



# KOMPUTER SAPIENS

Revista de Divulgación de la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial

AÑO I, NÚMERO I

Octubre de 2008

• SISTEMAS HÍBRIDOS  
**NEURO-SIMBÓLICOS:**  
UNA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN EN LA INDUSTRIA

• **VISIÓN Y  
NATURAL ARTIFICIAL**

¿Cómo reconoce el cerebro las diferentes  
clases de objetos que vemos?

• **INTELIGENCIA COMPUTACIONAL  
APLICADA**

Mercadotecnia en el siglo XXI

• **TUTORES INTELIGENTES:**  
Inteligencia Artificial en la Educación

• **RESEÑA DEL LIBRO**  
*The Emotion Machine*  
de Marvin Minsky

• **50**  
**AÑOS DE INVESTIGACIÓN  
EN COMPUTACIÓN EN MÉXICO**



# Komputer Sapiens

©2008 Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial

Avenida Juan de Dios Bátiz s/n, esquina Miguel Othon de Mendizábal  
Colonia Nueva Industrial Vallejo. Unidad Profesional Adolfo López Mateos  
México D.F., C.P. 07738.

Impreso en México por Sistemas y Diseños de México  
Aragón No. 190, Colonia Álamos, Delegación Benito Juárez  
México D.F., C.P. 03400  
Teléfonos 55.30.14.34 y 55.19.20.84.

ISSN en trámite

Komputer Sapiens es una revista de divulgación en idioma español de temas relacionados con la Inteligencia Artificial. La revista es patrocinada por la SMIA, la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial.

Los artículos y columnas firmados son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial.

La mención de empresas o productos específicos en las páginas de Komputer Sapiens no implica su respaldo por la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial.

Komputer Sapiens fue creada en  $\text{\LaTeX}$ , con la clase `papertex` disponible en el repertorio *CTAN*: *Comprehensive TeX Archive Network*, <http://www.ctan.org/>.

## Directorio SMIA

Presidente	Ángel F. Kuri Morales
Vicepresidente	Carlos Alberto Reyes García
Secretario	Alexander Gelbukh
Tesorero	Grigori Sidorov
Vocales:	Gustavo Arroyo Figueroa
	José Galaviz Casas
	Jesús A. González Bernal
	José Luis Gordillo Moscoso
	Raul Monroy

## Komputer Sapiens

Editor en jefe	Carlos Alberto Reyes García
Editora asociada e-Tlakuiilo	Angélica Muñoz Meléndez
Estado del IArte	Oscar Herrera Alcántara
Sakbe	Ma del Pilar Gómez Gil
	Jorge Rafael Gutiérrez Pulido
	Laura Cruz Reyes
	Héctor Gabriel Acosta Mesa
IA & Educación	J. Julieta Noguez Monroy
Deskubriendo Konocimiento	Gildardo Sánchez Ante
Logotipo & portada	Gabriela López Lucio
Asistencia técnica	José Alberto Méndez Polanco
Portal web	Héctor López Casique
Imagen contraportada	Orión F. Reyes Galaviz & Pilo

## Comité Editorial

Gustavo Arroyo Figueroa
Ramón Brena Pinero
Francisco Cantú Ortiz
Jesús Favela Vara
Juan José Flores Romero
José Galaviz Casas
Leonardo Garrido Luna
Alexander Gelbukh
Jesús A. González Bernal
Angel F. Kuri Morales
Christian Lemaître León
Aurelio López López
Raúl Monroy
Eduardo Morales Manzanares
Angélica Muñoz Meléndez
José Negrete Martínez
Pablo Noriega B.V.
Alejandro Peña Ayala
Carlos Alberto Reyes García
Antonio Sánchez Aguilar
Humberto Sossa Azuela
Grigori Sidorov
Luis Enrique Sucar Succar

# Contenido

## ARTÍCULO INVITADO

### Visión Artificial

por Luis Enrique Sucar Succar

pág. 6 ⇒ “Una imagen dice más que mil palabras” reza un antiguo proverbio chino. ¿Cómo es que podemos reconocer los diferentes objetos que percibimos? ¿Cómo sabemos al ver a cierta persona que es ella y no otra persona? ¿De qué forma determinamos la posición en el espacio de un objeto, como una taza, para poder tomarla?



## ARTÍCULO INVITADO

### Mercadotecnia en el Siglo 21: Inteligencia Computacional Aplicada

por Angel Kuri Morales

pág. 11 ⇒ El siglo 20 se recordará como el siglo en el que las computadoras se convirtieron en la herramienta inconspicua que permeó a la sociedad humana modifican-

do sus paradigmas irreversiblemente. La consecuencia primaria de este hecho es que se ha producido un alud informativo de impresionantes proporciones.

## ARTÍCULO ACEPTADO

### Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos

por Vianey G. Cruz Sánchez, Osslán O. Vergara Villegas y Gerardo Reyes Salgado

pág. 18 ⇒ Aplicaciones de la Inteligencia Artificial a la inspección visual en la industria.

## ARTÍCULO INVITADO

### 50 Años de Investigación en Computación en México

por Christian Lemaître León

pág. 24 ⇒ En junio de 1958 se instaló en la Facultad de Ciencias de la UNAM la primera computadora electrónica en México, una máquina IBM 650. Iniciaba así la historia de la computación académica en México.

## Columnas

Sapiens Piensa. Editorial [pág. 2](#)

e-Tlakuilo [pág. 3](#)

Estado del IArte [pág. 4](#)

Sakbe [pág. 5](#)

IA & Educación [pág. 29](#)

Deskubriendo  
Konocimiento [pág. 31](#)

# *Sapiens Piensa*

POR **Angel Kuri Morales**

## Estimado Lector:

Esta revista está dedicada a aquellos que desean familiarizarse con la Inteligencia Artificial (IA) y sus posibles aplicaciones. Para ello no necesariamente deben poseer conocimientos especializados. Pero sí el interés genuino por enterarse del estado del arte y de la técnica en este campo que ha demostrado ser fascinante y útil; pero, sobre todo, lleno de promesa.

La IA es una disciplina difícil de definir porque la inteligencia misma lo es. Originalmente la IA se conceptualizaba como el campo que pretendía replicar (al menos) las capacidades de la mente humana. Esta ambiciosa meta empezó a rondar en las mentes de los más brillantes pensadores desde la Grecia antigua. Siglos después Gödel demostró que un sistema mecánico sería incapaz de detectar limitaciones del razonamiento que un ser humano sí podría. De donde se concluye que cualquier ser humano es superior a cualquier dispositivo mecánico. Y si esto es así entonces cualquier intento por mecanizar la inteligencia estaría destinado al fracaso. ¿O no?

Al respecto, Hofstadter escribió un extenso y brillante libro cuyo tema subyacente es: “¿Es posible la IA?” Aunque no llega a una conclusión definitiva en él, dejó claro que el campo es tan pujante y promisorio que, a pesar de las opiniones encontradas, hay una activa búsqueda de la forma de lograr la IA. Este sentir permea la creencia popular y se refleja seriamente en películas como “Odisea 2001”, “Blade Runner” o “El Hombre Bicentenario” y en innumerables escritos de los cuales solamente menciono un ensayo de Dennett llamado “Where am I?”

En un tono mucho más técnico, los pioneros de la IA desarrollaron programas que simulaban expertos humanos convincentemente (como “Eliza”, de Weizenbaum en 1966), auxiliaban a los médicos para establecer diagnósticos más certeros y confiables (como “MYCIN”, un sistema experto desarrollado en los 70s por ShortLiffe) o diseñaban circuitos digitales (como en el proyecto de ILLIAC IV encabezado por Slotnick a principios de los 70s).

Con el tiempo, se hizo cada vez más patente que duplicar los hechos del cerebro humano en general constituye un programa demasiado ambicioso aún usando las computadoras más modernas. Aunque el actual campeón del mundo de ajedrez ES una computadora (en 1997 la computadora Deep Blue derrotó al entonces campeón humano del mundo Garry Kasparov) y se han desarrollado programas que son capaces de demostrar teoremas, di-

señar programas de computadora, escribir piezas de música, etc., lo cierto es que todos estos esfuerzos abarcan sólo una porción minúscula del ámbito intelectual del Hombre. Eliza sería ridículamente inútil para diálogos fuera de su ámbito psicoanalítico; Deep Blue sería incapaz de resolver el más simple problema aritmético y MYCIN ni siquiera podría enterarse de las enfermedades de los pacientes a los que está dedicado a auxiliar.

Por ello nuestra definición de IA es mucho más modesta:

---

**La IA es un área de estudio que tiene por objetivo resolver problemas complejos para los cuales no se conocen soluciones algorítmicas exactas computables en la práctica, ya sea por sus grandes dimensiones, su complejidad estructural, o por los niveles intrínsecos de incertidumbre de los datos que manejan.**

---

Sigue siendo muy interesante porque las metas que se han alcanzado son inconspicuas y están en todos lados: en los teléfonos celulares (adivinando las palabras de nuestros mensajes de texto), en los hornos de microondas (decidiendo si ya alcanzamos el nivel de cocción deseado), en los frenos de los automóviles (evitando derrapes y volcaduras), en los procesadores de texto (mejorando nuestra redacción), en los aviones de pasajeros (definiendo el momento de cambiar una turbina). Los ejemplos son interminables.

Es posible que esa presencia omnímoda de la moderna IA se convierta en el paradigma de una inteligencia distribuida y compartida.

Para el lector interesado en conocer y entender las tendencias de esta fascinante disciplina es que las páginas de Komputer Sapiens están dedicadas.

La Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial se ha comprometido con la divulgación de estos asuntos a través de una revista que pueda llegar al público en general, a los tomadores de decisiones, a los industriales con necesidades objetivas de desarrollo tecnológico. En las páginas de esta revista el lector interesado hallará un vehículo de conocimiento. Esperamos que sirva también como un disparador de las inquietudes de todos los individuos que pueden beneficiarse de la IA. Sean ustedes bienvenidos. 🌹

---

**Angel Kuri Morales** es Presidente de la SMIA, la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial.

---

# e-Tlakuilo: Cartas de nuestros lectores

a cargo de **Oscar Herrera Alcántara**

## Salvador, ingeniero de software, Puebla

Me he enterado del próximo lanzamiento de su revista *Komputer Sapiens* a través de mi correo electrónico, creo que los nombres de las secciones son muy originales y la temática interesante. ¿Quiénes son las personas que toman decisiones a las que está dirigida la revista?, ¿directores de escuelas y universidades?, ¿políticos?, ¿empresarios?

