

Doctorado en Ciencias en Ingeniería con Énfasis en Análisis y Modelación de Sistemas.

I  
C  
B  
I

# Algoritmo evolutivo basado en autómatas celulares para la optimización de problemas continuos.

Presenta: **M.C. Omar López Arias**

En colaboración con el **Dr. Juan Carlos Seck Tuoh Mora**

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para el diseño y construcción de un futuro sostenible*



# CONTENIDO

- Introducción
- Objetivos
- Hipótesis
- Implementación
- Primeros resultados
- Conclusiones
- Referencias

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



# INTRODUCCIÓN

Actualmente no existe mucha información en la literatura de un algoritmo inspirado en las reglas, el comportamiento y el manejo de datos de los autómatas celulares que permita obtener resultados adecuados en problemas de optimización.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



# MARCO TEÓRICO

## Optimización

- Consiste en mejorar alguna solución relativamente buena conseguida previamente o incluso llegar a conseguir una solución óptima de acuerdo a un problema formulado en lenguaje matemático.
- Donde el criterio que evalúa la calidad de una solución es cuantitativo, generalmente asociado a un costo y denominado función objetivo.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



## Autómatas celulares

- Se puede pensar en un autómata celular como un sistema dinámico discreto en tiempo y espacio. El sistema evoluciona a través del tiempo mediante la iteración de reglas deterministas, los elementos del sistema cambian en función de estas reglas y la configuración anterior del sistema.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



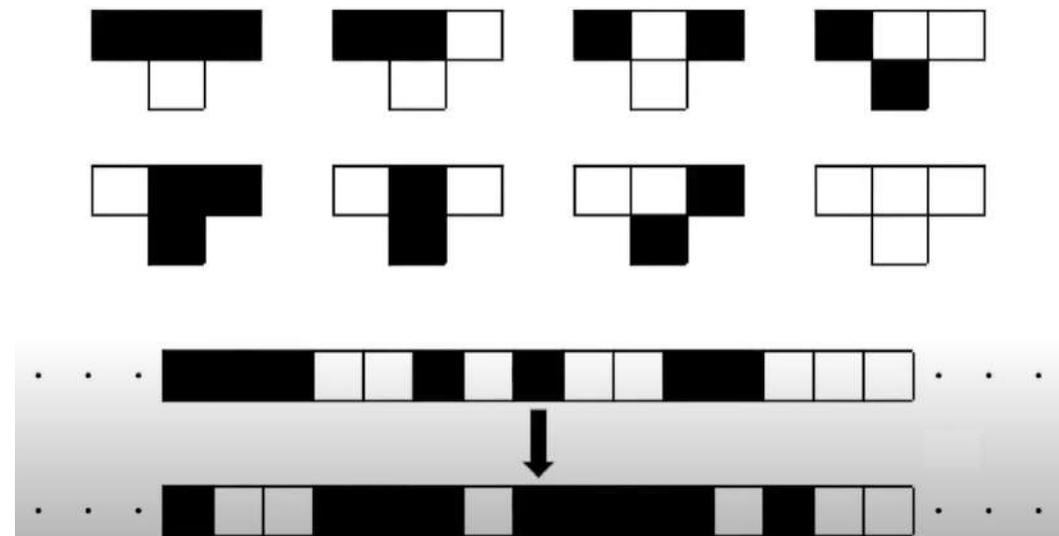
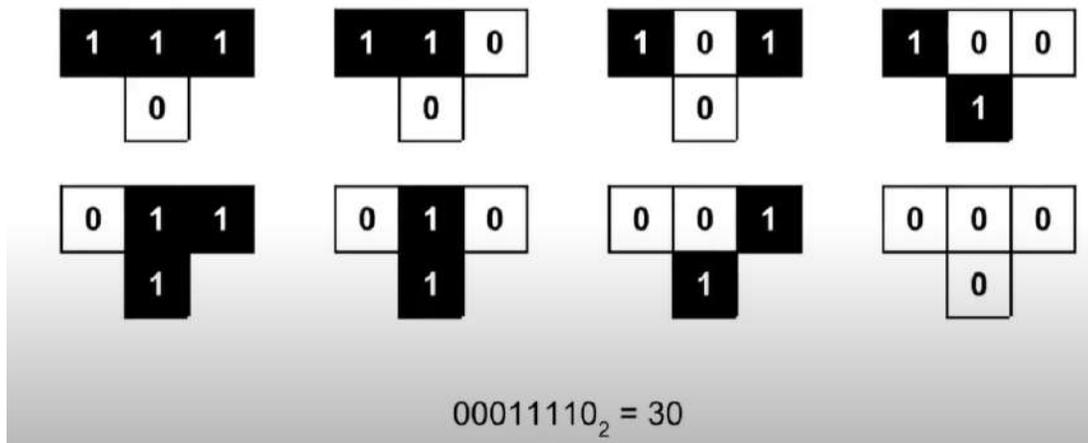
Se clasifica dependiendo de su comportamiento:

