

# Machine learning y deep learning

Rolando Gonzales Martinez, PhD

Fellow postdoctoral Marie  
Skłodowska-Curie

Universidad de Groningen  
(Países Bajos)

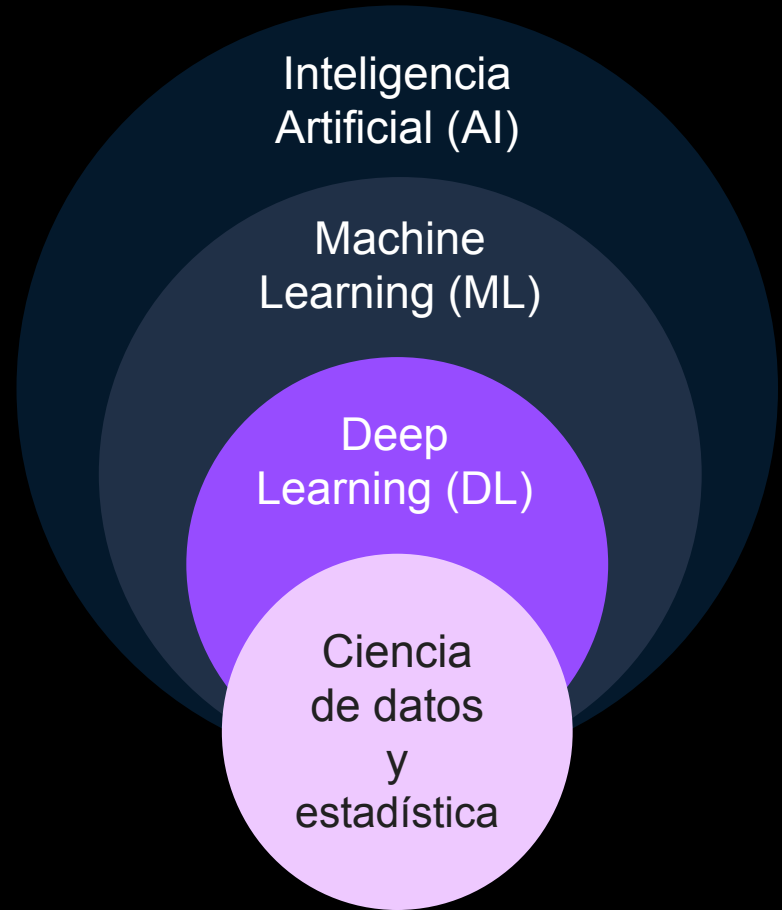
Investigador (researcher)

Iniciativa de Pobreza y Desarrollo  
Humano de la Universidad de  
Oxford (UK)

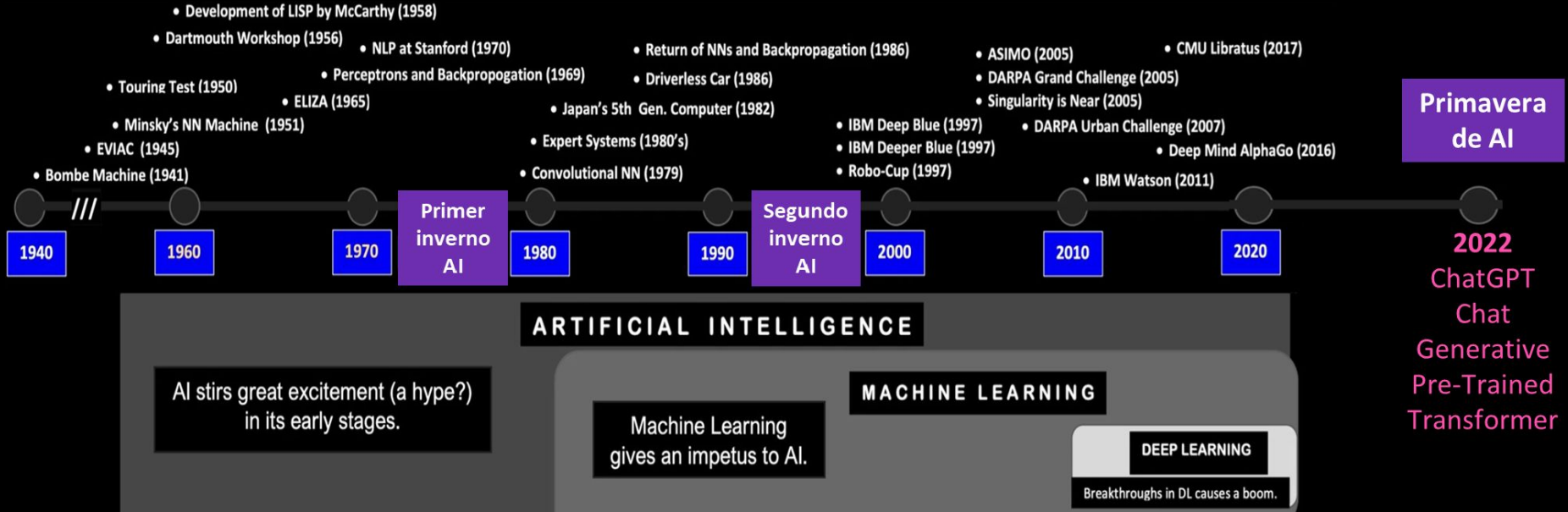
# Contenido del curso

## (1) Introducción a la Inteligencia Artificial y su Historia

- Orígenes y evolución de la inteligencia artificial.
- Hitos importantes y figuras clave en el desarrollo de la IA.
- Discusiones sobre las promesas y desafíos de la IA.



