

# Análisis de Series de Tiempo de Poblaciones Simuladas a través de Autómatas Celulares

Graciela Véliz Quintero<sup>1</sup>, Guillermo Baquerizo Palma<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ingeniera en Estadística Informática 2003

<sup>2</sup> Director de Tesis. Ingeniero en Computación. Profesor de la Escuela Superior Politécnica del Litoral 1996.

## **RESUMEN**

El presente trabajo trata sobre la solución de problemas mediante la simulación, bajo algoritmos de programación evolutiva, como lo son los Autómatas Celulares.

En los sistemas complejos puede producirse lo que se denomina el comportamiento emergente. La gran ventaja de la Vida Artificial es que permite observar fenómenos emergentes. Las propiedades emergentes son aquellas que aparecen en los sistemas como resultado de la interacción entre sus partes y que no pueden explicarse a partir de las propiedades de los elementos que lo componen.

En estos sistemas, una acción simple se puede propagar exponencialmente provocando efectos de gran envergadura. Por esta razón se dice que estos sistemas se encuentran en la frontera entre el orden y el desorden.

Parte de la Inteligencia Artificial y por ende del naturaleza de estos sistemas, son las redes neuronales, los algoritmos genéticos y los autómatas Celulares.

Los Autómatas Celulares nacieron a finales del año 1940, bajo el cuidadoso estudio de John von Neumann y de Stanislav Ulam. En aquellos tiempos, ellos perseguían el objetivo de crear un modelo real del comportamiento de sistemas extensos y complicados; y bajo intensas horas de estudio, se encaminaron por este rumbo de Autómatas Celulares. Tiempo más tarde se utilizaron también para la optimización, y la adaptación de sistema, así como en la resolución de ecuaciones diferenciales, en aspecto fenomenológicos, entre otros.

Hoy en día podemos asegurar que los Autómatas Celulares en términos generales, son muy útiles para la solución de problemas concernientes a la inteligencia artificial basada en el comportamiento, ecosistemas artificiales, vida artificial, y en sistemas tipo Predador-Presa.

De la mano con la ayuda que prestan los Autómatas Celulares, están las enormes ventajas que ofrece la simulación; tales como el ahorro en costo; la simplicidad en comparación al uso de grandes y complejas formulas matemáticas, que en muchos casos son útiles para resolver problemas, peor que en otros ni siquiera existen; permite además observar comportamientos de un sistema con la facilidad de variar los parámetros, entre otros.

Por otra parte el analizar datos a través del tiempo, nos es de gran ayuda para pronosticar y poder tomar decisiones pertinentes en el tiempo adecuado, pues convertimos a todos estos datos en información útil para mejorar el proyecto que se esté realizando o que se desee realizar.

## **INTRODUCCIÓN**

La búsqueda de soluciones a diversos problemas, es el motor de los más grandes y valiosos descubrimientos de la humanidad.

La Vida Artificial es un mecanismo para la representación de sistemas complejos. Una vez representado un sistema, podemos experimentar con él en situaciones hipotéticas.

La presente tesis, tiene por objetivo ayudar a solucionar problemas y a tomar decisiones bajo la ayuda de una gran herramienta, como es la simulación mediante Autómatas Celulares.

Trabajar simulando a travez de autómatas celulares, es trabajar creando un sistema complejo, siendo los sistemas complejos más completos de todos, auquellos cuya única representación aceptable serían ellos mismos.

## **CONTENIDO**

### **Autómatas Celulares**

#### **Definición:**

Un AC es un modelo formal, que está compuesto por un conjunto de entes elementales, cada uno de estos susceptibles de encontrarse en un cierto estado, y de alterarse de un instante a otro, bajo el supuesto de que el tiempo transcurre en forma discreta. El Estado del AC se altera según una regla de transición. Por lo general, el estado de un ente o célula, en una generación determinada, depende únicamente de las células vecinas y de su propio estado en la generación inmediatamente anterior. En términos generales, un autómata Celular se desarrolla dentro de un arreglo rectangular o matriz.

## Elementos

Los Autómatas Celulares poseen tres componentes básicos:

- 1) Conjunto de entes.- Se refiere a la cantidad de elementos que conforman al autómata.
- 2) Vecindades.- Se refiere al grupo de elementos que se consideran como vecinos, y que por ende van a afectar en el comportamiento del ente que ocupa la posición (i,j) en el arreglo rectangular en el que se localizan.