En efecto estimado Salvador, los que colaboramos en *Komputer Sapiens* consideramos que los directivos de diferentes empresas, y no sólo del sector educativo o gubernamental, sino de todas las áreas productivas, públicas o privadas, podrán encontrar en nuestra revista un apoyo tecnológico, científico y de toma de decisiones, así como oportunidades de vinculación con las diferentes instituciones de país en donde trabajamos con temas de IA. De esta forma esperamos apoyarlos en la aplicación de modelos y tecnologías de vanguardia.

## Erik, ingeniero, Estado de México

¿Existen otras publicaciones relacionadas con IA? ¿Cómo podría repercutir la IA en nuestra vida cotidiana?

Existen diversas revistas y libros sobre temas de IA. Sin embargo, *Komputer Sapiens* pretende cambiar la apreciación de la IA y llegar a amplios sectores de nuestra sociedad, de forma tal que cada vez más y más personas se interesen en la IA.

Supongamos que vas al cine, como sueles hacerlo cada mes. Procurarás estacionarte lo más cerca posible de la entrada. Supon también que todos los cajones del estacionamiento que alcanzas a ver están ocupados y que ¡sólo faltan 15 minutos para que inicie tu función! Das vueltas y más vueltas esperando encontrar un cajón y no eres el único que busca ese espacio. Finalmente encuentras

un lugar, sales corriendo pero ¡llegas tarde!

Ahora imagina que el administrador del estacionamiento leyó *Komputer Sapiens* y que decidió implementar un sistema inteligente con la asesoría profesional de los expertos en IA. El sistema reconoce las placas de tu vehículo e identifica que vas al cine, así que procurará asignarte un cajón cercano a la entrada del cine. De no conseguirlo, el sistema te sugerirá usar un cajón que está un poco retirado (con la promesa de no pagar una hora de estacionamiento). Podrás entonces caminar tranquilamente mientras en el trayecto observas publicidad de los comercios de los alrededores. Tal y como lo previeron los diseñadores del sistema inteligente, habrá un nuevo cliente potencial. Lo anterior te consumirá sólo algunos minutos y te dejará el tiempo suficiente para pasar a la fuente de sodas en donde estarán listas tus palomitas. Luego, dispondrás de algunos minutos para eleccionar un buen lugar dentro de la sala del cine.

## Luis, estudiante de ingeniería, Chihuahua

Que pasa si yo, un “mortal juarense” quiere obtener los ejemplares de la revista. ¿Cómo le hago? Dicen que tienen contemplado distribuirlos en puestos de periódicos, aeropuertos y restaurantes, pero temo que sólo se haga en los alrededores del DF. ¿Enviarán ejemplares a mi ciudad? ¿Lo que se vea en el portal será lo mismo que se vea en la edición en papel?

En *Komputer Sapiens* estamos trabajando para que la distribución sea lo más eficiente posible y procuraremos que llegue a sus destinatarios en todo México. Enviaremos ejemplares de la revista por mensajería especializada para garantizar su puntual entrega. En breve incluiremos un formato de suscripción para que puedas realizar un depósito bancario correspondiente a una suscripción anual.

El archivo de ejemplares publicados estará disponible en nuestro portal electrónico, una vez que éstos salgan de circulación.

## Ariel, profesor de preparatoria, Michoacán

¿Cómo puede usar la IA alguien como yo o mis estudiantes? ¿Vale la pena estudiar alguna carrera relacionada con la IA? ¿Existe mercado laboral en esa área?

La IA ha estado presente desde hace varios años en diferentes aspectos de nuestra vida cotidiana a través de dispositivos, tecnologías, programas de cómputo, en la genómica, la telefonía, la economía, las finanzas, la educación y ¡en los videojuegos!

En México se imparten carreras relacionadas con la IA en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, el ITESM, la UNAM, el IPN, la UAM, el INAOE, el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, la Universidad Veracruzana, el CICESE, y el ITAM, entre otros. Algunas carreras que se relacionan con la IA son Computación, Sistemas Computacionales, Tecnologías de Información, Mecatrónica, Electrónica, Ingeniería Civil y otras como la Biotecnología, la Biología Molecular, las Finanzas y la Economía.

Respecto al mercado laboral consideramos que la historia apenas comienza. Cada vez irrumpen en nuestra vida dispositivos equipados con tecnología especializada: autos, máquinas expendedoras de productos, motores de búsqueda especializados y “asistentes inteligentes” que proveen servicios de las agencias de viajes, o que ayudan a tomar decisiones, entre otros.

Esta tendencia continuará en el futuro y requerirá de profesionistas especializados en IA. ☺

---

Cartas de nuestros lectores a  
[etlakuilo-ksapiens@smia.org.mx](mailto:etlakuilo-ksapiens@smia.org.mx)

---

## COLUMNAS

## Estado del IArte

a cargo de [María del Pilar Gómez Gil](#) y [Jorge Rafael Gutiérrez Pulido](#), estadoiarte-ksapiens@smia.org.mx

**RECONOCIMIENTOS.** El 20 de septiembre de 2008, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE por sus siglas en inglés y el cual cuenta con más de 375,000 miembros en más de 160 países) llevará a cabo en Québec, Canadá, su ceremonia anual de reconocimiento a personas que a lo largo de su carrera profesional han impactado el campo tecnológico y han mejorado la manera en que vivimos.

---

**Recibir un reconocimiento de IEEE es un hecho altamente significativo por el impacto que están generando en el mundo las aportaciones del galardonado.**

---

Los premios asociados con trabajos apoyados en IA son:

**Raj Reddy** recibirá el premio en audio y procesamiento de voz “James L. Flanagan”, por su trabajo en la creación de algoritmos eficientes para la construcción de sistemas de reconocimiento de lenguaje independiente de hablantes, capaz de manejar grandes vocabularios. El Dr. Reddy desarrolló un sistema llamado “Sphinx” que actualmente sirve de base para sistemas de reconocimiento automático en cen-

tros telefónicos, computadoras y robots, que responden eficientemente a la voz de sus interlocutores. El Dr. Reddy trabaja en la escuela de computación de la Universidad de Carnegie Mellon, Estados Unidos.



**Raj Reddy, fuente:**  
<http://www.emri.in/>

**Teuvo Kohonen** recibirá el premio “Frank Rosenblatt” por sus contribuciones para el avance de la teoría y aplicaciones de las redes neuronales, memorias asociativas y mapas autoorganizados, las

cuales son herramientas de la IA que se usan actualmente en infinidad de aplicaciones en áreas de finanzas, ciencias naturales, lingüística, robótica, entre otras. Los mapas organizados creados por el Dr. Kohonen, conocidos como SOM, por sus siglas en inglés, son considerados como uno de los inventos más significativos en las ciencias computacionales. El Dr. Kohonen trabaja en la Universidad Tecnológica Hel sinki, en Espoo, Finlandia.



**Teuvo Kohonen, fuente:**  
[www.wcci2008.org/](http://www.wcci2008.org/)

**ROBÓTICA.** Un evento muy importante para la comunidad de inteligencia artificial de nuestro país ocurrió del 4 al 6 de Septiembre en el Palacio de Minería de la Ciudad de México, donde se llevó a cabo el **Torneo Mexicano de Robótica 2008**, organizado por la Federación Mexicana de Robótica, y el Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal. De acuerdo a Jesús Savage, presidente de la Federación Mexicana de Robótica, el objetivo del torneo fue incentivar el amor a la robótica y en general a las ciencias y la ingeniería en el país. Alrededor de 500 estudiantes de todo el país participaron en el torneo. Entre las instituciones participantes se encuentran: UNAM,

INAOE, IPN, Universidad Veracruzana, UPAEP, ITESM, Instituto Tecnológico de Nuevo León, ITAM, Universidad Politécnica de San Luis Potosí, Universidad La Salle, Universidad del Valle de México, y el Instituto Tecnológico de San Martín Texmelucan. Los premios a los equipos ganadores incluyen apoyo económico para asistir a diferentes competencias internacionales, así como dispositivos para fabricar robots. El ICyTDF apoyó con un monto total de medio millón de pesos, a través de la Dirección de Investigación en Tecnologías Urbanas. ☞

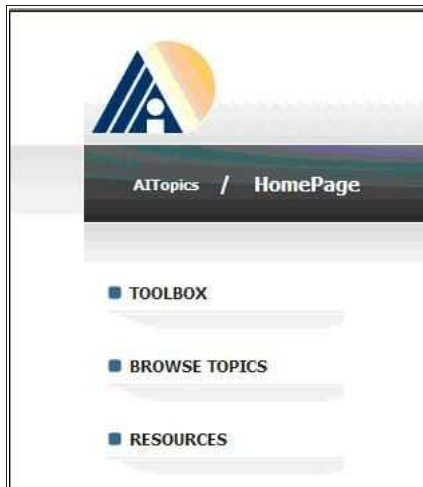
Fuente: <http://www.torneomexicanoderobotica.org.mx>



## COLUMNAS

## Sakbe

a cargo de **Laura Cruz Reyes** y **Héctor Gabriel Acosta Mesa**, sakbe-ksapiens@smia.org.mx



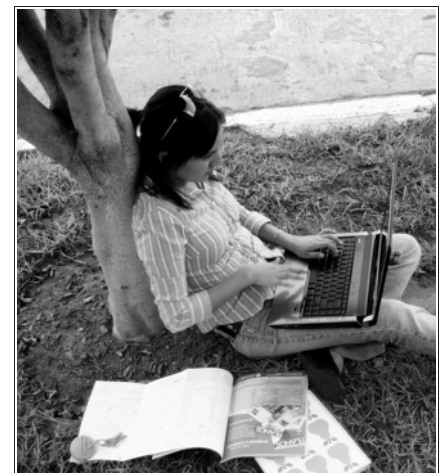
**AITopics** ⇒ La AAAI (*American Association for Artificial Intelligence*) fue fundada en 1979 para impulsar el estudio sobre conductas inteligentes en máquinas. Un objetivo central de AAAI es promover el desarrollo de la inteligencia artificial y mejorar la enseñanza y entrenamiento de los profesionales del área. Dentro de este portal, la sección AITopics ofrece una biblioteca virtual de recursos educativos para estudiantes, maestros y público en general. Los usuarios registrados pueden contribuir aportando nuevos contenidos

y mejorando contenidos existentes. Se ofrecen diversas temáticas de consulta, entre ellas: Aplicaciones, Educación, Historia, Sistemas-Expertos, Ciencia Ficción y Robots; y para hacer más excitante e interesante el aprendizaje, la sección Juegos & Acertijos no podía faltar. AITopics ofrece una gama de recursos educativos, en su mayoría descargables en forma gratuita y algunos otros para su utilización en línea. Videos, entrevistas, juegos, software, cursos, diccionarios y libros son algunos de los recursos disponibles para los usuarios ávidos de conocimiento en IA.

