



**UASLP**  
Universidad Autónoma  
de San Luis Potosí



COORDINACIÓN  
ACADÉMICA REGIÓN  
ALTIPLANO OESTE

# AVANCES EN CIRCUITOS, SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

VOLUMEN 1



César Arturo Guerra García  
Luis Javier Ontañón García Pimentel  
Marco Tulio Ramírez Torres  
Carlos Soubervielle Montalvo  
Isaac Campos Cantón



**COPOCYT**  
CONSEJO POTOSINO DE CIENCIA  
Y TECNOLOGÍA

**AVANCES EN CIRCUITOS, SISTEMAS Y COMPUTACIÓN: Volumen I**

Tercera Edición, Diciembre de 2022. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México.

**Edición:**

Guerra García, César Arturo; Ontañón García Pimentel\*, Luis Javier; Ramírez Torres, Marco Tulio; Soubervielle Montalvo, Carlos; Campos Cantón, Isaac.

**E-BOOK**

Se permite la copia y distribución por cualquier medio siempre que se mantenga el reconocimiento de sus autores, no se haga uso comercial de las obras y no se realice ninguna modificación a las mismas.



**COORDINACIÓN ACADÉMICA REGIÓN ALTIPLANO OESTE. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**

Financiado por: Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología, COPOCYT.

**CUERPO ACADÉMICO “SISTEMAS DINÁMICOS Y CRIPTOGRAFÍA” UASLP-CA-268.**

Carretera Salinas-Santo Domingo # 200, C.P. 78600 Tel. +52(496)963.4030

Salinas de Hidalgo, S.L.P. México. \* Autor de correspondencia.

Email: [carao@cro.uaslp.mx](mailto:carao@cro.uaslp.mx); [luis.ontanon@uaslp.mx](mailto:luis.ontanon@uaslp.mx)

© 2022 Todos los derechos reservados

ISBN de la obra completa: 978-607-535-318-0

ISBN del actual volumen I :978-607-535-319-7

Impreso y hecho en México. Printed and made in Mexico.

# INDICE

## Tabla de contenido

1. Medición y análisis de parámetros medioambientales en un cuarto de cultivo a través de sensores de cosecha en RF de la planta <i>Nicotiana benthamiana</i> .	9
2. Implementación de cifrado XOR utilizando FPGA's y autómatas celulares ...	11
3. Circuito generador de secuencias binarias basado en señales neuronales ..	18
4. Análisis de escala de un sistema de cifrado basado en sistemas dinámicos caóticos .....	23
5. Desarrollo de plataforma experimental para cosecha de energía en radiofrecuencia para comunicaciones inalámbricas sustentables .....	25
6. Metodología basada en componentes virtuales para el desarrollo de redes inalámbricas de sensores .....	27
7. Implementación del operador Sobel en FPGA.....	31
8. Evaluación del hígado graso no alcohólico usando espectroscopía Raman y técnicas de análisis multivariante.....	34
9. Mapeo caótico VERTIGO-2 con control de amplitud .....	38
10. Identificación neuronal de un sistema inestable caótico utilizando una red neuronal artificial wavelet recurrente de primer orden .....	42
11. Aplicación de atractores ocultos anidados en la generación de números pseudoaleatorios .....	48
12. Instrumentación de un sensor multiparamétrico para pruebas de calidad de agua .....	51
13. Generación de llaves para cifrado XOR a partir de autómatas celulares implementados en un FPGA .....	55
14. Convertidor BUCK cuadrático R2P2 para aplicaciones de iluminación led ...	58