# Línea de tiempo de la IA



# Inteligencia Artificial en la mitología antigua

Seres artificiales con inteligencia limitada:

- El Hombre de Madera con inteligencia limitada y sin sentimientos en el Popol Vuh
- Los Golem en la tradición Judía
- Talos (ΤΑΛΩΝ) en la mitología griega

Seres artificiales con inteligencia igual o superior a la humana:

- Kourai Khryseai (Κούραι Χρυσεαι) creadas por Hefesto/Vulcano



# Inteligencia Artificial en la mitología antigua

Seres artificiales con inteligencia limitada:

- El Hombre de Madera con inteligencia limitada y sin sentimientos en el Popol Vuh
- Los Golem en la tradición Judía
- Talos (ΤΑΛΩΝ) en la mitología griega

Seres artificiales con inteligencia igual o superior a la humana:

- Kourai Khryseai (Κούραι Χρυσεαι) creadas por Hefesto/Vulcano



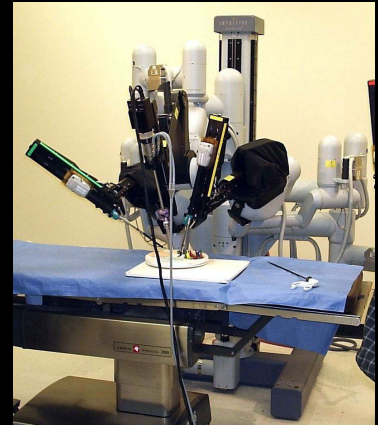
La fragua de Vulcano, de Velázquez. Museo del Prado, Madrid.

# Inteligencia Artificial en la era moderna y postmoderna

- **Autómatas** (del griego: αὐτόματον, automaton): máquinas que operan automáticamente.
- **Robots**: máquinas automáticas de materiales no biológicos y componentes electrónicos, programados para realizar tareas específicas, generalmente controladas por una computadora o por programación. No tienen que ser antropomórficas (necesariamente).



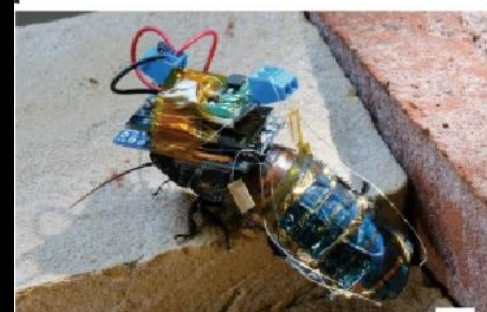
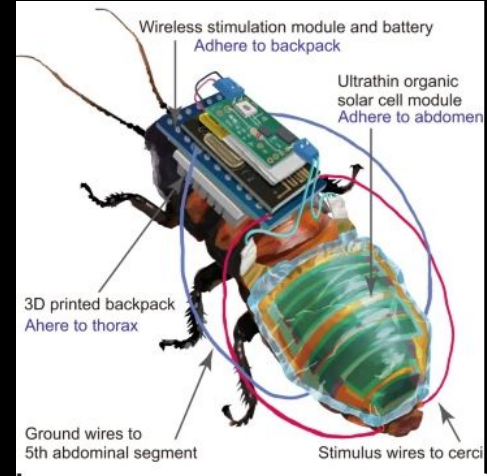
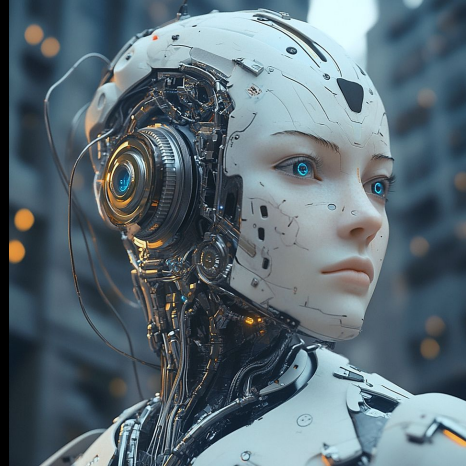
El flautista  
(Innocenzo  
Manzetti, 1840)





# Inteligencia Artificial en la era moderna y postmoderna

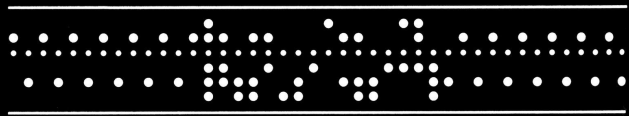
- **Androides:** robot humanoide, diseñado para imitar la apariencia y, en algunos casos, el comportamiento humano.
- **Cyborgs** (abreviatura de "cybernetic organism" o "organismo cibernético"): seres vivos que tienen componentes o electrónicos integrados.



Kakei et al. (2022). Integration of body-mounted ultrasoft organic solar cell on cyborg insects with intact mobility. *Npj flexible electronics*, 6(1), 78.

# Inteligencia Artificial en la ciencia ficción: IAG

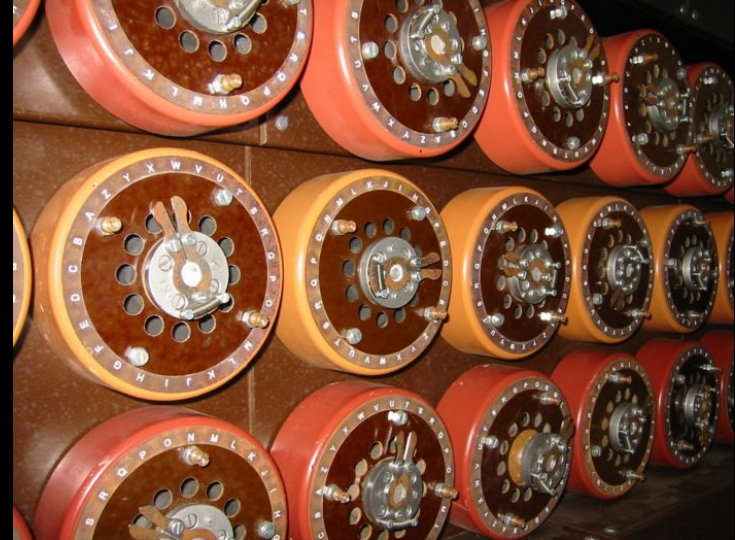
- **AM** (Harlan Ellison, 1967): Aliado Maestro
- **Skynet**
- **The Matrix: *Deus deceptor*** de Descartes, Simulacra and Simulation (Jean Baudrillard), y el BIV de Gilbert Harman and Hilary Putnam
- **AIG benevolente?**





