recursivas
 - 6 Son abiertos
 - 7 Operan lejos del equilibrio
 - 8 Tienen una historia
 - 9 Los elementos actúan con información local

Características

- Sistema: Conjunto de elementos o partes conectadas entre sí, que llevan acabo cierta función
- Complejo \neq Complicado
- Presentan auto-organización
- Exhiben propiedades emergentes (“el todo es más que la suma de sus partes”)
 - 1 Muchos elementos
 - 2 Las interacciones son dinámicas
 - 3 Elementos influyen y son influidos por los demás
 - 4 Las interacciones son no lineales (pequeñas “causas”, pueden tener “efectos” grandes)
 - 5 Las interacciones son recursivas
 - 6 Son abiertos
 - 7 Operan lejos del equilibrio
 - 8 Tienen una historia
 - 9 Los elementos actúan con información local

Características

- Sistema: Conjunto de elementos o partes conectadas entre sí, que llevan acabo cierta función
- Complejo \neq Complicado
- Presentan auto-organización
- Exhiben propiedades emergentes (“el todo es más que la suma de sus partes”)
 - 1 Muchos elementos
 - 2 Las interacciones son dinámicas
 - 3 Elementos influyen y son influidos por los demás
 - 4 Las interacciones son no lineales (pequeñas “causas”, pueden tener “efectos” grandes)
 - 5 Las interacciones son recursivas
 - 6 Son abiertos
 - 7 Operan lejos del equilibrio
 - 8 Tienen una historia
 - 9 Los elementos actúan con información local

Características

- Sistema: Conjunto de elementos o partes conectadas entre sí, que llevan acabo cierta función
- Complejo \neq Complicado
- Presentan auto-organización
- Exhiben propiedades emergentes (“el todo es más que la suma de sus partes”)
 - 1 Muchos elementos
 - 2 Las interacciones son dinámicas
 - 3 Elementos influyen y son influidos por los demás
 - 4 Las interacciones son no lineales (pequeñas “causas”, pueden tener “efectos” grandes)
 - 5 Las interacciones son recursivas
 - 6 Son abiertos
 - 7 Operan lejos del equilibrio
 - 8 Tienen una historia
 - 9 Los elementos actúan con información local

Mapeos Discretos

Mapeos discretos

- $y = f(x)$
- $x_1 = f(x_0)$
- $x_2 = f(x_1), x_3 = f(x_2), x_4 = f(x_3), \dots$

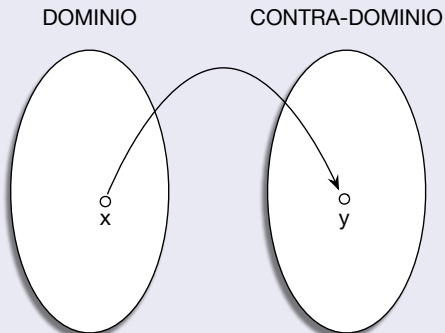
Mapeos discretos

- $y = f(x)$
- $x_1 = f(x_0)$
- $x_2 = f(x_1), x_3 = f(x_2), x_4 = f(x_3), \dots$

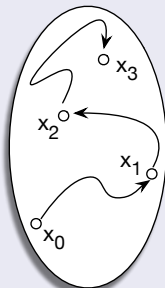
Mapeos discretos

- $y = f(x)$
- $x_1 = f(x_0)$
- $x_2 = f(x_1), x_3 = f(x_2), x_4 = f(x_3), \dots$

