

SISTEMAS BASADOS EN EL CONOCIMIENTO

MARILUZ ROMERO GARCÍA[@]

JORGE ENRIQUE RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ^{@@}

Resumen

Este artículo está estructurado en cuatro partes, más una introducción al tema: En la primera parte, muestra la evolución histórica de estos sistemas desde la década de los 40 (cuarenta) hasta los años 90 (noventa). La segunda parte analiza la situación actual estos sistemas, teniendo en cuenta, formas de representar el conocimiento, métodos de inferencia y herramientas de desarrollo. La tercera parte, sugiere algunos aspectos metodológicos a nivel general que se tienen en cuenta en la construcción de estos sistemas, vistos como un área de investigación de la Inteligencia Artificial. Para finalizar, se hace una breve descripción de un sistema basado en el conocimiento desarrollado por uno de los autores de este artículo.

Palabras clave: Sistema Basado en el Conocimiento, Ingeniería del Conocimiento, Sistema Experto, Inteligencia Artificial, Formas para Representar el Conocimiento, Método de Inferencia, Base de Conocimiento y Procesos Cognoscitivos.

Abstract

This paper is structured in four parts, and an introduction to the topic: In the first part, is observed the historical evolution starting from the 40's (fortys) up to the 90's (ninety's). In the second part, **analyzes** the current situation of these systems, based on, representation **the** knowledge, inference methods and development

[@] Ingeniera de Sistemas. Especialista en Telemática. Docente Universidad Distrital adscrito a la Facultad Tecnológica. mrg743@hotmail.com

^{@@} Ingeniero de Sistemas. Especialista en Telemática. Especialista en Ingeniería de Software. Candidato a Magíster en Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de Colombia. Docente Universidad Distrital adscrito a la Facultad Tecnológica. jrodri@udistrital.edu.co

tools. The third part, suggests methodological aspects that are kept in mind in the construction of these systems, seen as an area of investigation of the Artificial Intelligence. To conclude, is made a description of a system based on knowledge.

Keywords: Knowledge System Based, Knowledge Engineering, Expert System, Artificial Intelligence, Representation of the Knowledge, Inference Method, Knowledge Base and Cognitive Processes.

1. INTRODUCCIÓN

Un Sistema Basado en el Conocimiento (SBC) es un sistema capaz de soportar una representación explícita del conocimiento en algún dominio de interés determinado y de aprovecharlo mediante los mecanismos de razonamiento apropiados para encontrar un alto rendimiento en la resolución de problemas. Por lo tanto, un SBC es un sistema basado en computadora para la resolución de problemas, capaz de enfrentar estos, los cuales cuando los resuelve un ser humano, se vale de capacidades de razonamiento como: Acción, comunicación, aprendizaje, memorización, etc. Por ejemplo, un SBC puede dedicarse al control de calidad microbiológico de alimentos, al diseño de producción, asesoría en impuestos, a la elaboración de retratos hablados, toma de decisiones financiera, configuraciones de ordenadores, y en muchas otras aplicaciones.

Frecuentemente se utiliza el término de Sistema Experto (SE) para designar a estos Sistemas; los cuales realizan automáticamente tareas cognitivas que son realizadas por especialistas/expertos humanos.

Una de sus finalidades, es simular el comportamiento de los expertos humanos en determinada área del conocimiento, transmitiendo su competencia y experiencia a un sistema basado en computadora. Aplicaciones como: Interfaces inteligentes, sistemas de apoyo a la toma de decisión, sistemas de robótica inteligentes, sistemas tutoriales inteligentes, etcétera; no están clasificados realmente en la categoría de Sistemas Expertos, ya que no tienen como objetivo reproducir el conocimiento heurístico y académico de un experto humano.

Un SE solo encierra el conocimiento académico y heurístico que puede poseer un experto humano en determinada área de la ciencia, mientras que un SBC además de estos dos tipos de conocimiento también involucra el conocimiento intuitivo del experto (ver figura No. 1).