# Hitos importantes en el desarrollo de la IA: Enigma y la maquina bomb

**Bombe:** dispositivo electromecánico (un ordenador de uso específico) usado por los criptólogos británicos para ayudar a descifrar las señales cifradas por la máquina alemana Enigma durante la Segunda Guerra Mundial.

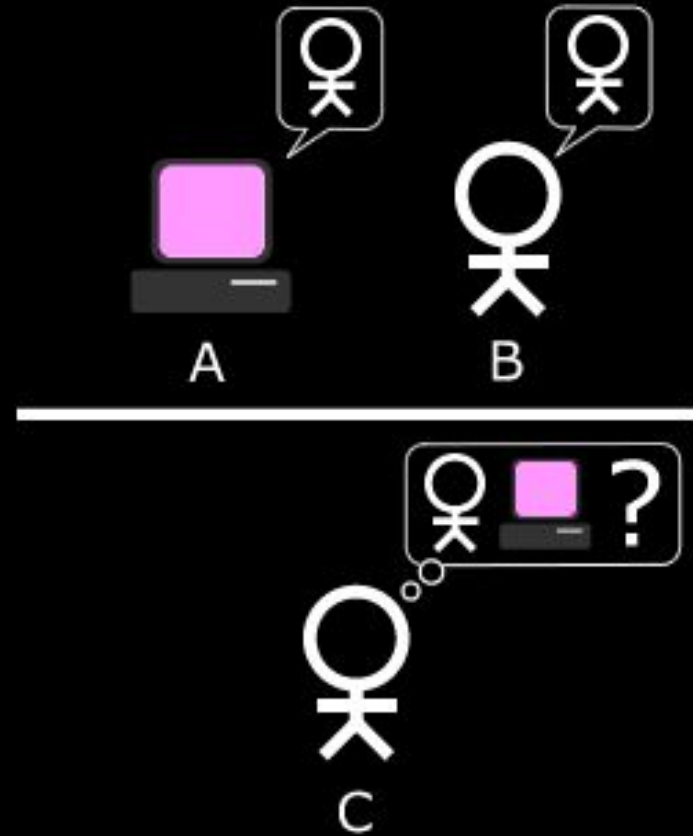


# Hitos importantes en el desarrollo de la IA:

## Test de Turing

La prueba de Turing o test de Turing: herramienta de evaluación de la capacidad de una máquina para exhibir un comportamiento inteligente similar al de un ser humano o indistinguible de este.

- Susceptible a la falacia antropomórfica
- Ampliamente usada a la inversa: Test de Turing inverso (Completely Automated Public Turing test to Tell Computers and Humans Apart)



# Hitos importantes en el desarrollo de la IA:

## Conferencia de Darmouth

- 1956: John McCarthy, McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester y Claude Shannon se reúnen en Darmouth para discutir sobre “inteligencia artificial”:

“[...] cada aspecto del aprendizaje o cualquier otra característica de la inteligencia puede, en principio, ser descrito con tanta precisión que puede fabricarse una máquina para simularlo. Se intentará averiguar cómo fabricar máquinas que utilicen el lenguaje, formen abstracciones y conceptos, resuelvan las clases de problemas ahora reservados para los seres humanos, y mejoren por sí mismas.”

# Hitos importantes en el desarrollo de la IA:

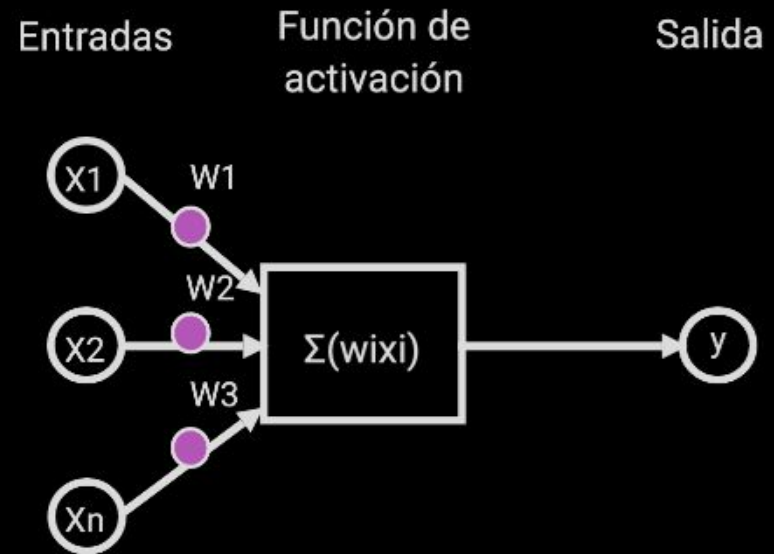
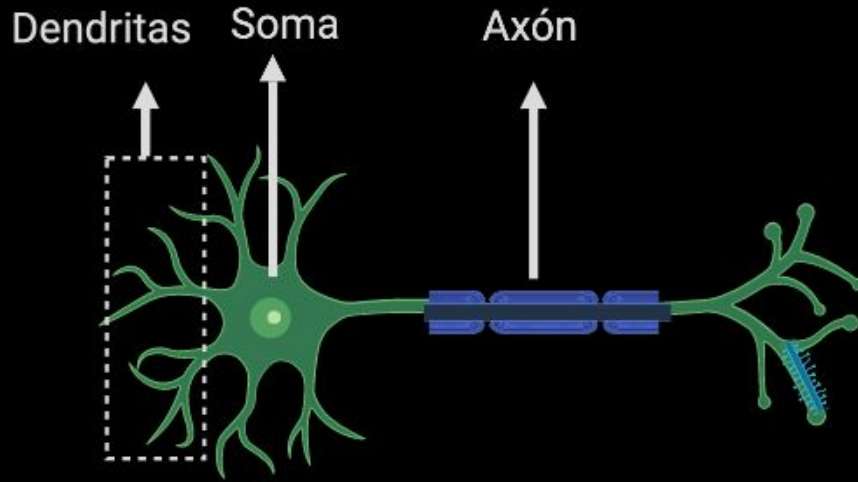
## ELIZA y otros programas de lenguaje natural