- Clase I: Autómatas con comportamientos constantes.
- Clase II: Autómatas con comportamientos periódicos.
- Clase III: Autómatas que muestran comportamientos caóticos.
- Clase IV: Autómatas que muestran comportamientos complejos.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



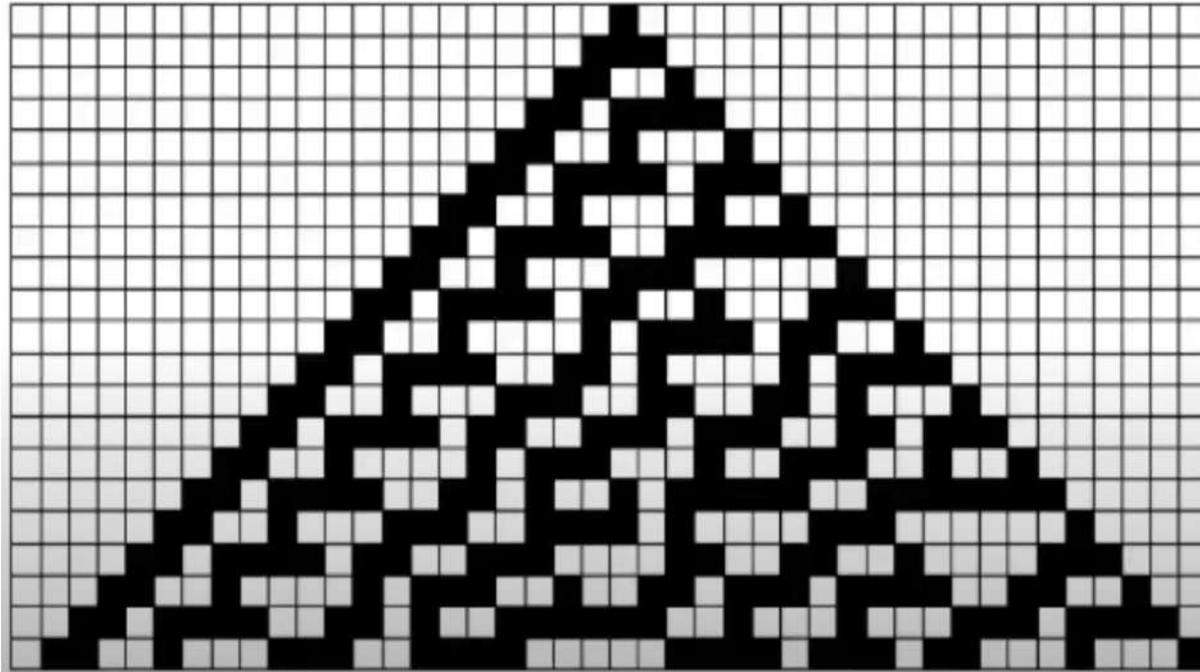
# Función de transición



*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para el diseño y construcción de un futuro sostenible*