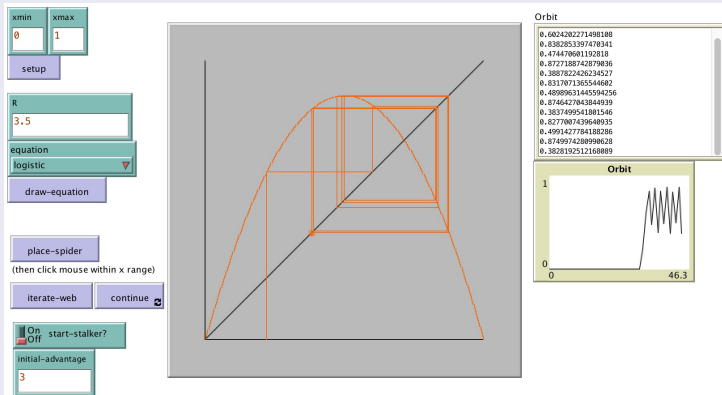
Representación gráfica



DOMINIO Y CONTRA-DOMINIO



Representación gráfica



- Converge (a un punto)
- No converge: tiene ciclo límite
- No converge: órbita densa

- Converge (a un punto)
- No converge: tiene ciclo límite
- No converge: órbita densa

- Converge (a un punto)
- No converge: tiene ciclo límite
- No converge: órbita densa

Autómatas Celulares

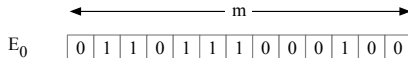
Definición

- Vocabulario σ de n símbolos
- Organización de m de estos símbolos en un estado inicial E_0
- Tamaño de vecindad o radio ρ
- Condiciones en la frontera (cíclica, terminación, valor único)
- Regla de evolución (función de mapeo)

$$\sigma = \{0, 1\}, n = 2$$

Definición

- Vocabulario σ de n símbolos
- Organización de m de estos símbolos en un estado inicial E_0
- Tamaño de vecindad o radio ρ
- Condiciones en la frontera (cíclica, terminación, valor único)
- Regla de evolución (función de mapeo)



Definición

- Vocabulario σ de n símbolos
- Organización de m de estos símbolos en un estado inicial E_0
- Tamaño de vecindad o radio ρ
- Condiciones en la frontera (cíclica, terminación, valor único)
- Regla de evolución (función de mapeo)

$$\rho = 3$$

Definición

- Vocabulario σ de n símbolos
- Organización de m de estos símbolos en un estado inicial E_0
- Tamaño de vecindad o radio ρ
- Condiciones en la frontera (cíclica, terminación, valor único)
- Regla de evolución (función de mapeo)

E_0

0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Definición

- Vocabulario σ de n símbolos
- Organización de m de estos símbolos en un estado inicial E_0
- Tamaño de vecindad o radio ρ
- Condiciones en la frontera (cíclica, terminación, valor único)
- Regla de evolución (función de mapeo)

Regla 124

0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

Regla de evolución

Regla 124

dígitos de 0 a n^p en base n	0 →	0	0	0	0	← dígito menos significativo
	1 →	0	0	1	0	124 en base n
	2 →	0	1	0	1	
	3 →	0	1	1	1	
	4 →	1	0	0	1	
	5 →	1	0	1	1	
	6 →	1	1	0	1	
	7 →	1	1	1	0	← dígito más significativo