15. Microrredes de CD: retos y oportunidades .....	60
16. Diseño e implementación de circuitos pseudo-CMOS en tecnología de 5 $\mu$ m <sup>2</sup>	
17. Diseño de celdas estándar para la implementación de circuitos digitales integrados .....	65
18. Preprocesamiento digital de señales sEMG el primer paso para un análisis más robusto.....	69
19. Sistema de esteganografía básico.....	72
20. Interfaz portable para el seguimiento de objetos en video utilizando el algoritmo de búsqueda de abejas.....	76
21. Análisis de singularidades en señales EGG durante los estados del sueño .	80
22. Evaluación y desempeño de modelo de un diodo para módulo fotovoltaico.	84
23. Solución del modelo de Hodgkin-Huxley por el método de Runge-Kutta del potencial de acción de una neurona biológica.....	88
24. Simplificación del diseño de protocolos de consenso basados en retardos para sistemas multiagente a gran escala .....	92
25. Simulación de la sinapsis nerviosa entre dos neuronas .....	97
26. Máximo decaimiento exponencial para sistemas con retardo desconocido vía controladores PI.....	101
27. Potencial de Acción de la Célula Excitable a Cuatro Canales: $Ca^{2+}$ , $Na^{+}$ , $K^{+}$ y $Cl^{-}$ .....	105
28. Controles Avanzados para Convertidores Bidireccionales (CONABI) .....	113
29. Ataques de canal lateral a esquemas criptográficos.....	118
30. Creación de un entorno de realidad virtual en OpenSpace3D y su interacción por medio de brazalete Myo y control de Xbox One .....	122
31. Análisis de factibilidad para la generación de energía eléctrica mediante la corriente de ríos.....	126
32. Diseño de controladores robustos para convertidores CD-CD reductores..	131

33. Una nota en la estabilización PI-PBC para un convertidor CD-CD reductor.	135
34. Control de formación de robots móviles diferenciales .....	139
35. Control de consenso y formación en arreglos de agentes móviles.....	143
36. Desarrollo de un sistema web para la administración de expedientes clínicos .....	147
37. Sistema para video tracking por medio de SOC-FPGA y algoritmos de inteligencia de enjambre .....	151
38. Sistemas Dinámicos y Caos .....	155
39. Simulación numérica de sistemas dinámicos no lineales .....	159
40. Multiestabilidad por medio del rompimiento de órbitas heteroclínicas .....	163
41. Espectroscopia de impedancias para el estudio electrónico de materiales nanoestructurados .....	167
42. Vulnerabilidades de seguridad en esquemas biométricos basados en valores difusos.....	172
43. Comparación de la corriente fuga en un inversor H5 con valores disímiles de capacitancias parásitas .....	176
44. Autómatas celulares que simulan el recimiento de la mancha urbana .....	180
45. Circuito reconfigurable mediante ecuación de plano.....	183
46. Diseño teórico de una columna de destilación para la separación de una mezcla binaria .....	187
47. Funcionamiento modelado y simulación de una columna de destilación binaria.....	191
48. El Caos y la Ingeniería .....	195

# Autómatas celulares que simulan el crecimiento de la mancha urbana

Jiménez-López E.<sup>a</sup>

<sup>a</sup>El Colegio Mexiquense A.C.  
Toluca, Estado de México, México.  
\*ejimenez@cmq.edu.mx

## RESUMEN:

Este trabajo simula la expansión de ciudad de San Luis Potosí con Autómatas Celulares (AC) en un entorno experimental en el periodo 2005-2020. El objetivo es explicar si el modelo de AC es capaz de simular la expansión de la mancha urbana, con el fin de realizar proyecciones adecuadas hacia el futuro. Mediante un Modelo de AC que identifica Regla de Transición más precisa de los AC deterministas para simular la expansión urbana de la ciudad bajo experimentación, se utiliza el Filtro inverso que nos da una certeza de un buen ajuste en las imágenes satelitales y los resultados de las simulaciones del Modelo de AC resultaron muy alentadoras y demostró una gran rapidez de procesamiento de información numérica y visual.

**PALABRAS CLAVE:** Autómatas Celulares; Mancha Urbana; Expansión.

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo es de carácter metodológico y experimental. Se explica el modelo de Autómatas Celulares tratando de demostrar la capacidad que tienen para simular con mucha precisión el crecimiento de la ciudad de San Luis Potosí, a lo largo de 15 años. La ciudad es de interés ya que registra una población para 2020 de más de un millón de habitantes. Las simulaciones se realizaron en un software desarrollado en El Colegio Mexiquense denominado CHRISTALLER®, que conjuga sistemas de información geográficos, programación y modelos matemáticos.