- ELIZA: primer programa informático de procesamiento del lenguaje natural creado entre 1964 y 1966 en el MIT por Joseph Weizenbaum.
- PARRY (1972): creado por Kenneth Colby en la Universidad de Stanford, PARRY simulaba a un paciente con esquizofrenia paranoide. PARRY tenía un modelo interno de creencias y emociones, lo que le permitía generar respuestas más complejas y mantener una conversación más coherente.
- Racter (1984): capaz de escribir poesía y prosa, con capacidad creativa limitada. Racter demostraba que técnicas de procesamiento del lenguaje natural podían aplicarse a la generación de texto.
- A.L.I.C.E. (1995): Creado por Richard Wallace, A.L.I.C.E. (Artificial Linguistic Internet Computer Entity) era un chatbot que utilizaba un enfoque basado en patrones para simular conversaciones humanas. Ganó el Premio Loebner al chatbot más humano en tres ocasiones.

# Hitos importantes en el desarrollo de la IA:

## Perceptrones

- Perceptrón: modelo matemático inspirado en el funcionamiento de una neurona

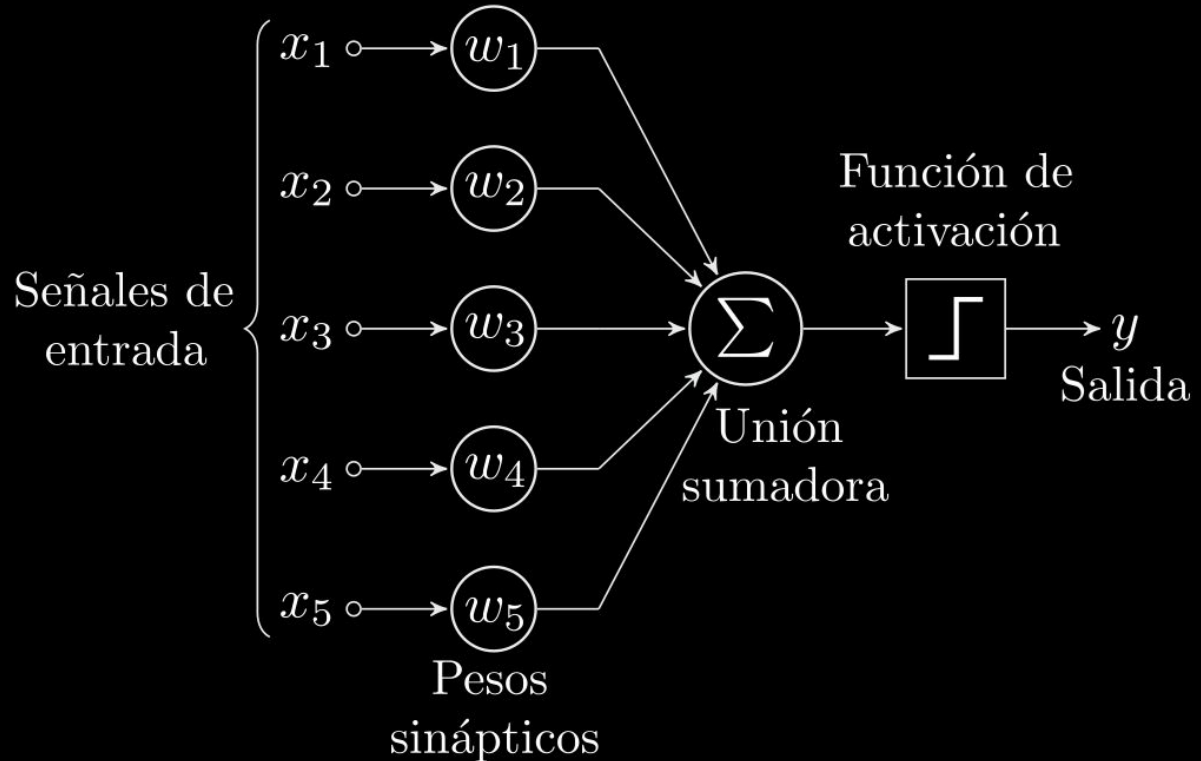




# Hitos importantes en el desarrollo de la IA:

## Perceptrones

- Fue desarrollado por Frank Rosenblatt en 1957 en el Cornell Aeronautical Laboratory de Nueva York.
- Limitado a problemas linealmente separables (con e.g. hiperplanos)



# Hitos importantes en el desarrollo de la IA:

## Perceptrones

Dadas dos opciones binarias:

- AND: Requiere que ambas entradas sean verdaderas (1) para devolver 1.
- OR: Requiere que al menos una de las entradas sea verdadera (1) para devolver 1.
- XOR: Requiere que exactamente una de las entradas sea verdadera (1) para devolver 1; si ambas son iguales, devuelve 0.