$$124_{10} = 01111100_2$$

Aplicación de la regla

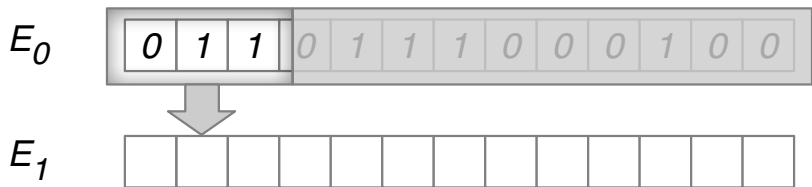
E_0

0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

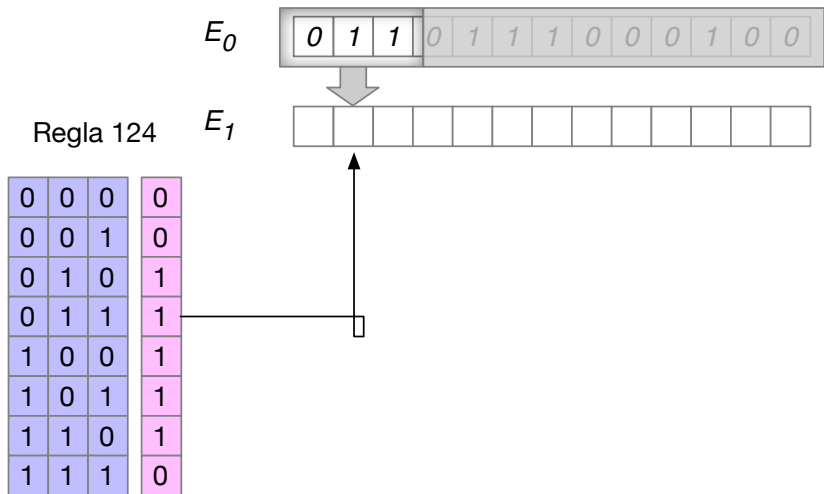
E_1

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

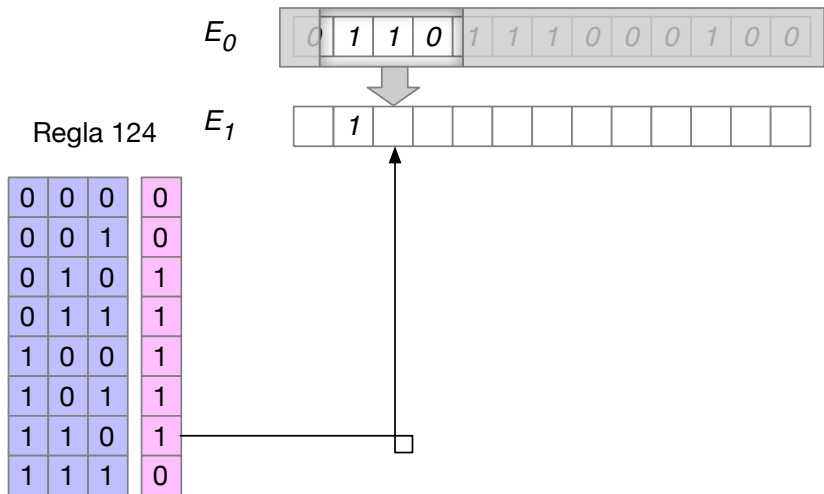
Aplicación de la regla



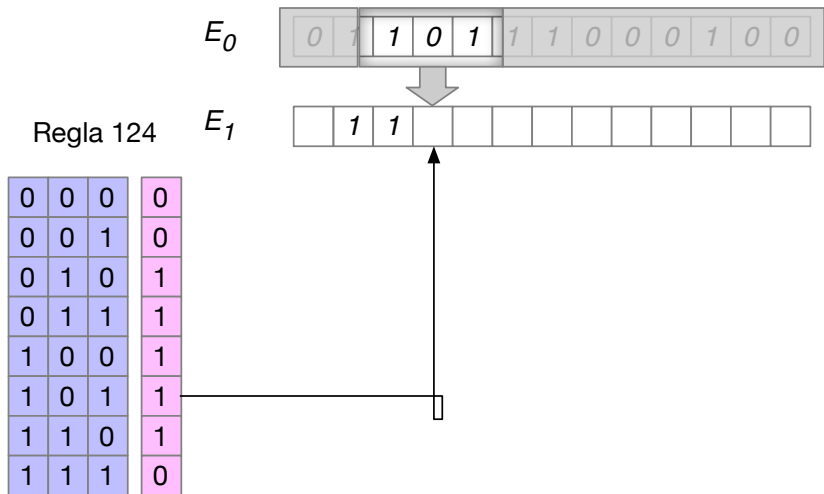
Aplicación de la regla



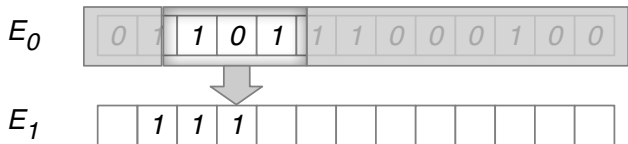
Aplicación de la regla



Aplicación de la regla



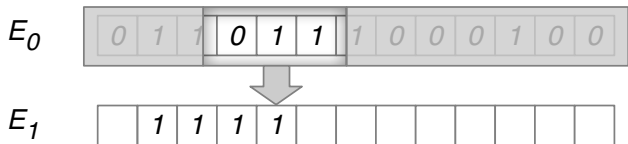
Aplicación de la regla



Regla 124

0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

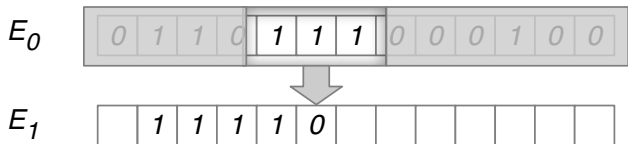
Aplicación de la regla



Regla 124

0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

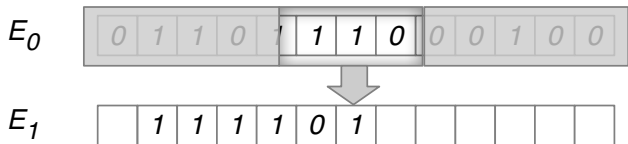
Aplicación de la regla



Regla 124

0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

Aplicación de la regla



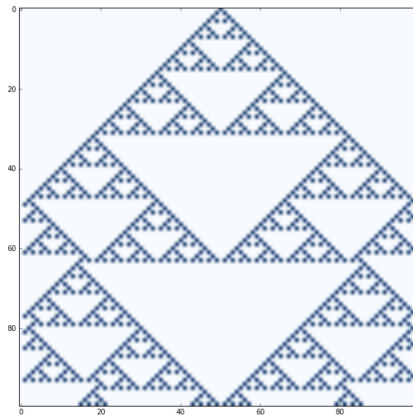
Regla 124

0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

Aplicación de la regla

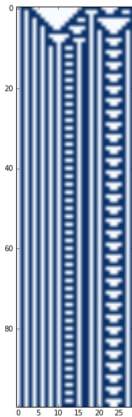
¿cómo quedan las demás?, ¿cómo funciona la condición de frontera cíclica?

Regla 90, E_0 ="central"



Ejemplos

Regla 94, $E_0 = "0111000000000001111100001111"$