<http://www.aaai.org/AITopics/pmwiki/pmwiki.php/AITopics/HomePage>

**MIT OpenCourseWare** ⇒ La circulación de clases virtuales gratuitas crece a pasos agigantados en Internet. En esta nueva modalidad de educación a distancia, las universidades juegan un papel decisivo para elevar la calidad de la información que circula en la WEB. El instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT por sus siglas en inglés) en Estados Unidos, ha creado una iniciativa llamada MIT OpenCourseWare (OCW). Esta es una publicación digital que ofrece una gran cantidad de cursos sobre diferentes áreas de IA. Los materiales disponibles en esta

página son desarrollados como parte de los cursos que se ofrecen a nivel de licenciatura y posgrado en el MIT. En la sección Ingeniería Eléctrica y Ciencias de la Computación se pueden encontrar cursos sobre aprendizaje automático, aplicaciones basadas en conocimiento, técnicas de IA, diseño de robots autónomos, lenguaje natural y visión. Se ofrecen también apuntes, exámenes y videos. Excepcionales son las simulaciones gráficas sobre algoritmos clásicos de IA, de gran ayuda en la enseñanza de esta disciplina. El acceso es gratuito y no requiere registro.



<http://ocw.mit.edu/OcwWeb/web/courses/courses/index.htm>

**CausalityLab** ⇒. La causalidad es la disciplina del descubrimiento de relaciones entre elementos que son causa y otros que son consecuencia. Por ejemplo, ver televisión en exceso puede ser la causa de un aumento de peso. La causalidad es importante para dar explicaciones del comportamiento de sistemas naturales y artificiales. Esta habilidad es deseable

en los sistemas expertos artificiales. La universidad de Carnegie Mellon pone a disposición de profesores y estudiantes un laboratorio de causalidad. CausalityLab es un ambiente virtual para que los estudiantes puedan experimentar, recolectar datos, probar hipótesis y entender que las pruebas estadísticas son herramientas poderosas en el descubrimiento

de relaciones causales. El profesor puede crear sus propios ejercicios o utilizar los existentes. CausalityLab es descargable, mantiene un registro de los avances de los estudiantes y ofrece tutoriales animados para ayudar a los estudiantes en las etapas del modelado causal.☞

<http://www.phil.cmu.edu/projects/causality-lab/>

## ARTÍCULO INVITADO

# Visión: Natural y Artificial

por **Luis Enrique Sucar Succar**

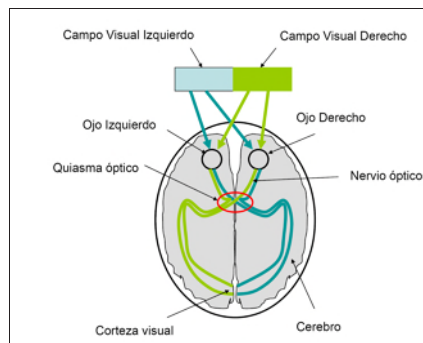
## Visión Natural

“Una imagen dice más que mil palabras” reza un antiguo proverbio chino, el cual tiene razón desde diferentes puntos de vista. Por un lado, en muchas ocasiones podemos expresar mucho más a través de un dibujo o fotografía. Por otro lado, nuestro cerebro le da una gran importancia a la información que nos llega a través de la vista, y el área del cerebro dedicada a este sentido es la mayor de todas las áreas correspondientes a los sentidos.

Percibimos las imágenes a través de la retina en nuestros ojos, una especie de cámara fotográfica que responde a la luz que llega a esta y nos permite ver. Unos minúsculos receptores, llamados conos y bastones, perciben la luz visible (desde el color rojo hasta el violeta). Los bastones son más sensibles a la intensidad lumínica, y nos permiten ver cuando hay muy poca luz. Los conos perciben el color, algunos son más sensibles al rojo, otros al verde y otros al azul; y mediante la combinación de estos tres colores, llamados básicos o primarios, podemos percibir toda la gama de colores. Una vez que esta información es colectada por la retina es enviada al cerebro por una serie de fibras, que conforman el llamado nervio óptico. Pero, ¿qué sucede después? ¿Cómo es que podemos reconocer los diferentes objetos que percibimos? ¿Cómo sabemos al ver a cierta persona que es ella y no otra persona? ¿De qué forma determinamos la posición en el espacio de un objeto, como una taza, para poder tomarla?

Recientemente, mediante experimentos con animales, en particular primates, hemos empezado a adentrarnos al misterio de cómo se procesan e interpretan las imágenes en nuestro cerebro. Con base en estos descubrimientos, que iniciaron con

las investigaciones de Hubel y Weisel, sabemos que la información que proviene de la retina se divide en dos partes, una va al hemisferio cerebral izquierdo y otra al derecho. ¡Pero no hay una relación única entre un ojo y un hemisferio! Aproximadamente la mitad de la información de un ojo va a un hemisferio y la otra mitad al otro. Esto tiene importantes implicaciones como veremos más adelante. La Figura 1 ilustra las trayectorias visuales en el cerebro.



**Figura 1. Trayectorias visuales en el cerebro. Se ilustra cómo la información percibida en la retina de ambos ojos viaja mediante el nervio óptico hasta llegar a la corteza visual, donde se procesa la información.**

La información visual se transporta mediante el nervio óptico a la corteza cerebral, a una zona que está ubicada en la parte posterior de la cabeza. Ahí inicia el procesamiento de la información visual en el cerebro. La información es procesada por millones de neuronas que están organizadas en capas; es decir, en grupos de neuronas que realizan ciertas operaciones específicas sobre la información visual que reciben.

Podemos pensar que las neuronas son como “pequeñas computadoras” especializadas en hacer ciertas operaciones; hay millones de estas computadoras biológicas que trabajan al mismo tiempo (en paralelo) en la corteza visual.

La primera capa o grupo de neuronas se encarga de detectar “bordes” en las imágenes. Un borde es un área donde hay un cambio importante de intensidad o iluminación en la imagen, por ejemplo el área en donde termina un objeto e inicia otro. Otro grupo de neuronas (llamadas celdas centro-alrededor) detectan pequeños puntos oscuros rodeados de un aro brillante, o viceversa, puntos brillantes rodeados de un aro oscuro. Estos patrones son también indicativos de los contornos de los diferentes objetos en una imagen. La Figura 2 muestra una ilusión óptica que es producto de este tipo de celdas. Un tercer grupo de neuronas, más sofisticadas, detectan bordes pero sólo si estos se encuentran en cierta orientación; es decir, que el borde es como una pequeña línea con cierto ángulo respecto a la horizontal. Así, ciertas neuronas detectan bordes a 0 grados, otras a 15 grados, otras más a 30 grados, etc. Otro grupo de neuronas se encarga de detectar movimiento; es decir, pequeños cambios que nos ayudan a detectar objetos que se mueven. Por ello nos percatamos, aunque no estemos atentos, cuando algo o alguien se aproxima a nosotros, incluso si no lo estamos mirando directamente. También hay neuronas para determinar la profundidad o distancia a los objetos que vemos. Para esto se combina la información de los dos ojos, mediante lo que se conoce como visión estereoa distancia a un objeto en nuestro campo visual es inversamente proporcional a su separación en la retina de cada ojo. Lo puedes verificar tu mismo: pon un dedo frente a ti, cercano a tus ojos, cierra uno y después el otro. Verás al dedo en distintas posiciones con cada ojo.

De lo anterior podemos considerar que el cerebro va analizando las imágenes mediante un esquema que



va de lo particular a lo general. Se van detectando pequeños elementos como son los bordes y las esquinas de los objetos, luego estos se van agrupando para detectar los contornos, y de esta forma ir separando o segmentando los diversos objetos presentes en una imagen. Más adelante, en este complejo sistema de procesamiento se van analizando las características de cada objeto, como su color y su forma, para poder finalmente reconocerlos y determinar su posición en el espacio. Sin embargo, de lo que

sucede más allá de las primeras capas del sistema visual sabemos muy poco aún. ¿Cómo es que finalmente el cerebro reconoce las diferentes clases de objetos -plantas, animales, mesas, sillas, etc.? ¿Cómo podemos distinguir entre un objeto específico de una misma clase; por ejemplo, mi taza preferida de las demás tazas? Éstos son aún misterios escondidos en la compleja red de neuronas dentro de nuestro cerebro, esperando a ser descubiertos por los científicos del futuro que continúen explorando

este maravilloso misterio de la inteligencia humana.

Al mismo tiempo que los biólogos empezaban a entender cómo es que los seres vivos vemos, otro grupo de científicos e ingenieros, especialistas en computación e inteligencia artificial, comenzaban a explorar la idea de la visión artificial: computadoras que pudieran analizar e interpretar las imágenes como lo hacemos los humanos, naciendo una nueva disciplina denominada Visión por Computadora o Visión Artificial.

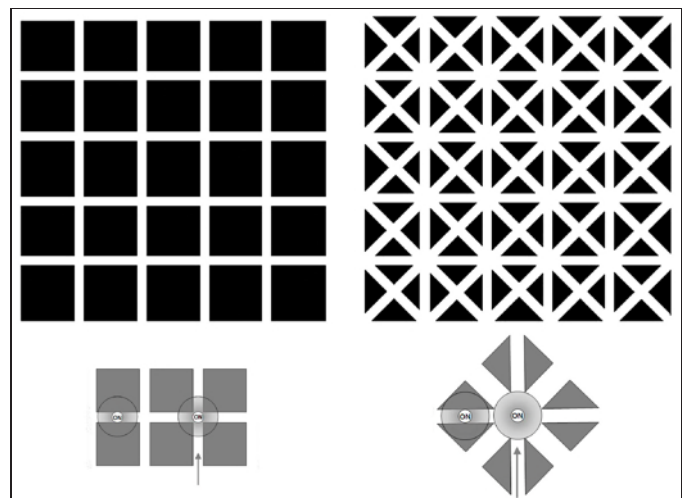
## El cerebro analiza las imágenes de lo particular a lo general.