En 1969, Marvin Minsky y Seymour Papert, publicaron el libro "Perceptrons" en el que mostraban que redes neuronales basadas en perceptrones eran incapaces de resolver problemas XOR

# Laboratorio: agentes artificiales y perceptrones

- AIMLDDL\_0101.ipynb: Talos
- AIMLDDL\_0102.ipynb: Kourai Khryseai
- AIMLDDL\_0103.ipynb: ELISA
- AIMLDDL\_0103.ipynb: Perceptrones y XOR



# Simulación con agentes artificiales

El modelo de agentes artificiales compara la rentabilidad de empresas iniciadas por miembros de grupos de autofinanciamiento (nanofinanzas) con empresas financiadas mediante préstamos comerciales (microfinanzas).



Journal of Business Research

Volume 129, May 2021, Pages 495-514

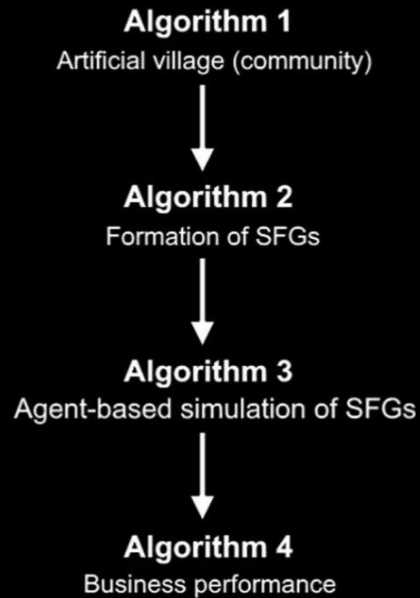
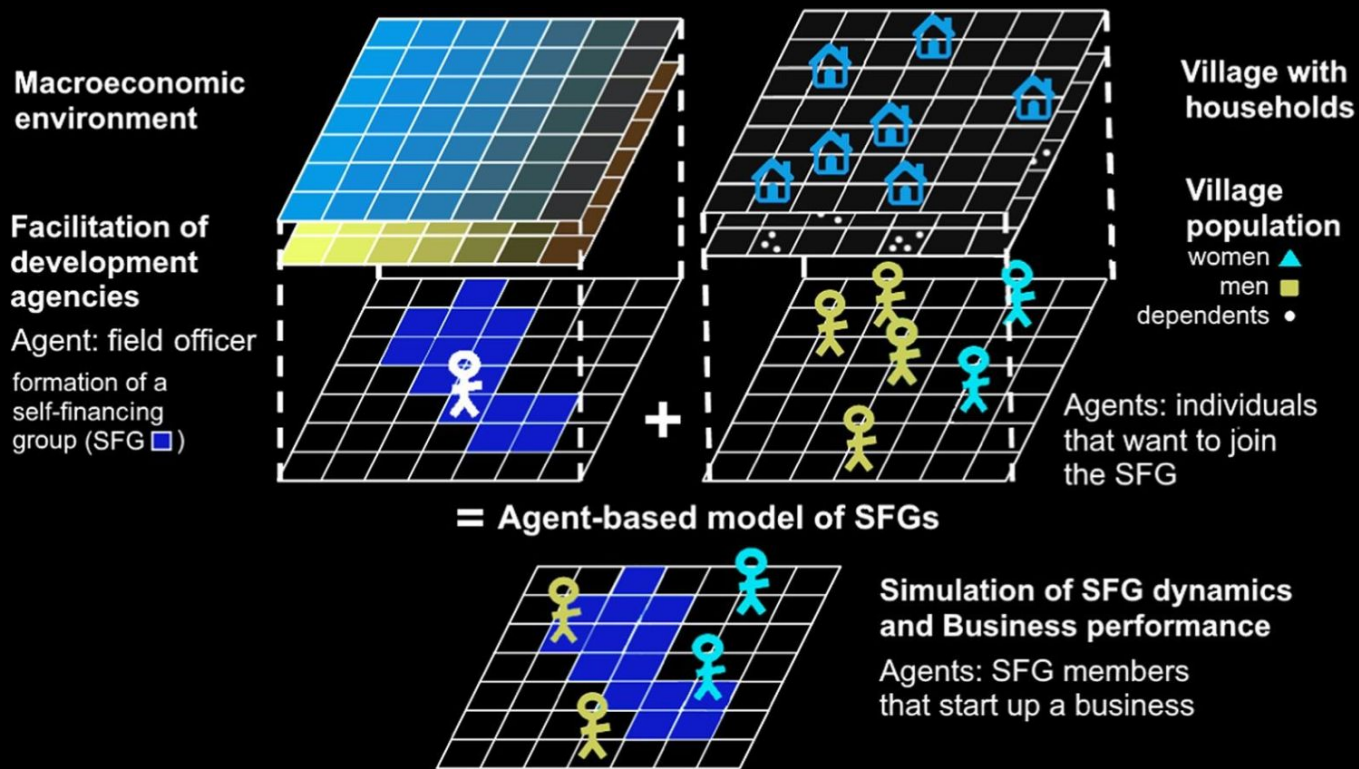


## Bifurcations in business profitability: An agent-based simulation of homophily in self-financing groups ☆

Rolando Gonzales Martinez <sup>a</sup>  , Bert D'Espallier <sup>b</sup>, Roy Mersland <sup>a</sup>