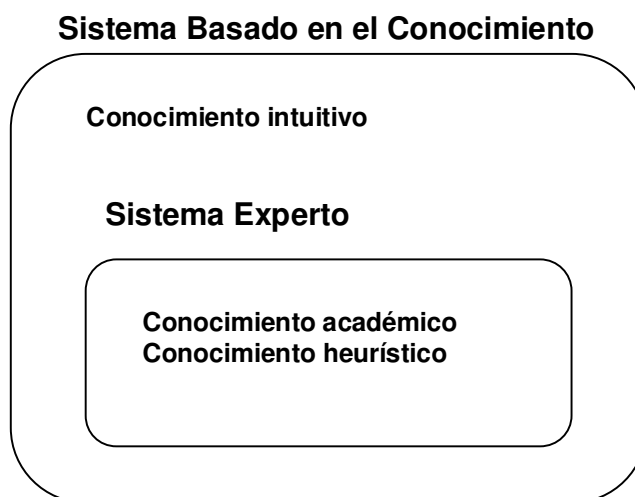


Figura No. 1 Dominio de un Sistema basado en el conocimiento/Sistema experto [Corredor, 1993]

De otro lado, los SBC han crecido a pasos agigantados en la última década, y hoy son considerados, un factor primordial para la innovación y la competitividad. Su impacto en la industria y en las aplicaciones de negocios ha sido impresionante y convincente en países como: Japón, Estados Unidos, Gran Bretaña, Alemania, entre otros. Sin embargo, el número de aplicaciones realmente operativas es limitado.

El desarrollo de estos sistemas depende de dos factores: El progreso científico y técnico que proporciona los componentes básicos de la tecnología, y el progreso metodológico el cual describe como usar efectivamente dichos componentes para la construcción de software útil y funcional. En el campo de los SBC estas dos dimensiones no se han desarrollado de manera organizada y equilibrada. Mientras que se dispone de un gran número de técnicas básicas y potentes, los métodos necesarios para aplicarlas sistemáticamente en resolver problemas reales todavía están en una fase temprana de desarrollo. Día tras día, una necesidad primaria es el desarrollo de metodologías robustas, flexibles y efectivas para el

análisis, diseño, codificación, implementación y mantenimiento de SBC. De esta manera, algunos de los problemas apuntados podrán solucionarse, facilitando así la gran variedad de las áreas de aplicación de SBC.

Desde el componente de la Inteligencia Artificial, los SBC son sistemas compuestos, que incluyen diferentes tópicos con tareas complementarias, tales como: la representación del conocimiento, resolución de problemas y razonamiento automático, aprendizaje, sistemas de explicación, adquisición del conocimiento, interfaces, etc. Más aún, cada uno de estos tópicos abarca diferentes métodos y técnicas que pueden utilizarse tanto independiente como integradamente en el desarrollo de SBC. Es de notar que continuamente se están desarrollando nuevas técnicas que permiten una manipulación más precisa del conocimiento.

2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA

Los SBC surgieron de mano de la Inteligencia Artificial, y algunos años antes de que la comunidad de las ciencias de la computación tomara conciencia de la importancia de desarrollo de Software. Estos sistemas, nacen como una consecuencia, en cierta medida lógica de la Ingeniería del Software aplicada a la Inteligencia Artificial, y después de que la primera fuera considerada como un tópico más de la computación. Por consiguiente, para la consideración de la evolución histórica nos centraremos esencialmente en la Inteligencia Artificial, en ella se puede destacar una etapa de anterior a la Inteligencia Artificial (1940 - 1954), una etapa de inicio (1955-1960), una etapa de transición (1961-1968) y una etapa de desarrollo y formalización a partir de 1969.

