

72.25 – Simulación de Sistemas

# Trabajo Práctico 2: Autómatas Celulares

Liu, Jonathan  
Vilamowski, Abril  
Wischñevsky, David

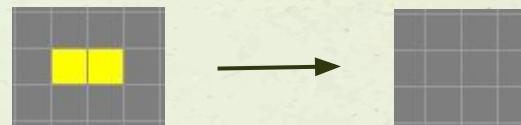
O1

# Introducción Fundamentos

# Introducción

## Autómatas celulares

- Grilla
- Estado: celda viva o muerta
- Reglas: transición de estados



# Fundamentos matemáticos

Vecindad de Von Neumann 2D

		2		
	2	1	2	
2	1	2	1	2
2	1	2	1	2
		2		

Vecindad de Moore 2D

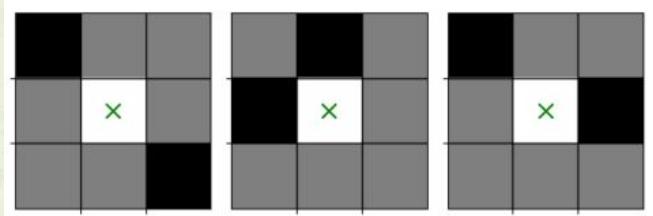
2	2	2	2	2
2	1	1	1	2
2	1	2	1	2
2	1	1	1	2
2	2	2	2	2

$$N_{ij}^{(M)} = \{(k, l) \in \mathbb{Z}^2 : |k - i| \leq r, |l - j| \leq r\}$$

$$N_{ij}^{(V)} = \{(k, l) \in \mathbb{Z}^2 : |k - i| + |l - j| \leq r\}$$

# Reglas

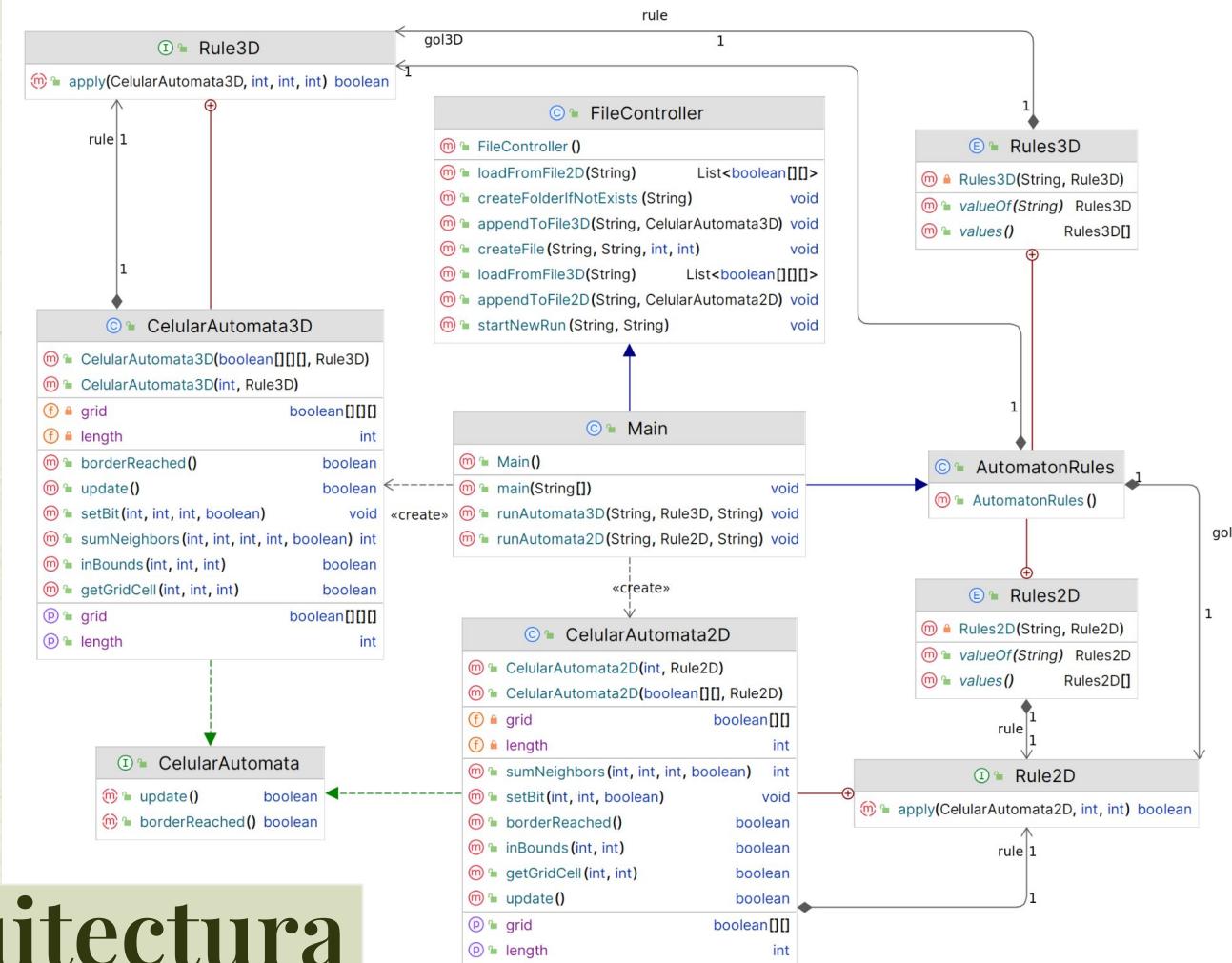
- **El Juego de la Vida** (Von Neumann 2D, Moore 3D)
  - Una célula permanece viva solo si tiene 2 o 3 vecinos vivos.
  - Una célula muerta con 3 vecinos pasa a estar viva.
- **Vecinos impares** (Moore 2D)
- **Rectángulo lleno** (2D)
- **Umbral** (Moore y Von Neumann 3D)
  - Una célula vive si tiene  $N$  o más vecinos vivos y antes estaba muerta.
  - $N = 7$  en Moore,  $N = 2$  en Von Neumann.



02

# Implementación

# Arquitectura



# Especificaciones

## Clase Main

- Define:
  - Celdas vivas iniciales.
  - Cantidad máxima de generaciones.
  - Tipos de autómatas celulares.
- Lee matrices de booleanos de los archivos iniciales y genera outputs.

## Clases CelularAutomata2D y CelularAutomata3D

- Simulación de autómatas.
- Evolución del sistema y conocer su estado.

## Clase AutomatonRules

- Definición de reglas (enums con funciones asociadas).

# 03

# Simulaciones

# Parámetros

## Fijos

$$L_{2D} = 100$$

$$L_{core2D} = 10$$

$$L_{3D} = 50$$

$$L_{core3D} = 20$$

$$t_{max} = 100$$

## Variables / Outputs

$$a^{(t)} \in \{0, 1\}^{L_{2D} \times L_{2D}} \quad a^{(t)} \in \{0, 1\}^{L_{3D} \times L_{3D} \times L_{3D}}$$

## Condiciones iniciales / Inputs

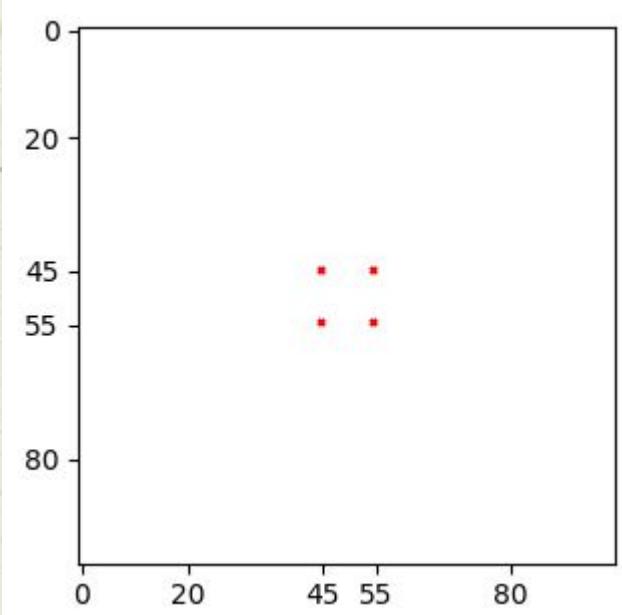
$$\mathbb{I}_{i,p}$$

*i: simulación*

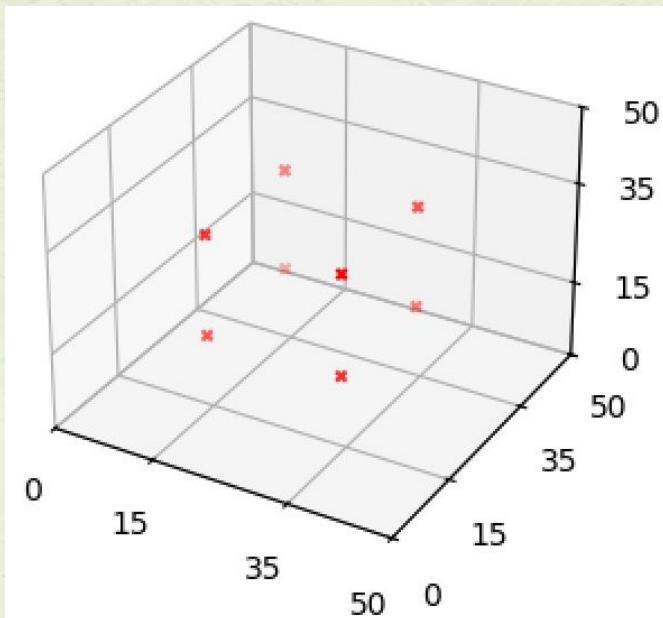
*p: porcentaje*

# Geometría

Dominio de simulación 2D



Dominio de simulación 3D



# Observables

Masa 2D

$$m_t = \sum_{i,j} a_{ij}^{(t)}$$

Masa 2D

$$m_t = \sum_{i,j,k} a_{ijk}^{(t)}$$

Masa final

$$m_{final} = m_{t_{final}}$$

Radio 2D

$$r_t = \max_{i,j} \left\{ a_{ij}^{(t)} \cdot \left( \left| i - \frac{L_{2D}}{2} \right| + \left| j - \frac{L_{2D}}{2} \right| \right) \right\}$$