Los AC constituyen un método discreto que cuantifican valores enteros en intervalos regulares, que modelan la evolución de fenómenos dinámicos, como la expansión de las ciudades en tiempo y espacio. Los AC que se utilizan son de tres bits, con ello se pueden generar 256 reglas de transición o instrucciones de vecindad que evolucionan en sistemas complejos. Se identifica la mejor regla que modele con una alta precisión la expansión de la ciudad con la ayuda del filtro inverso [1], con esto se explora de una manera condicional el crecimiento futuro de la mancha urbana.

El Sistema de AC presenta múltiples componentes o unidades de interacción, lo que asemeja a la ciudad como sistema complejo. Registra otras características básicas de un sistema complejo, es dinámico, registra fuerte conexión de vecindad espacial y presenta en un grado alto autosimilaridad [2]. La autosimilitud es la presencia de estructuras espaciotemporales que siguen patrones al realizar una inspección más detallada del todo a lo cual se está analizando. Diversos fenómenos urbanos registran autosimilaridad como el crecimiento y morfología urbana, el comportamiento de la economía en la ciudad, los cambios de uso de suelo, entre otras [3].

## AUTOMATAS CELULARES

Cuando se quiere modelar un proceso en el territorio con AC es conveniente concebir el espacio como una cuadrícula regular en dos dimensiones. Por lo tanto, los AC se pueden

tomar como un arreglo uniforme, cuadrulado, generalmente infinito, formado por objetos idénticos llamados Células. El arreglo puede ser n-dimensional. Un AC se representa a través de una función como se muestra en la ecuación (1).

$$AC = (L, S, V, \delta) \quad (1)$$

Donde  $L$  es la cuadrícula regular,  $S$  es el conjunto finito de todos los posibles estados que pueden tomar las células,  $V$  es el conjunto finito de células que definen las relaciones espaciales entre ellas y  $\delta$  es una función de transición aplicada a las células en cada lapso de tiempo (Regla de transición). La parte de mayor importancia en los AC son las Reglas de Transición que son las instrucciones que representan la evolución del proceso que se quiere modelar. Las reglas pueden ser deterministas o estocásticas, sencillas o altamente elaboradas. Las reglas son fijas, pero algunas aplicaciones las reglas evolucionan para modelar un cierto proceso y es cuando los AC se transforman en Agentes.

## RESULTADOS

Lo obtenido en el ejercicio experimental se enfocó en la ciudad de San Luis Potosí (Figura 1), para el periodo 2005-2020. Las imágenes satelitales de LandSat 3 y 8 que utilizamos como referente de contraste para los resultados del modelo de AC corresponden a 2005 y se muestran en la Figura 1 a). La imagen para 2020 se muestra en la Figuras1 b). Estas imágenes satelitales de LandSat son los mapas base con los cuales el Modelo del AC trabaja como datos de entrada. Estamos trabajando con tres bits, por tanto, tenemos 256 Reglas de Transición. El software de Filtro Inverso hace un barrido completo de las 256 Reglas de Transición, estima los indicadores de bondad de ajuste e identifica la Regla de Transición que mejor replica la expansión de la mancha urbana de cada ciudad en el periodo de experimentación. Se realiza la simulación de la mancha urbana para 2020 en la ciudad de estudio (prueba de que realiza bien su trabajo el modelo), con la Regla de Transición más precisa. Para San Luis Potosí la regla 218 mostró el mejor ajuste entre las imágenes satelitales y la proyección del modelo de AC.

