

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE ASUNCIÓN

INGENIERÍA INFORMÁTICA

“TEORIAS Y APLICACIONES DE LA  
INFORMÁTICA II”

TRABAJO PRÁCTICO DE INVESTIGACIÓN  
BIBLIOGRÁFICA

*VIDA ARTIFICIAL*

FÁTIMA FLORES POMPA

SEPTIEMBRE – 2005

# ÍNDICE

1. Definición.	2
2. Antecedentes.	2
3. Ramas de la Vida Artificial.	3
3.1. Hipótesis fuerte.	3
3.2. Hipótesis débil.	4
4. Vida orgánica VS Vida Artificial.	4
4.1. Mutación.	4
4.2. Cruce.	4
4.3. Evolución.	4
4.4. Aprendizaje.	4
4.5. Competencia y Parasitismo.	4
5. Modelos Teóricos.	5
5.1. Algoritmos genéticos.	6
5.2. Autómatas celulares.	6
5.3. Biomorphs.	7
5.4. Insectos sociales y auto - organización.	7
5.5. Fractales.	8
6. Productos comerciales.	9
7. Polémica.	9
8. Futuro de la Vida Artificial.	10
9. Bibliografía.	12

"Es probable que dentro de los próximos cincuenta a cien años emerja una nueva clase de organismos. Estos organismos serán artificiales en el sentido en que serán diseñados originalmente por el hombre. Sin embargo, se reproducirán y evolucionarán más allá de su forma original; estarán 'vivos' bajo cualquier definición razonable del término... El advenimiento de la Vida Artificial será el evento histórico más significativo desde la emergencia de los seres humanos..." (J.D.Farmer, en Levy, p. 5)<sup>(1)</sup>

## 1. DEFINICIÓN

“La Vida Artificial es el estudio de sistemas artificiales que exhiben la conducta característica de los sistemas vivos naturales. Es un intento por explicar la vida en cualquiera de sus manifestaciones posibles, es decir, desde experimentos biológicos y químicos hasta simulaciones computacionales y desarrollos teóricos. Se investigan procesos que ocurren en las escalas molecular, social y evolutiva. La meta final de esta disciplina consiste en extraer la forma lógica de los sistemas vivos” <sup>(2)</sup>, y averiguar como estos sistemas realizan aspectos como la auto-organización, adaptación, evolución, co-evolución y metabolismo.

El científico *Christopher Langton* uso por primera vez el término a finales de los años 80, cuando dirigió la primera “Conferencia Internacional sobre Síntesis y Simulación de Sistemas Vivientes”, en el Laboratorio Nacional de *Los Alamos*, en Estados Unidos, en 1987.

## 2. ANTECEDENTES

A pesar de que el estudio de esta disciplina parezca superponerse al estudio de la *Inteligencia Artificial*, ambos campos se pueden diferenciar.

El estudio de la *Inteligencia Artificial* comenzó a la par que las computadoras digitales, y está basado en complicadas redes de reglas, mientras que los estudiosos de la *Vida Artificial*, (o *aLife*, como también se la conoce) no tuvieron hasta los años 80 una forma organizada de agruparse, por lo que trabajaban aislados sin tener conocimiento de estudios similares.

Los comienzos de estos estudios datan de los años 50, cuando *John Von Neumann* (prodigio de las matemáticas y la computación) enunció su “Teoría Lógica General de los Automata”, definiendo a estos como máquinas cuyo comportamiento se realiza de

---

<sup>1)</sup> Extraído de <http://www.imagia.com.mx/hmm/va/Aforismos.htm>

<sup>2)</sup> Descripción hecha por *Christopher Langton* en la conferencia *Artificial Life I*, extraído de <http://www.imagia.com.mx/hmm/va/Propositos.htm>

manera lógica, paso a paso combinando información de su ambiente y de su propia programación, y comparándolos con organismos naturales que siguen reglas simples similares a las de los autómatas.

También propuso el concepto de máquinas auto-replicas, y postuló un *autómata cinemático* compuesto por una computadora de control, un brazo de construcción y una larga serie de instrucciones, todas unidas en un conjunto de partes. Siguiendo las instrucciones que eran parte de su propio cuerpo, el autómata crearía una máquina idéntica a sí misma. Siguiendo este concepto y con la ayuda de *Stanislaw Ulam*, creó un autómata puramente basado en la lógica, que no necesitara un “cuerpo” físico, sino que se basará en los cambios de estado de las celdas de una grilla infinita, creando así las bases para el primer *autómata celular*, del cual hablaremos más adelante.