Ejemplos

Regla 135, E_0 ="azar"



Autómatas en 2D: El juego de la vida

- El conjunto de símbolos es $\sigma = \{0, 1\}$, significando 0="muerta", 1="viva"
- E_0 , y todos los demás estados, están dispuestos en una parrilla 2D de celdas
- La vecindad mide $\rho = (3, 3)$, es un cuadro de 3×3 símbolos
- La regla de evolución para el siguiente estado, asigna a la celda central el valor:
 - "viva", si la celda central esta "muerta" y hay exactamente 3 vecinos vivos
 - "muerta", si la celda central está "viva" y más de 3 (sobrepoblación) o menos de 2 (soledad) vecinos están vivos
 - En cualquier otro caso, la celda mantiene su símbolo

Autómatas en 2D: El juego de la vida

- El conjunto de símbolos es $\sigma = \{0, 1\}$, significando 0="muerta", 1="viva"
- E_0 , y todos los demás estados, están dispuestos en una parrilla 2D de celdas
- La vecindad mide $\rho = (3, 3)$, es un cuadro de 3×3 símbolos
- La regla de evolución para el siguiente estado, asigna a la celda central el valor:
 - "viva", si la celda central esta "muerta" y hay exactamente 3 vecinos vivos
 - "muerta", si la celda central está "viva" y más de 3 (sobrepoblación) o menos de 2 (soledad) vecinos están vivos
 - En cualquier otro caso, la celda mantiene su símbolo