Las vecindades más comunes son:

### *La Vecindad de Neumann*

	1	
1	<b>X</b>	1
	1	

### *La vecindad de Moore*

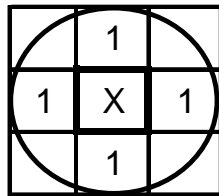
1	1	1
1	<b>X</b>	1
1	1	1

### *La vecindad tipo Equis (X)*

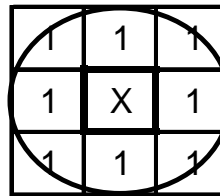
1		1
	<b>X</b>	
1		1

## Las vecindades $R_{Neumann}$ y $R_{Moore}$

$R_{Neumann}$



$R_{Moore}$



En donde las celdas que figuran con "1" son las celdas vecinas del entre X

- 3) Reglas de Transición.- Define la dinámica del sistema, dados un elemento y un instante determinados, la regla devuelve el siguiente estado del elemento, para ello necesita como argumentos los estados actuales, tanto del elemento considerado como de aquellos que conforman su vecindad. Las reglas de transición pueden ser deterministas o probabilistas, además, no todos los elementos necesitan obedecer a la misma regla.

### Aplicaciones de los autómatas celulares

Los autómatas celulares son herramientas útiles para modelar cualquier sistema en el universo. Pueden considerarse como una buena alternativa a las ecuaciones diferenciales, y han sido utilizadas para modelar sistemas físicos, como interacciones entre partículas, formación de galaxias, cinética de sistemas moleculares y crecimiento de cristales, así como diversos sistemas biológicos a nivel celular, multicelular y poblacional.

Como sistemas dinámicos que son, los AC pueden desarrollar comportamientos complejos, cuyo estudio incorpora conceptos de la Física del Caos, además, al estar formados por amplias familias de individuos ínter actuantes, su estudio se ha visto abordado, también, desde la perspectiva de la Mecánica Estadística, entre otros.

Al mencionar los autómatas celulares, se simularán y resolverán situaciones en conjunto, que como elementos independientes no se pueden evaluar conocimientos. Entonces puede mencionarse como aplicaciones de los autómatas celulares:

- Inteligencia artificial basada en el comportamiento.
- Ecosistemas artificiales.
- Vida artificial en la construcción de un espacio cibernético.
- Sistema Predador-Presa

## Simulación Mediante Autómatas Celulares

Para la simulación mediante Autómatas Celulares, se deben definir, en primer plano, todos los elementos del Autómata Celular; luego de que esto ya está bien definido para los fines del problema, se juega con definiciones propias de la simulación, como lo es la asignación aleatoria de los entes a lo largo y ancho de la matriz de dimensiones ya definidas previamente, por el método de la ruleta; además pues se toma en consideración la validez de la regla de transición mediante la generación de números aleatorios y probabilidades ingresadas a priori, esto último en el caso de que el autómata haya sido definido como probabilístico o estocástico.

## Análisis de Series Temporales

El Análisis de Series Temporales para efectos del desarrollo de este trabajo, se limita al análisis de estacionariedad o de presencia de raíz unitaria.

Se debe recordar que la estacionariedad es de suma importancia cuando se pretenden realizar pronósticos, debido a que si la serie no es estacionaria, no tiene sentido alguno hacerlos, ya que la serie podría tener cualquier comportamiento, y no podrías afirmar con una confianza aceptable lo que ocurrirá en el futuro, en el momento de hacer una proyección, es más, se puede afirmar que cuando la serie no es estacionaria, las proyecciones que se hagan sobre la misma, no tienen sentido alguno.

Los análisis de Raíz Unitaria son metodologías utilizadas para contrastar la estacionariedad de la perturbación.

Las pruebas de raíz unitaria consisten en evaluar el valor del coeficiente  $\alpha$  de la ecuación:

$$Y_t = \mu + \alpha Y_{t-1} + u_t$$

Que representa al Modelo AR(1).

Si  $\alpha < 1$ , la serie es estacionaria.

Si  $\alpha = 1$ , la serie no es estacionaria.

Dónde:

$h_0 : \alpha - 1 = 0$

vs

$h_1 : \alpha - 1 < 0$

Si la  $h_0$  no se rechaza, entonces la perturbación es estacionaria y la regresión es no espúrea.