Siguiendo con el concepto de la auto-replicación, *Homer Jacobson* describió esta teoría en 1950 a través de un “organismo” llamado *semilla*, que consistía en una cabeza y una cola. Este “organismo” utilizaba reglas simples para crear nuevos “organismos” idénticos a sí mismo.

*Edward F. Moore* propuso las “Plantas Vivas Artificiales”, que componen fábricas flotantes artificiales capaces de crear copias de ellas mismas.

Continuando con esta idea, el estudioso *Freeman Dyson* propuso máquinas auto-replicas que pudieran ser enviadas a explorar otros planetas. Inclusive, la NASA realizó en 1980 un estudio de factibilidad de esta idea a través del grupo llamado “Equipo del Concepto de Sistemas Auto-replicas”..

En 1960, el profesor de la Universidad de Cambridge, *John Conway*, inventó el hasta ahora más conocido Autómata Celular: el *Juego de la Vida*.

En la década del 70 *Christopher Langton*, a quien ya mencionamos, actualizó y simplificó el autómata celular de *Von Neumann*.

En 1982, el controversial científico *Stephen Wolfram* categorizó los tipos de complejidad de los autómatas celulares unidimensionales, y demostró cómo estos se aplican a fenómenos naturales tales como el crecimiento de las plantas. Otros estudios similares simularon, a través de reglas sencillas, el crecimiento de copos de nieve.

### **3. RAMAS DE LA VIDA ARTIFICIAL**

El estudio de la *Vida Artificial* se encuentra dividido en dos ramas principales

#### **3.1. La Hipótesis fuerte:**

La vida es un proceso que se puede abstraer de cualquier medio particular, y en su concepción más amplia va más allá de la forma orgánica en la que la conocemos en la Tierra. La vida es información y auto-organización que puede materializarse tanto en el carbono ('vida húmeda'), como en silicio (*in silico*), en aleaciones especiales (robótica) o en cualquier otro material

### **3.2. La Hipótesis débil:**

Niega la posibilidad de generar procesos vivientes más allá de aquellos basados en el carbono. Solo pretende comprender la vida orgánica ("vida húmeda") que existe en la Tierra.

## **4. VIDA ORGÁNICA VS VIDA ARTIFICIAL**

Ya que este campo se caracteriza por el uso extensivo de programas informáticos, es posible trazar paralelos entre la vida natural y los métodos para construir sistemas de vida artificial.

### **4.1. Mutación:**

Los sistemas informáticos estudian la relación e intercambio de información entre sistemas. Los sistemas biológicos se organizan de la misma forma, basándose en el intercambio de información. Por ejemplo, el código genético, se podría ver como una base de datos que procesa información para otros sistemas. En un sistema informático la mutación ocurre cuando un bit 1 se vuelve 0 y viceversa.

### **4.2. Cruce:**

Con el cruce de información los sistemas vivientes consiguen evolucionar siguiendo las características de su especie. En la vida artificial se cruza la información en forma de bytes, simulando el cruce genético.

### **4.3. Evolución:**

Según la teoría evolucionista, las especies evolucionan, se adaptan y sobreviven a través de la selección natural. En los sistemas de vida artificial, la evolución ocurre con la mutación (alteración de bits de forma aleatoria).

### **4.4. Aprendizaje:**

El aprendizaje de los individuos de una especie es la base de su desarrollo, y por ende, de su evolución. En los sistemas artificiales, el objetivo del aprendizaje es el perfeccionamiento en la selección de comportamientos correctos.

### **4.5. Competición y Parasitismo:**

En el parasitismo, un individuo denominado parásito vive dentro de otro (denominado huésped), utilizando su alimento. En el campo de la vida artificial se puede ver este alimento como los datos de un sistema informático. En este campo, los científicos ven a los virus de computadora como animales cibernéticos parásitos.

Para ilustrar esta analogía, analizamos cómo un virus informático satisface los criterios

de la vida:

**\* Todo organismo vivo tiene que existir tanto en el tiempo como en el espacio:**

Un virus electrónico es un patrón almacenado en un dispositivo de memoria digital.