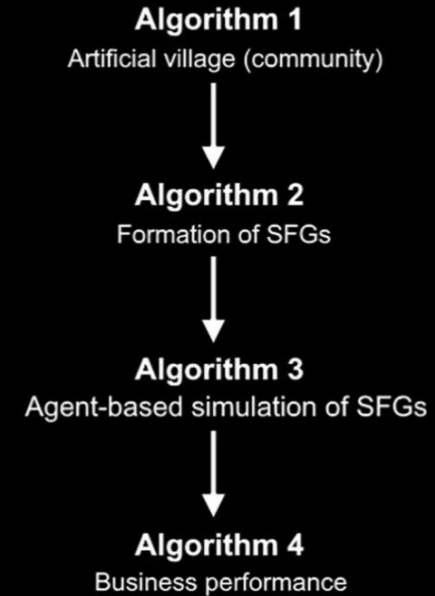
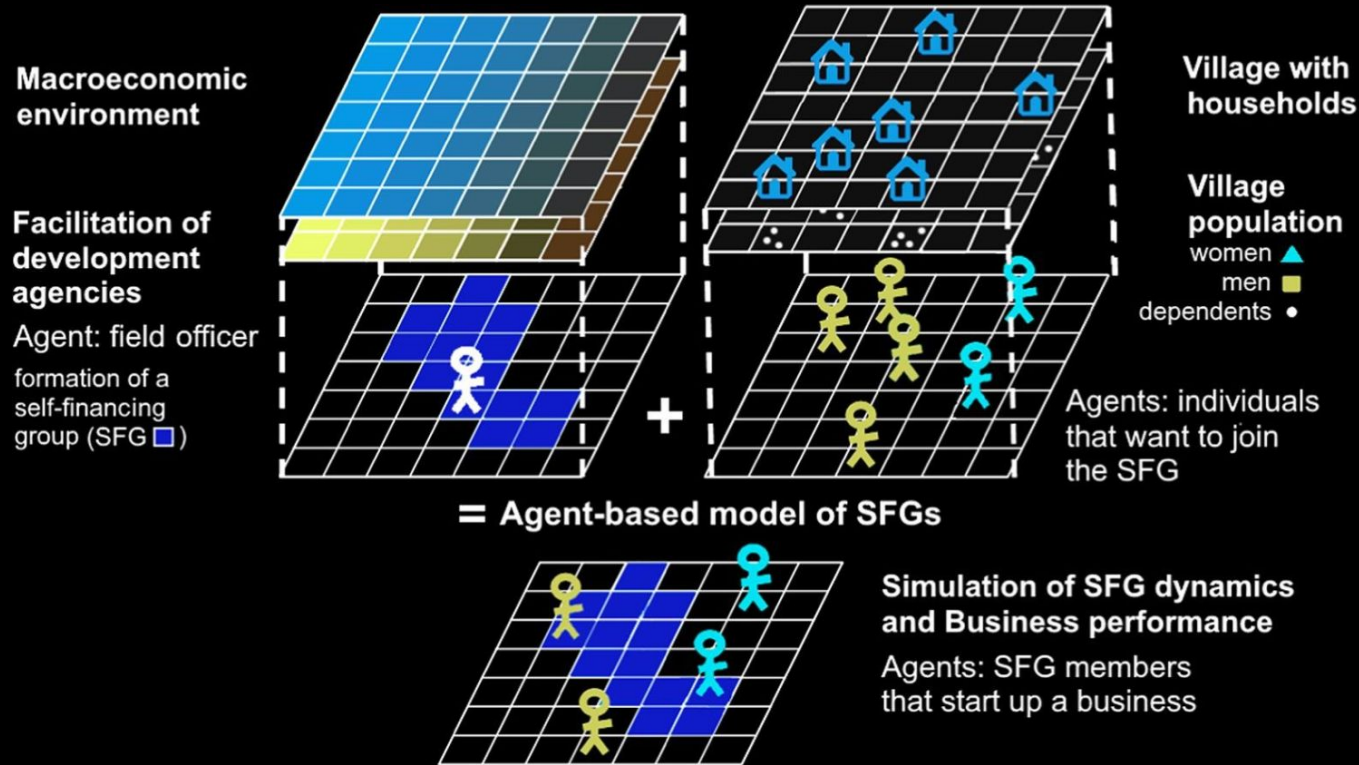
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296320304227>

# Simulación con agentes artificiales





# Simulación con agentes artificiales



# Simulación con agentes artificiales

## Box 1. Algorithm 1: Artificial community

**Data:**  $H, \lambda_h, u_\delta, u_{age}, \mu_g, \sigma_g$

**Result:**  $\mathbf{P}_{\mathcal{A}_i} \ni \{h, i_h, \delta_h, g_i, a_i, y_i\}$

**for**  $H \leftarrow h$  **do**

$$i_h(\lambda_h) = \lambda_h + \exp^{-\lambda_h} \frac{\lambda_h^{i_h}}{i_h!}$$

$$\delta_h \sim \mathcal{U}(1, u_\delta)$$

**for**  $i_h \leftarrow i$  **do**

$$g_i | \delta_h \sim \mathcal{U}(1, u_{\delta,g}), \quad u_{\delta,g} = 2u_\delta$$