# Evolución del AC, regla 30



*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



## El juego de la vida o "Life"

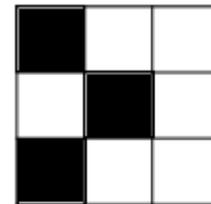
- Este juego fue diseñado por el matemático británico John Horton Conway en 1970 a través de un artículo publicado en la revista Científica Americana.
- A pesar de su tremenda sencillez conseguía un proceso de evolución de patrones muy potente, llegando incluso a equivaler a una máquina universal de Turing, permitiendo la posibilidad de implementar cualquier problema computable algorítmicamente.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



## Características de Life

- Este juego está basado en la evolución de estados sucesivos, en los cuales las condiciones del estado futuro dependen solamente de las condiciones del estado anterior.
- Se desarrolla en un tablero de unas dimensiones prefijadas en la práctica, subdividido en casillas llamadas celdas la cuales pueden tener dos estados distintos, célula viva o célula muerta. Cada ocho casillas determinan su “vecindad”.



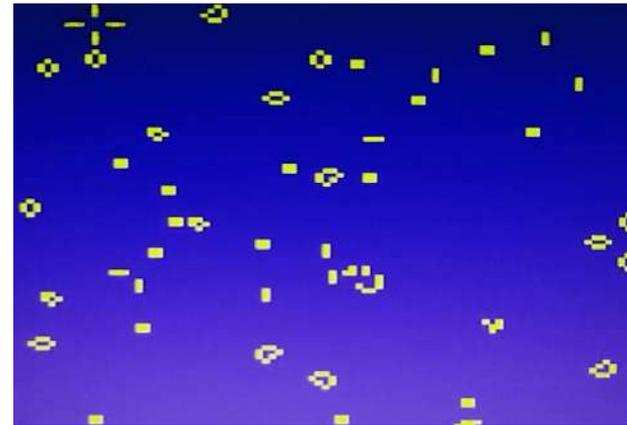
■ Célula viva  
□ Celda vacía

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



## Reglas de Life

- 1- Supervivencia: Cada individuo o célula que cumpla el requisito de tener 2 ó 3 vecinos vivos sobrevive a la siguiente generación.
- 2- Fallecimiento: Una célula viva que tenga menos de 2 vecinos fallece por aislamiento o soledad en el siguiente estado o turno. Una célula viva que tenga más de 3 vecinos vivos muere por superpoblación en el siguiente estado o turno.
- 3- Nacimiento: Si una celda vacía pasa a tener en su vecindad exactamente 3 células vivas su estado futuro en el siguiente turno será el de célula viva