### Visión Artificial

Al surgir las primeras computadoras hace más de 50 años, algunos científicos se preguntaron si estas máquinas podrían realizar tareas que asociamos con la inteligencia humana, como resolver problemas, entender el lenguaje o analizar imágenes. Se empezaron entonces a desarrollar programas de computadora que buscaban emular la inteligencia humana, naciendo una nueva disciplina, la "inteligencia artificial". En los primeros años se tuvieron avances aparentemente muy rápidos, con programas de computadora que juegan ajedrez, demuestran teoremas matemáticos o diagnostican ciertas enfermedades.

Ante tan impresionantes avances, cuenta la leyenda que un profesor encargó a un estudiante que resolviera el problema de la visión en un verano; ¡aún no termina su proyecto! A través del tiempo los investigadores en inteligencia artificial nos hemos percatado de que las capacidades aparentemente fáciles para nosotros, como ver, entender el lenguaje, planear nuestras actividades, etc., han resultado muy difíciles para las computadoras.

La visión artificial comienza, en forma análoga a la humana, con una imagen que es capturada a través de una cámara, y se guarda en la memoria de la computadora. Para la computadora la imagen es como un arreglo o matriz de puntos, llamados píxeles. Cada píxel tiene asociado un valor numérico, por ejemplo entre 0 y 255. En el caso de una imagen en blanco y negro, cada punto representa la intensidad o brillo de la imagen. Las imágenes a color se representan con tres arreglos de puntos, uno para el rojo, otro para el verde y otro para el azul; su combinación representa los diferentes colores. Una vez que se tienen las imágenes en la computadora, inicia el proceso de análisis mediante programas de software, para procesarlas y reconocer los objetos ahí presentes.



**Figura 2.** Las celdas centro-alrededor, que detectan pequeñas regiones brillantes rodeadas de regiones oscuras o viceversa, provocan esta ilusión óptica en que vemos que aparecen y desaparecen puntos oscuros en las intersecciones de las líneas blancas.

El análisis se va realizando por etapas, de cierto modo en forma similar a la visión biológica. Mediante la estimación de las diferencias entre píxeles vecinos en la imagen, se obtienen los llamados bordes que indican donde termina un objeto y empieza otro (ver Figura 3).

De esta forma se pueden delimitar los contornos de los diferentes objetos o partes en la imagen. También se puede hacer esto uniendo píxeles que tienen características similares en color o intensidad. Una vez separadas estas regiones, lo que se conoce como segmentación (ver Figura 4), se obtienen características distintivas de las mismas, como su color, su forma o su textura. La textura se refiere a propiedades estadísticas de los objetos que los hacen

no uniformes, como una alfombra, la madera o un bosque visto desde lejos. Con base en dichas características se pueden distinguir algunos objetos o zonas de la imagen, como el cielo, una mesa o un tigre. Sin embargo, en general es muy difícil distinguir algunos objetos, ya sea porque varían en su apariencia visual (como las diversas clases de flores) o porque se ven distintos de diferentes puntos de vista (como una persona vista de frente, de perfil o por atrás) o porque son muy complejos y están a su vez formados por otros objetos (como una cara humana). Por ello, los sistemas de visión actuales se enfocan a reconocer un pequeño grupo de objetos, como puede ser el reconocer automóviles, partes industriales o personas. Pero no se ha podido hasta ahora desarrollar un sistema que tenga la capacidad de reconocer muchos objetos, con propiedades muy diferentes, como lo hacemos las personas.

Otro aspecto en el cual ha tenido avances significativos la visión artificial es en recuperar la tercera dimensión a partir de imágenes. Una imagen tiene sólo dos dimensiones, ¡pero el mundo es tridimensional! Si queremos poder tomar un objeto, o que un robot lo pueda tomar, o estimar la distancia a la pared para no chocar con ella, requerimos estimar la tercera dimensión. Existen varias estrategias para hacer esto. La más directa, en forma análoga a nosotros, es utilizar dos cámaras, en lo que se conoce como visión estereoscópica. Para ello la computadora analiza las imágenes obtenidas por dos cámaras, separadas cierta distancia. Al encontrar los puntos correspondientes entre una imagen y la otra, y medir su diferencia en posición (disparidad), se puede calcular la distancia a dicho punto en el mundo mediante relaciones geométricas. Sin embargo, determinar los puntos correspondientes entre el par de imágenes no es una tarea fácil. Otras estrategias para recuperar la profundidad se basan en los cambios de luminosidad debidos a la forma del objeto (forma de sombreado), a las distorsiones de las texturas por su orientación (forma de textura), o en el uso de video; es decir, varias imágenes consecutivas considerando el movimiento de la cámara o del objeto (forma de movimiento).

## Aplicaciones

Los avances en la visión artificial han permitido desarrollar diversas aplicaciones prácticas de sistemas de visión por computadora. Además de los avances en los algoritmos de visión artificial, dos aspectos han ayudado a llevar a la visión por computadora al campo de las aplicaciones. Uno es el aumento en memoria y capacidad de procesamiento en las computadoras, lo que hace posible el poder almacenar y procesar imágenes en tiempo real (es decir, del orden de 30 imágenes por segundo). El otro factor es la disponibilidad de cámaras digitales de muy bajo costo como por ejemplo las “web-cams”.

Existen diversos campos de aplicación de la visión artificial, entre ellos se distinguen los siguientes:



Figura 3. Proceso de detección de bordes en una imagen: a) imagen original, parte de una placa de automóvil; b) detección de bordes horizontales; c) detección de bordes verticales; d) bordes totales, obtenidos al combinar los horizontales y los verticales.



Figura 4. Proceso de segmentación de imágenes en la computadora, podemos observar como se han separado el cielo, la piscina, y partes de la casa.

- **Imágenes médicas.** Existen una gran variedad de aplicaciones de la visión en medicina: la mejora de las imágenes de rayos X, tomografías, ultrasonido, etc., para su interpretación por los médicos; la detección automática de tumores en mamografías; el conteo de células en imágenes microscópicas; la reconstrucción tridimensional a partir de imágenes de

resonancia magnética para la planeación de cirugías; entre muchas otras. Un ejemplo específico de esta aplicación es en la interpretación de imágenes de endoscopia del colon para ayudar al médico en el control del endoscopio (ver Figura 5).

- **Seguridad.** El uso de cámaras en muchos sitios públicos ha motivado el desarrollo de sistemas de visión por computadora para mejorar la seguridad. Por ejemplo, hay sistemas que pueden detectar cuando se presentan accidentes automovilísticos en un cruce. Otros se enfocan a detectar personas e identificar posibles actividades sospechosas. Otra aplicación es la identificación de placas de automóviles, por ejemplo para control de acceso en un estacionamiento, como se ilustra en la Figura 3.
- **Industria.** La utilización de la visión artificial en la industria es cada vez más común, principalmente para control de calidad. A través de sistemas de visión se inspeccionan los productos, como tarjetas electrónicas, y se determina si tienen algún defecto, como una componente faltante o una mala conexión.
- **Vehículos inteligentes.** Cada vez es más común el que los automóviles y otros vehículos incorporen sensores, entre ellos cámaras. Se desarrollan actualmente sistemas que permitirán a un carro detectar un choque inminente, pudiendo tomar acciones como frenar o apretar los cinturones, antes de que el conductor pueda reaccionar. Otro ejemplo es el uso de una cámara para detectar carros en sentido opuesto en una carretera en la noche, de forma que el cambio de luces sea automático.
- **Robótica.** La robótica está teniendo un desarrollo acelerado y muy pronto veremos diferentes tipos de robots en la vida diaria. La visión es un elemento esencial para que los robots puedan hacer diversas tareas, por ejemplo para detectar los obstáculos en el medio ambiente y así poder desplazarse sin chocar, para identificar y localizar objetos como una taza para servirnos el café, para identificar y reconocer personas y poder interactuar con ellas, etc.
- **Interacción humano-computadora.** En nuestra comunicación con otras personas utilizamos la visión, de forma que para hacer que las computadoras interactúen en forma más natural también deben hacer uso de ella. Por ejemplo, existen sistemas que pueden reconocer diversos gestos o ademanes, e incluso el lenguaje de los sordomudos; también hay

interfaces que detectan nuestras pupilas y pueden inferir a qué parte de la pantalla estamos enfocando nuestra atención, proveyendo una especie de ratón visual. La Figura 6 ilustra un sistema de visión que puede detectar el rostro y mano de una persona, y con base en el análisis del movimiento de la mano puede reconocer diversos ademanes.

- **Identificación biométrica.** Existen ya diversos sistemas que pueden identificar a personas por diversas características biométricas, como las huellas digitales o el iris; los cuales son elementos únicos en cada uno de nosotros. La visión artificial es un componente esencial en estos sistemas. Hay también importantes avances en reconocer personas a partir de una imagen del rostro, como lo hacemos nosotros.
- **Cámaras inteligentes.** Las cámaras digitales incorporan cada vez más capacidades de procesamiento y análisis de imágenes. Además de ayudarnos a enfocar y determinar el tiempo de exposición, actualmente pueden detectar a las personas en la imagen para enfocarlas, e incluso detectan cuando sonríen, ¡para tomar la foto en ese instante!

Estos son sólo algunos de los ejemplos de aplicaciones de la visión artificial. No cabe duda de que en el futuro habrá muchas más aplicaciones que todavía no podemos ni imaginar.



Figura 5. Sistema de visión para endoscopia. El sistema obtiene características relevantes como la zona oscura (cuadro resaltado en la imagen derecha) y con base en ello ayuda al médico a guiar el endoscopio (ventanas con la interpretación y consejos a la izquierda) hacia el centro del tubo digestivo, lo que se conoce como el lumen.

---

**En el futuro habrá aplicaciones de la visión por computadora que todavía no podemos ni imaginar.**

---



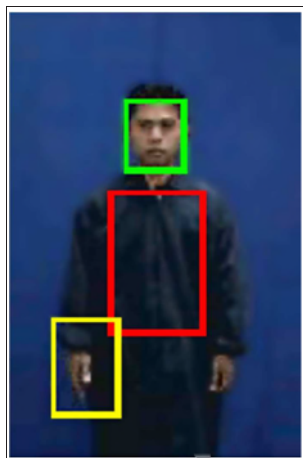
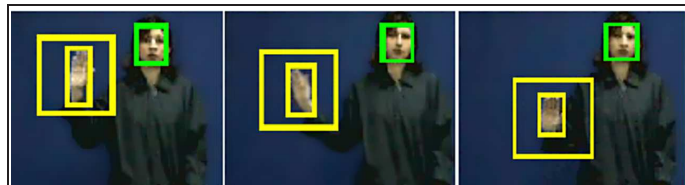


Figura 6. Identificación de personas y reconocimiento de ademanes.

