

## I.2 DESARROLLO HISTÓRICO DE LOS SISTEMAS EVOLUTIVOS

*Fernando Galindo Soria\**

Los Sistemas Evolutivos es un área de la Informática relativamente nueva ya que es alrededor de 1983 cuando se establece el concepto y es en 1986 cuando se presentan los primeros trabajos funcionando bajo este nombre, sin embargo tiene antecedentes desde hace muchos años en los conceptos de:

- 1) *Máquinas que aprenden* (Learning Machines, de Nilsson, escrito en 1966).
- 2) *Redes Neuronales* (McCulloch y Pitts desde 1939), demostración formal de la equivalencia entre Autómata Finito y Red Neuronal, Perceptrones).
- 3) *Lingüística Matemática* (trabajos de Chomsky sobre Gramáticas Generativo-Transformacionales desde 1957).
- 4) *Desarrollo de Sistemas* (Desarrollo Estructurado de Yourdon, Constantine y otros, durante los años 70s. Programación Estructurada, desde finales de los 60s. Desarrollo Lógico o de Warnier, durante los años 70s).
- 5) *Base de Datos* (concepto de Independencia de datos, bases de datos relacionales de Codd desde finales de los 60s, modelo de Chen de Entidad-Relacion desde 1977).
- 6) *Reconocimiento de formas* (en particular Reconocimiento Sintáctico de Patrones, desarrollado por González y Tomasolo durante los 60s y el concepto fundamental de Inferencia Gramatical).

---

\**Fernando Galindo Soria* escribió este trabajo siendo profesor-investigador de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas (UPIICSA) del Instituto Politécnico Nacional e Investigador Invitado del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET) de la Dirección General de Institutos Tecnológicos (DGIT) en la Ciudad de Cuernavaca, Morelos, noviembre 1988

7) *Fractales* (propuestos por Mandelbrot desde principios de los 60s y desarrollados por el mismo desde mediados de los 70s).

Como se puede ver existe una gran cantidad de antecedentes “dispersos” sobre el tema y es hasta 1976 cuando en la Unidad de Cómputo de El Colegio de México (COLMEX), en la Escuela Superior de Física y Matemáticas (ESFM) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y en el Centro Nacional de Cálculo (CENAC) del IPN donde se comienzan a desarrollar las primeras investigaciones que culminarían en los Sistemas Evolutivos.

Durante 1976 se organiza en el CENAC un seminario sobre Inteligencia Artificial que duró aproximadamente un año y en el cual participaron personas de la ESFM, del COLMEX, de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (ESIQUE) del IPN, del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) del IPN y algunas personas de la Universidad Autónoma de México (UNAM); es dentro de este seminario donde se comenzó a encontrar la relación entre las diferentes áreas antecedentes y donde se empezó a tratar de aplicar estas herramientas para resolver problemas de reconocimiento del lenguaje en el Colegio de México.

Durante 1976-1981 se trabajó en forma extensiva en el desarrollo de herramientas para reconocer lenguajes en forma automática (compiladores, interpretes, constructores de compiladores) y de herramientas basadas en lenguajes (editores, manejadores de archivos, validadores de datos) por lo que para 1980 el problema ya no es la construcción de un traductor (tesis de Lino Díaz “Construcción de Compiladores”) sino la falta de mecanismos que permitan encontrar la estructura de un traductor (gramática o automática).

Es a principios de los 80s donde en el COLMEX y en la Maestría en Computación del CENAC se comienzan a buscar algoritmos que permitan encontrar en forma automática la estructura de un traductor y se empieza a utilizar la Inferencia

Gramatical (desarrollada en los trabajos sobre Reconocimiento Sintáctico de Patrones) para este propósito.

