

Mundo Artificial Basado en Sistemas Evolutivos

Ma. Paola Neri-Ortiz
paoneri@hotmail.com
<http://www.geocities.com/paolanerortiz>
Escuela Superior de Cómputo – IPN
Unidad Profesional Adolfo López Mateos
Col. Nueva Industrial Vallejo C. P. 07738, México, D. F

Resumen. En este trabajo, se presenta el desarrollo de una aplicación de los Sistemas Evolutivos, los autómatas celulares y las matrices evolutivas al campo de la Vida Artificial enfocada a generar ecosistemas simulados por computadora. Algunas posibles áreas de aplicación de este tipo de sistema, se encuentran en el modelado de ecosistemas reales y en el desarrollo de videojuegos evolutivos, los cuales generen nuevos personajes, no planeados, durante el desarrollo del juego.

Su funcionamiento se basa en el uso de matrices evolutivas, generadas a partir de valores aleatorios, las cuales representan insectos virtuales. La interacción constante entre insectos produce cambios permanentes en las matrices que los describen. En algunos casos, estos cambios generan nuevas entradas en las matrices. Cada nueva entrada representa bichos nuevos, no predefinidos, con características basadas en las de los padres. Este cambio permanente en las matrices es lo que le da el carácter de evolutivo al sistema

Palabras clave: Sistemas Evolutivos, Vida Artificial, Autómatas Celulares, Matrices Evolutivas, Juego de la Vida, insectos virtuales.

1 Introducción

Este proyecto propone la aplicación de los sistemas evolutivos al campo de la Vida Artificial, la cual pretende modelar el comportamiento que siguen los seres vivos durante su desarrollo y al relacionarse entre ellos y con su entorno. Apoyándose en la utilización de matrices evolutivas, se diseñan seres virtuales, que habitan un espacio simulado por computadora, donde, tanto los seres virtuales, como las reglas que los rigen, están en constante evolución.

Mundo Artificial, permite visualizar el funcionamiento de los Sistemas Evolutivos y en especial, el comportamiento y desarrollo de las matrices evolutivas [1], a través de los seres virtuales vistos en pantalla. Algunas de sus posibles aplicaciones son, monitoreo de ecosistemas reales, diseño de simuladores de eventos y modelación de videojuegos evolutivos.

El documento consta de cuatro partes principales. En la primera parte, se estudian los antecedentes. En la segunda parte, se hace un análisis del funcionamiento de *Mundo Artificial*, con ayuda de algunos ejemplos descriptivos. En la tercera parte se presenta el diseño del sistema y por último, en la cuarta parte, se presentan la implementación y ejemplos del funcionamiento del sistema.

Algunos programas útiles para la explicación del proyecto como el juego de la vida, un generador de bichos, uno de reglas y uno de mapas están disponibles en la pagina web http://paoneri.topcities.com/lecturas/mundo_artificial.html

1.1 El juego de la Vida

El juego de la vida, desarrollado por John Conway, intenta modelar el desarrollo de una población con el uso de puntos llamados “células”, los cuales interaccionan usando tres reglas preestablecidas.

- 1.-Cada elemento permanece vivo, si tiene dos o tres *vecinos* (necesita compañía para vivir).
- 2.-Un elemento muere, si tiene más de tres *vecinos* (por sobrepoblación).
- 3.-Un elemento nace, en un espacio vacío, si tiene exactamente tres *vecinos*.

Cada elemento tiene la posibilidad de rodearse de un máximo de ocho elementos vecinos (*Vecindad de Moore*).

En el Juego de la Vida, las reglas que controlan el comportamiento de las células están predefinidas. Una posible modificación sería el permitir que estas reglas cambiaran durante la realización de una partida. El área

que estudia a los sistemas capaces de cambiar sus reglas, procesos y/o estructura, es la de los Sistemas Evolutivos. A continuación se presentará una breve introducción a este tema.