**\* Poder auto-reproducirse o reproducirse en otro organismo:**

Un virus electrónico puede reproducirse o copiarse a sí mismo en otras computadoras.

**\* Almacenar informaciones sobre sí mismo:**

Un virus electrónico puede almacenar digitalmente información sobre sí mismo.

**\* Cambiar su metabolismo (ser capaz de transformar materia en energía):**

Como un virus biológico, un virus electrónico aprovecha el metabolismo de su huésped. (la computadora) para modificar el medio digital disponible.

**\* Actuar en su propio ambiente:**

Un virus electrónico siente los cambios de la computadora y responde a ellos con el propósito de procrear.

**\* Contener partes interdependientes, Evolucionar, Crecer, expandirse o morir:**

Las partes de un virus electrónico son altamente interdependientes: se puede matar a un virus electrónico borrando una o más de las instrucciones de su programa..

Para concluir con esta comparación, se presenta una lista de problemas abiertos que son fundamentales para lograr el equilibrio entre la vida orgánica y la artificial:

\* ¿Qué es la vida?

\* ¿Cuándo se puede decir que un sistema está vivo?

\* ¿Cuál es el sistema más pequeño que podemos considerar como vivo?

\* ¿Cómo se puede medir la evolución?

\* ¿Cómo se puede medir la emergencia (<sup>3</sup>)?

## 5. MODELOS TEÓRICOS

Algunos modelos teóricos utilizados por la ciencia informática son: Algoritmos evolutivos (EA), algoritmos genéticos (GA), programación genética (GP), química artificial (AC), modelos basados en agentes, y autómatas celulares (CA).

A continuación se definen algunos de estos conceptos.

---

<sup>3</sup>) Emergencia: el comportamiento emergente se aplica a todo hecho que evoluciona de una manera imposible de predecir al principio, ya que ni siquiera se sabe si el hecho evolucionará (usándose "evolucionar" como sinónimo de "cambiar con el tiempo"). Extraído de <http://ciseminformatica.eresmas.com/cisem/revistas/revista6/articulos/automata.html>

## 5.1. Algoritmos Genéticos:

incorporan los procesos de la genética al campo de la lógica y de las matemáticas puras. Postula el genoma como una cadena de números binarios. Esta cadena se puede interpretar como un cromosoma en el que los genes se localizan en puntos diferentes, también llamados *loci*. Las diversas variaciones de los genes se llaman 'alelos'. Así, un gen para el color de los ojos se encuentra en el *locus* del cromosoma correspondiente. En un Algoritmo Genético cualquier punto marcado en cada una de las cadenas de la población se puede ver como un gen; los *alelos* serían los conjuntos de alternativas binarias ordenadas en cadenas individuales, paquetes de unos y de ceros.

La reproducción consistiría en tomar una cadena de números al azar y tratarlos como programas de computadora. De acuerdo a la corrección con que ejecutan el programa diseñado para ellos se les permite reproducirse en función del nivel de su ejecución. Luego se toma las poblaciones resultantes, se mezcla las cadenas y cada cadena comparte una parte de sí misma con otra cadena (como en un matrimonio). Se cambia algunos bits a manera de mutación y se repite el proceso.

## 5.2. Autómatas celulares

En los años 40, el matemático *Stanislas Ulam* estaba interesado en la evolución de construcciones gráficas generadas por reglas simples.

La base de su construcción era un espacio bidimensional dividido en celdas, cada una de las cuales podía tener uno de dos estados, **ON** o **OFF**.

Comenzando en un patrón inicial dado, la siguiente generación se determinaba según las reglas de las celdas vecinas, por ejemplo, si una celda estaba en contacto con dos celdas en el estado de **ON**, la celda cambiaba a ese estado, de lo contrario cambiaba al estado de **OFF**.

*Ulam* descubrió que este mecanismo permitía generar figuras complejas que podían en algunos casos autoreproducirse..

El famoso *Juego de la Vida* está basado en este concepto, solo que está conformado por una grilla cuyas posiciones representan las celdas de *Ulam*. Los elementos de la grilla se comportan de la misma manera que las celdas arriba descritas.