Radio 3D

$$r_t = \max_{i,j,k} \left\{ a_{ijk}^{(t)} \cdot \left( \left| i - \frac{L_{3D}}{2} \right| + \left| j - \frac{L_{3D}}{2} \right| + \left| k - \frac{L_{3D}}{2} \right| \right) \right\}$$

Generación de estabilización

$$t^* = \min_t \{m_t = m_{final}\}$$

# Observables

*i: número de simulación*

## Promedio de masas

$$\bar{m} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} m_i$$

## Desvío estándar de masas

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{1}{9} \sum_{i=1}^{10} (m_i - \bar{m})^2}$$

## Promedio de tiempos

$$\bar{t} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} t_i$$

## Desvío estándar de tiempos

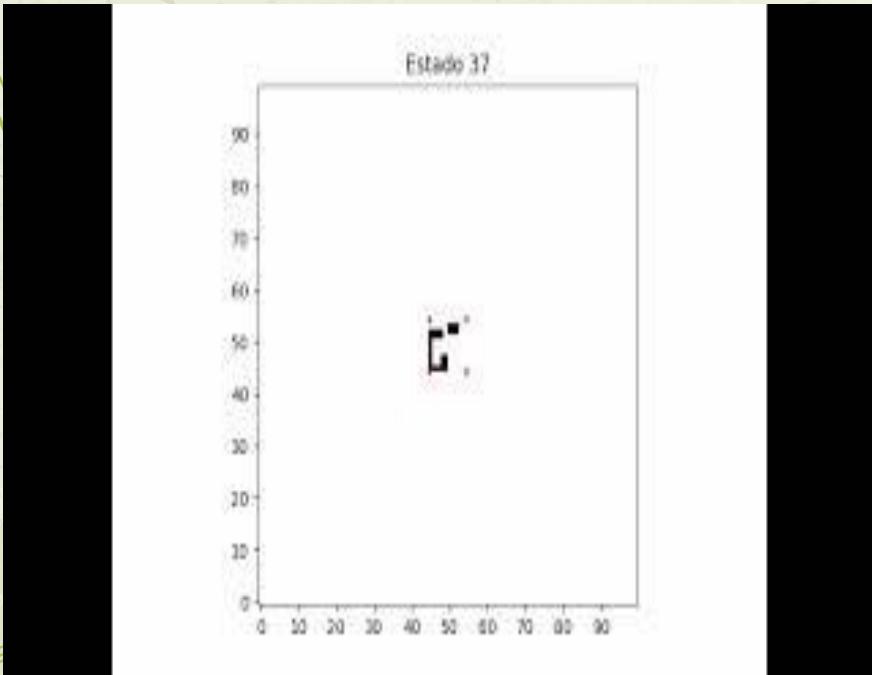
$$\sigma_t = \sqrt{\frac{1}{9} \sum_{i=1}^{10} (t_i - \bar{t})^2}$$

# O4

# Resultados

# Game of Life 2D (Von Neumann)

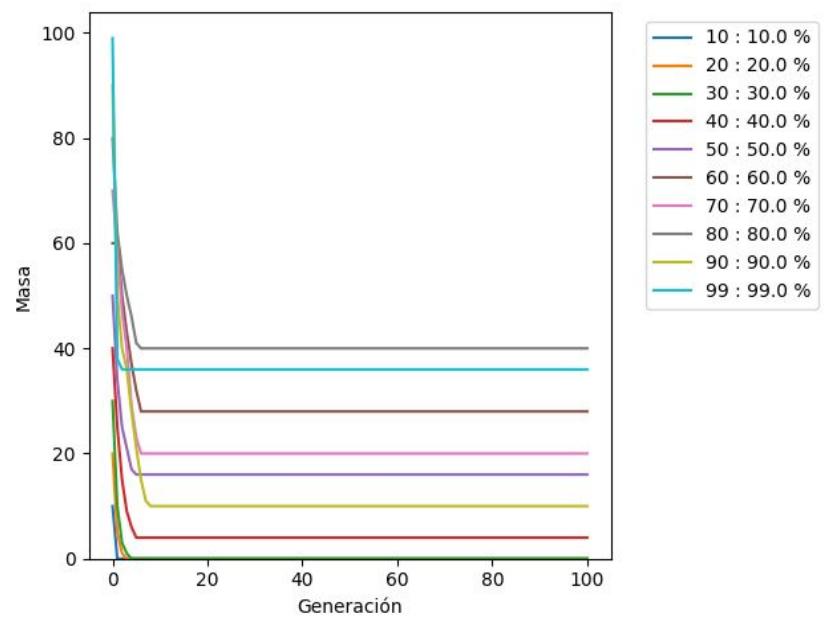
Porcentaje de partículas: 60%



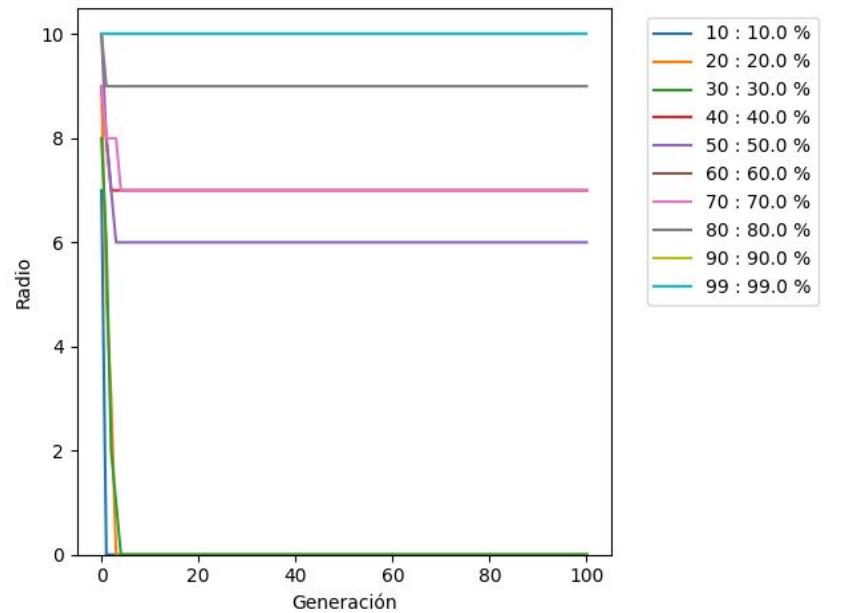
- Una célula permanece viva solo si tiene 2 o 3 vecinos vivos.
- Una célula muerta con 3 vecinos pasa a estar viva.