Y si hay evidencia estadística para rechazar la  $h_0$  a favor de  $h_1$  entonces la perturbación no es estacionaria. Pero no necesariamente la regresión se considera espúrea o no causal.

Las pruebas de Raíz Unitaria más conocidas son la Prueba de Dickey Fuller Aumentado y la Prueba No Paramétrica de Phillips Perrón.

## **SIMAC**

SIMAC es el sistema de simulación, creado para la resolución de problemas concernientes a los Autómatas Celulares.

SIMAC, ha sido diseñado de tal forma que sea posible trabajar con cualquiera de las formas de vecindad, que son propias de la definición de los Autómatas Celulares.

Además, con el mismo, se podrá realizar la simulación con las reglas de transición que imponga el usuario, es decir, que el usuario determinará en base a que parámetros se ejecutará la simulación.

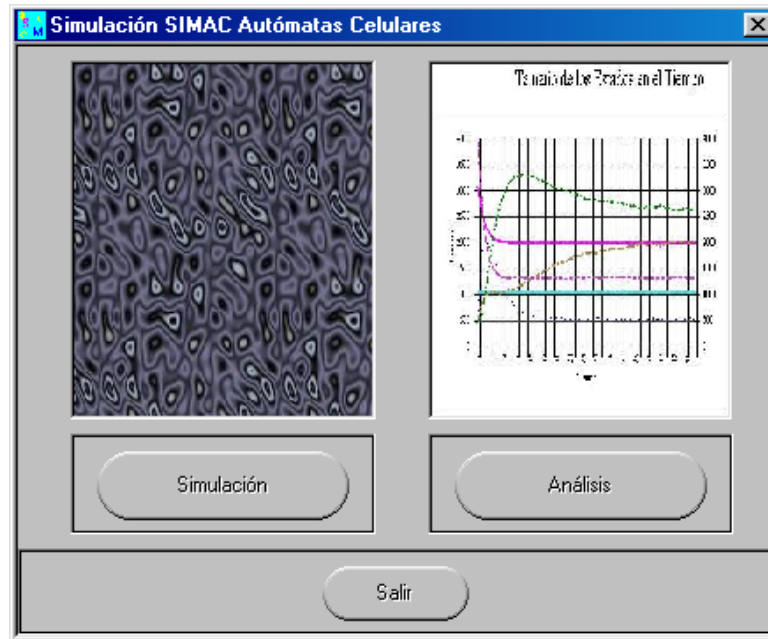
El objetivo de SIMAC ha sido desde sus inicios, llegar a una solución en la cual los procedimientos funcionen adecuadamente, esto es, que cumpla con las necesidades del usuario; es por ello que el usuario deberá instruirse respecto al alcance que tienen los autómatas Celulares (Lo cual se explica detalladamente en el capítulo número uno).

Además, es importante enfatizar que una simulación nunca es perfecta, lo contrario sería realizar una copia idéntica, átomo por átomo. La idea aquí es no tener que construir una central nuclear para experimentar y prever comportamientos en la misma.

SIMAC podrá pronosticar resultados valederos según parámetros iniciales y reglas de transición, que el usuario deberá estudiar afinadamente para obtener resultados más certeros a partir de la simulación.