En la primera etapa, se llevan acabo los primeros trabajos sobre cibernética¹; se realizan estudios e investigaciones acerca de lógica cognitiva, representados mediante los procesos cognoscitivos que a continuación se describen: La información del mundo exterior es capturada mediante los sentidos (vista, oído, etc.) que actúan como receptores captando los cambios de fenómenos naturales. En un principio, esta información se almacena en una

¹ La cibernética es la ciencia del control de las máquinas y los seres vivos. Estudia las cosas que son capaces de controlasen y adaptasen así mismos.

memoria sensorial a corto plazo, teniendo como característica principal el almacenar gran cantidad de información, pero por un periodo de tiempo corto².

Debido a las necesidades de la persona, esta atiende o ignora cierta información, almacenándola en una memoria a corto plazo. En esta memoria la información puede ser almacenada durante un periodo de tiempo más largo respecto a la memoria sensorial a corto plazo, siempre y cuando no sea desplazada por otra información³.

En cuanto a la memoria de trabajo, algunos autores la consideran como una prolongación de la memoria a corto plazo; la cual también tiene una capacidad limitada almacenamiento.

En la memoria a largo plazo puede guardar grandes cantidades de información y poca o ninguna se pierde con el tiempo. Para mayor claridad, estos procesos se ilustran en la figura No. 2.

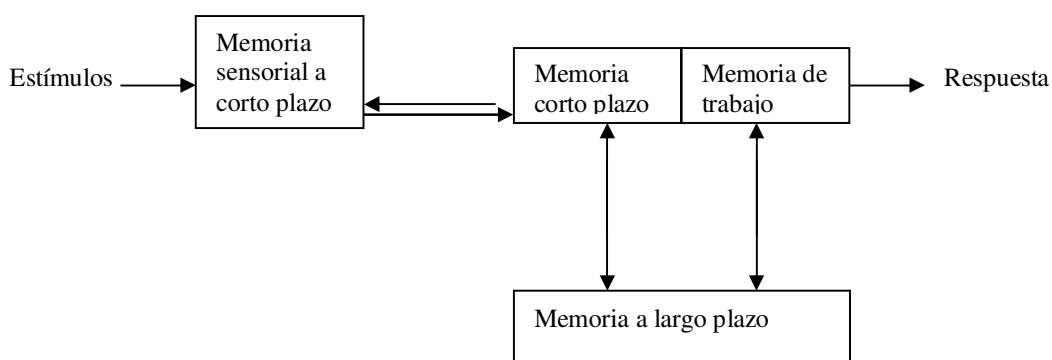


Figura No. 2. Procesos Cognoscitivos. (Simmons, 1987)

En la fase de inicio, los investigadores en inteligencia artificial se centraron principalmente en la implementación de tareas en entornos idealizados, tales como: Problemas de juegos, la demostración de teoremas en cálculo de predicados, planificación en el mundo de bloques, etc. Sin embargo, a mediados de la década de los 60, empiezan a surgir cambios notables en los enfoques de trabajo. Por un lado, empieza a hacerse necesaria una inclinación más

² Estudios realizados han comprobado que la información visual es almacenada durante aproximadamente 0.5 segundos.

³ Es necesario realizar procesos de repetición mental para lograr mantener la información.

aplicada, seleccionando problemas del mundo real. Por otro lado, los problemas de representación del conocimiento, que hasta entonces habían sido abordados como una actividad complementaria, empiezan a adquirir importancia. Aunque las primeras publicaciones en este sentido no aparecen sino hasta 1968, y de forma muy lenta. El primer punto de inclinación puede situarse en 1965, cuando se inicia el trabajo en el sistema DENDRAL, este era el primer paso del proyecto de programación heurística, que después daría origen al laboratorio de sistemas del conocimiento de la Universidad de Stanford.

Un segundo punto de inclinación surge en 1978, cuando se publica el primer trabajo completo sobre DENDRAL en una revista del campo, y sus fundamentos empiezan a repercutir en la comunidad científica. A partir de aquí se desencadena un desarrollo acelerado de SBC; los cuales han permitido desarrollar gran cantidad de técnicas que progresivamente se han ido refinando e implementando. De esta época, son los primeros sistemas de razonamiento no monótonos, razonamiento estratégico o independiente del dominio, la lógica de predicados, la representación mediante frames, guiones, etc.