*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



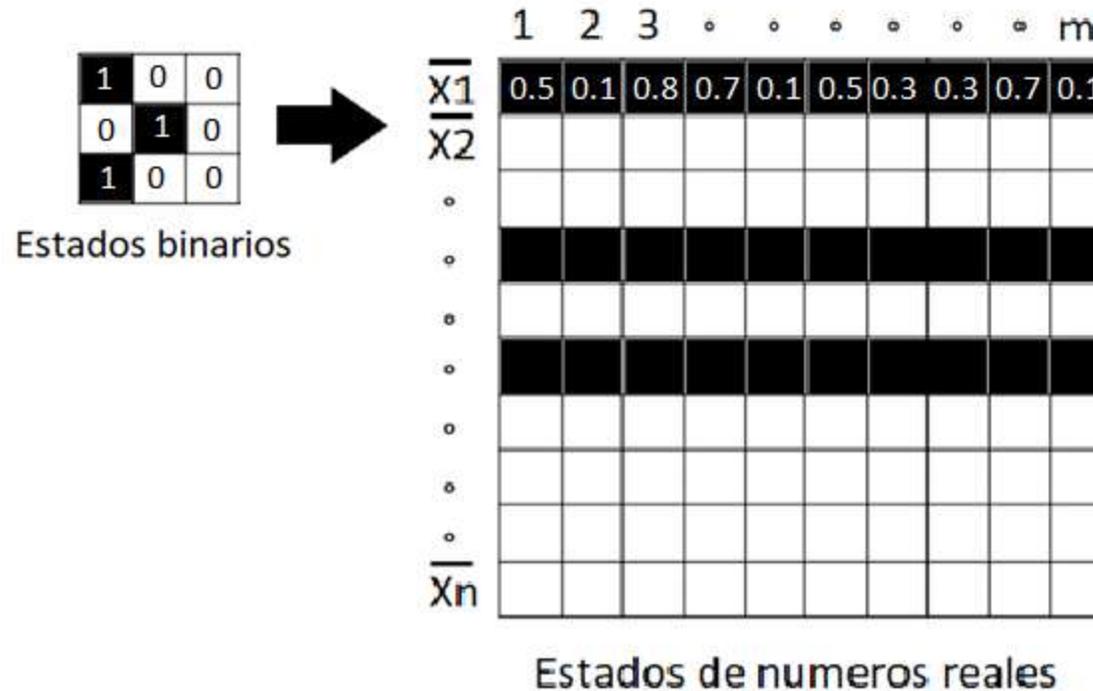
# Originalidad del proyecto

- En particular, este proyecto propone potenciar los enfoques de búsqueda de un algoritmo metaheurístico tomando como inspiración conceptos y propiedades de los Autómatas Celulares, para poner a prueba su característica de evolución en el manejo de información y generación de caos que producen estos algoritmos en distintas dimensiones con el objetivo práctico de resolver problemas de ingeniería.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



- Analogía del algoritmo respecto a Life



*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para el diseño y construcción de un futuro sostenible*



## Reglas implementadas para nuestro algoritmo

- 1.- Si existen 2 valores menores:

$$C_i = [(C_i - C_{best}) * P1] + C_i$$

- 2.- Si existen exactamente 3 valores menores:

$$C_i = \left[ \left( \frac{C_{best1} + C_{best2} + C_{best3}}{3} \right) * P2 \right] + C_i$$

- 3.- Si existen mas de 3 valores menores:

$$C_i = \left[ \left( \frac{C_{i^{rest}}}{N} \right) * P3 \right]$$

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



## Reglas implementadas para nuestro algoritmo

- 4.- Además si en cada cierto numero de iteraciones se observa que no hay mejoría, se aplica un factor de mutación para generar aleatoriedad y evitar el estancamiento del algoritmo.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



La Relevancia de este proyecto recae en dos aspectos:

- El estudio de las dinámicas de las características y propiedades existentes de los autómatas celulares como una herramienta para encontrar soluciones adecuadas a un tipo de problemas particulares.
- Su implementación en un problema de ingeniería para validar y complementar la investigación con datos experimentales.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



# OBJETIVO GENERAL

Obtener un nuevo algoritmo metaheurístico capaz de resolver problemas continuos de optimización mediante el estudio de las reglas y comportamientos de un autómata celular.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar la literatura asociada a las distintas reglas de los autómatas celulares.
- Analizar y comprender la clasificación y utilización de algoritmos evolutivos y las reglas a asociadas al autómata celular.
- Elegir la reglas del autómata celular específico a usar.
- Identificar las variables y reglas que generen el comportamiento deseada en el algoritmo.
- Diseñar y aplicar el algoritmo evolutivo de optimización, en la librería de funciones de prueba seleccionadas.
- Simular, interpretar y comparar los resultados del nuevo modelo de optimización con los ya existentes, publicados en revistas científicas especializadas.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



# HIPÓTESIS

Debido a que algunas de las características de los autómatas celulares son compatibles o similares con los algoritmos evolutivos se propone que su aplicación puede ser de utilidad en el desarrollo de una nueva técnica metaheurística para la solución de problemas continuos de optimización.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



# IMPLEMENTACIÓN

El algoritmo fue implementado en la plataforma de Matlab comprobando sus resultados mediante funciones de prueba validadas en otros estudios con algoritmos metaheurísticos.