1.2 Los Sistemas Evolutivos

La Teoría de los Sistemas Evolutivos, parte del constante cambio producido por el flujo de materia, energía e información en los sistemas. Según este enfoque, en el ámbito de la programación, los *Sistemas Evolutivos estudian la forma de construir sistemas capaces de modificar sus reglas, procesos, datos, y/o estructura.* A principios de los años 80's se inicia el desarrollo de los Sistemas Evolutivos y en septiembre de 1986, Fernando Galindo Soria publica el artículo *Sistemas Evolutivos* [3], en el Boletín de Política Informática del INEGI-SPP, en la Cd. de México, donde presenta. En él se mencionan las siguientes características de los Sistemas Evolutivos:

- 1) *“El sistema debe contener algún mecanismo que le permita captar la realidad que lo rodea, ya que necesita conocer y estudiar el ambiente con el fin de detectar las diferencias y cambios que requiere para poder adaptarse y evolucionar en este medio.*
- 2) *El sistema debe ser capaz de almacenar y representar el conocimiento, con el fin de construir su propia representación de la realidad y poderla explorar.*
- 3) *El sistema debe ser capaz de “generar” nuevo conocimiento, a partir del que tiene almacenado y el que capta del exterior, con el fin de que pueda proponer cambios o modificaciones a su imagen de la realidad incluyendo ese nuevo conocimiento.*
- 4) *El sistema debe ser capaz de abstraer, a partir de un conjunto de conocimientos y reglas generales que los representan en forma sintética.*
- 5) *El sistema debe ser capaz de establecer un diálogo con el exterior, con el fin de que pueda transmitir su conocimiento y propicie el cambio en el exterior y la retroalimentación de ese cambio hacia el interior.”*

Como ejemplo de estos sistemas, tenemos al *Agente Evolutivo Manejador del Conocimiento* [4] creado en 1997 por Jesús Olivares Ceja, el cual se presentó en el X Congreso de la ANIEI sobre Informática y Computación. Este es un Sistema Evolutivo, encargado de obtener información de algún texto y extraer de él la información sustancial que produce conocimiento.

En 1993 en el artículo *Matrices Evolutivas* [1] publicado en Abril de 1998 en la Revista Científica de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional se plantea que una *matriz evolutiva representa un espacio n-dimensional que permanentemente está cambiando de la siguiente manera: “Originalmente, la matriz evolutiva está vacía, por lo que el espacio que representa también lo está. Más adelante cuando llegan las primeras reglas o imágenes, surgen los primeros puntos, pero estos no están fijos, ya que, cuando una regla de la matriz evolutiva se modifica, el punto que la representa también cambia de posición, con lo que, en forma natural, el espacio se está afinando y evolucionando”.*

Como ejemplos de Sistemas Evolutivos que utilizan matrices evolutivas para su desarrollo tenemos los siguientes.

El trabajo *Sistemas Evolutivos Generadores de Escenarios Fractales* [2], desarrollado por José Armando Medina May y presentado en el X Congreso Nacional ANIEI sobre Informática y Computación, es un sistema que crea escenarios basados en paisajes que evolucionan bajo el concepto de matrices evolutivas.

En *Aplicación de los Sistemas Evolutivos en el Análisis de Espectros de Rayos Gamma* [4], los investigadores Luis E. Torres Hernández, Luis C. Longoria G., Antonio Rojas Salinas, investigadores del Instituto Tecnológico de Toluca, diseñaron en 1995 un sistema que utiliza matrices evolutivas, para analizar espectros gamma y generar *huellas de comportamiento* a partir de varios archivos de datos con formatos ASCII. Para ello, se representa al espectro como un vector, que al agruparlo con otros, forma una matriz. La operación que se realiza sobre estos vectores depende de sus valores, de manera que nuevos vectores pueden ser agregados a la matriz.

El *Sistema Evolutivo de Reconocimiento de Formas en Dos Dimensiones* [15], desarrollado también en 1995 en la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional por los investigadores Karla García García, Sergio Salcido Bustamante, Alfonso Ventura Silva, está diseñado para reconocer formas en dos dimensiones, sin que el sistema posea archivos predefinidos de imágenes, sino, que, almacena los datos que le envía el digitalizador en memoria y terminado este proceso, compara la forma recibida con todas las formas que ya

conoce, las cuales están enlistadas en un archivo. En caso de que la forma sea nueva, este aprende bajo la definición que el usuario proporcione y lo almacena en un archivo nuevo. Por otro lado, cuando la forma presenta gran similitud con alguna conocida, se crea una nueva, que contiene características que se suman de cada una de ellas.

En 1999 Horacio Alberto García Salas presentó en la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Ciencias Sociales y Administrativas del Instituto Politécnico Nacional, la Tesis de Lic. en Informática titulada *Aplicación de los Sistemas Evolutivos a la Composición Musical*. Éste, es un Sistema Evolutivo capaz de crear música basándose en obras existentes de uno o varios autores. El sistema lee el archivo de música y obtiene de él la información que lo distingue y lo integra en una matriz evolutiva. Con esta información, genera una nueva pieza que deja ver matices del o los autores originales.