Izquierda: identificación de la cara, torso y mano de la persona, resaltados con cuadros. Derecha: secuencia en la que se sigue la mano. Con base en el análisis del movimiento y postura de la mano en una secuencia de imágenes, la computadora reconoce distintos ademanes, como “llamar la atención”, “apuntar hacia cierto objeto”, “detenerse”, etc.



## Conclusiones

A pesar de los importantes avances en la visión por computadora, así como de sus múltiples aplicaciones, aún estamos lejos de un sistema de visión artificial que tenga las capacidades de la visión natural humana, en cuanto a su generalidad y flexibilidad. Posiblemente, el comprender mejor cómo funciona el sistema visual en nuestro cerebro nos ayude a desarrollar computadoras y robots con mejores capacidades visuales, ¡y así el estudiante pueda concluir su proyecto de verano! 🍷

## INFORMACIÓN ADICIONAL

- El trabajo clásico de Hubel y Weisel sobre los mecanismos cerebrales de la visión: D.H. Hubel & T.N. Wiesel: Brain Mechanisms of Vision. *Scientific American* 1979, vol. 241.
- Una introducción general a visión artificial se encuentra en el libro en línea: “Introducción a Visión Computacional”, L. E. Sucar, G. Gomez, <http://ccc.inaoep.mx/esucar/Libros/vision-sucar-gomez.pdf>
- Una lista de aplicaciones y productos que usan visión por computadora, compilada por David Lowe, puede ser consultada en: <http://www.cs.ubc.ca/spider/lowe/vision.html>

## SOBRE EL AUTOR



**Luis Enrique Sucar Succar** es Investigador Titular de la coordinación de Ciencias Computacionales del INAOE. Es doctor en Computación del Imperial College en Londres, Inglaterra; y tiene una Maestría en Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Stanford, EUA. Ha sido presidente de la SMIA, miembro del comité asesor del IJCAI y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel II. Cuenta con más de 100 publicaciones científicas, y ha formado a 12 doctores y más de 30 maestros en ciencias.

Sus principales intereses de investigación son en modelos gráficos y razonamiento probabilista en IA, visión computacional, robótica móvil y tutores inteligentes. Puedes contactarlo por correo electrónico, [esucar@inaoep.mx](mailto:esucar@inaoep.mx), o teléfono, (222) 266 31 00.

## ARTÍCULO INVITADO

# Mercadotecnia en el Siglo 21: Inteligencia Computacional Aplicada

por **Angel Kuri Morales**

## La Revolución de la Información

El siglo 20 se recordará como el siglo en el que las computadoras se convirtieron en la herramienta inconspicua que permeó a la sociedad humana modificando sus paradigmas irreversiblemente. La consecuencia primaria de este hecho es que se ha producido un alud informativo de impresionantes proporciones. De acuerdo con las últimas estimaciones, los próximos cinco años verán la generación de una cantidad de información que será mayor a aquella producida en todo el resto de la historia humana [1]. Se ha hecho, pues, necesario tener nuevas formas de almacenar, manipular, entender, analizar y proteger la información y el conocimiento en ella contenido. Dada la revolución digital es, actualmente, posible tener a nuestra disposición facilidades que ni aún los más aventurados visionarios pudieron imaginar hace apenas algunos años: operaciones robotizadas del cerebro, modificaciones genéticas de los seres vivos de orden superior, clonación, prótesis de control volitivo, sistemas de posicionamiento global a nivel personal, difusión inmediata e instantánea de las obras musicales, plásticas, literarias y aún de las artes escénicas, acceso ubicuo al conocimiento universal. Y estas son solamente unas pocas de las maravillas científicas y tecnológicas producto de la revolución de las computadoras.

## La Perspectiva Tecnológica

### Antecedentes

En los albores del siglo 20 algunas mentes preclaras visualizaron la posibilidad de replicar la esencia intelectual de los seres humanos a través de mecanismos artificiales. Pero, a diferencia de los antiguos griegos, los pensadores de los años 30's estaban mucho más cerca de contar con los dispositivos tecnológicos que hicieran que ese sueño tuviera visos de concretarse. Así que los prototipos mecánicos de Babbage y su Máquina Analítica dieron paso a las primeras computadoras basadas en tecnología electrónica; los trabajos de Turing [2] sentaron las bases teóricas de los primeros programas émulo de la inteligencia, tales como Eliza [3] o SHRDLU [4]; la tecnología digital de estado sólido allanó el camino para el desarrollo de los modernos sistemas de telecomunicaciones digitales.

Una de las razones fundamentales de la revolución informática es que la tecnología ha avanzado de manera significativa y hemos pasado, en unas cuantas décadas, de la fabricación de dispositivos de cómputo electromecánicos a electrónicos de tubos de vacío; de ahí a electrónicos de estado sólido de baja integración; finalmente a aquellos de altísima integración. Los modernos microprocesadores están constituidos por decenas y aún cientos de millones de transistores. Como un ejemplo simple de lo que esto significa podemos consignar que en la década de los setentas la computadora más sofisticada [5] construida jamás presumía de constar de ¡cerca de 15,000 transistores! De manera llana esto significa que el poder de cómputo (que es función directa del número de transistores) se ha multiplicado más de cien mil veces en el lapso de cuatro décadas.

El ingenio humano, sin embargo, no se conforma ni siquiera con estos impresionantes avances tecnológicos y, en su inacabable búsqueda de mayor poder computacional, está explorando tecnologías radicalmente distintas. Por ejemplo, se está explorando la lógica criogénica [6] (basada en fenómenos superconductivos), la lógica cuántica [7] (basada en la multiplicidad de estados cuánticos que se exhiben e nivel subatómico) y la lógica genética [8] (basada en la admirable similitud que existe en el funcionamiento de las células a nivel molecular y los sistemas de cómputo digitales).

### Ejemplo de Tecnologías Alternas: Computación con ADN

Como ejemplo de las nuevas teorías en exploración que-remos mencionar, con un poco de mayor detalle, aquella basada en el comportamiento de las células vivas.

La información que determina el comportamiento de los seres vivos de orden superior (eucariontes) se encuentra en el núcleo de cada una de las células y la transcripción de la misma resulta en proteínas encargadas de regular el metabolismo celular. Estos dos hechos se pueden interpretar como un proceso totalmente análogo al que ocurre cuando la información residente en la memoria de una computadora digital se interpreta como órdenes sencillas que se convierten en programas complejos.

---

**En los próximos cinco años se generará una cantidad de información mayor a aquella producida en todo el resto de la historia humana.**

---

Para ilustrar lo anterior, en la Figura 1 se presenta una Máquina de Turing. Este dispositivo ideal opera sobre una cinta que contiene información codificada mediante símbolos como “a” y “b”. Una unidad de control con capacidad de lectura y escritura procesa la cinta, símbolo a símbolo; sigue las instrucciones de las reglas de transición, que tienen en cuenta el estado interno de la propia unidad de control. En la figura, la regla de transición dicta que, si el estado de la unidad de control es 0 (S0) y el símbolo leído es “a”, entonces la unidad debe cambiar su estado a 1 (S1), cambiar el símbolo a “b” y desplazarse una posición a la izquierda. Una de las conclusiones fundamentales del trabajo de Turing es que cualquier cálculo, por complejo que sea, puede ser realizado por este tipo de dispositivos simplísimos.

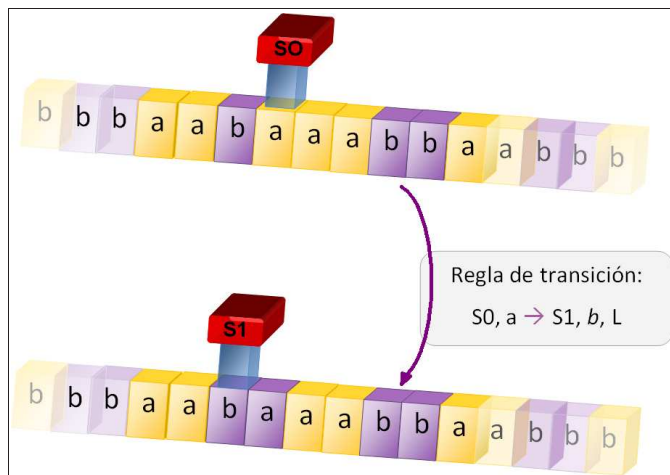


Figura 1. La Máquina de Turing.

Por otro lado, en la Figura 2 presentamos una Máquina Biológica. Los ribosomas traducen la información codificada en el ARNm (Ácido Ribonucleico mensajero) a las secuencias de aminoácidos que formarán las proteínas. El alfabeto simbólico del ARNm consta de codones [grupos de las cuatro bases que conforman el ADN (Ácido Deoxirribonucleico): Adenina, Citosina, Guanina y Timina] cada uno de los cuales corresponde a un aminoácido específico (por ejemplo, el codón AUG se traduce en Metionina; el codón CCA en Prolina, etc.) A medida que el ribosoma procesa la cadena del ARNm, codón a codón, las moléculas colaboradoras (los ARNt) proporcionan el aminoácido correspondiente. El ARNt (Ácido Ribonucleico transcriptor) confirma la concordancia del codón, luego libera al aminoácido que se une a la cadena en crecimiento. Lo interesante es que es fácil extender las conclusiones a las que llegó Turing a los mecanismos celulares. En ese contexto podemos conocer la “complejidad” de los procesos biológicos en el sentido más amplio de la palabra. Consecuentemente, podremos construir máquinas “vivas” con capacidades de cómputo similares a las de las computadoras electrónicas de escritorio. Y la ventaja es que estas hipotéticas computadoras biológicas serían más compactas, baratas, eficientes y confiables que las computadoras electrónicas. En los años por venir debemos esperar

que nuestras computadoras se basen en esta tecnología (y otras). Y podremos, entonces, incorporar los sistemas de cómputo a nuestros organismos. Esta visión que se antoja lejana está siendo explorada, el día de hoy, en el diseño de medicinas inteligentes que se inyectan al torrente sanguíneo y solamente liberan los químicos correspondientes si éstos hacen falta para curar una enfermedad preseleccionada.