Los autómatas celulares poseen tres propiedades fundamentales

**1. Paralelismo:** un sistema es paralelo cuando sus miembros evolucionan simultánea e independientemente. Aquí las celdas se actualizan (cambian su estado) independientemente de las otras.

**2. Localidad:** El nuevo estado de una celda solo depende de su estado actual en la vecindad.

**3. Homogeneidad:** las leyes son universales, es decir, se cumplen para todo el espacio (todas las celdas) del autómata.

Algunos de los primeros Autómatas Celulares Teóricos fueron:

- Máquina de *Turing*
- Red infinita de *Stanislaw Ulam*
- Fábricas vivas flotantes de *Edward F. Moore*
- Autómata autorreproductor de *Freeman Dyson*
- Autómata autorreproductor de *Von Newmann* o 'Modelo Cinemático'
- Autómata celular de *Von Newmann*
- Fábricas lunares autorreproductoras de la NASA

### **5.3. Biomorphs:**

Utilizando micro-mutaciones y selección acumulativa, un algoritmo recursivo en cada una de sus iteraciones genera una nueva conexión de modo a generar formas de árboles. Empezando en un tronco, cada nueva iteración corresponde a una sub rama.

Luego de varias iteraciones, el algoritmo demuestra que no está limitado a formas de árboles o plantas, sino a varios tipos de formas, biológicas o no. De ahí procede su nombre.

### **5.4. Insectos sociales y auto-organización:**

Las hormigas son animales simples. Su comportamiento está limitado a unas decenas de tareas sencillas, sin embargo los hormigueros son sistemas complejos. Esto se debe al esquema de división de trabajo que tienen estos insectos. Las diferentes tareas deben estar coordinadas, lo cual implica la existencia de una supervisión.

Las hormigas tienen un comportamiento que les induce a seguirse unas a otras como en un tren de hormigas. Un número creciente de individuos tenderá a aumentar el tren hasta alcanzar la comida. Esto se conoce como *feedback* positivo o auto-amplificación, es decir, mientras más individuos refuerzan el tren, más individuos se sienten atraídos hacia él, y así sucesivamente.

Aún así, existe una probabilidad de que un individuo abandone el tren y se mueva aleatoriamente, y de esta manera encuentre una nueva comida (nuevo recurso) y que genere su propio tren con un nuevo *feedback* para llegar hasta el nuevo recurso.

Cuando las hormigas se sacian o el recurso está vacío, se genera un *feedback* negativo y el proceso termina.



La auto organización se interpreta a través de los siguientes mecanismos:

1. La existencia de múltiples interacciones.
2. Amplificación a través de *feedback* positivo.
3. *Feedback* negativo.
4. Amplificación de fluctuaciones, como en el ejemplo descrito arriba, en el que la fluctuación se representa con la hormiga que abandona el tren, y genera el suyo propio que se amplificará con su propio *feedback* positivo.

Modelos abstractos teóricos de estos algoritmos se aplican al ruteo en las telecomunicaciones, al diseño de circuitos electrónicos, y la organización de procesos industriales, entre otros.

## 5.5. Fractales

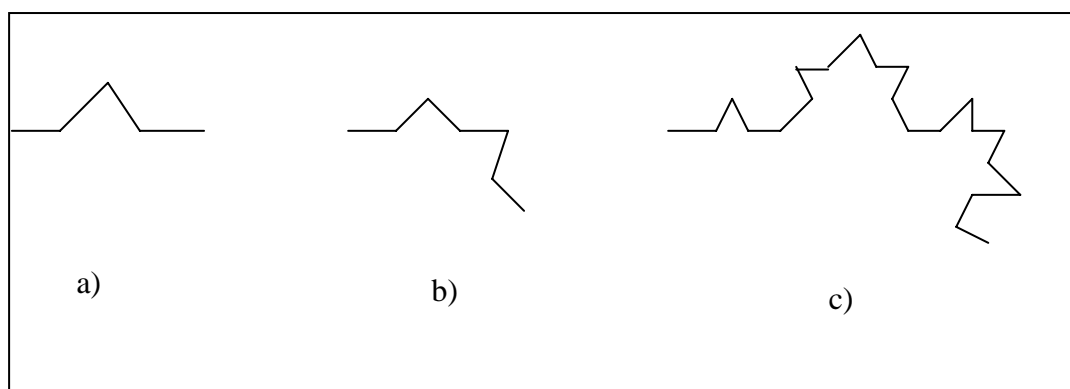
Los fractales son entidades matemáticas definidas recursivamente que presentan auto-similaridad a múltiples niveles de detalles. Sin importar cuanto aumente su tamaño un fractal, nunca perderá sus detalles, y la parte aumentada tendrá el mismo aspecto que todo el conjunto. Estos esquemas no se restringen a modelos matemáticos, se los encuentra en cualquier lugar de la naturaleza, desde montañas y nubes hasta plantas y árboles.