Parámetros de población

Número de células: 12

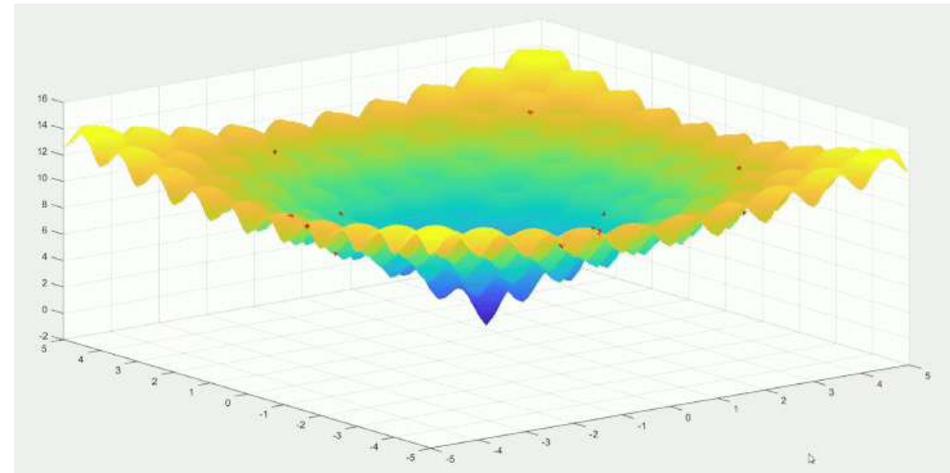
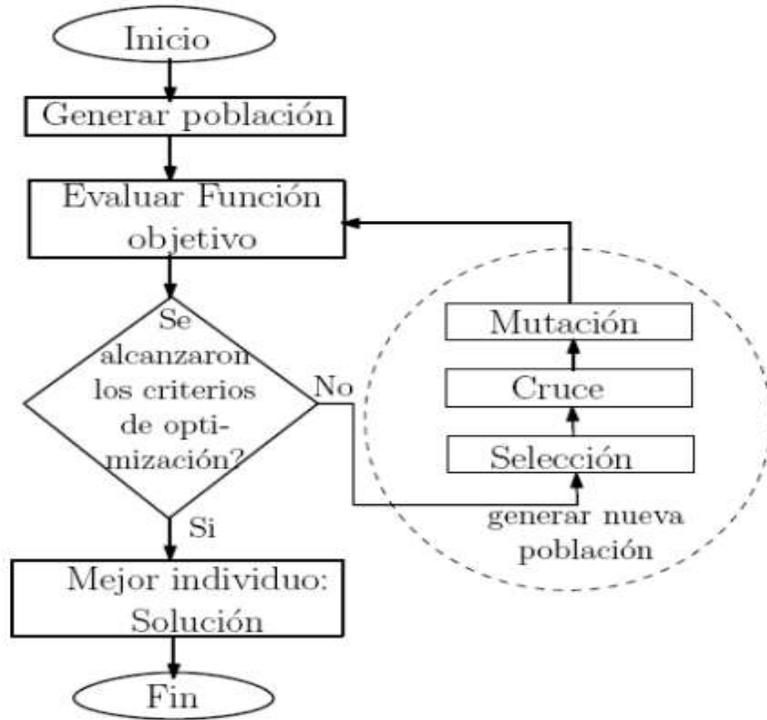
Numero de vecinos: 6

Numero de iteraciones permitidas: 500

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



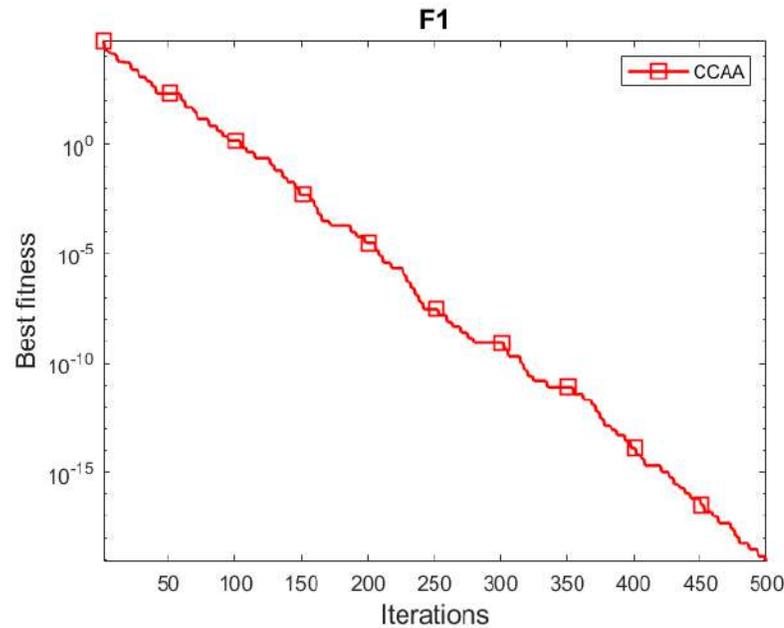
# Implementación



*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para el diseño y construcción de un futuro sostenible*