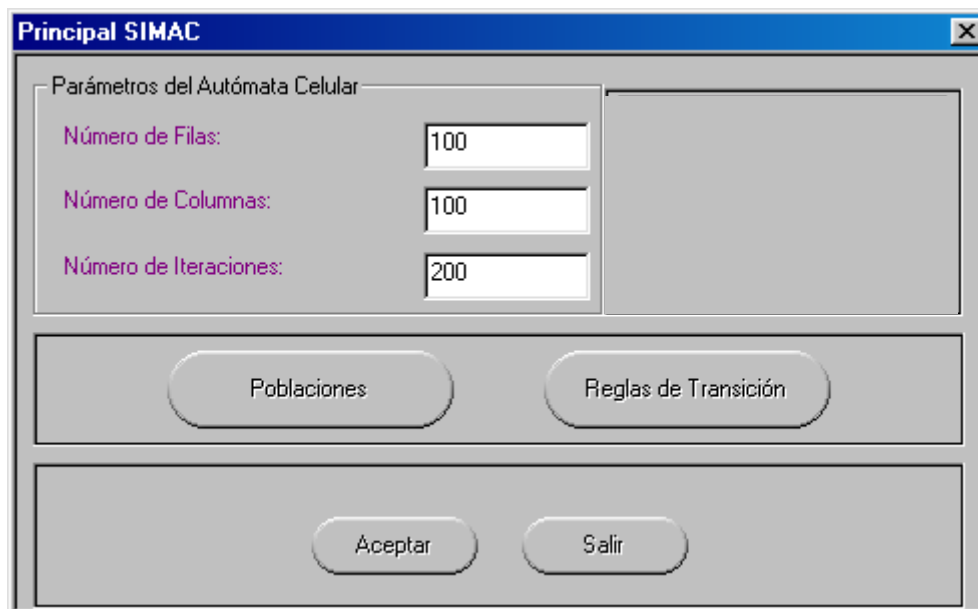
## Pantallas Principales de SIMAC

### Pantalla de Presentación de SIMAC



Esta figura muestra la pantalla de inicio de SIMAC, en esta se debe escoger, entre la simulación y el Análisis de Series de Tiempo.

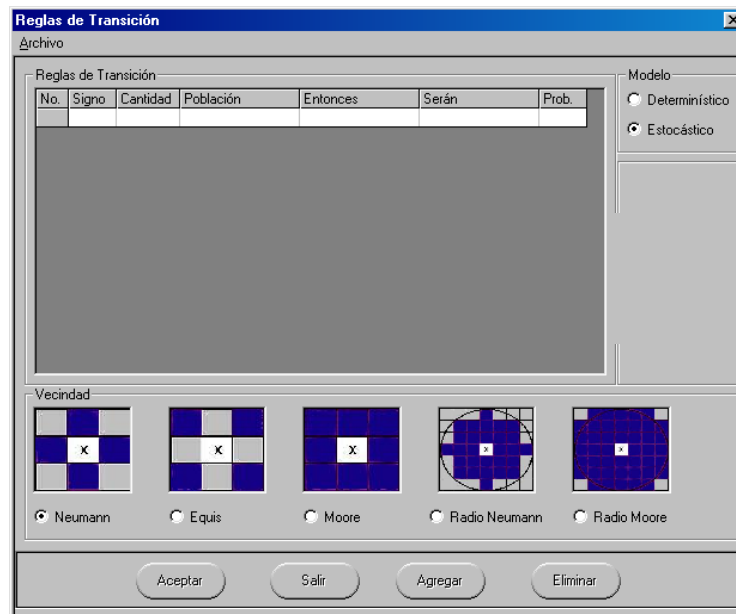
### Pantalla de Ingreso de datos de SIMAC



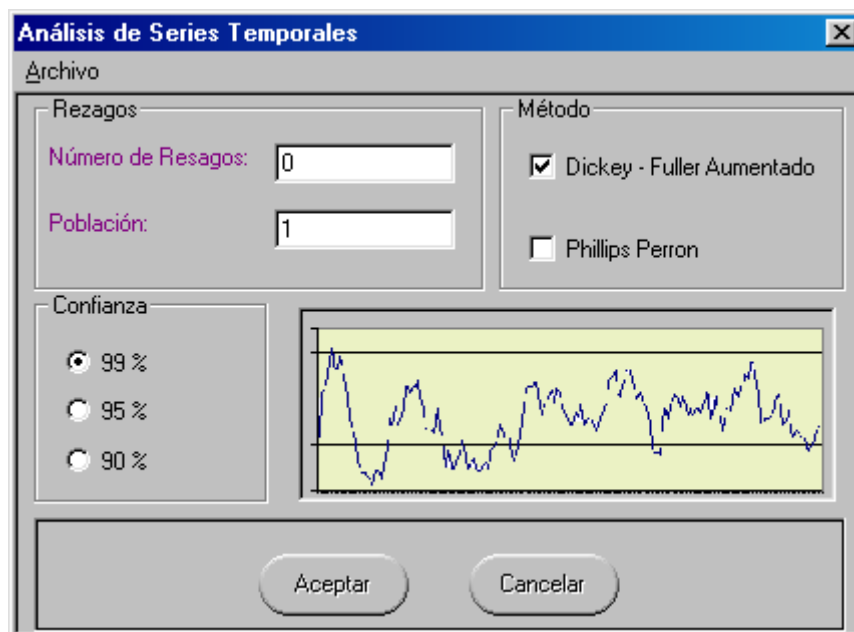
Esta figura muestra la pantalla a la que conduce la elección de Simulación en la Pantalla Principal. En esta pantalla se deben ingresar los datos de la