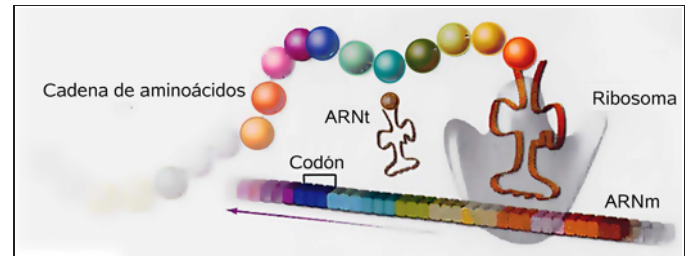


Figura 2. La Máquina Biológica.

## Inteligencia Artificial

A mediados del siglo 20 se acuñó el término “inteligencia artificial” (a la que nos referiremos, simplemente, como IA) que se ha definido como *el área de estudio que tiene por objetivo resolver problemas complejos para los cuales no se conocen soluciones algorítmicas exactas computables en la práctica, ya sea por sus grandes dimensiones, su complejidad estructural o los niveles intrínsecos de incertidumbre de los datos que manejan* [9].

De esta definición es claro que no se trata de emular los mecanismos de pensamiento, como alguien pudiera concluir del término. Más bien se trata de dotar a la computadora de ciertas capacidades que normalmente identificamos como “inteligentes”. En ese contexto podemos encontrar programas inteligentes en muchas actividades de la vida moderna: en los editores de texto que nos sugieren mejoras en la construcción de nuestros escritos (evitando errores gramaticales evidentes); en los teléfonos celulares que componen palabras completas a partir del uso ambiguo de las teclas a nuestra disposición (facilitando la escritura de mensajes de texto); en las lavadoras y secadoras caseras que determinan el grado adecuado de lavado y/o secado (optimizando el uso de los energéticos y los detergentes); en los frenos de los autos que compensan el desbalance friccional (evitando vuelcos accidentales); en los sistemas de vigilancia de las tarjetas de crédito que detectan el uso anómalo de las mismas (evitando, así, fraudes potenciales); en los sistemas de iluminación que se deshabilitan cuando los ambientes no están en uso (evitando el uso dispendioso de la electricidad y aumentando el tiempo de vida de los elementos de iluminación); en los sistemas médicos de diagnóstico semiautomático (eficientizando el proceso de detección de enfermedades); en sistemas de defensa militar que son capaces de seguir a sus blancos en movimiento (mejorando la eficiencia de los sistemas de prevención); en sistemas de traducción (permitiendo establecer diálogos entre individuos multilingües); en sistemas que son capaces de determinar las mejores vías de



distribución de los productos desde una fábrica hasta sus puntos de consumo (abaratando el costo de los bienes para el consumidor); en los sistemas de navegación automática de los modernos jets comerciales (evitando accidentes debidos al agotamiento y/o la inhabilidad de los pilotos); en los sistemas de control de calidad de las fábricas industriales (aumentando significativamente la calidad de los productos y disminuyendo la probabilidad de falla de los mismos); en prótesis que se “conectan” directamente al cuerpo de los discapacitados y que pueden ser activadas con el solo recurso de su voluntad (permitiendo la integración sana y satisfactoria de los individuos afectados al entorno social), etc.

Estos ejemplos de IA están, tal vez, alejados de la imagen un poco romántica y fantasiosa de los robots humanoides que hacen las veces de compañeros o émulos del hombre.

Las máquinas pensantes (como el HAL de Kubrick en 2001: una Odissea del Espacio que fue liberada en 1968) están aún lejos de convertirse en una realidad. En la actualidad, sin embargo, se están invirtiendo grandes cantidades de recursos físicos e intelectuales en esa dirección. No está lejano el día (aunque es imposible predecir cuándo será) en que los robots humanoides capaces de interactuar verbal y físicamente con sus creadores se hagan una realidad.

Lo que es un hecho es que el círculo virtuoso ciencia-computo-tecnología se seguirá viendo favorecido por las demandas de una sociedad cuyo bienestar (en términos generales) se ha visto y se sigue viendo incrementado día a día. Dicho sea esto a pesar del punto de vista que pretende satanizar los avances tecnológicos. Es estadísticamente demostrable que el nivel de vida de la población del mundo ha mejorado notablemente en los últimos 50 años y que la calidad de vida y la expectativa misma de vida se han visto proporcionalmente incrementadas. Esta observación no invalida el hecho innegable de que existen disparidades en la calidad de vida entre los individuos. Pero la computadora actual se ha convertido en una herramienta de cambio (como se señaló en los primeros párrafos) que está en todas nuestras actividades de manera permanente y muchas veces indetectable para los no iniciados.

## Inteligencia Computacional

En sus orígenes las metas de los científicos de la computación (CCs) que cultivaron la IA eran ambiciosas. En efecto, se pretendía la duplicación y (¿por qué no?) mejora de las capacidades intelectuales del hombre. Pronto se vio que esta agenda estaba más allá de las capacidades de dichos científicos. Las razones son múltiples pero pueden, de manera simplista, traducirse en a) Los procesos intelectuales son mucho más complejos de lo que se pensaba, b) Estos procesos nacen de un substrato físico totalmente diferente al que se propuso en el llamado modelo de Von Neumann que es el que está vigente en las computadoras electrónicas digitales, c) La duplicación de los procesos in-

telectuales usando computadoras de Von Neumann requiere de volúmenes inmensos de cálculo y d) El costo involucrado hace que todo esfuerzo práctico en esas condiciones esté destinado al fracaso por sus costos, tiempos y complejidad. Esta situación llevó a los CCs a atacar problemas simplificados que ejemplificaban los métodos propuestos pero que, difícilmente, podían generalizarse para abordar los problemas prácticos de dimensiones reales. Consecuentemente la IA se ha caracterizado por tratar, en muchos casos, juegos de mesa en los que el universo de discurso está perfectamente acotado. Aún estos universos restringidos resultan ser, en ocasiones, de complejidad formidable. Hace más de 20 años, por ejemplo, una computadora derrotó al campeón mundial de backgammon y hace cerca de 10 años (en un despliegue de fuerza tecnológica impresionante) al campeón del mundo de ajedrez.

Sin embargo, problemas relativamente simples (como la caracterización de los hábitos de consumo de un grupo social) permanecían lejos de poder ser abordados por el enfoque formalista y basado en reglas en los que se apoyan los programas que resuelven la problemática de un juego (por más complejo que esto pueda resultar). Por una razón muy simple: normalmente se desconocen las reglas que hacen que un sistema (sea biológico, social, económico o cultural) opere como opera. Aún los individuos reconocidos como expertos en sus áreas de conocimiento encuentran difícil (si no imposible) el hecho de “explicitar” las reglas que siguen en su proceso de toma de decisiones. Parece que el expertise no puede expresarse (como hubiera deseado Boole y otros lógicos del siglo 20) como la aplicación secuencial de una serie de reglas simples. Más probablemente nuestros procesos de pensamiento obedecen a reglas sofisticadas que interactúan entre ellas a diversos niveles y con diversos grados de fuerza que, además, varían dinámicamente conforme las situaciones se presentan.

---

**Debido al abaratamiento de los sistemas de cómputo y en vista del estado poco satisfactorio de la IA esbozado en párrafos precedentes se han explorado alternativas basadas, entre otras cosas, en lógicas alternativas (diferentes a la lógica tradicional) y en simulaciones parciales de procesos biológicos.**

---

En el primer caso cae la lógica llamada “difusa” o “borrosa” (en inglés *fuzzy logic*; nosotros usaremos el primer término). La lógica difusa permite que, en el caso de varias alternativas de solución, TODAS sean adecuadas, aunque en diversos grados. En otras instancias se simulan los procesos evolutivos de aprendizaje y nace la llamada Computación Evolutiva (con sus vertientes: las estrategias evolutivas, la programación evolutiva, los algoritmos genéticos, la programación genética, los sistemas clasificadores evolutivos, etc.) y los procesos cognitivos que se desprenden del análisis reduccionista del pensamiento. En este último caso nacen entonces las llamadas Redes Neuronales

Artificiales (con sus variantes de Redes de Perceptrones, Máquinas de Boltzmann, Madaline, Redes de Funciones de Base Radial, las Máquinas de Vectores de Soporte, los Mapas Autoorganizados, las Redes de Cuantización Vectorial Difusa, etc.). Todas estas técnicas y otras análogas [12] han recibido el nombre genérico de “Inteligencia Computacional” (IC). Difieren de la IA tradicional mencionada antes no en sus objetivos sino en la manera de tratar de alcanzarlos. Las técnicas de IC tienen la característica de requerir de cantidades considerables de potencia de cómputo. Nacieron hace relativamente poco tiempo, precisamente, porque anteriormente los costos asociados resultaban prohibitivos. Pero las computadoras modernas son altamente eficientes y de bajo costo. Ello ha traído, como consecuencia, que se cultive la IC de una manera muy importante a últimas fechas.

En este trabajo nos referiremos, de manera principal al uso de redes neuronales del tipo llamado “Mapas Autoorganizados” o también llamado “Redes de Kohonen”. Este tipo de redes tiene la característica de poder encontrar la forma en la que los datos (que típicamente describen un sistema de interés) se agrupan formando categorías.

## Minería de Datos

Cuando los volúmenes de datos que se deben analizar alcanzan grandes proporciones, su análisis se convierte, por una parte, en un reto; por otra en una labor altamente importante en muchos contextos. La frase “de grandes proporciones” es ambigua y depende del momento tecnológico. En esta época “grandes proporciones” se refiere a bases de datos de varios gigabytes (1 gigabyte = 1000,000,000 de bytes, aproximadamente). Por ejemplo, los gobiernos deben analizar las características de millones de individuos para determinar su propensión a un cierto tipo de enfermedad; una empresa debe analizar millones de clientes para determinar el impacto que sus estrategias de ventas han tenido en las mismas, etc.

Una imagen sugestiva es la de un minero buscando en una montaña cosas interesantes; por ejemplo, pepitas de oro o diamantes. En informática un volumen de datos de grandes proporciones es análogo a la montaña y el proceso de minado (la búsqueda) se refiere a características compartidas entre muchos de los objetos de la muestra analizada.