# Game of Life 2D (Von Neumann)

Masa en función de la generación

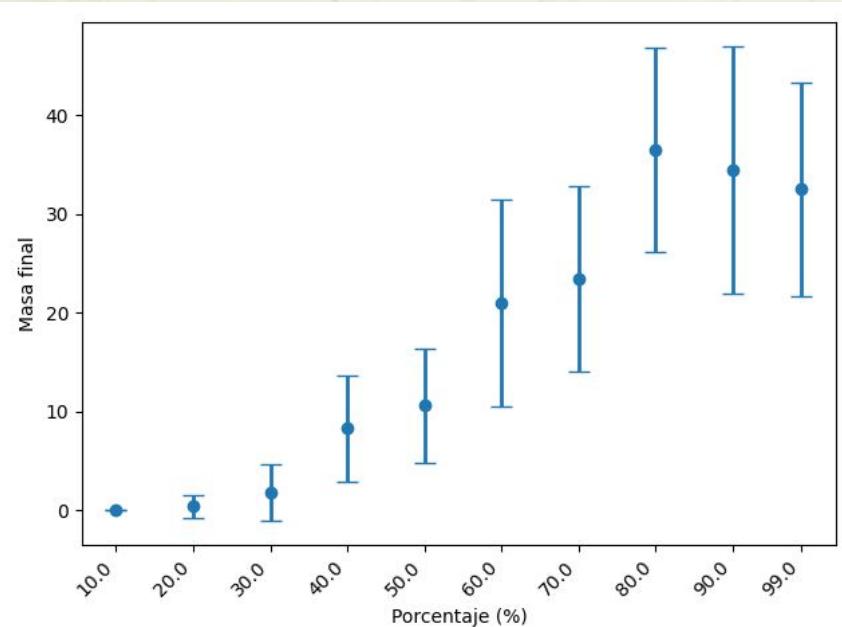


Radio en función de la generación

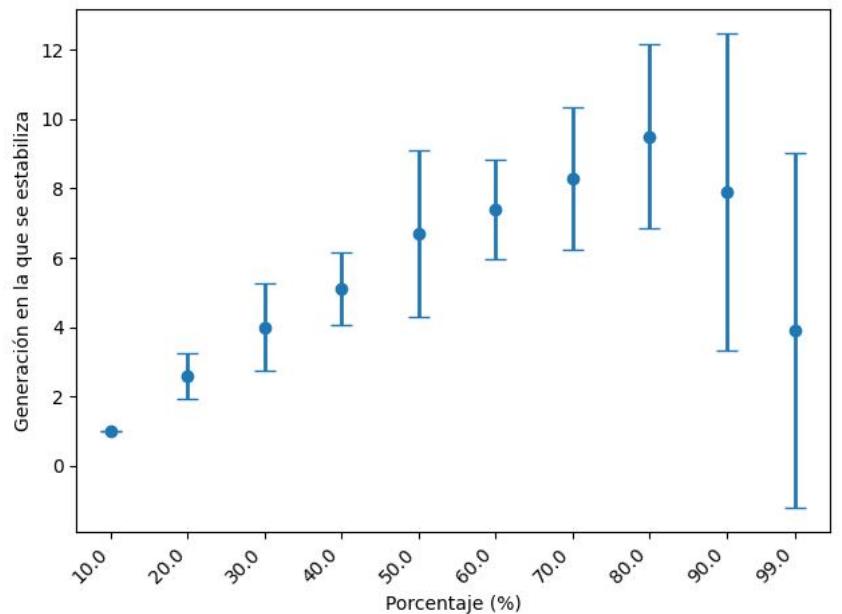


# Game of Life 2D (Von Neumann)

Masa final en función del porcentaje



Generación de estabilización en función del porcentaje



# Rectángulo relleno

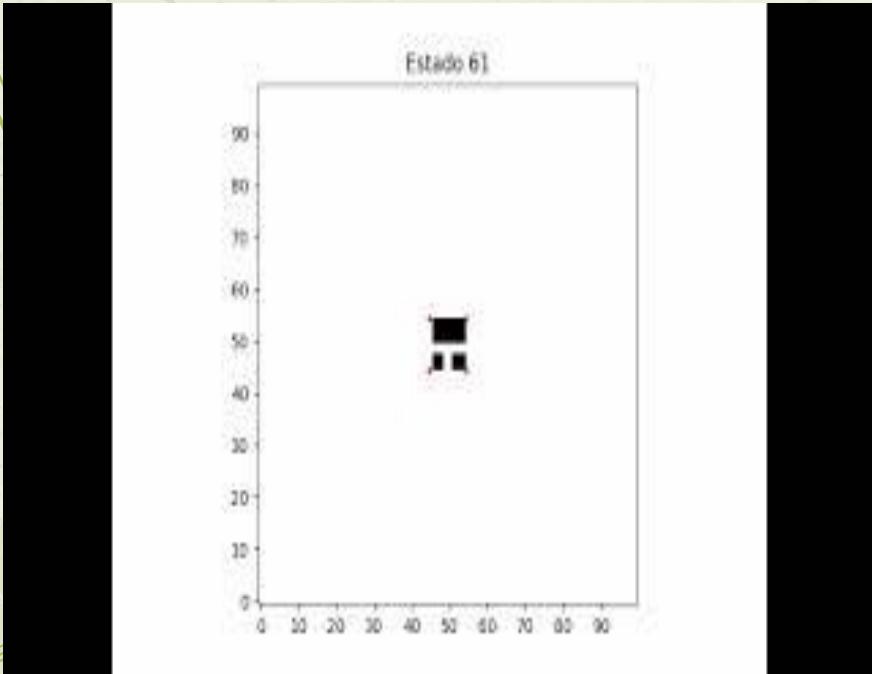
Porcentaje de partículas: 5%



- Una célula viva permanece viva en la siguiente generación.
- Una célula muerta pasa a estar viva si tiene por lo menos dos vecinos que no comparten ni fila ni columna.

# Rectángulo relleno

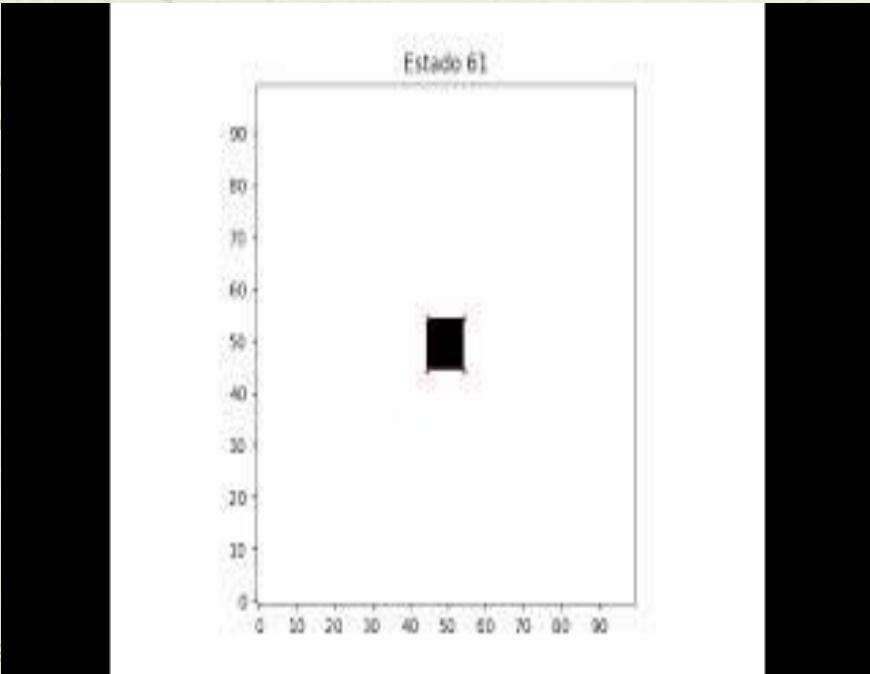
Porcentaje de partículas: 20%



- Una célula viva permanece viva en la siguiente generación.
- Una célula muerta pasa a estar viva si tiene por lo menos dos vecinos que no comparten ni fila ni columna.