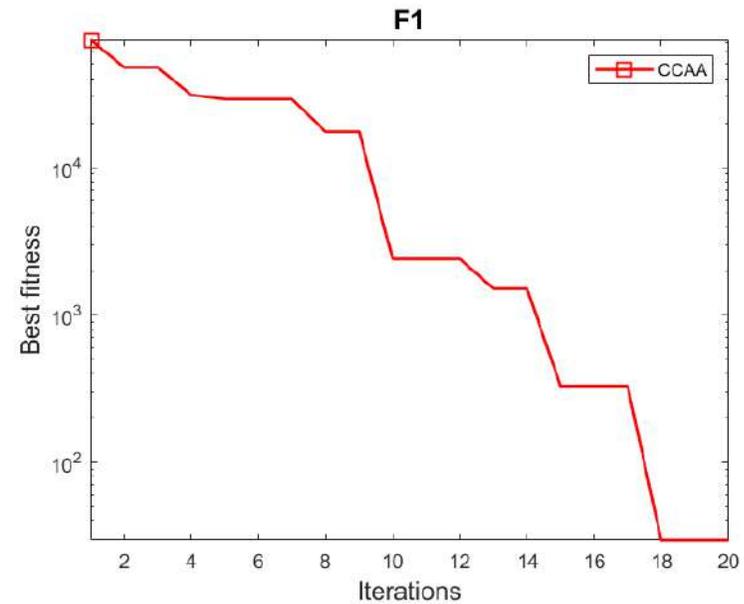
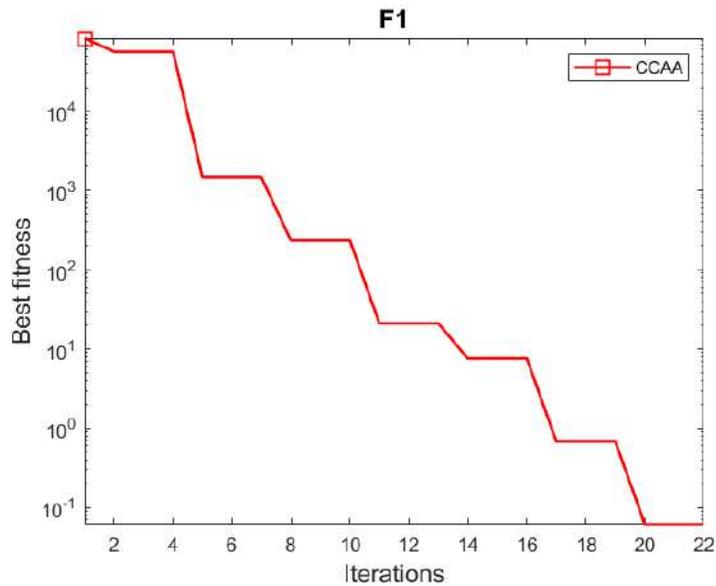
Para el primer caso además de alcanzar el número máximo de iteraciones permitido no fue capaz de encontrar el valor mínimo de la función.