Desde el punto de vista metodológico de la Ingeniería del Conocimiento⁴ (IC), poco o nada se desarrolló antes de los primeros años de los 80. Hayes-Roth et al. (1983) es la primera publicación importante que recoge la dimensión metodológica del desarrollo de SBC. Posteriormente siguieron Hayes-Roth (1984), Weiss y Kulikowski (1984), Waterman (1986), Pazos y Maté (1988), y muchos otros. Todos afrontan el desarrollo de los SBC mediante modelos iterativos, en los que se parte de un prototipo sencillo que incrementalmente se irá expandiendo y mejorando. También afrontan algunos autores la adquisición del conocimiento como parte de un proceso estructurado (ver figura No. 3). Se tomó técnicas de adquisición del conocimiento del campo de la psicología y se adaptaron a las características de estos tipos de sistemas, potenciando de esta forma la transferencia del conocimiento desde el experto humano a la computadora.

⁴ La Ingeniería del Conocimiento, estudia métodos, procedimientos y herramientas empleadas en la adquisición y la transformación del conocimiento.

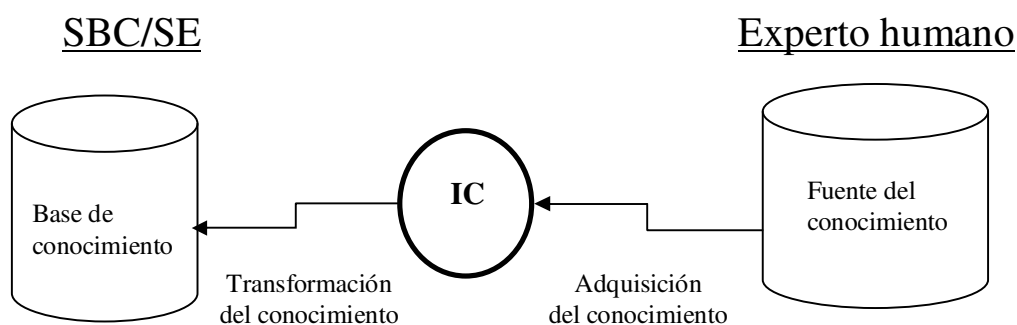


Figura No. 3. Proceso aplicado por la Ingeniería del Conocimiento

3. SITUACIÓN ACTUAL

Los últimos años se han caracterizado por una reducción de los precios del hardware junto con una multiplicación en la potencia de cálculo de las pequeñas computadoras personales. Esto ha facilitado la expansión de muchas herramientas utilizadas en la construcción de SBC que incorporan técnicas de punta de resolución de problemas, métodos de inferencia (encadenamiento, confrontación, Modus Ponens, etc.) y representación del conocimiento. El trabajo de desarrollo puede agruparse en labores de selección, análisis, adquisición del conocimiento y construcción de la base de conocimiento, liberando al ingeniero del conocimiento de la especificación de técnicas de representación y mecanismos de inferencia que ya proporcionan las herramientas.

En un alto porcentaje una herramienta está conformada por un único y característico esquema de representación del conocimiento y método de inferencia, que en la mayoría de los casos son sistemas de producción y algoritmos de encadenamiento hacia delante (orientado a datos) o encadenamiento hacia atrás (orientado a objetivos); sin embargo hay herramientas que incorporan técnicas y métodos más modernos como redes neuronales artificiales, o redes bayesianas, junto con entornos más potentes, posibilidades de integración con otros sistemas computacionales, comunicación e intercambio de información con otro tipo de software, desarrollo amigable de la interfaz utilizando lenguaje natural, entre otras características.

Las metodologías actuales carecen de criterios de selección respecto a qué técnicas específicas son las más adecuadas para la tarea concreta que se desea modelar (sistemas de producción, plantillas, lógica de predicados, redes semánticas, redes neuronales, etcétera); ni tampoco poseen la flexibilidad suficiente para adaptar la propia metodología a las características esenciales del formalismo de representación del conocimiento que se vaya a utilizar.