# Rectángulo relleno

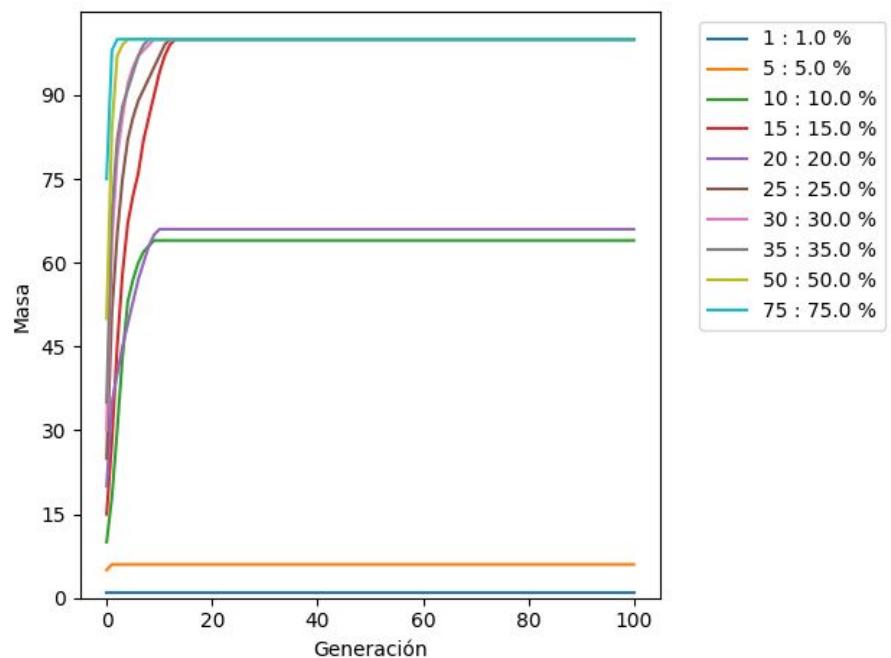
Porcentaje de partículas: 35%



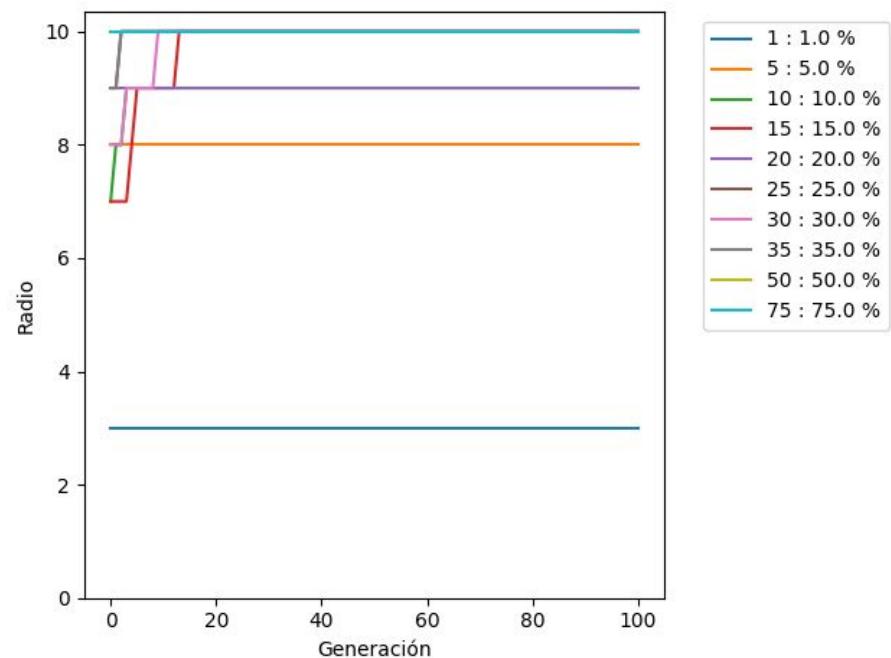
- Una célula viva permanece viva en la siguiente generación.
- Una célula muerta pasa a estar viva si tiene por lo menos dos vecinos que no comparten ni fila ni columna.

# Rectángulo lleno

Masa en función de la generación

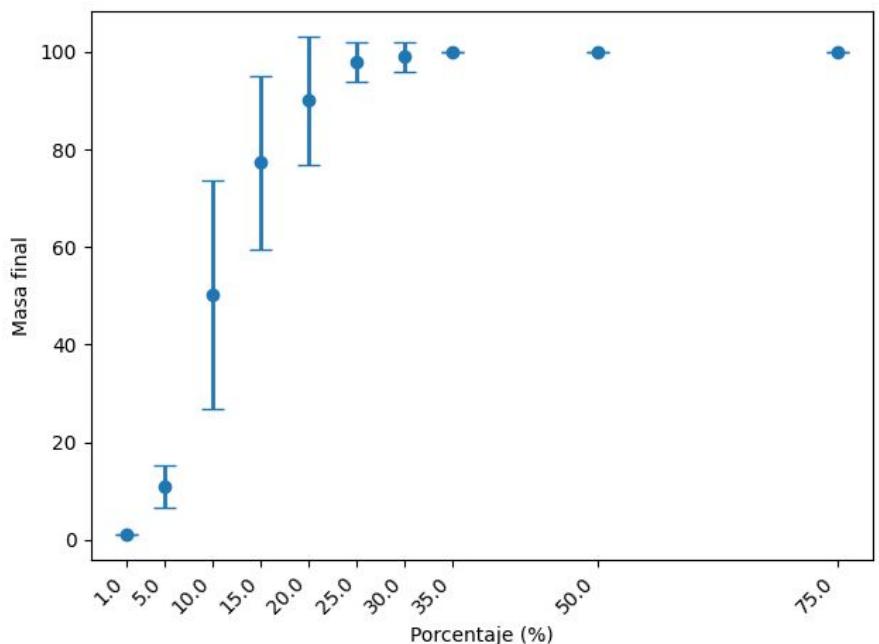


Radio en función de la generación

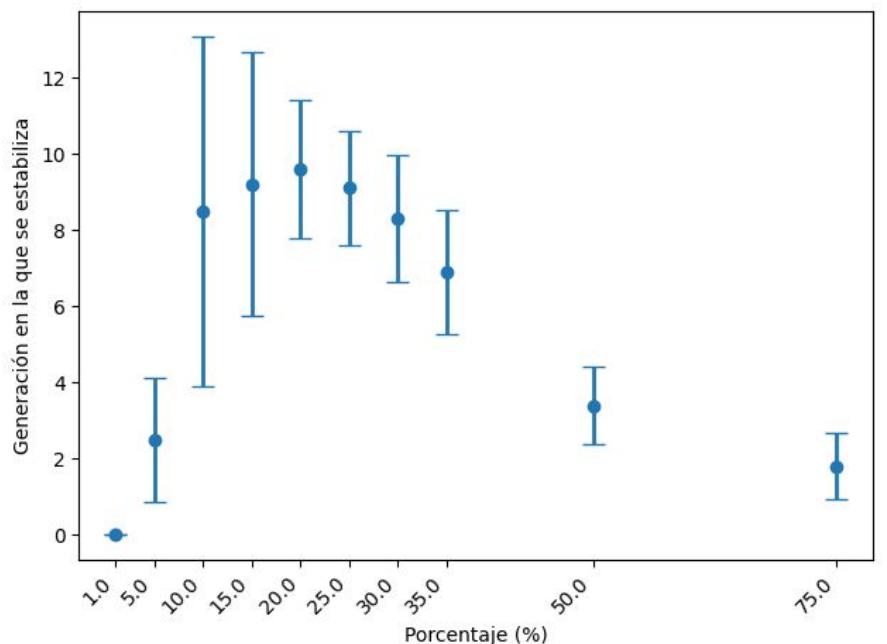


# Rectángulo relleno

Masa final en función del porcentaje

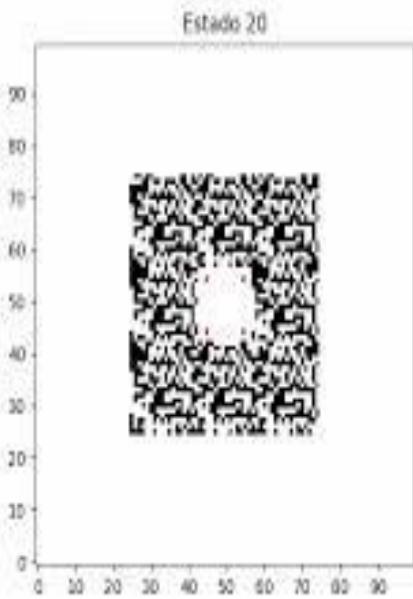


Generación de estabilización en función del porcentaje



# Vecinos impares

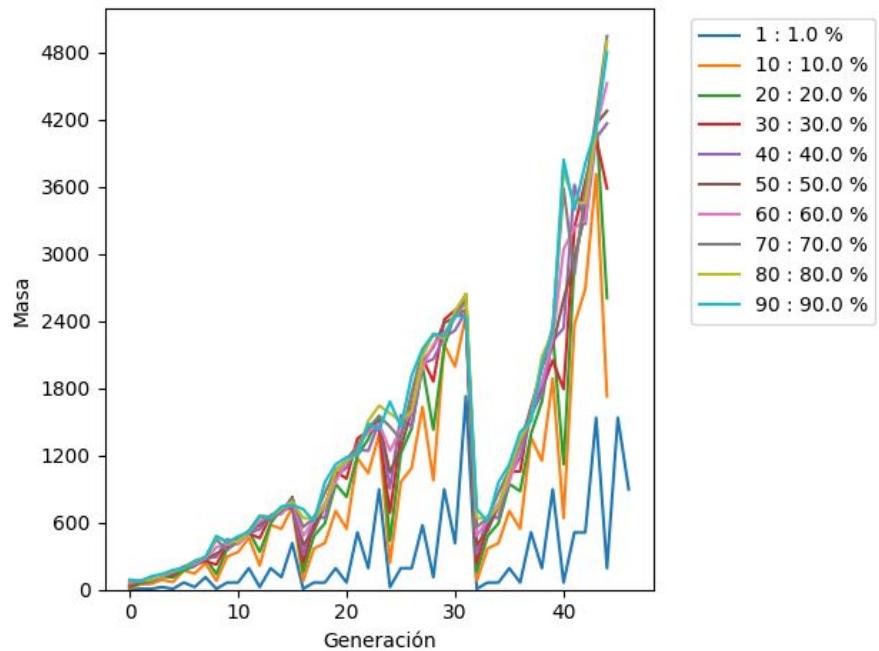
Porcentaje de partículas: 60%



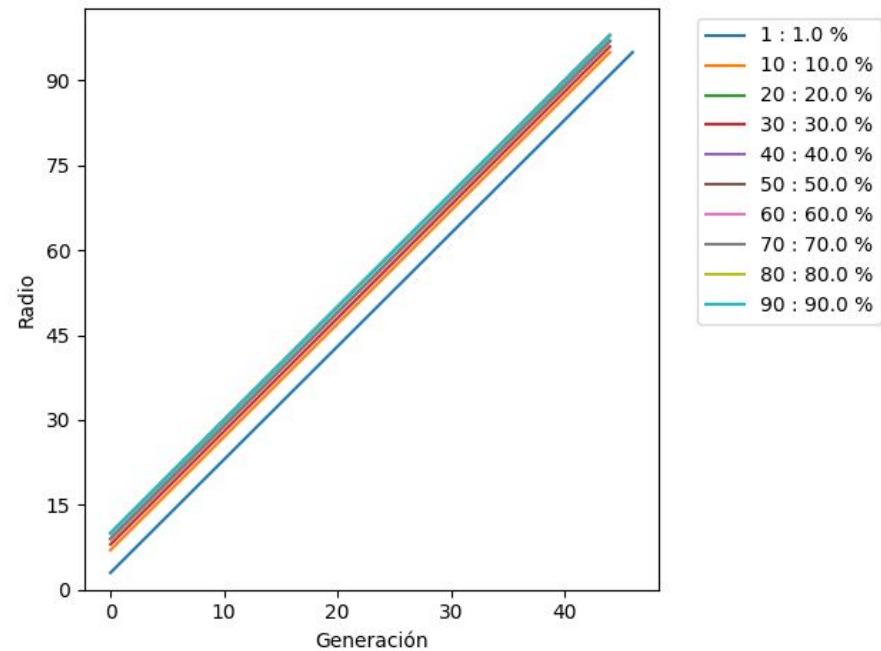
- Una célula vive/permanece viva si tiene una cantidad de vecinos impar.
- Una célula muere/permanece muerta si tiene una cantidad de vecinos par.