Basado en el contexto de la Vida Artificial y los Sistemas Evolutivos se crea este proyecto descrito a continuación.

2 Análisis

2.1 Análisis de Mundo Artificial

Mundo Artificial Basado en Sistemas Evolutivos, es un espacio simulado por computadora donde existen toda clase de seres parecidos a insectos llamados “bichos”. Un bicho, posee diferentes características que lo distinguen; forma, color, tiempo de vida, madurez reproductiva y fuerza de ataque. Todas estas características, definen una especie. Al nacer, los bichos se crean con las características definidas para una especie.

Los bichos pueden nacer, alimentarse, huir, reproducirse y morir dentro de un ambiente simulado llamado mapa.

Dos bichos de la misma especie pueden reproducirse y crear otro bicho idéntico a ellos. Y también, *dos bichos de diferente especie pueden reproducirse para generar una nueva especie. Debido a lo anterior, habrá especies que desaparezcan y otras nuevas que surjan con el paso del tiempo haciendo que las especies de bichos se mantengan en constante evolución.*

Dos bichos de distinta especie pueden reproducirse o devorarse únicamente cuando las reglas que rigen a los bichos permitan la interacción entre ellos. *Las reglas que rigen a los bichos para reproducirse y alimentarse, dependen directamente de las características de la especie a la que pertenecen y se establecen cada vez que una nueva especie es creada, así, estas reglas y las características de cada especie de bicho, están en constante evolución.*

2.2 Descripción del Funcionamiento

Al igual que en el juego de la vida, en Mundo Artificial se crea una matriz que almacena la ubicación de cada bicho en pantalla, a la que llamaremos *mapa*. Dentro del mapa cada bicho puede nacer, alimentarse, huir, reproducirse y morir.

2.2.1 Nacimiento y Muerte

Al “nacer” un bicho se *activa* dentro del mapa y su contador de tiempo de vida se decrementa en una unidad por cada ciclo, al igual que la ingesta o cantidad de comida que tiene al iniciar. Una vez que su contador de tiempo de vida o ingesta llegue a cero, el bicho pasa al estado “muerto” y la celda que lo contiene se vacía, quedando libre para almacenar a un nuevo bicho. Desde su nacimiento, el bicho debe mantener su ingesta arriba de cero para evitar morir de hambre. La muerte del bicho también sucede si este es devorado por otro bicho.

2.2.2 Alimentación

Un bicho se alimenta devorando a otro bicho más débil que él ubicado en su vecindad.

Para que un bicho pueda comer debe necesitar alimento y tener cerca una presa que pueda devorar. Se considera que *el bicho requiere alimento si su ingesta actual* (cantidad de alimento ingerido hasta ese momento), *es menor a la ingesta máxima* (cantidad máxima de alimento que puede ingerir, determinada por la especie a la que pertenece). Si no tiene hambre no comerá.

Si el bicho requiere alimento buscará una presa en su vecindad. Una presa es un bicho de especie “A” con menor fuerza de ataque que “B”. Aparte de ser mas fuerte que su presa, el depredador debe tener *permiso* de comer a la especie a la que pertenece dicha presa. Este permiso estará representado en la matriz de comportamiento de las especies.

Para ejemplificar esto, se ha seleccionado al bicho de especie “A”, que se encuentra en la posición (1,1), en la figura 2.1 Los bichos son representados con letras. Letras iguales simbolizan bichos de especies iguales y letras diferentes, simbolizan bichos de especies diferentes.

Siendo “B” más débil que “A” y suponiendo que existe permiso de interacción, entonces “A” se alimenta de “B”, eliminándolo de la celda que lo contiene y moviéndose a este lugar.



Figura 2.1 a) “A” puede alimentarse de “B”. b) “A” se alimenta de “B” y se desplaza a la posición de “B”.

En estos casos en que uno bicho es mas fuerte que el otro, “A”y “B” tienen la posibilidad de interactuar, porque las reglas de alimentación lo han permitido, pero, puede suceder que, aunque “A” sea más fuerte que “B”, las reglas establecidas al crearse la especie, no permitan que “A” se alimente de “B”.

2.2.3 Huida

Al intentar comer, un bicho puede hallar a otro con mayor fuerza de ataque que él en su vecindad y a la vez tener permiso de interactuar con él. En este caso el bicho se aleja a una posición vacía en su vecindad lejos del depredador. En la figura 2.2 “A” intenta alimentarse de “B” y al no poder se aleja.