simulación mediante Autómatas Celulares. El botón Poblaciones es el concerniente a los estados, al presionarlo, se deberán ingresar los estados que conformarán el Autómata, así como su porcentaje inicial en el arreglo matricial. El botón de Reglas de Transición, conduce a una pantalla en donde se deberán ingresar las reglas de transición, se deberá elegir el tipo de vecindad, y la clase de Autómata Celular (Determinístico o Probabilístico).

### Pantalla de ingreso de reglas de transición



### Pantalla de Análisis de Series Temporales





Esta figura, muestra la pantalla con la que nos encontramos al hacer clic en análisis en la pantalla principal e inicial de SIMAC. En esta deberemos escoger las condiciones del análisis así como la apertura del archivo de texto en dónde se han guardado los datos a hacer analizados.

### Pantalla de Resultados del Análisis Temporal



La figura anterior, correspondiente a la pantalla de los resultados del Análisis de Series de Tiempo, bajo los estamentos especificados para dicho análisis.

### Conclusiones

1. La simulación mediante AC origina muchas ventajas, principalmente en el estudio de campos de Inteligencia artificial basada en el comportamiento, ecosistemas artificiales, vida artificial en la construcción de un espacio cibernético y en sistema Predador-Presa.
2. SIMAC es un sistema mediante el cuál, el usuario podrá observar el desarrollo de un sistema de estudio, mediante reglas y condiciones que el mismo ha estudiado con anterioridad. De igual manera podrá observar resultados y ver como se comportan estos a través del tiempo, para determinar, de esta forma, la estacionariedad del sistema, y por ende si su proceso es predecible o no.
3. Una de las principales ventajas de SIMAC es que es un sistema genérico, por lo que está dispuesto a las necesidades y requerimientos del usuario final.

4. SIMAC no necesita mantenimiento, pues el sistema basado en modelos matemáticos y computacionales, no variará con el pasar del tiempo. Al estar estructurado bajo las definiciones básicas, no necesitará de modificaciones o mantenimiento alguno.
5. Cuando no se tiene mayor conocimiento sobre la serie a la que se quiere realizar un análisis de estacionariedad, se debe realizar un modelo de regresión con constante y con tendencia.
6. Cuando el número de iteraciones tiende al infinito, las series de datos de las poblaciones que intervinieron en la simulación se vuelven estacionarias; esto es debido a que el AC, se desenvuelve en un arreglo rectangular, cerrado; y es por ello que se llega a una estabilidad en el tiempo de los datos simulados.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Azorín Francisco, 1986, Técnicas de Muestreo, S/N, Alianza Editorial S.A., Madrid.
2. Pérez, 2000, "Técnicas de Muestro Estadístico", S/N, Grupo Editor AlfaOmega.
3. Deitel Harvey, Paúl Deitel, " Cómo Programar en C++", Cuarta Edición, Pearson Education, México.
4. Véliz Eduardo, "Algoritmos Genéticos y Modelos Poblacionales", S/N, ICM-ESPOL, Ecuador.
5. QMS, "Eviews 3.1 Help System", Copyright, Estados Unidos, páginas 103 – 142; 178 – 203.
6. 2000, [http// www.seriestemporales\tendenciaestacionalidad.htm](http://www.seriestemporales\tendenciaestacionalidad.htm)
7. 2000, <http://www.statlets.com/free/tsseason.htm>
8. 2002, [http://147.96.33.165/Cursos/La\\_frontera\\_de\\_la\\_vida/Ciudad\\_Real/Automatas/Automatas\\_Introduccion.html](http://147.96.33.165/Cursos/La_frontera_de_la_vida/Ciudad_Real/Automatas/Automatas_Introduccion.html)
9. 2000, <http://personal.redestb.es/riotorto/teoria/dina/dina.htm>
10. 1999, <http://complex.us.es/~jimenez/CA/ac/nodes5.htm>
11. 2001, <http://www.dei.cpp.edu.py /tai2001/automatasc/Archivo>