Para comprender como son creados se ilustra el siguiente ejemplo. Teniendo un segmento de línea, se lo dobla en forma de  $\surd$  (**Figura a**). Si se subdivide este segmento de la misma forma se obtiene la **figura b**), y si se lo sigue subdividiendo, se obtiene una forma parecida a la **figura c**). Ya que en cada subdivisión el punto medio de la línea se dobla en una distancia que es una fracción fija de la longitud de la línea, el proceso resulta en una figura con simetría perfecta.

Algunos fractales más conocidos son:

- El conjunto de Mandelbrot.
- Los sistemas de Lindenmayer o sistemas-L: diseñado por un biólogo para describir el crecimiento de las plantas.
- El Arbusto de Fibonacci: utiliza la serie de Fibonacci para crear una “planta autogenerada”. Así como en la serie de Fibonacci los números siguientes se forman a partir de los anteriores de la serie, la “planta” va creciendo a partir de las longitudes de los segmentos ya creados de la planta.

**Figura: Fractales.**



## 6. PRODUCTOS COMERCIALES

A continuación se detallan algunas aplicaciones comerciales que utilizan el concepto de la Vida Artificial

\* **Ultragem:** utiliza algoritmos genéticos para *datamining*.

\* **WebMind:** software realizado en *Java* que ayuda a responder preguntas. Absorbe información, y crea respuestas y preguntas acerca de esa información. Utilizando algoritmos genéticos utiliza la información adquirida para mejorar sus futuras respuestas.

\* **TechnoSphere:** mundo virtual 3D accesible vía *Internet*. Permite a los usuarios construir formas de vida artificial e incluirlas en el mundo virtual. Estas formas de vida crecen y evolucionan con el tiempo y envían mensajes via email a su creador.

\* **InfoSpider (Arachnid):** creado por la Universidad de California, el nombre proviene de las siglas de "Adaptive Retrieval Agents Choosing Heuristic Neighborhoods for Information Discovery". Se basa modelos de vida artificial, en los cuales agentes inteligentes (infospiders) sobreviven buscando y entregando documentos de manera *online*, en redes tales como la *WWW*.

\* **RePast:** permite crear agentes basados en simulaciones, utilizando el lenguaje *Java*.

\* **Swarm:** software de simulación multiagente de sistemas complejos. Se pretende que sirva a investigadores de varias disciplinas

\* **Tierra:** formas de vida digital evolutiva.

\* **The Temple of Alife:** aplicaciones y *applets* artísticos.

## 7. POLÉMICA

Siendo que a mediados del siglo XX la humanidad adquirió el poder para extinguir la vida en la Tierra, algunos se preguntan si a mediados del siglo XXI será capaz para crearla. En ese sentido también surgirán las preocupaciones morales en el campo de la ética biomédica, en el cual la pregunta obligada será: ¿cuáles serán las obligaciones de la humanidad en torno a los seres creados artificialmente?

Pese a que la investigación sobre la *Vida Artificial* se ha intensificado en los últimos años, hay quienes han levantado su voz de protesta, ya que algunas personas opinan que la vida no puede emerger de la mera ejecución de algoritmos computacionales, porque debido a su naturaleza determinista, los experimentos en la computadora no pueden igualar las características de los verdaderos sistemas vivientes.

El científico *Roger Penrose* afirma la imposibilidad de que la conciencia surja a partir de los puros mecanismos de selección natural de la *Vida Artificial*, mientras que hay quienes piensan que formas de *Vida Artificial* avanzadas como la humana, tendrán alma y derechos, ya que la vida y el alma son consecuencia de la organización de la materia.