## Agrupamiento

En un sistema “del mundo real” típicamente se tienen colecciones de datos (“registros”) que se asocian a un individuo catalogado por una “llave”. Por ejemplo, una “llave” típica es el nombre de un cliente que ha sido asegurado, aunque podría usarse el número de póliza. El uso de la llave es determinante para que se logren resultados interesantes en un proceso de minado de datos. En el primer caso, un asegurado puede tener muchos seguros; en el otro, un número de póliza puede corresponder a varios asegurados. Los datos se almacenan como tablas bidimen-

sionales en la computadora. Si suponemos que la llave de nuestro ejemplo es el nombre entonces una fila de datos sólo tiene un nombre y, asociada a éste, una colección de datos. Por ejemplo, su salario, su edad, su sexo, su religión, etc.

Los problemas básicos que debemos abordar cuando se analizan volúmenes importantes de datos son:

- ¿Es posible encontrar características comunes entre los individuos de la población bajo análisis?
- ¿En cuántos grupos de similitud podemos agrupar los datos?
- ¿Cuáles son las características que hacen que un individuo de la población pertenezca a una clase?
- ¿Qué características comparten los individuos que hacen que estén agrupados en una misma clase?

En ocasiones conocemos, *a priori*, ciertas características útiles acerca de la información contenida. Por ejemplo, si tenemos en la mano los datos de los miembros de un grupo de partidos políticos podemos suponer el número máximo de grupos en los que la base de datos es susceptible de ser dividida. O si sabemos que estamos observando estadísticas de ventas es posible inferir que existe estacionalidad (que el comportamiento de consumo se repite con cierta regularidad). En ausencia de conocimiento apriorístico el problema es más interesante (y complejo). En ocasiones el número de grupos (o *clusters*) es evidente de la simple representación gráfica de los datos, como se ejemplifica en la Figura 3. Las regularidades presentes nos permiten decidir, fácilmente, que existen *clusters* y que hay 5 de ellos.

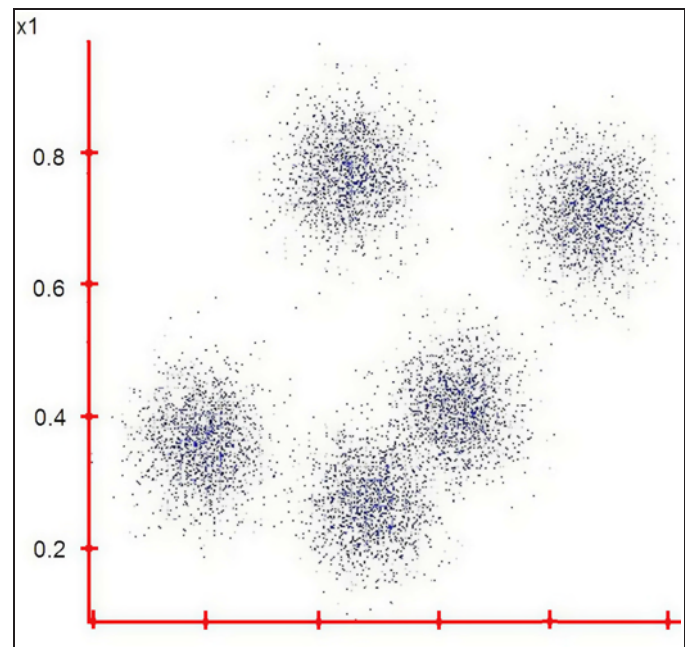


Figura 3. Ejemplo de datos con regularidades evidentes.

Pero no siempre las cosas son tan directas. En la Figura 4 ejemplificamos tres conjuntos de datos. En el primero de ellos parecen observarse 3 clusters. Pero podrían descubrirse otros dos; o decidir que esos datos extras son espurios.

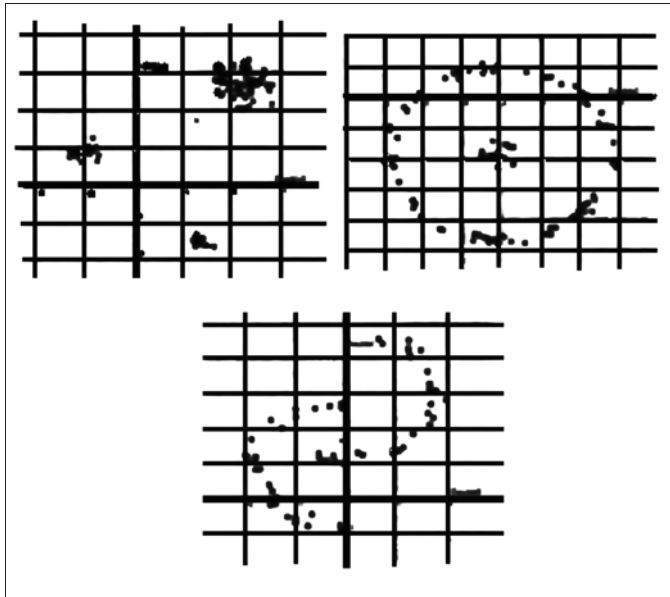


Figura 4. Ejemplo de datos con regularidades no evidentes.

En el segundo conjunto de datos se observan dos *clusters*. Pero éstos obedecen a patrones diferentes. El primero está aglutinado alrededor de un punto central de manera homogénea en tanto que el otro se convierte en un anillo alrededor del mismo centro. ¿O debemos considerar que es un solo conjunto que presenta densidad en el centro y en las orillas pero no en el medio? En el tercero parece haber dos grupos acomodados en espiral. ¿O es uno solo con contenidos heterogéneos?

En estos sencillos ejemplos parece haber problemas conceptuales escondidos. Y considere el lector que son casos en donde solamente hay dos variables (una en cada eje coordenado). En la práctica las variables llegan a ser varios cientos. El problema es mucho más complejo. Estos son los problemas que hay que atacar en la minería de datos.

### Mercadotecnia e Inteligencia Computacional

El problema que vamos a describir (y que da su nombre a este artículo) [10] se define de la siguiente manera: Una empresa líder en su ramo dispone de una gran base de datos (más de 12,000,000 de registros; cada uno de ellos consiste de los nombres de sus clientes y más de 400 variables asociadas a cada uno de ellos). La empresa (a la que llamaremos M) desea determinar:

- El número de *clusters* en los que su base de clientes se puede categorizar.
- Las características en cada uno de los *clusters*.

- Cómo establecer a qué *cluster* pertenece un futuro cliente.

El objetivo de esta investigación es:

- Desarrollar los productos que los clientes desean consumir.
- Determinar cuántos clientes son compradores potenciales de los nuevos productos.
- Determinar quiénes son los clientes potenciales de los nuevos productos.

Como se puede observar este proyecto apunta a una estrategia de mercadotecnia radicalmente distinta a la que tradicionalmente se adopta en los procesos de ventas. Usualmente se establecen análisis de mercado con un proyecto en mente y, posteriormente, se hace una evaluación de los resultados de los esfuerzos de ventas; el producto puede o no modificarse. En este caso la idea es determinar el producto a partir de las necesidades conocidas de los clientes antes de proceder a su diseño.

Para lograr lo anterior se puede seguir el llamado CRISP-DM [11] que se ilustra en la Figura 5. Este modelo obedece la llamada “Minería de Datos”.

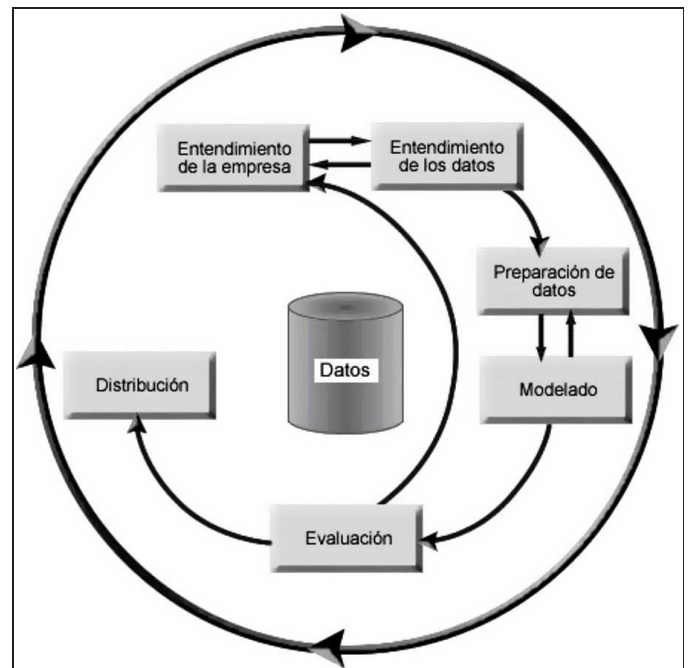


Figura 5. El modelo CRISP-DM.

El modelo CRISP-DM define seis fases cuya secuencia no es rígida, depende de los resultados obtenidos en cada fase. Las flechas de la figura indican las dependencias más importantes y frecuentes entre fases. El círculo externo simboliza la naturaleza cíclica de la minería de datos. De las múltiples tareas de modelado que abarca la minería de datos, aquí nos enfocaremos en la tarea de agrupamiento (*clustering*) [13].

El criterio del codo estipula que el mejor número de grupos (c) corresponde al punto en donde, simultáneamente, la tendencia de PE a incrementar y la tendencia de PC



a decrecer cambian; en otras palabras, cuando la curvatura de las tendencias cambia, tal como lo muestra el gráfico de la Figura 6. En él se indica, con un ovalo punteado, el punto donde se da el cambio en las tendencias de PC y PE y que por lo tanto es un número óptimo de grupos. En este caso  $c = 6$ .

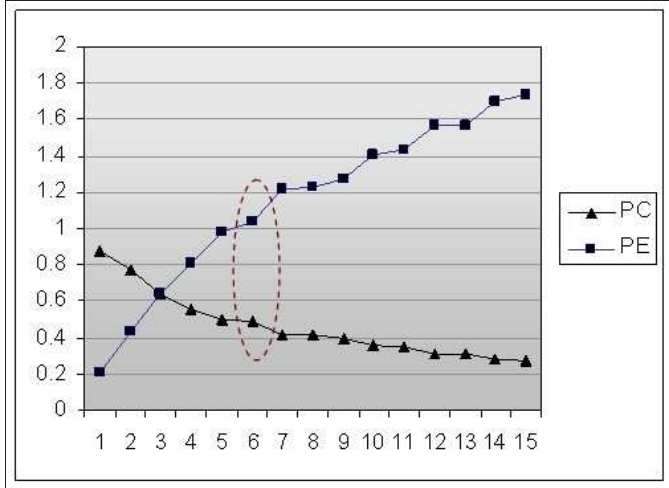


Figura 6. Ilustración del criterio del codo.