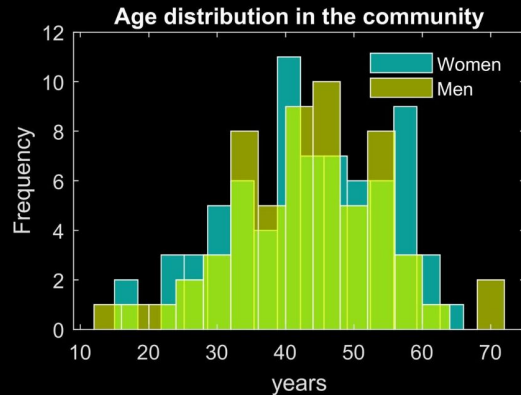
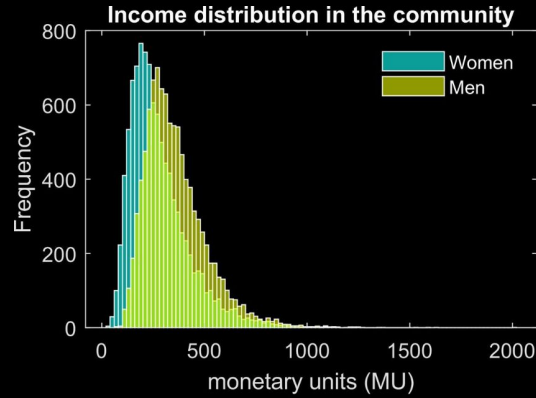
$$a_i = \sum_{j \in \mathcal{Z}^{1,2,3}} \mathcal{U}_{ij}(1, u_{age}) + \sum_{j \in \mathcal{Z}^{4,5}} \mathcal{U}_{ij}\left(1, \frac{1}{2}u_{age}\right)$$

$$f(y_i | \mu_g, \sigma_g) = \frac{1}{y_i \sigma_g \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln y_i - \mu_g)^2}{2\sigma_g^2}\right)$$

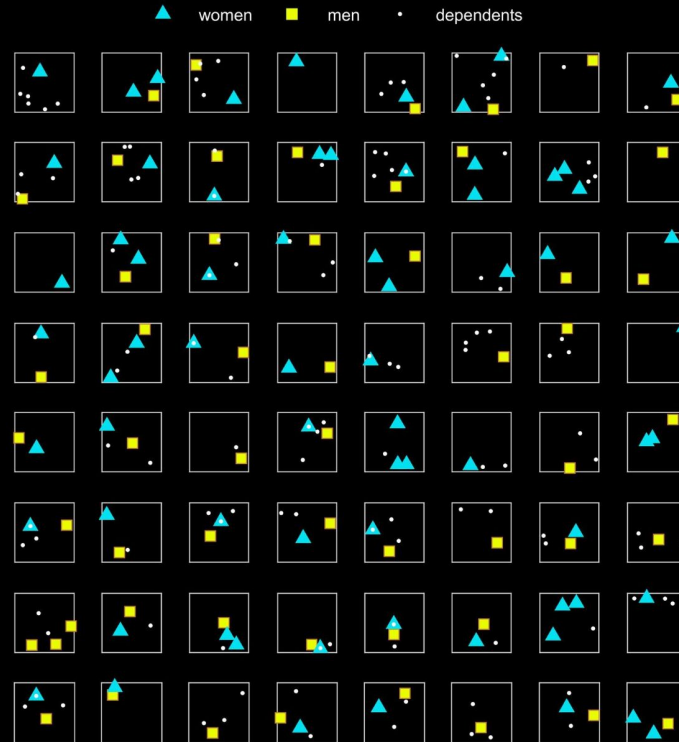
**end**

**end**

# Simulación con agentes artificiales



**Simulated households in the community**



# Simulación con agentes artificiales

**Box 2. Algorithm 2: Formation of a self-financing group (group creation and members' selection)**

**Data:**  $\mathbf{P}_{\mathcal{A}_i} \ni \{h, i_h, g_i, \delta_h, a_i, y_i\}$

**Result:**  $\mathbb{M}_{\mathcal{A}_i} \subset P_{\mathcal{A}_i} \subset \mathbf{P}_{\mathcal{A}_i}$

$$\mathbb{P}_i(m) = \omega_{\mathbb{P}_i(m)}^2 \mathbb{P}(f_i^a) + (1 - \omega_{\mathbb{P}_i(m)})^2 (\mathbb{P}(\psi_i^h) + \mathbb{P}(s_i) + \mathbb{P}(h_i^c))$$

$$\mathbb{P}(f_i^a) = 1 - \frac{1}{1 + e^{1 - y_{h,i}}}$$

$$\mathbb{P}(\psi_i^h) = \frac{1}{1 + e^{1 - (\sum_i^N \sqrt{(h_i - h)^2})^{-1}}}$$