Autómatas en 2D: El juego de la vida

- El conjunto de símbolos es $\sigma = \{0, 1\}$, significando 0="muerta", 1="viva"
- E_0 , y todos los demás estados, están dispuestos en una parrilla 2D de celdas
- La vecindad mide $\rho = (3, 3)$, es un cuadro de 3×3 símbolos
- La regla de evolución para el siguiente estado, asigna a la celda central el valor:
 - "viva", si la celda central esta "muerta" y hay exactamente 3 vecinos vivos
 - "muerta", si la celda central está "viva" y más de 3 (sobrepoblación) o menos de 2 (soledad) vecinos están vivos
 - En cualquier otro caso, la celda mantiene su símbolo

Autómatas en 2D: El juego de la vida

- El conjunto de símbolos es $\sigma = \{0, 1\}$, significando 0="muerta", 1="viva"
- E_0 , y todos los demás estados, están dispuestos en una parrilla 2D de celdas
- La vecindad mide $\rho = (3, 3)$, es un cuadro de 3×3 símbolos
- La regla de evolución para el siguiente estado, asigna a la celda central el valor:
 - "viva", si la celda central esta "muerta" y hay exactamente 3 vecinos vivos
 - "muerta", si la celda central está "viva" y más de 3 (sobrepoblación) o menos de 2 (soledad) vecinos están vivos
 - En cualquier otro caso, la celda mantiene su símbolo

Autómatas en 2D: El juego de la vida

- El conjunto de símbolos es $\sigma = \{0, 1\}$, significando 0="muerta", 1="viva"
- E_0 , y todos los demás estados, están dispuestos en una parrilla 2D de celdas
- La vecindad mide $\rho = (3, 3)$, es un cuadro de 3×3 símbolos
- La regla de evolución para el siguiente estado, asigna a la celda central el valor:
 - "viva", si la celda central esta "muerta" y hay exactamente 3 vecinos vivos
 - "muerta", si la celda central está "viva" y más de 3 (sobrepoblación) o menos de 2 (soledad) vecinos están vivos
 - En cualquier otro caso, la celda mantiene su símbolo

Autómatas en 2D: El juego de la vida

- El conjunto de símbolos es $\sigma = \{0, 1\}$, significando 0="muerta", 1="viva"
- E_0 , y todos los demás estados, están dispuestos en una parrilla 2D de celdas
- La vecindad mide $\rho = (3, 3)$, es un cuadro de 3×3 símbolos
- La regla de evolución para el siguiente estado, asigna a la celda central el valor:
 - "viva", si la celda central esta "muerta" y hay exactamente 3 vecinos vivos
 - "muerta", si la celda central está "viva" y más de 3 (sobrepoblación) o menos de 2 (soledad) vecinos están vivos
 - En cualquier otro caso, la celda mantiene su símbolo

Autómatas en 2D: El juego de la vida

- El conjunto de símbolos es $\sigma = \{0, 1\}$, significando 0="muerta", 1="viva"
- E_0 , y todos los demás estados, están dispuestos en una parrilla 2D de celdas
- La vecindad mide $\rho = (3, 3)$, es un cuadro de 3×3 símbolos
- La regla de evolución para el siguiente estado, asigna a la celda central el valor:
 - "viva", si la celda central esta "muerta" y hay exactamente 3 vecinos vivos
 - "muerta", si la celda central está "viva" y más de 3 (sobrepoblación) o menos de 2 (soledad) vecinos están vivos
 - En cualquier otro caso, la celda mantiene su símbolo

Autómatas en 2D: El juego de la vida

- El conjunto de símbolos es $\sigma = \{0, 1\}$, significando 0="muerta", 1="viva"
- E_0 , y todos los demás estados, están dispuestos en una parrilla 2D de celdas
- La vecindad mide $\rho = (3, 3)$, es un cuadro de 3×3 símbolos
- La regla de evolución para el siguiente estado, asigna a la celda central el valor:
 - "viva", si la celda central esta "muerta" y hay exactamente 3 vecinos vivos
 - "muerta", si la celda central está "viva" y más de 3 (sobrepoblación) o menos de 2 (soledad) vecinos están vivos
 - En cualquier otro caso, la celda mantiene su símbolo