# Vecinos impares

Masa en función de la generación

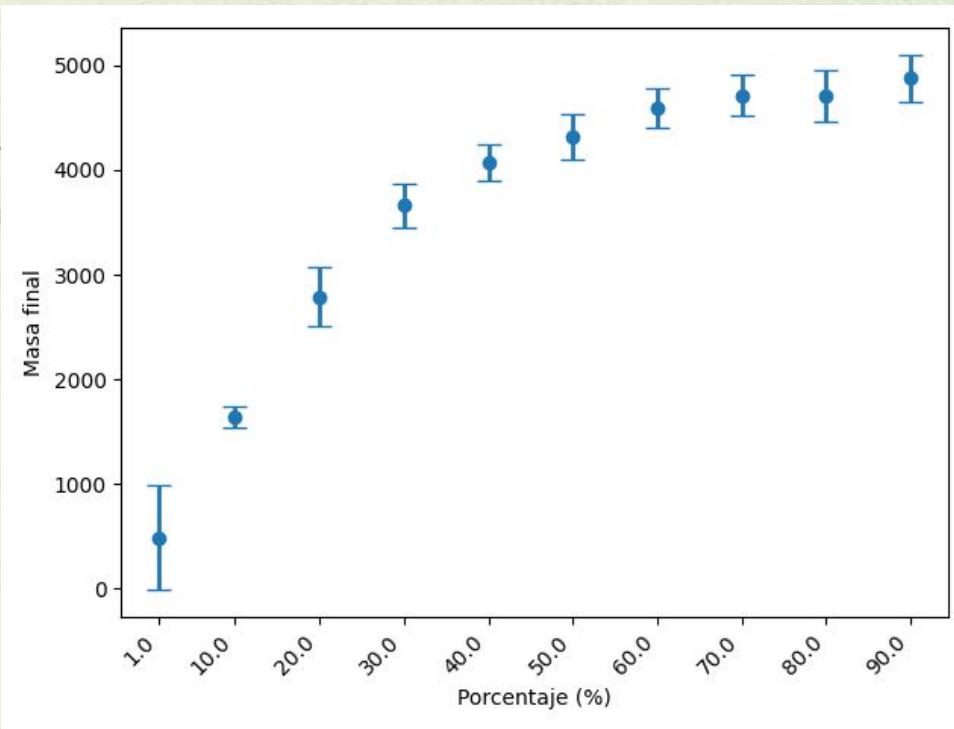


Radio en función de la generación



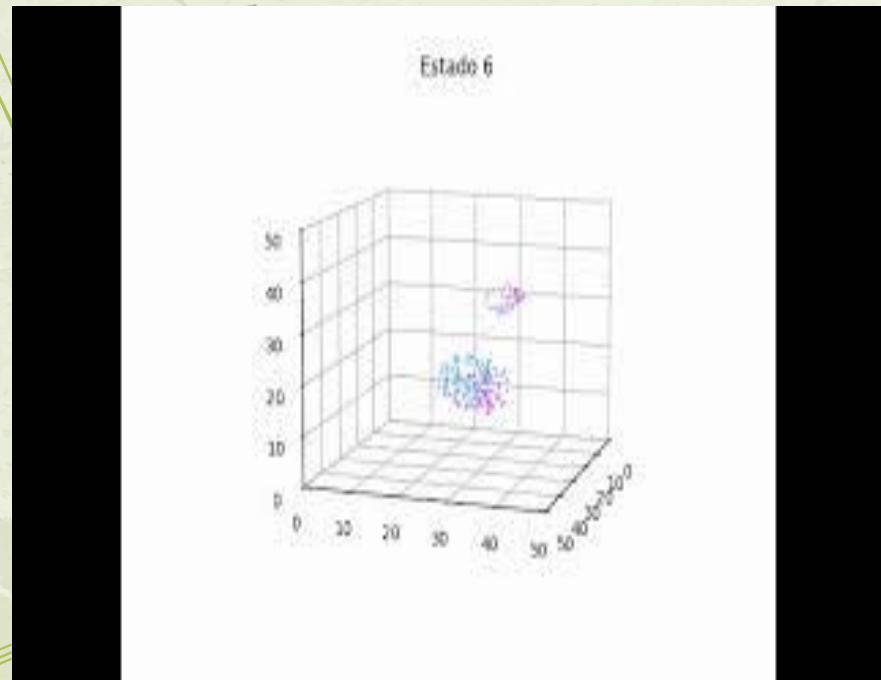
# Vecinos impares

Masa final en función del porcentaje



# Game of Life 3D (Moore)

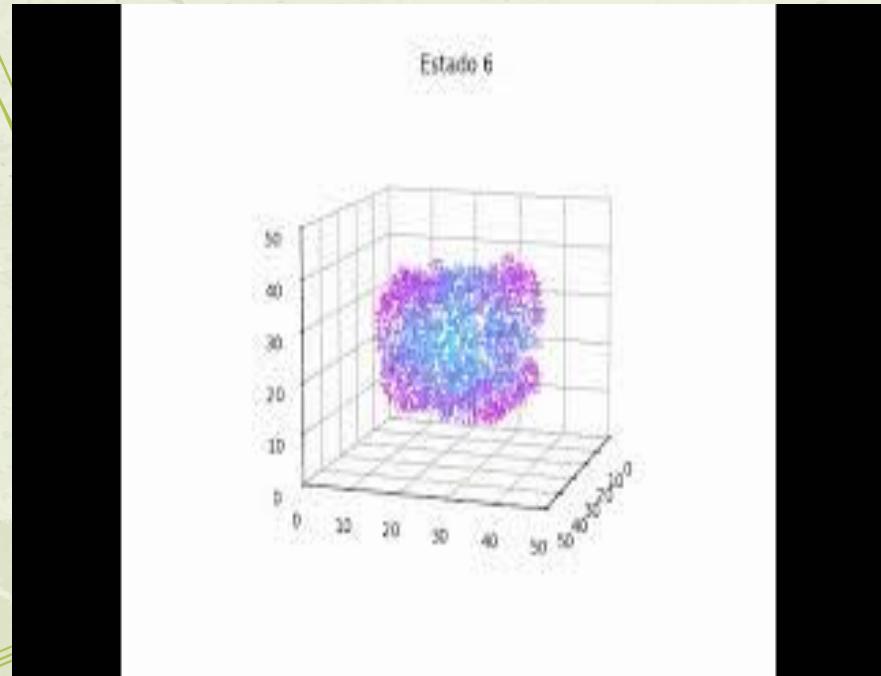
Porcentaje de partículas: 1.25%



- Una célula permanece viva solo si tiene 2 o 3 vecinos vivos.
- Una célula muerta con 3 vecinos pasa a estar viva.