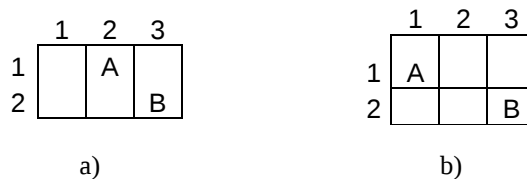


Figura 2.2 a) Al ser “A” una posible presa de “B”, busca un espacio vacío en su vecindad. b) “A”se aleja de “B” para no morir.

2.2.4 Reproducción

Dos bichos se reproducen, cuando generan otro bicho nuevo a partir de los valores de sus propios atributos.

Para poder reproducirse, un par de bichos debe:

- haber alcanzado la madurez reproductiva (determinada por las características de la especie, es un valor que fluctúa entre 0 y el valor del máximo tiempo de vida).
- ser de la misma especie o ser compatibles

Suponiendo que ambos bichos han alcanzado la madurez reproductiva, *es decir que ambos han rebasado el tiempo de vida mínimo necesario para considerar que pueden reproducirse*, se procede analizar la compatibilidad entre ambos.

Para verificar la compatibilidad se analizan las reglas de reproducción generadas al crearse la especie “A”. Suponiendo que son compatibles, ya que son de la misma especie, ahora pueden crear otro bicho de la misma especie en un espacio vecino a ambos bichos.

En la figura 2.3 los bichos de las posiciones (1,1) y (2,2) son de la misma especie y se reproducen.



Figura 2.3 a) “A” (1,1) y “A” (2,2) pertenecen a la misma especie. b) “A” (2,1) es el resultado de la reproducción de “A” (1,1) y “A” (2,2).

Ahora veamos el caso en que se reproducen dos bichos de especies diferentes. En la figura 2.4 “A” (1,1) y “B” (2,2) son de especies diferentes y son compatibles, así que se reproducen.



Figura 2.4 a) “A” y “B” son de diferentes especies. b) “A” y “B” se reproducen generando la nueva especie “C”.

El bicho de especie “C”, no es idéntico a “A” ni a “B”, si no que es un bicho de una nueva especie producto de ambos padres. Por lo tanto, tiene características de ambos y a la vez, sus propias características.

Para realizar este proceso, se permite que los valores posibles de cada una de las características que definen a la especie puedan caer en uno de los siguientes casos:

- el valor sea idéntico al de la especie “A”
- el valor sea idéntico al de la especie “B”
- el valor sea un promedio de los valores de las especies “A” y “B”
- el valor sea aleatorio

Este último, le dará al sistema la oportunidad de contener información nueva y un ambiente propicio para visualizar comportamientos grupales emergentes.

3 Diseño

3.1 Diseño

Como se puede ver en el diagrama 3.1.1 el sistema se encuentra en interacción permanente con tres almacenes de información: *el mapa de ubicación, las especies y las reglas*. De estos tres, obtiene la información necesaria para representar a cada uno de los insectos virtuales que existen en la pantalla, las características de la especie a la que pertenecen y las reglas que actúan sobre ellos, respectivamente. *Esta información al ser procesada, reingresa a su respectivo almacén, alterando el contenido existente y manteniéndose en constante evolución.*

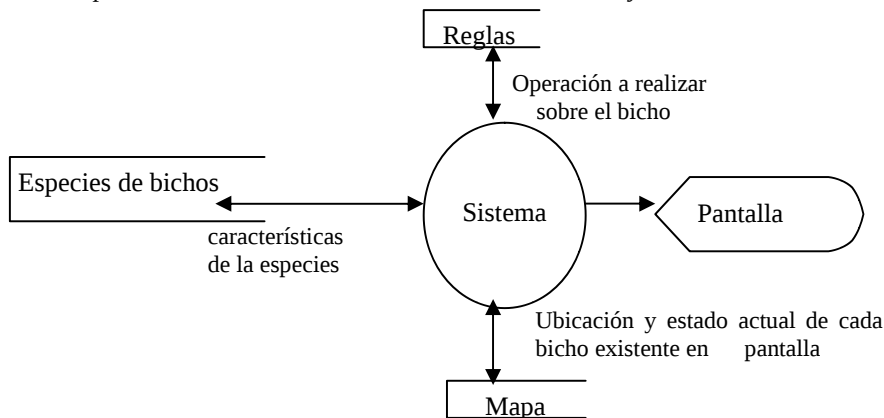


Diagrama 3.1.1. Diagrama general de Mundo Artificial.