Por otro lado, estas metodologías no incluyen tareas para la construcción de un motor de inferencia, lo cual las hace deficientes e inadecuadas cuando no se encuentra la herramienta que cumpla con las exigencias de representación del conocimiento y el método de inferencia a utilizar. Estas deficiencias están siendo superadas por las metodologías que emplean técnicas orientadas a objetos.

Las tecnologías basadas en el conocimiento son de utilidad en aquellas situaciones donde está disponible el conocimiento relacionado con un dominio determinado en un área del conocimiento, aunque sea difícil y en algunos casos imposibles de codificar mediante métodos algorítmicos.

Los SBC se centran en la representación del conocimiento que se considere principal y útil para la solución de una clase de problemas en el dominio de aplicación del usuario. La responsabilidad para decidir qué conocimiento utilizar y como usarlo para resolver un problema específico se deja ahora a la computadora, la cual está equipada con software específico de resolución de problemas.

4. ANÁLISIS DE DESARROLLO

Para desarrollar con éxito un proyecto de SBC dentro de unos límites temporales y condiciones aceptables, y con un presupuesto razonable, es necesario afrontar diversos temas; incluyendo la definición de una adecuada transferencia tecnológica, la valoración del dominio de la aplicación, la aceptación de los métodos adecuados y correctos para el desarrollo del SBC, la selección de la herramienta de desarrollo más adecuada, la integración del SBC en el entorno de trabajo, la gestión del mantenimiento y la actualización del sistema.

La transferencia de tecnología debe realizarse de acuerdo con las posibilidades de asimilación de los usuarios (tutor, cliente, verificador y/o alumno) finales. Es necesario hacer un estudio del impacto que sobre el trabajo diario de estos tendrá la implementación del SBC. También, hay que realizar una definición lo más realista posible de las expectativas que se pretenden alcanzar, así como un análisis de la posibilidad de éxito del sistema y aceptación por parte del usuario.

En la fase de análisis del proceso de construcción de un SBC, debe hacerse un análisis de la forma de representar el conocimiento empleada, el método de inferencia y el tipo de búsqueda; los cuales se determina realizando los siguientes análisis:

- **Análisis Epistemológico:** Se determina el tipo de conocimiento que usan los expertos en la solución de problemas, sea reglas de decisión, leyes, teorías, gráficos, sentido común, conocimiento incierto, etc.
- **Análisis Cognoscitivo:** Se determina como se aplica el conocimiento para desarrollar la tarea.
- **Análisis Conductista:** Se detecta cómo responde el experto ante los problemas; si da solución partiendo de datos y aplicando reglas o parte del problema y trata de ver qué condiciones se dan para ver si tienen solución. (Corredor, 1993).

Otro factor que puede limitar el éxito del sistema, es la disponibilidad de fuentes de información (expertos y/o especialistas, libros, documentos, seminarios, etc.) necesarias y suficientes de las que se extrae el conocimiento. También es necesario contrastar su capacitación en la realización de la tarea, además de su disponibilidad durante el proceso de desarrollo y su actitud de colaboración con el equipo de trabajo.

Un último aspecto importante es decidir cómo representar y gestionar el conocimiento del dominio de la aplicación. Se trata de estudiar qué técnicas y métodos de Inteligencia Artificial son los adecuados con base en las características del proyecto. Este proceso puede quedar

reflejado en una metodología formal para la selección de la herramienta de construcción de SBC que mejor se adapte al sistema en desarrollo.

5. APLICACIÓN: SISTEMA BASADO EN EL CONOCIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS “SIBCOMA”

SIBCOMA es un sistema basado en el conocimiento que apoya al Bacteriólogo en la determinación de si un alimento (carnes, frutas y leches) cumple o no con las normas microbiológicas establecidas por el Ministerio de Salud; es decir si el alimento puede o no ser consumido por el ser humano. SIBCOMA puede informar al Bacteriólogo en que etapa de la producción un alimento fue contaminado junto con las causas de su contaminación (Rodríguez, 1995).