# Game of Life 3D (Moore)

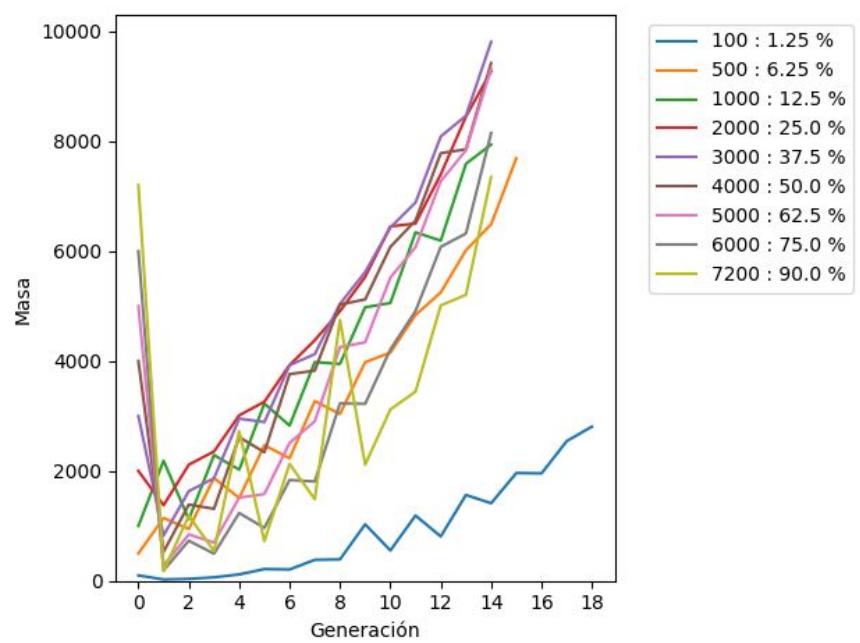
Porcentaje de partículas: 50%



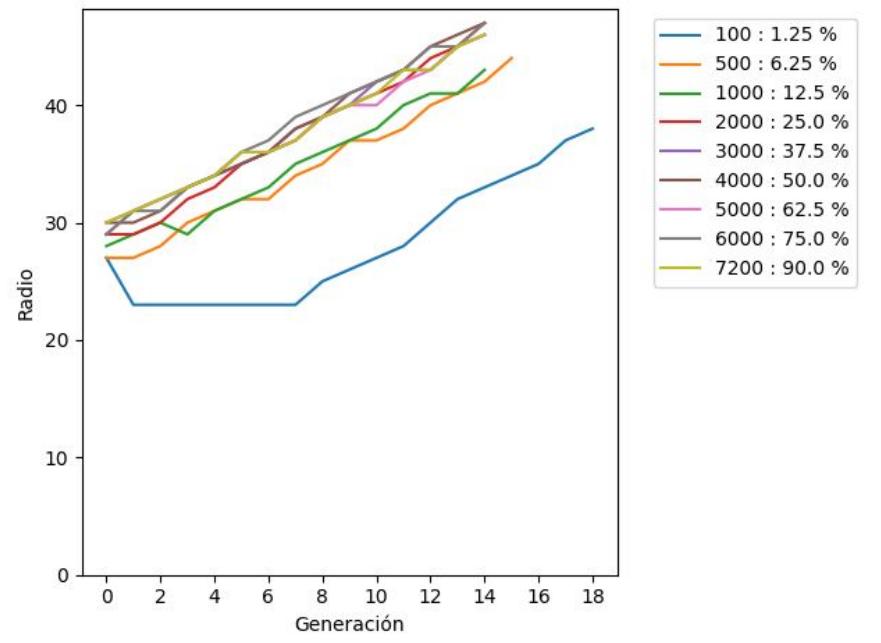
- Una célula permanece viva solo si tiene 2 o 3 vecinos vivos.
- Una célula muerta con 3 vecinos pasa a estar viva.

# Game of Life 3D (Moore)

Masa en función de la generación

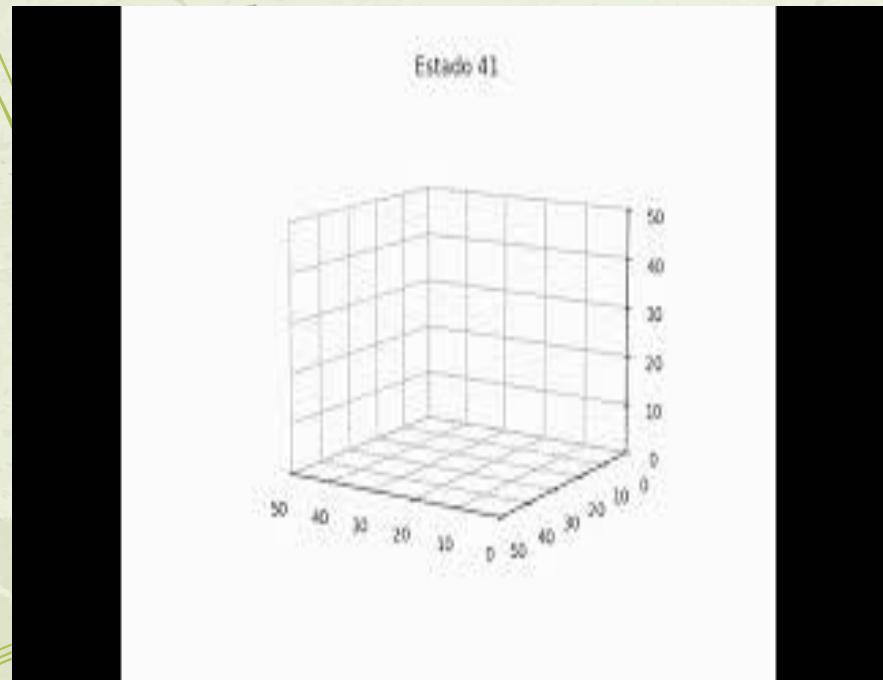


Radio en función de la generación



# Umbral (Moore)

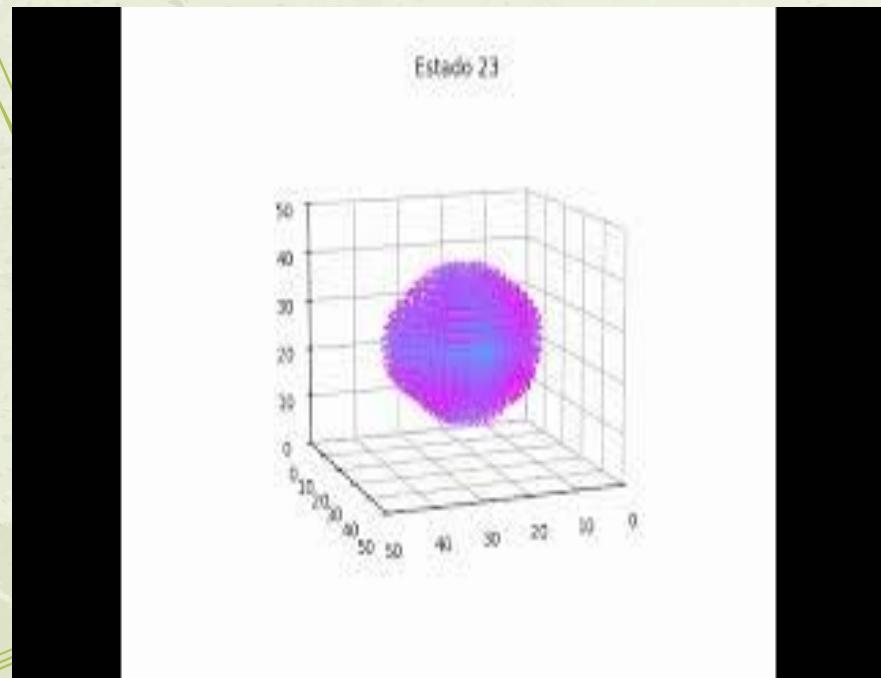
Porcentaje de partículas: 12.5%



- Una célula nace si tiene 7 o más vecinos.
- Todas las células vivas pasan a estar muertas en la siguiente generación.

# Umbral (Moore)

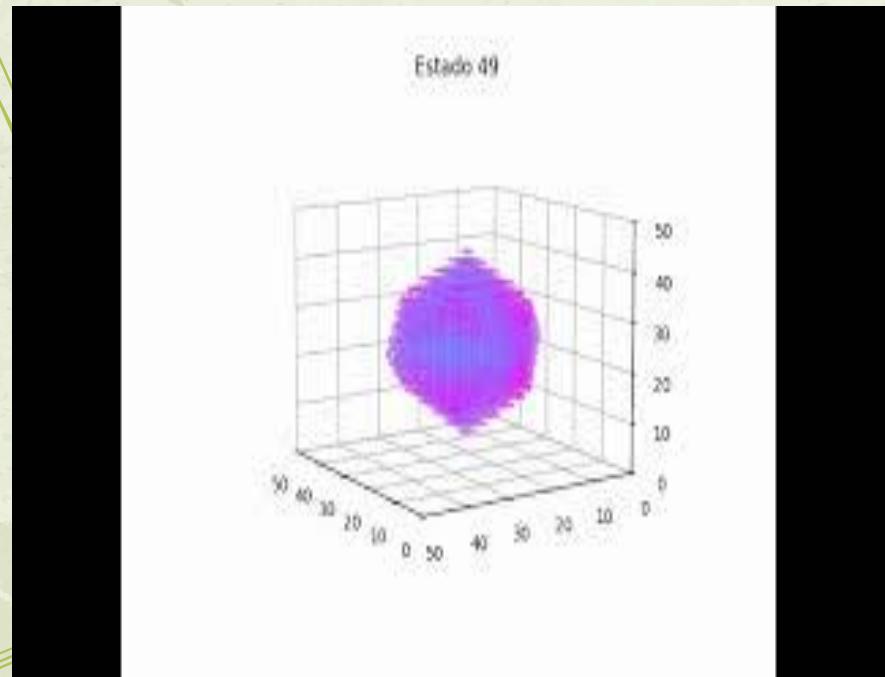
Porcentaje de partículas: 37.5%



- Una célula nace si tiene 7 o más vecinos.
- Todas las células vivas pasan a estar muertas en la siguiente generación.