3.2 Las Especies

Cada especie tiene un conjunto de características que distinguen a los bichos que forman parte de ella y son:

- Identificador de la especie
- Tiempo Máximo de Vida
- Madurez Reproductiva
- Fuerza de Ataque
- Color (RGB)
- Numero de puntos que forman el cuerpo
- Numero de patas
- Coordenadas de los puntos que definen la forma del cuerpo

La especie se almacena como un vector dentro de una matriz que contiene todas las especies de bichos.

En la tabla 3.2.1 se presenta un ejemplo de almacén de especies de bichos. En ella se han guardado cuatro especies diferentes y los valores han sido adquiridos aleatoriamente.

Especie	Características de la Especie					
	Tiempo de Vida	Madurez Reproductiva	Fuerza de Ataque	Pares de patas	Puntos que forman el Cuerpo (forma)	Color (RGB)
1	4586	3586	78	4	8	123,233,25
2	1256	426	42	5	10	111,98,23
3	7851	3586	78	7	5	23,11,255
4	4256	3589	47	3	3	1,34,45

Tabla 3.2.1. Información de cuatro especies de insectos virtuales.

Ya que las características Tiempo de Vida, Madurez Reproductiva y Fuerza de Ataque, determinan el comportamiento del bicho, estas características establecen, las reglas de comportamiento del bicho.

3.3 Las Reglas

Las reglas controlan la interacción de los bichos que se encuentran activos dentro del mapa. Cada renglón representa la interacción de una especie con todas las demás. Las reglas sirven para controlar la reproducción y la alimentación. Las reglas se guardan en una matriz que contiene la información de la acción a realizar cuando dos bichos se encuentran. Un uno en el cruce de dos especies significa que pueden interactuar para alimentarse o reproducirse, un cero indica lo contrario.

En la tabla 3.3.1, se muestra la estructura de una regla de ambiente que dará la información necesaria para realizar la acción correspondiente, cuando dos bichos especies b_i y b_j se encuentren. En el ejemplo b_1 y b_3 no pueden reproducirse mientras que b_3 y b_4 si pueden.

Regla 1	b1	b2	b3	b4	..	bn
b1	1					
b2	1	0				
b3	0	1	1			
b4	0	1	0	0		
.						
.						
bn	1	0	1	1		1

Tabla 3.3.1. Estructura general de que forma una regla. En ella se han creado n columnas y renglones, relacionadas con n especies diferentes de bichos existentes en el mapa de ubicación.

En general, una regla contendrá tantas columnas y renglones como especies de bichos existan en el mapa.

En un inicio, las matrices que contienen las reglas, se encuentran vacías, pero conforme aumentan las especies de bichos, la matriz crece. Cuando las condiciones son propicias, dos bichos de especies diferentes se unen para crear un nuevo bicho, haciendo que también dos reglas iniciales se unan para crear una nueva regla.

3.4 El Mapa

El mapa es una matriz que contiene información de los bichos que han sido activados, es decir que han “nacido” en el sistema. Al nacer, el bicho es registrado dentro de la matriz con el estado “vivo”, guardando el identificador de la especie a la que pertenece, el tiempo de vida y la ingesta o cantidad de alimento de reserva. Lo anterior varía de acuerdo a la especie a la que pertenece el bicho. A partir de este momento, el tiempo de vida y la ingesta decrecen hasta el momento en que los contadores lleguen a 0. Si sucede lo anterior el bicho pasa al estado “muerto” y la celda se vacía. La figura 3.4.1, representa una generación de bichos de diferentes especies que *existen* dentro del mapa.

b1	b3	b2		b4
				b3
b2	b4	b1	b4	
				b4

Figura 3.4.1. Mapa de ubicación que contiene diez bichos de cuatro especies diferentes.

3.5 Diagrama de Nivel 1

En el diagrama 3.5.1 se muestran los tres procesos principales que componen al sistema. Primero se ejecuta el *Inicializado del Sistema* y posteriormente el *Manejador del Desarrollo de los bichos* y el *Actualizador del Sistema* en forma *concurrente*, es decir, simulando que se corren al mismo tiempo en un solo procesador, para permitir una mayor similitud con el mundo real.