$$\mathbb{P}(s_c) = \frac{1}{1 + e^{1 - i_{h,p}}}$$

$$\mathbb{P}(h_i^c) = \frac{1}{1 + e^{1 - i_{h,\neg p}}}$$

$$u_m \sim \mathcal{U}(0, 1)$$

**if**  $\mathbb{P}_i(m) > u_m$  **then**

$i_h \in P_{\mathcal{A}_i}$

**else**

$i_h \notin P_{\mathcal{A}_i}$

**end**

**while**  $\tau < \tau_w$  **do**

$S_{\mathcal{A}_f}(P_{\mathcal{A}_i}, \tau)$

**if**  $\tau \geq \tau_w$  **then**

$\{x_1, x_2, \dots, x_m\} \ni \mathbb{M}_{\mathcal{A}_i}$

**else**

$\emptyset$

**end**

**end**

# Simulación con agentes artificiales

**Box 3. Algorithm 3:** Agent-based simulation of self-financing groups and formation of social capital

---

**Data:**  $\mathbb{M}_{\mathcal{A}_i}, \rho$   
**Result:**  $k_m \ni \{k_\ell, k_s\}$   
 $\mathbb{P}_i(d_s) = \gamma_g (\omega_{d_s} \mathbb{P}_{d_s}(a_i) + (1 - \omega_{d_s}) \mathbb{P}_{d_s}(y_i))$   
 $\mathbb{P}_{d_s}(a_i) = 1 - \frac{1}{1 + e^{1 - (\sum_{i=1}^m \frac{1}{\sqrt{(a_i - a)^2}})^{-1}}}$   
 $\mathbb{P}_{d_s}(y_i) = 1 - \frac{1}{1 + e^{1 - y_i}}$   
**for** *meeting*  $\leftarrow t$  **do**  
     $u \sim \mathcal{U}(0, 1)$   
     $\beta \in \{\beta_d, \beta_{-d}\}$   
     $\mathbb{P}_e(d_s, t) := \tanh z_e = \frac{e^{z_e} - e^{-z_e}}{e^{z_e} + e^{-z_e}}$   
     $z_e = 1 - \beta (\rho + \sqrt{m} - t)$   
    **if**  $d_{\mathcal{V}_i}(t-1) = 1$  **then**  
        **if**  $\mathbb{P}_i(d_s) > \mathbb{P}_e(d_s, t) + u$  **then**  
             $d_i(t) = 1$   
        **else**  
             $d_i(t) = 0$   
        **end**  
    **else**  
         $\beta_{-d} < \beta_d$   
        **if**  $\mathbb{P}_i(d_s) > \mathbb{P}_e(d_s, t) + u$  **then**  
             $d_i(t) = 1$   
        **else**  
             $d_i(t) = 0$   
        **end**  
    **end**  
    **if**  $\frac{d_s}{m} \leq \tau_d$  **then**  
         $\sum_{t=1}^T b_t = \sum_{t=1}^m (m - d_t)$   
    **else**  
         $\sum_{t=1}^T b_t = \sum_{t=1}^m (m - d_t) \rho (1 + u)$   
    **end**  
**end**  
 $k_\ell \equiv \ell$   
 $k_s = \gamma_s (\|a_i\| + \|y_i\| + \|h_i\|)$   
 $\|a_i\| = (\sum_{i=1}^m (a_i - a)^2)^{-1/2}$   
 $\|y_i\| = (\sum_{i=1}^m (y_i - y)^2)^{-1/2}$   
 $\|h_i\| = (\sum_{i=1}^m (h_i - h)^2)^{1/2}$

**Box 4. Algorithm 4:** Business simulation

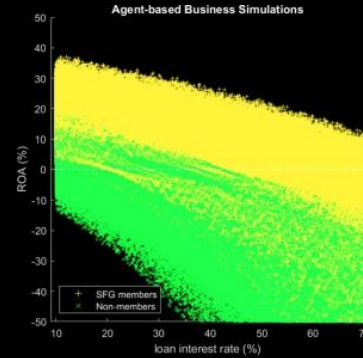
---

**Data:**  $k_m \ni \{k_\ell, k_s\}, \phi \equiv i$   
**Result:**  $ROA_{\phi, s}$   
**for**  $\mathcal{S} \leftarrow s$  **do**  
     $\ell_s = b_s (1 - r_{s, post})$   
     $m_s = \left( 1 + e^{(-1 + e^{-\eta^2})(-1 + k_{s, s, (m-d)})} \right)^{-(1 + \frac{1}{\eta})}$   
    **for**  $\Phi \leftarrow \phi$  **do**  
         $i_{s, \ell} = \phi + r_{s, post}$   
         $debt_s = \ell_s (1 + i_{s, \ell})$   
        **for**  $\mathfrak{T} \leftarrow t$  **do**  
             $inventory_{s, (t=0)} = \ell_s (1 - \theta_\ell)$   
             $sales_{s, t} = m_s (inventory_{s, t})$   
             $c_{s, t} = sales_{s, t} - q_{s, t}$   
             $returns_s = \sum_{t=1}^{\mathfrak{T}} c_{s, t} (1 - \epsilon_e)$   
             $\bar{a}_s = 2^{-1} \left( \ell_s + inventory_{s, (t=\mathfrak{T})} + \sum_{t=1}^{\mathfrak{T}} c_{s, t} \right)$   
        **end**  
         $ROA_{\phi, s} = (\bar{a}_s^{-1}) returns_s$   
    **end**  
**end**

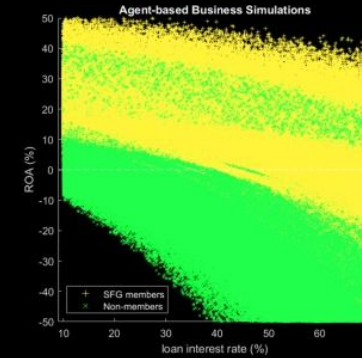


# Simulación con agentes artificiales

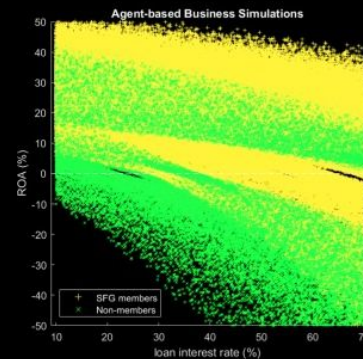
- Los resultados indican que, además de la autogeneración de capital, las empresas de los miembros de grupos autofinanciados con nano créditos pueden tener mayores retornos debido a la consolidación del capital social y la ventaja competitiva creada a través de un proceso dual de homofilia.
- Cuotas más altas de ahorro aumentan las ganancias, pero sólo hasta un umbral, después del cual surge un patrón de bifurcación, típico de la dinámica de complejidad.



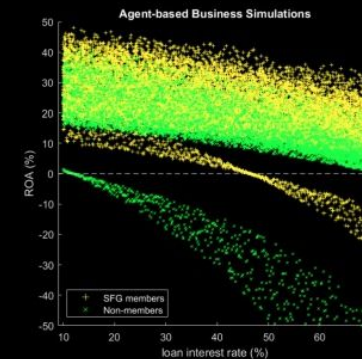
(a) Savings quota  $\rho = 40$



(b) Savings quota  $\rho = 50$



(c) Savings quota  $\rho = 60$



(d) Savings quota  $\rho = 70$