# Umbral (Moore)

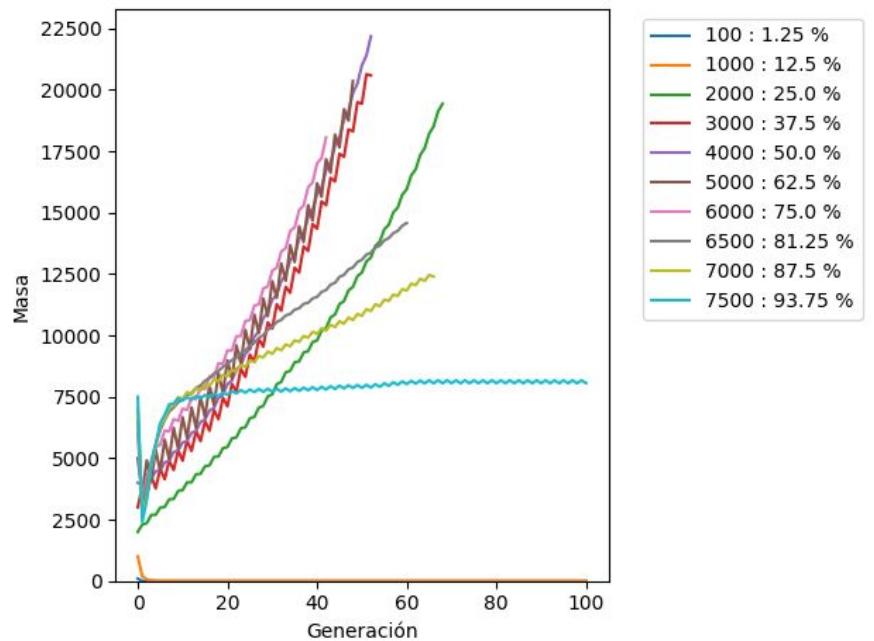
Porcentaje de partículas: 93.75%



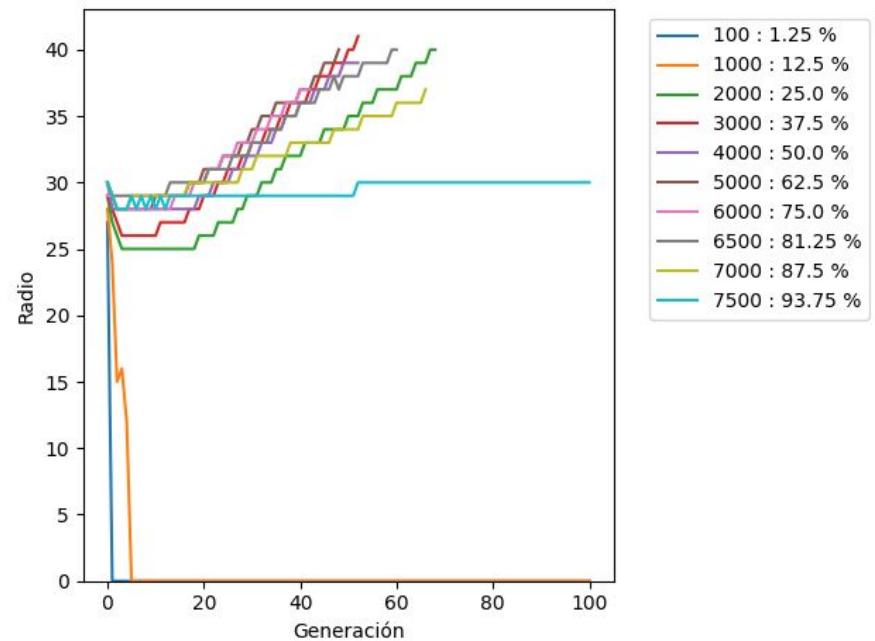
- Una célula nace si tiene 7 o más vecinos.
- Todas las células vivas pasan a estar muertas en la siguiente generación.

# Umbral (Moore)

Masa en función de la generación

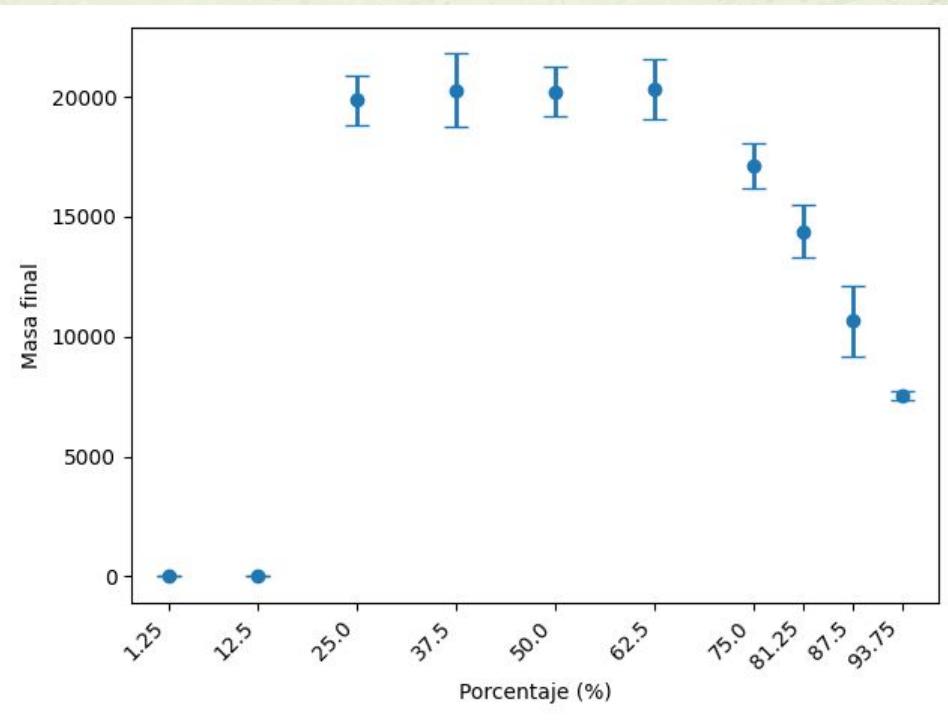


Radio en función de la generación



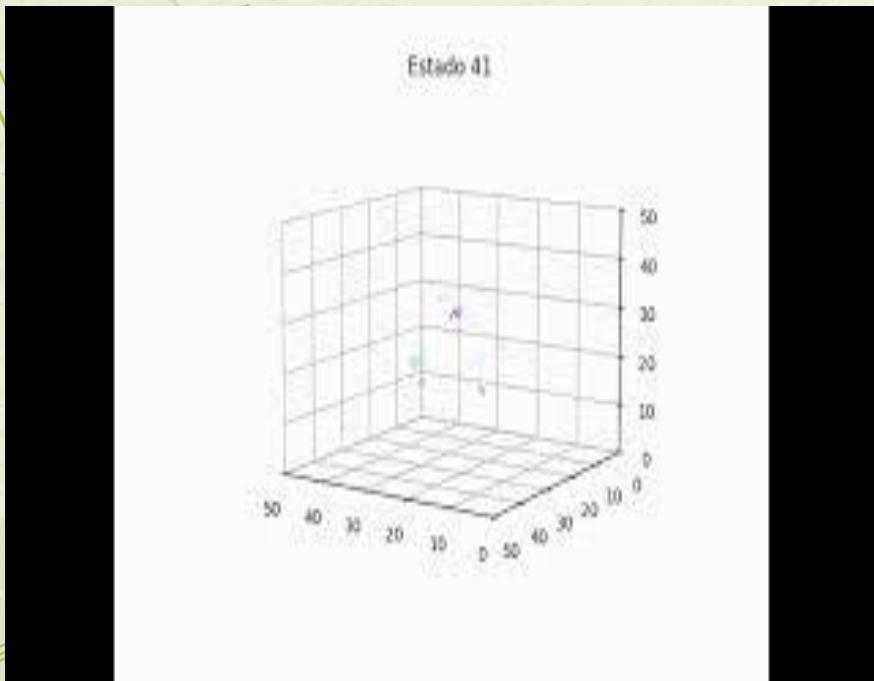
# Umbral (Moore)

Masa final en función del porcentaje



# Umbral (Von Neumann)

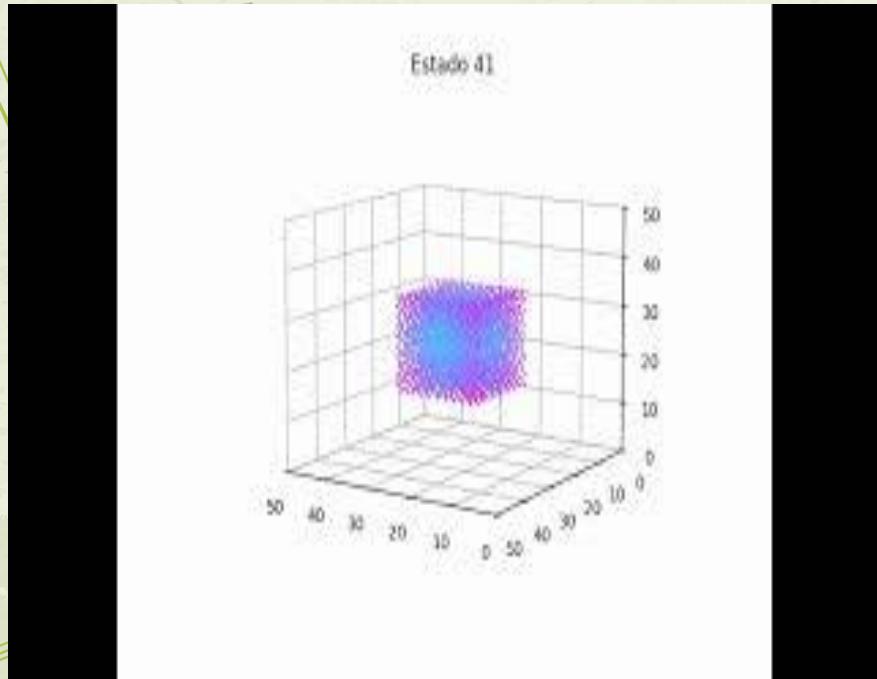
Porcentaje de partículas: 1.25%



- Una célula nace si tiene 2 o más vecinos.
- Todas las células vivas pasan a estar muertas en la siguiente generación.