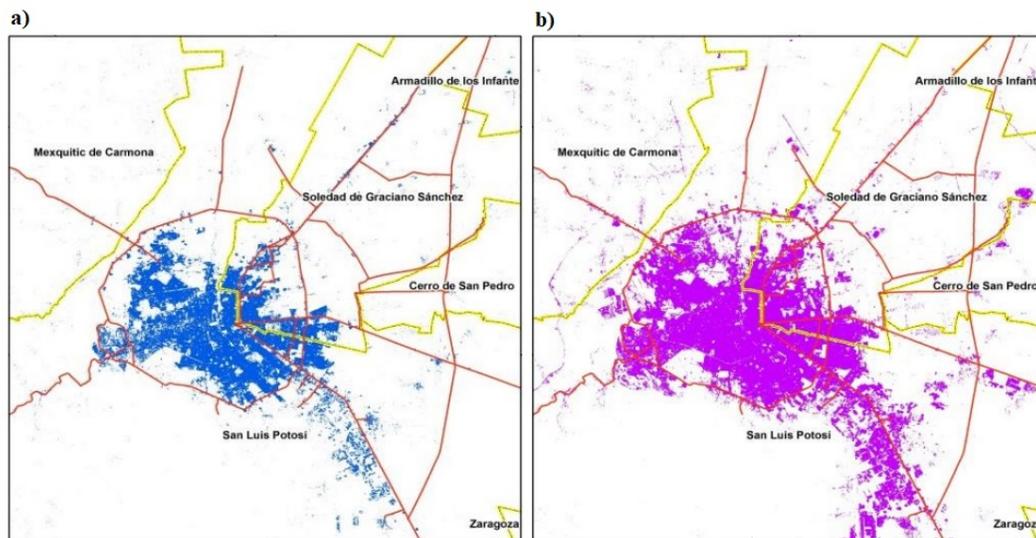


Figura 1. San Luis Potosí, Mapas Satelitales 2005-2020.

En este modelo programado fue capaz de manejar archivos masivos e imágenes de alta resolución. Las imágenes satelitales de la ciudad de San Luis Potosí contenían alrededor de siete millones de píxeles. Considerando la magnitud de la información, el barrido exhaustivo de las Reglas de Transición, la estimación iterativa con el Filtro inverso para encontrar la mejor regla y la generación automatizada de los mapas de las simulaciones y

las proyecciones, podemos considerar que el desempeño del Modelo del AC es de alta eficiencia. Par un periodo similar de simulación (15 años), al 2035 se muestra en la Figura 2.

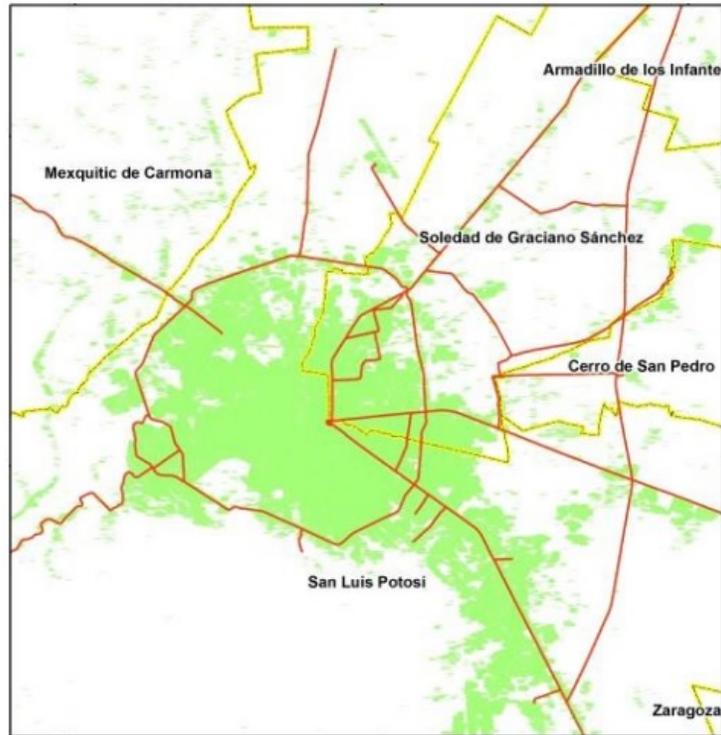


Figura 2. San Luis Potosí, Mapa generado por el modelo de AC 2035.

## REFERENCIAS:

- [1] Jiménez-López, E. (2022). Inverse Filter in the Growth of Urban Sprawl with Cellular Automata Model. In *Complex Systems and Their Applications* (pp. 231-247). Springer, Cham.
- [2] Wolfram, S. (1984). Cellular automata as models of complexity. *Nature*.311(5985), 419-424.
- [3] Polidori, M. C.; Saraiva, M. V. P.; Peres, O. M.; Toralles, C. P.; Tomiello, F. (2015). Los bordes de la ciudad y la simulación del crecimiento urbano con autómatas celulares. *Ciencias Espaciales*. 8(2), 357-370.