A finales de 1980 se integra en la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas (UPIICSA) del IPN la Unidad de Investigación y Desarrollo en Computación (UIDC) y es en este marco donde se empiezan a integrar los trabajos anteriores con las investigaciones desarrolladas por Vicente López Trueba, Christian Zempoaltecatl y Ricardo García sobre los métodos y herramientas de desarrollo de sistemas, principalmente sobre lo que es la arquitectura de un sistema de información y los diagramas de Warnier y es en un seminario sobre informática, desarrollado a finales de 1981 donde se detecta que la estructura de cualquier sistema de información se puede representar directamente como una gramática; por otra parte y en la misma época en los cursos de Lingüística Matemática del CENAC y de la UPIICSA se comienza a estudiar por parte de los alumnos en los cuales el “lenguaje” del problema no es un “lenguaje natural”, como por ejemplo: la estructura de una sustancia química, el dibujo de cuadrados y triángulos y muchos otros (cada alumno desarrolla un proyecto independiente) es a partir de estos trabajos donde se comienza a vislumbrar que “tal vez” los problemas informáticos en general son susceptibles de un tratamiento lingüístico y donde se comienza a proponer un enfoque dentro de los cursos en el cual dado un problema se busca el lenguaje que lo representa y de ahí se encuentra su gramática y el sistema de información, por lo que para 1983 se comenzó a contar con un esbozo de lo que para 1985 se presentó como “Programación Dirigida por Sintaxis” (PDS).

Durante 1983 Gabriel Cordero, otro de los investigadores de la UPIICSA y en esa época Subdirector de Informática en la Secretaría de Educación Pública (SEP), desarrolla una herramienta orientada a manejar en un lenguaje natural restringido requerimientos sobre bases de datos. Este trabajo permite en una forma relativamente sencilla cambiar los términos usados, de tal forma que dos personas que utilicen el mismo dato pero con nombre diferente lo puedan hacer. A partir de este trabajo y de desarrollos paralelos realizados por Roberto Mendoza Padilla y

Juan Martín González Vázquez se comienza a pergeñar el concepto de Sistema Evolutivo como un sistema que es capaz de transformarse de acuerdo a los requerimientos del ambiente.

Para principios de 1985, se presentan en un congreso organizado en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) campus Monterrey los trabajos de estos tres investigadores y en junio de 1985 se presenta la ponencia “Sistemas Evolutivos” en varios foros, donde se plantea en forma general la problemática de los sistemas de información, el concepto de sistemas evolutivos, una primera propuestas de arquitectura, la factibilidad de desarrollar un sistema de ese tipo y los principales problemas que se estaban atacando en esa época. Este documento sirvió como guía de acción ya que permitió orientar la investigación sobre áreas más concretas, siendo tal vez una de las más relevantes la necesidad de dotar al Sistema Evolutivo con un mecanismo de tipo inductivo/deductivo, en contra de los mecanismos tradicionales de tipo deductivo.

Es en la búsqueda de un mecanismo de tipo inductivo donde la Programación Dirigida por Sintaxis adquiere su verdadera magnitud ya que para 1985 este método se encuentra documentado y ya tiene desde 1983 de estarse aplicando cotidianamente para resolver problemas de informática, depurándose a partir de la experiencia obtenida cada semestre, contándose ya con herramientas que automatizan algunas partes del proceso como por ejemplo la búsqueda de Unidades Léxicas a partir de un “Diálogo con el Usuario” y tienen un antecedente de gran magnitud en el proyecto de “Diccionario del Español en México” realizado en el COLMEX desde mediados de los 70s; la búsqueda de la gramática de un sistema (conjunto de reglas que representan la estructura del sistema) tiene como antecedente los métodos de inferencia gramatical y ya para 1985 es común que los alumnos desarrollen sus propios programas que en forma automática lleven a cabo el proceso de Inferencia Gramatical; y por otro lado ya se cuenta con herramientas que en forma automática reconocen un lenguaje a partir de su gramática (tesis de Lino Díaz), generan y construyen bases de datos (alrededor de seis tesis sobre el tema y múltiples generadores desarrollados por los

alumnos del CENAC y de UPIICSA en sus cursos hasta 1985), generan en forma automática programas y sistemas (trabajos funcionando en el campo de López Trueba, Ricardo García y Christian Zempoaltecatl desde principios de los 80s)

Por lo que a partir del documento de “Sistemas Evolutivos” se ve como un proceso lógico la investigación de estas herramientas.