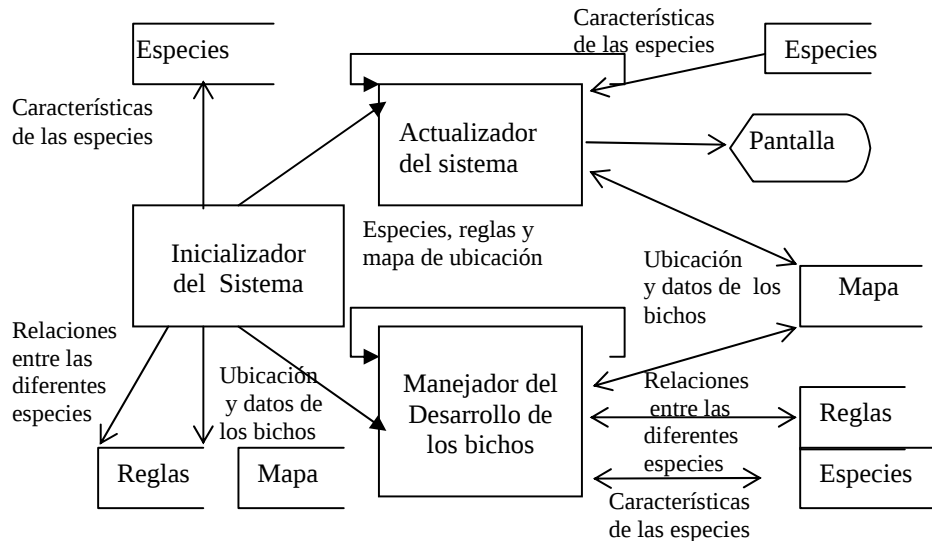


Diagrama 3.5.1. Diagrama de nivel 1 de Mundo Artificial.

3.5.1 Inicializador del Sistema

Se encarga de generar las especies de bichos, el mapa de ubicación y las reglas iniciales que operarán sobre los bichos.

3.5.2 Actualizador del sistema

Decrementa el tiempo de vida y la ingesta actual (cantidad de reserva de alimento) de cada uno de los bichos existentes en el mapa.

Depura a los bichos muertos del mapa, es decir, a los bichos cuyo tiempo de vida o ingesta es nula y por tanto, pasan al estado *muerto*. También se encarga de actualizar la imagen en pantalla de los bichos que permanecen vivos.

3.5.3 Manejador del desarrollo de los bichos

Se encarga de seleccionar un bicho existente en el mapa y una regla del almacén de reglas, y aplicar esta última sobre el bicho. *En este paso se hace posible la modificación de las reglas, las especies y el mapa, a través del*

proceso de reproducción, que puede generar un bicho de una nueva especie, el cual será insertado en el mapa y agregado como una nueva línea a cada una de las reglas existentes en el almacén de reglas y como una nueva especie en el almacén de especies.

4 Implementación

El sistema se implementó en el lenguaje de programación Java. La razón es la facilidad que ofrece este lenguaje en la programación de hilos. Los hilos son herramientas que permiten ejecutar varios procesos de un programa, simulando que cada proceso (bicho) tiene su propio procesador para su ejecución.

En la figura 4.1, se ha creado una generación aleatoria con el sistema.

Después de algún tiempo, la especie predominante ha rebasado en número a las demás especies, como se ve en la figura 4.2

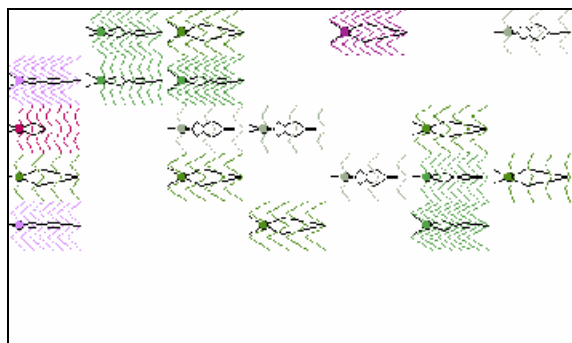


Figura 4.1. Generación de bichos creada por el sistema “Mundo Artificial”.

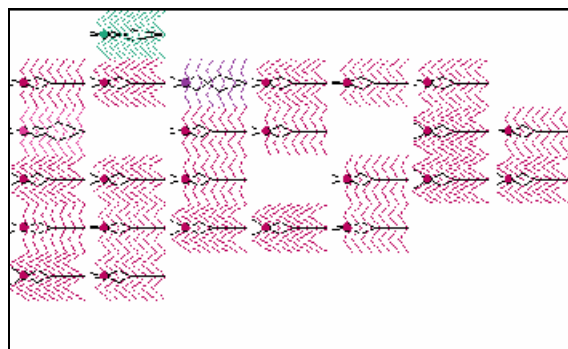


Figura 4.2. Generación de bichos obtenida después de algún tiempo de ejecución del sistema “Mundo Artificial”. La especie predominante cubierto el espacio.