*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



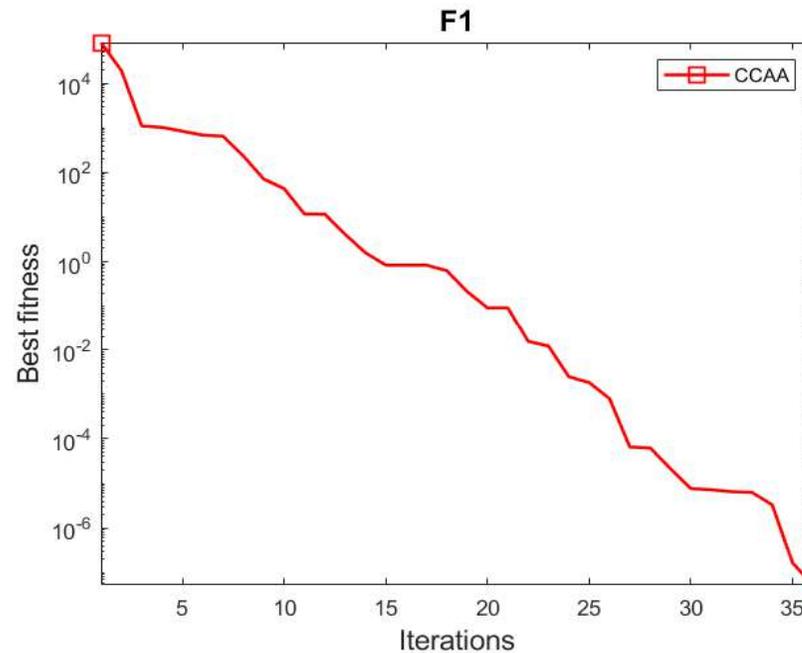
Modificando los valores de ponderación de las reglas se mejoró el desempeño aunque se observa que presenta un comportamiento con cambios algo bruscos.



*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para el diseño y construcción de un futuro sostenible*



Encontrar un equilibrio de ponderación entre las distintas reglas es fundamental para encontrar soluciones mas adecuadas en el espacio de búsqueda como se observa en la siguiente imagen donde además de encontrar el valor deseado presenta un comportamiento mas suave.



*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



# COMENTARIOS

- Durante el proceso realizado en esta investigación se encontró que las reglas elegidas del autómata celular “life” son de utilidad como inspiración para implantar un algoritmo de ‘optimización’ metaheurístico.
- Así mismo se podrían experimentar con las distintas reglas que existen en los autómatas celulares.
- Se continuará con la experimentación y estudio de la reglas elegidas para el mejoramiento del algoritmo así como su implementación en el problema físico.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



# CONCLUSIONES

- Se comprobó que además de su fácil interpretación e implantación las reglas inspiradas en el autómata celular "Life" nos permite desarrollar un algoritmo capaz de encontrar soluciones adecuadas a funciones de prueba validadas en la literatura.
- Como en todo algoritmo metaheurístico el equilibrio entre las diferentes etapas de búsqueda es clave para encontrar un buen desempeño al problema planteado así se demuestra su desempeño en las distintas funciones de prueba.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



## REFERENCIAS

Li, C. Y., Li, J., Chen, H. L., Jin, M., & Ren, H. (2021) Enhanced Harris hawks optimization with multi-strategy for global optimization tasks. *Expert Systems with Applications*, 185:115499.

Kumar, K. & Davim, J. P. *Optimization Using Evolutionary Algorithms and Metaheuristics: Applications in Engineering*. (2020). CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 1 edition.

Azizi, M., Talatahari, S., & Giaralis, A. (2021). Optimization of engineering design problems using atomic orbital search algorithm. *IEEE Access*, 9:102497–102519.

Mykolayovych-Bilan, S., Mykolayovych-Bilan, M., & Leonidovich-Motornyuk, R. *New Methods and Paradigms for Modeling Dynamic Processes Based on Cellular Automata*. (2020). IGI Global, Hershey, PA, USA.

Seck-Tuoh-Mora, J. C., Hernandez-Romero, N., Lagos-Eulogio, P., Medina-Marin, J., & Zuñiga-Peña, N. S. (2021). A continuous-state cellular automata algorithm for global optimization. *Expert Systems with Applications*, 177, 114930.

Seck-Tuoh-Mora, J. C., Hernandez-Romero, N., Santander-Baños, F., Volpi-Leon, V., Medina-Marin, J. & Lagos-Eulogio, P. (2022). A majority–minority cellular automata algorithm for global optimization. *Expert Systems with Applications*, 203:117379.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*