El primer problema que se presenta es el de que los métodos de Inferencia Gramatical no son de propósito general y son relativamente complejos de programar por lo que durante 1986 y 1987 en los cursos de Lenguajes Formales, Compiladores y Base de Datos principalmente se continua depurando el método de programación dirigida por sintaxis, buscando disminuir el énfasis matemático y aumentar el énfasis en su facilidad de manejo, campo de acción y buscando su automatización; principalmente en los cursos de base de datos y compiladores dirigidos por Vicente López Trueba, Gabriel Cordero y Alejandro Hernández se comienzan a encontrar múltiples “trucos” para que la computadora reconozca y aprenda nuevos tipos de unidades léxicas. Y por otro lado en los cursos de lenguajes formales los alumnos comienzan a descubrir métodos de inferencia gramatical propios, destacando los métodos descubiertos por María Sandra Camacho Villanueva para el reconocimiento de imágenes ya que en una “forma natural” permite encontrar la representación de una imagen cerrada (que no se puede representar mediante una gramática libre de contexto) mediante una gramática con atributos, donde una gramática con atributos es un mecanismo en el cual se maneja inmerso dentro de las reglas gramaticales un conjunto de llamados a rutinas. Las gramáticas con atributos tienen sus antecedentes en el lenguaje REC (desarrollado por el Dr. Harold V. McIntosh) y programado múltiples veces en la ESFM y en los trabajos desarrollados en el CENAC precisamente sobre una herramienta gramatical con ese nombre y ya para 1980 se utilizaban en el CENAC y en la UPIICSA (primero para la construcción de compiladores y más adelante simplificando su notación y generalizándolas como parte integral del método de Programación Dirigida por Sintaxis para el manejo de la semántica).

Es también durante esta época 1986-1987 y a partir de los resultados directos de los trabajos desarrollados en lenguajes formales (cada alumno desarrolla un sistema completo usando la PDS) como se depura completamente el método y se detecta que existen dos operaciones básicas de inferencia gramatical, presentándose para el Congreso de Inteligencia Artificial desarrollado en la ciudad de Mérida, Yucatán en 1988 un documento donde ya aparece el método en forma completa y con una orientación al desarrollo de cualquier tipo de sistema.

Con la automatización creciente del método muchos de los problemas planteados para el desarrollo de Sistemas Evolutivos fueron prácticamente cubiertos, por lo que durante 1988 en los cursos de lenguajes formales dirigidos por Miguel Angel Torres Aragón y Rafael Cabrera se desarrollaron algunos prototipos de Sistemas Evolutivos por parte de los alumnos y se presentaron en foros externos a la UPIICSA.

Por lo que prácticamente en la actualidad (noviembre de 1988) es “natural” para los alumnos de lenguajes formales estar desarrollando Sistemas Evolutivos utilizando las herramientas de la PDS.

Sin embargo desde 1986 se comenzaron a construir los primeros Sistemas Evolutivos utilizando estas herramientas y en la actualidad existen alrededor de 20 prototipos, desarrollados como trabajos de titulación, trabajos de cursos y trabajos de investigación, tanto por profesores-investigadores como por alumnos-investigadores principalmente de la licenciatura en Ciencias de la Informática de la UPIICSA y del CENIDET-DGIT de Cuernavaca, Morelos.

Los trabajos actuales marcan la inclusión de los fractales como herramientas para representar la estructura de fenómenos naturales ya que son “fácilmente” representables como gramáticas.

El manejo de gramáticas semánticas (gramáticas donde todos los elementos tienen significado). La ampliación de los mecanismos de captación de la realidad con el fin de que se pueda captar la información por múltiples fuentes.

El manejo de Sistemas Evolutivos Distribuidos. La obtención de herramientas generalizadas para no tener que estar programando todo a mano.

El desarrollo de Sistemas Evolutivos cada vez más generalizados y buscando llegar a que no se necesite programar (esta es una de las tendencias más fuertes y se ha desarrollado durante varios años por un grupo que originalmente trabajó en el área de efectos digitales de Televisa coordinado por Cuitlahuac Cantú Rohlik).

El desarrollo de una conciencia automatizada coordinada por Cuitlahuac Cantú Rohlik, Raúl de la Rosa y Ariel Carvoney estos últimos Director y Subdirector de Sistemas de la Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP) respectivamente.

El uso extensivo para producción industrial de software mediante herramientas automatizadas desarrolladas por ellos mismos por parte de:

- 1) *Vicente López Trueba*, director del área de informática de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI).
- 2) *Christian Zempoaltecatl*, director del área de Sistemas de la Secretaría de Salud.
- 3) *Ricardo García*, director de la empresa Micrológica Aplicada.

La construcción y manejo para aplicaciones reales de sistemas Evolutivos por parte de:

- 1) *Juan Martín González Vázquez*, subdirector general de informática en la Secretaría del Trabajo.
- 2) *Elsa Hernández Luna*, subdirectora de informática en la SECOFI.
- 3) *Alfredo Blancas*, subdirector de informática en la Coordinación de Transporte del Departamento del Distrito Federal (DDF).