En la figura 4.3 se muestra el nuevo mapa con nueve especies distintas. Si observamos a los dos bichos que se encuentran en la esquina superior izquierda, vemos que son vecinos.

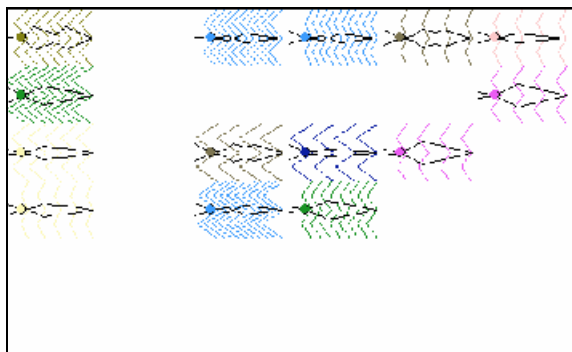


Figura 4.3. Mapa generado con el sistema *Mundo Artificial* donde se ha puesto especial atención a los dos bichos de la esquina superior izquierda.

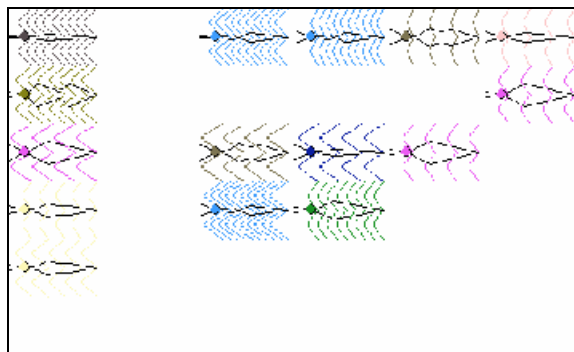


Figura 4.4. Después de algún tiempo, los bichos han cambiado respecto a la figura 4.3.

Poco tiempo después, el bicho que se encontraba en la parte superior izquierda más alta de la figura 4.3, aparece en segundo lugar de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha en la figura 4.4 y un nuevo bicho a ingresado en su posición anterior. Esto se debe a que los bichos vecinos mencionados al inicio, interactuaron

como alimento uno de otro, moviéndose el depredador al lugar de la presa y dejando libre el espacio original del depredador para almacenar a un nuevo bicho.

En el mapa de la figura 4.5, los bichos de la segunda columna “mueren”, dejando su espacio vacío como se ve en la figura 4.6, mientras que el bicho de la tercera columna de la figura 4.5, se desplaza a la segunda columna en la figura 4.6. Seguramente, esto se debe a que intenta huir de algún depredador que se encuentra en su vecindad.

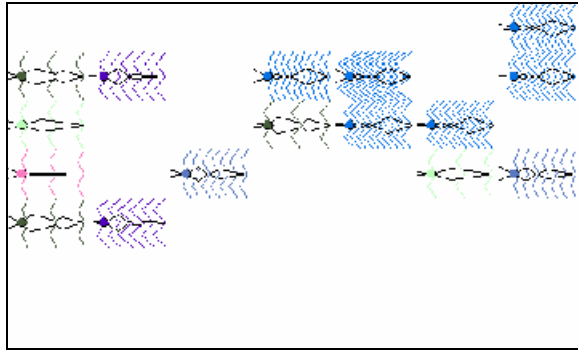


Figura 4.5. Mapa generado con *Mundo Artificial*.

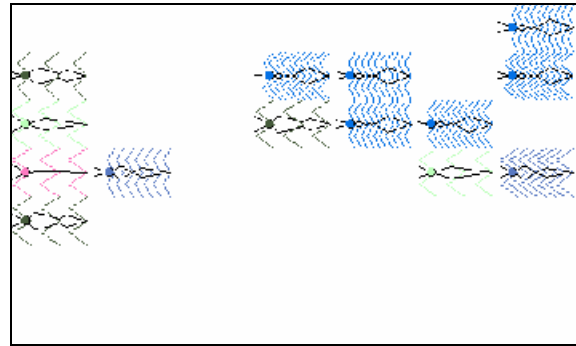


Figura 4.6. Los bichos de la segunda columna han desaparecido y el bicho de la tercera columna se ha desplazado a la segunda columna para mantenerse a salvo de algún depredador cercano.

Puesto que el bicho de la segunda columna en la figura 4.6 solo tenía un vecino en la figura 4.5, podemos saber que es precisamente este vecino depredador quien lo obligó a mudarse, recorriéndose una posición.