# Umbral (Von Neumann)

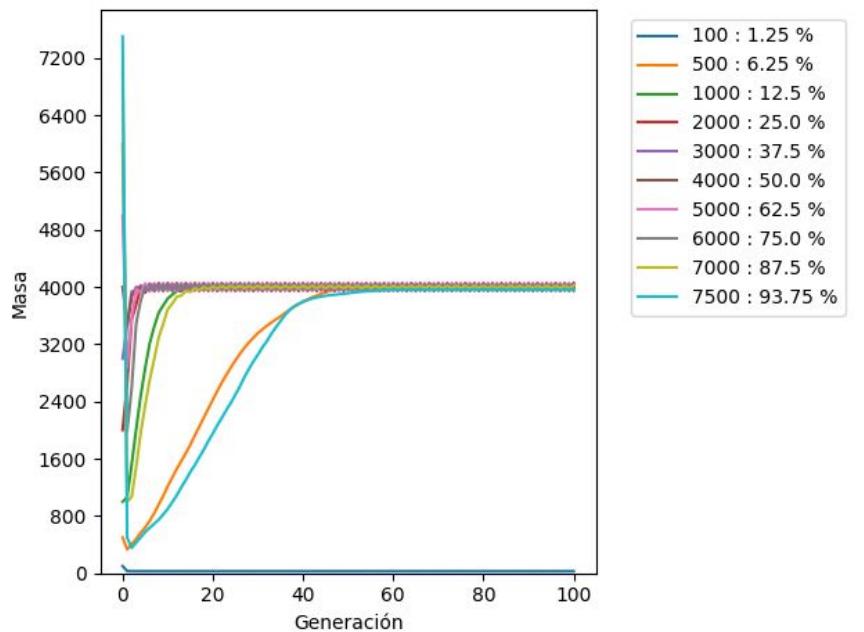
Porcentaje de partículas: 37.5%



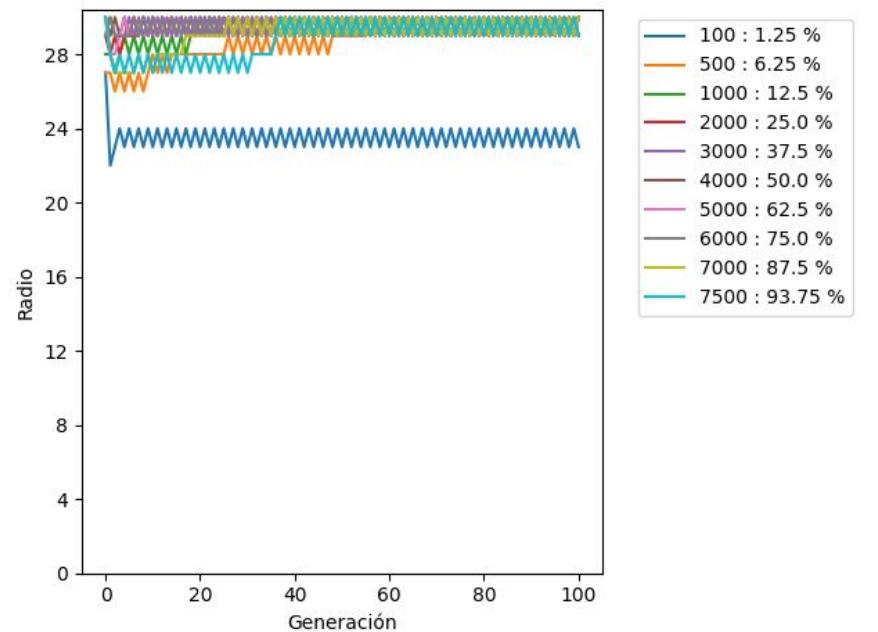
- Una célula nace si tiene 2 o más vecinos.
- Todas las células vivas pasan a estar muertas en la siguiente generación.

# Umbral (Von Neumann)

Masa en función de la generación

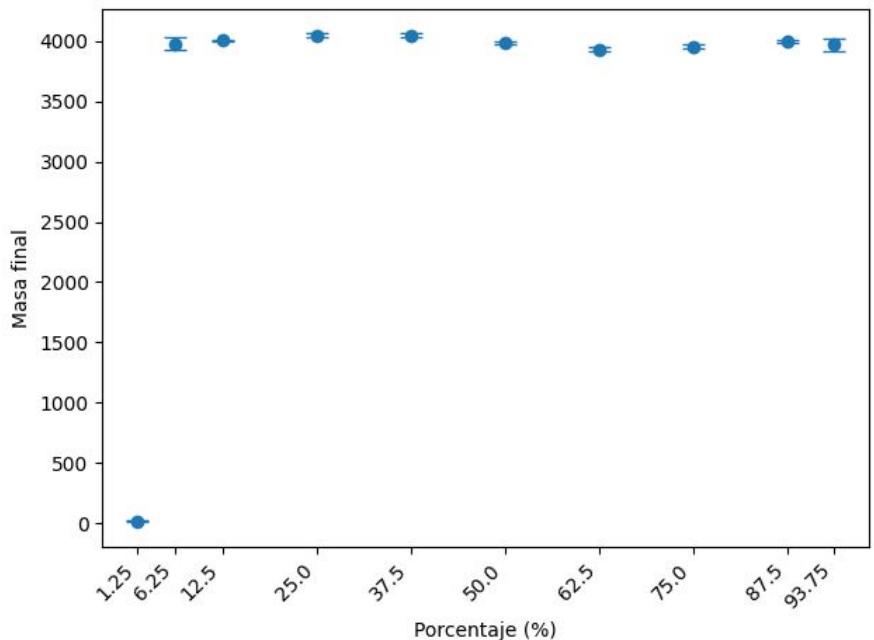


Radio en función de la generación

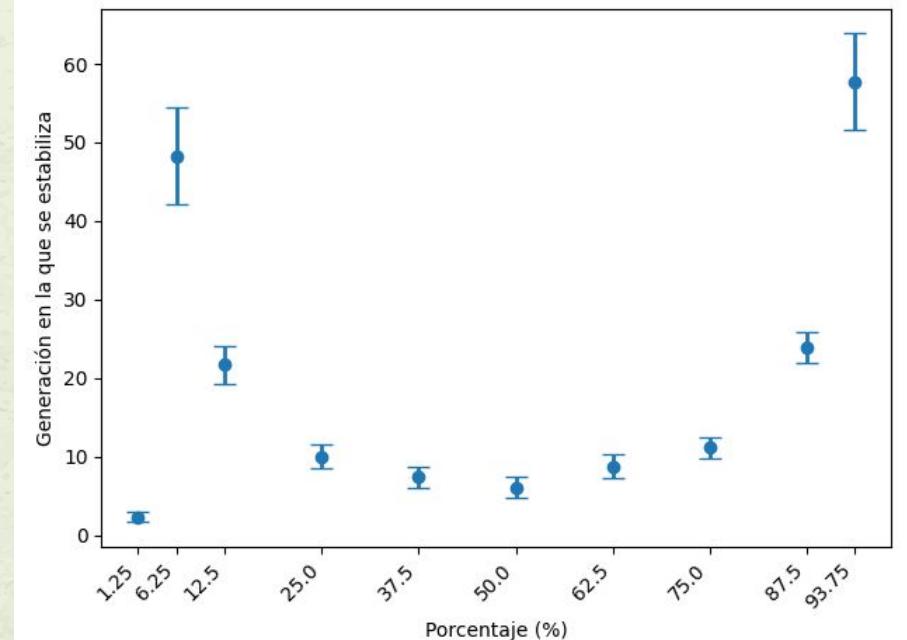


# Umbral (Von Neumann)

Masa final en función del porcentaje



Generación de estabilización en función del porcentaje



# O5

# Conclusiones

# Conclusiones

- Comportamiento emergente muy difícil de predecir.
- Clasificación con respecto a dependencia de condiciones iniciales
  - Muy dependientes (Conway)
  - Poco dependientes (Rectángulo Relleno, Umbral)
- Es posible caracterizar las condiciones iniciales a pesar del caos.