Otros creen que es fácil imaginar escenarios en los que máquinas frías, o criaturas creadas con vicios genéticos opriman a la humanidad y hagan que la vida basada en el carbono se extinga. Por otro lado, esta nueva disciplina podría lograr que la especie humana compita por ganar el siguiente nivel de organización de la vida, que consistiría en unir a la vida biológica con una especie de vida tecnológica. Existirán colecciones de individuos biológico-mecánicos que, en su conjunto, constituirán un nivel más elevado en la organización de la vida

Otros no muy conformes con la teoría evolucionista, opinan que si ya es una ofensa contra la humanidad comparar al ser humano con un simio, resulta en una ofensa aún mayor compararlo con una máquina.

## **8. FUTURO DE LA VIDA ARIFICIAL**

Ante las muchas posibilidades que otorga esta nueva disciplina de la ciencia (o al menos, de las ciencias teóricas como la informática y la matemática), se abre un gran campo de utilidades en que la misma se podría utilizar.

Uno de esos campos en los que más énfasis se ha dado a la *Vida Artificial*, es el de la Animación por Computadora, ya que los creadores de películas pretenden encontrar formas más realistas y económicas de animar formas naturales tales como el agua, plantas, movimiento animal y humano, y texturas orgánicas como el pelo humano o animal.

También está un campo relacionado con el anterior, que es el de los juegos de

computadora, que cada día necesitan más de los requerimientos gráficos mencionados en el párrafo anterior, además de lograr dar al juego una inteligencia evolutiva que culmine en el aprendizaje.

En cuanto a la comprensión de los sistemas vivientes existentes, la *Unidad de Teorías del Comportamiento Ecológico*, de la Universidad de Bruselas ha aplicado la auto-organización a la investigación sobre el comportamiento de los insectos sociales, ya que entre estos, las acciones individuales están dictadas por las de los vecinos (como en *el Juego de la Vida*). En el ámbito de esta investigación desarrollaron ecuaciones diferenciales que modelan las formas creadas por termitas al construir sus nidos.

Este tipo de investigaciones sirve a los científicos para comparar el resultado con la reacción real de los organismos estudiados, de modo a refinar y ajustar las teorías actuales acerca de las reglas que rigen el comportamiento de las poblaciones vivientes.

Tanto la tecnología microelectrónica como la ingeniería genética quizá pronto otorguen al ser humano la capacidad de crear nuevas formas de vida, tanto *in silicio* como *in vitro*, lo cual pondrá a la humanidad frente a un gran desafío técnico, teórico y ético, en lo que respecta a la simulación y síntesis de los sistemas vivientes. Y, aunque algunos biólogos estén en desacuerdo, de ese desafío surgirá, sino una nueva forma de vida inteligente, un compañero teórico de la biología que ayude a comprender y describir mejor el funcionamiento de los sistemas vivientes.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

<http://ciseminformatica.eresmas.com/cisem/revistas/revista6/articulos/automata.html>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial\\_life](http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_life)

<http://mitpress.mit.edu/catalog/item/?ttype=4&tid=41>

<http://www.alife.org/>

<http://www.alifenyc.com/>

<http://www.artificial-life.com/>

<http://www.cs.ucl.ac.uk/staff/t.quick/alife.html>

<http://www.geocities.com/Eureka/3211/v-biol.htm>

<http://www.imagia.com.mx/hmm/va/Aforismos.htm>

<http://www.imagia.com.mx/hmm/va/Automatas.htm>

<http://www.imagia.com.mx/hmm/va/Hipotesis.htm>

<http://www.imagia.com.mx/hmm/va/Polemica.htm>

<http://www.imagia.com.mx/hmm/va/Propositos.htm>

<http://www.insead.fr/CALT/Encyclopedia/ComputerSciences/AI/aLife.htm>

<http://www.insead.fr/CALT/Encyclopedia/ComputerSciences/AI/genetic.htm>

<http://www.renard.org/alife/english/>

<http://www.renard.org/alife/english/acintrogb01.html>

<http://www.renard.org/alife/english/antstxt/antstxtgb.html>

<http://www.ventrella.com/Alife/alife.html>

ROEHL, Bernie. El creador de Mundos Virtuales. Anaya Multimedia. Madrid. 1995.