Conclusión

En el presente trabajo se propuso la aplicación de los *Sistemas Evolutivos* al área de la *Vida Artificial* como una herramienta en la simulación de espacios de vida, incorporando herramientas como los *autómatas celulares* y *las matrices evolutivas*. Dando como resultado un espacio simulado donde seres virtuales llamados *bichos* nacen, crecen, se reproducen y mueren bajo el control de reglas que se crean y modifican constantemente.

Durante la ejecución del sistema fue posible distinguir los patrones de comportamiento de algunas especies. Por ejemplo, se encontraron algunas especies cuyo comportamiento era similar a la de una manada de leones, es decir, el número de bichos creados era relativamente pequeño mientras que la fuerza de ataque era grande, haciendo que la manada se separara del resto de los bichos, dejando un espacio claramente delimitado a su alrededor.

Algunos mapas concluyen con la muerte de todos los bichos, mientras que otros, logran establecer un equilibrio entre la reproducción y la alimentación de algunos grupos de especies. Este proceso es el que resulta mas parecido al funcionamiento que tiene un ecosistema en equilibrio, en donde, una especie produce suficientes crías como para no extinguirse cuando otra especie mas fuerte se alimenta de ella.

La herramienta generada presenta una opción de laboratorio de observación de un ecosistema cuyas interacciones entre los elementos que viven en él se realice directamente en pantalla dando mayor posibilidad de emergencia.

Referencias

1.-GALINDO Soria, Fernando. “Matrices Evolutivas”. Revista Científica num. 8. Editorial de la ESIME del IPN. Cd. de México. Marzo – Abril de 1998

- 2.-MEDINA May, José Armando. "Sistemas Evolutivos Generadores de Escenarios Fractales". Memorias del X Congreso nacional ANIEI sobre Informática y Computación. Monterrey, N. L. Octubre 1997.
- 3.-GALINDO Soria, Fernando. "Sistemas Evolutivos". Boletín de Política Informática del INEGI- SPP. Cd. de México. Septiembre de 1986.
- 4.-OLIVARES Ceja, Jesús. "Agente Evolutivo Manejador del Conocimiento". Memorias del X Congreso Nacional ANIEI sobre Informática y Computación, Monterrey, N. L. Octubre 1997.
- 5.-EMMCHE, Claus. "Vida Simulada en el ordenador. La nueva ciencia de la Inteligencia Artificial. Colección Límites de la Ciencia. Editorial Gedisa (<http://www.gedisa.com>). Octubre de 1988
- 6.-ADAMI, Christoph. "Introduction to Artificial Life". Editorial Telos (<http://www.telospub.com>)
- 7.-JIMÉNEZ Morales, Francisco. "Autómatas Celulares y Vida Artificial". Francisco Jiménez Morales. <http://complex.us.es/~jimenez/CA/ac/ac.html>
- 8.-TORRES Hernández, Luis E., LONGORIA G., Alfonso, ROJAS Salinas, Antonio. "Aplicación de los Sistemas Evolutivos en el Análisis de Espectros de Rayos Gamma". Memorias de la Primera Conferencia de Ingeniería Eléctrica CIE/95. CINVESTAV del IPN. Cd. de México. Septiembre 1995.
- 9.-GALINDO Soria, Fernando. "Desarrollo Histórico de los Sistemas Evolutivos".UPIICSA del IPN. Cd. de México. Noviembre 1989.
- 10.- NERI Ortiz, Ma. Paola. "Introducción a la Evolución y los Sistemas Evolutivos". <http://paoneri.topcities.com/lecturas.html>. ESCOM del IPN, Cd. de México. Septiembre 2000
- 11.-La Vida llegó a Maloka. Pagina web con información descriptiva sobre el área de la Vida Artificial. <http://maloka.org/virtual/vida/evolucion.htm>
- 12.-GARCÍA V., Angélica, MUÑOZ Meléndez, Angélica, NEGRETE, José. "Propuesta de un Mundo Sintético Fundado en Metodologías Basadas en el Comportamiento". Memorias del VI Congreso Nac. sobre informática y computación organizada por la Asociación Nac. de Instituciones de Educación en Informática (ANIEI). Mérida, Yucatán. Octubre 1993
- 13.-GARCÍA García, Karla, SALCIDO Bustamante, Sergio, VENTURA Silva, Alfonso. "Sistema Evolutivo de Reconocimiento de Formas en dos dimensiones". Teoría y Práctica de los Sistemas Evolutivos. Editor Jesús Olivares Ceja (www.jesusolivares.com). Cd. de México, 1997