En la base de conocimiento de SIBCOMA se incluye conocimiento de expertos en Ingeniería de alimentos y Bacteriología; además conocimiento de no expertos como agricultores, transportadores de leche, carniceros y fruticultores.

Las formas de representar el conocimiento utilizadas fueron: Sistemas de producción y Frames⁵ (plantillas). En cuanto a métodos de inferencia se empleó encadenamiento hacia atrás para los sistemas de producción y el proceso de confrontación para los Frames; estos apoyados por una búsqueda en profundidad.

Para su implementación se utilizó dos herramientas informáticas; el motor de inferencia (ESBAC⁶ – Herramienta software para la construcción de sistemas basados en el conocimiento) que permite plasmar el conocimiento y simular el proceso de razonamiento de los expertos y no expertos antes mencionados, y Visual Basic versión 3.0 que fue utilizada para mejorar la interfaz con el usuario.

SIBCOMA ha sido implantado en entidades dedicadas al control de calidad de alimentos, dando excelentes resultados. De igual forma tanto Bacteriólogos como Ingenieros de

⁵ Cada Frame representa un grupo de alimentos, por ejemplo: Carnes, Frutas y Lácteos.

⁶ Esta herramienta fue desarrollada en la Universidad Industrial de Santander por el ingeniero Jairo Hernán Moyano.

Alimentos han utilizado a SIBCOMA como una herramienta de trabajo, que agiliza y apoya el desarrollo de sus tareas, buscando siempre mejorar soluciones en estas áreas del conocimiento.

6. NOTAS FINALES

- Es importante aclarar que aunque los SBC contienen conocimiento y habilidad de diferentes expertos humanos, no pueden dar solución a problemas que aún los hombres no han logrado resolver. Esto permite observar que las soluciones y asesorías que infiere el sistema depende del conocimiento que tenga y no de la inteligencia de la programación.
- Una gran ventaja que tienen estos sistemas con respecto al experto humano, a la hora de plantear soluciones, es la fácil transferencia del conocimiento, pues este se extrae de una base de conocimiento y un método de inferencia previamente estructurado. Del mismo modo, las respuestas son consistentes y siempre semejantes en iguales condiciones.
- Las áreas de aplicación de estos sistemas son innumerables, por lo que se podría desarrollar diferentes SBC en cada una de las áreas del conocimiento⁷.

Referencias Bibliográficas

[1] Corredor, Martha. Principios de Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos. (1993) Ediciones UIS.

[2] Jackson, P. Introducción a los sistemas expertos. (1986) Editorial Addison-Wesley. Madrid (Esp).

[3] Kowalski, R. Lógica, programación e inteligencia artificial. (1986) Editorial Díaz de Santos. Madrid (Esp).

⁷ Su aplicabilidad estaría limitada, por aquellas áreas que no se utilice conocimiento simbólico (Por ejemplo, algunas ramas de la matemática).

- [4] Phillip, R. Aplique Turbo Prolog. (1987) McGraw Hill. México (Méx).
- [5] Rich, E. y Knight, K. Inteligencia artificial. (1994) McGraw Hill. México (Méx).
- [6] Rodríguez Rodríguez J.E. y Rodríguez Niño C.A. (1995). Sistema basado en el conocimiento para el control de calidad microbiológico de alimentos. Uniboyacá.
- [7] Rolston, D. Principios de inteligencia artificial y sistemas expertos. (1993) McGraw Hill. México (Méx).
- [8] Romero García Mariluz. (1998) Sistema experto para la formulación de dietas alimenticias por vía enteral en el ser humano. Uniboyacá.
- [9] Russell, S. y Norvig, Peter. (1996) Inteligencia Artificial. McGraw Hill. México (Méx).
- [10] Simmons, G.L. (1987) Introducción a la inteligencia artificial y sistemas expertos. Editorial Díaz de Santos. Madrid (Esp).