**Número de Clusters.** El primer paso consiste en determinar el número de *clusters*. Se pueden calcular dos índices llamados PC (El coeficiente de partición) y PE (el coeficiente de entropía de la partición). PC es una medida de qué tan compacto es un grupo. PE, por su parte, mide la “información” contenida en cada agrupamiento.

Conociendo el número de *clusters* aplicamos una red neuronal de Kohonen para determinar la forma en que cada uno de los elementos de la muestra se incluye en cada uno de los *clusters*.

**Agrupamiento.** El mapa de Kohonen [14] que se ilustra en la parte izquierda de la Figura 7, como se ve, consta de 9 neuronas. Cada neurona corresponde a 1 *cluster* (en este ejemplo hay 9). Pero en este método, sin embargo, es posible asignar más de 1 neurona a cada *cluster*. Para ilustrar el caso, véase la parte derecha de la Figura 7. En ella hay 25 neuronas pero los mismos 9 *clusters*.

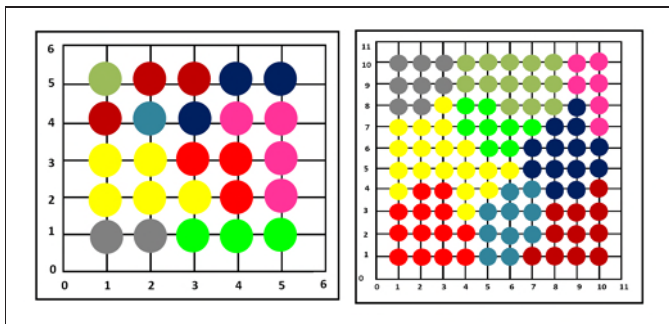


Figura 7. Mapas de Kohonen para 9 clusters.

De hecho los dos mapas corresponden a los mismos datos. Lo que queremos ilustrar es el hecho de que, aumentando el número de neuronas, somos capaces de descubrir relaciones de mayor detalle.

**Análisis.** Una vez teniendo los datos agrupados es posible proceder a su análisis. En la Figura 8 presentamos la representación gráfica del comportamiento de las variables que participan en cada grupo.

Las relaciones entre las variables exhiben patrones de comportamiento que serían virtualmente imposibles de detectar usando otros métodos. Una vez habiendo detectado estas relaciones es posible (y se hizo) proponer productos dirigidos especialmente a los miembros de cada uno de los clusters.

En la Figura 8 se ve el tipo de análisis que nos proporciona un software de minería de datos moderno. Hacemos notar que cada objeto de la base de datos tratada consta de más de 100 variables. Por ello es que encontrar los patrones de comportamiento embebidos en dichas variables representa un problema no trivial.

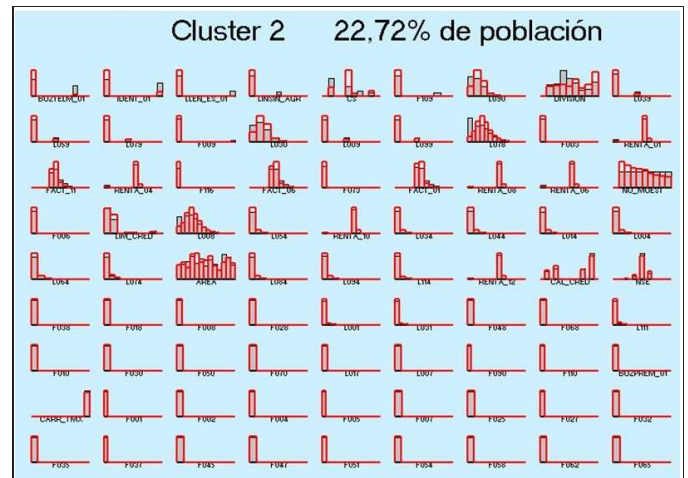


Figura 8. Comportamiento de las variables en el cluster 2.

## Conclusiones

La tecnología moderna nos ubica ante la posibilidad de hacer análisis de sistemas muy complejos de los que se tiene poco o nulo conocimiento aún si poseemos bases de datos con suficiente información. Las herramientas que hacen esto posible dependen de computadoras de alta velocidad y con vastas capacidades de almacenamiento. Abren la posibilidad de establecer, por ejemplo, estrategias de mercado en las que el riesgo de fracasar está claramente acotado por las preferencias de los compradores potenciales. Dichas preferencias y los datos individuales permiten establecer una estrategia de mercado con ventajas indiscutibles. 🌐

## REFERENCIAS

1. Microsoft Research Summit, Seattle, WA, agosto de 2008.
2. Turing A. (1950) "Computing machinery and intelligence", *Mind* 49: 433-460.
3. Wallace M. Eliza, computer therapist, <http://www.manifestation.com/-neurotoys/eliza.php3>. Fecha de consulta: 2005.
4. Winograd T. <http://hci.stanford.edu/winograd/>. Fecha de consulta: agosto 21, 2008.
5. CDC Star-100. <http://en.wikipedia.org/wiki/CDCSTAR-100>. Fecha de consulta: agosto 21, 2008.
6. Prospects of a space-based cryogenic computer, RAND Corporation, June 1966, <http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=AD0634121>. Fecha de consulta: agosto 21, 2008.
7. Quantum Computer. <http://en.wikipedia.org/wiki/Quantumcomputer>. Fecha de consulta: agosto 21, 2008.
8. Shapiro E., Benenson Y. (2006) "Computadores de ADN". *Investigación y Ciencia*, pp. 14-21, julio 2006.
9. Kuri-Morales A., et al. (2008) "Inteligencia Artificial". *Introducción a la Computación*. CENGAGE Learning.
10. Kuri-Morales A., Rodríguez F. (2007) "A Search Space Reduction Methodology for Large Databases: A Case Study". *Proceedings of the 7th Industrial Conference on Data Mining*. Springer LNAI.
11. Quiang Y., Xindong W. (2006) "10 Challenging problems in Data Mining Research". *International Journal of Information Technology*.
12. Duch W. "What is Computational Intelligence and what could it become?". <http://www.fizyka.umk.pl/publications/kmk/06-Cidef>. Fecha de consulta: agosto 21, 2008.
13. Jain A.K., Murty M.N., Flynn P.J. (1999) "Data Clustering: A Review". *ACM Computing Surveys (CSUR)*. Vol. 31, No. 3, pp. 264-323.
14. Haykin S. (1999) "Neural Networks. A Comprehensive Foundation", 2a edición. Capítulo 9. Prentice Hall.

## SOBRE EL AUTOR



**Angel Kuri Morales** es doctor en ciencias de la computación por Kennedy-Western University. Maestro en ciencias por la Universidad de Illinois, EEUU. Es también ingeniero en electrónica egresado de la Universidad Anáhuac, en México, D.F. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, *Distinguished Lecturer de la Association for Computing Machinery (ACM)* y miembro del Comité Científico de *World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS)*. Actualmente es miembro del Consejo Ejecutivo de Iberamia, Presidente de la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial, e Investigador en el Instituto Tecnológico Autónomo de México.

Sus áreas de interés son algoritmos genéticos, redes neuronales, aplicaciones biomédicas y aplicaciones financieras.



## ¡Anúnciese con nosotros!

Atención patrocinadores & anunciantes: **Komputer Sapiens** es una revista de divulgación en idioma español de temas relacionados con la Inteligencia Artificial, con un tiraje inicial de 1,000 ejemplares.

Información: [komputersapiens@smia.org.mx](mailto:komputersapiens@smia.org.mx)

## ARTÍCULO ACEPTADO

# Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos: una Alternativa de Solución en la Industria

por Vianey Guadalupe Cruz Sánchez, Osslan Osiris Vergara Villegas y Gerardo Reyes Salgado

En este artículo se presenta una descripción de los Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos, un enfoque utilizado en el área de la Inteligencia Artificial para solucionar algunos problemas de la industria tales como la inspección de la calidad. La colaboración que existe entre el enfoque neuro-simbólico y los sistemas de visión artificial abre las puertas para desarrollar e implementar sistemas capaces de complementarse entre sí para el cumplimiento de un objetivo en común.

## Introducción

En el área de Inteligencia Artificial (IA) existe un tema muy interesante llamado Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos. Los Sistemas Híbridos son dos o más sistemas que se encuentran integrados para solucionar un problema. Por ejemplo, suponga que le detectan cierto grado de anemia y que su médico le indica que necesita de algunos alimentos que contengan hierro para elevar su nivel de hemoglobina, y que además necesita de alimentos ricos en vitamina C para mejorar la absorción. Entonces, necesitamos de algún alimento rico en hierro y de otro alimento rico en vitamina C. Entre los alimentos que contienen hierro se encuentran el betabel, la nuez, la pasa, etc., y entre los alimentos ricos en vitamina C se encuentra la naranja. Entonces, si combinamos en un jugo el betabel y la naranja se obtendrá, como resultado del licuado, un sistema híbrido. Al combinar las ventajas de cada uno de dichos alimentos en uno solo, se estará contribuyendo en la solución del diagnóstico médico. Los sistemas híbridos forman parte de nuestra vida, tanto de manera simple como compleja, teniendo un mismo objetivo, combinar dos o más

técnicas o tecnologías para solucionar un problema que de aplicarse en forma separada no generarían los mismos buenos resultados. Este artículo presenta una explicación detallada de los Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos, las aplicaciones en la industria muestran la importancia de este enfoque como una alternativa de solución para algunos de nuestros problemas de la vida cotidiana.

## Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos

La implementación de varias técnicas y la posibilidad de relacionarlas entre sí, requiere de mecanismos tales como los sistemas híbridos [1]. Los Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos (SHNS) son una clase particular de sistemas híbridos formados por dos componentes “inteligentes”, uno neuronal y otro simbólico. El componente neuronal puede entenderse como el conjunto de conocimientos prácticos que se van adquiriendo a través de nuestra vida, mientras que el componente simbólico consiste de un conjunto de conocimientos cuya base es teórica. Por ejemplo, ¿cómo se le explica a un niño la diferencia entre un perro y un gato? Una alternativa es basarnos en un conjunto de descripciones teóricas, tales como: un perro es un mamífero carnívoro doméstico de la familia de los cánidos, de tamaño, forma y pelaje muy diversos, producto de las distintas razas obtenidas por hibridación, que está adaptado a todas las regiones de la tierra. Por otro lado, un gato es un mamífero carnívoro doméstico de cabeza redonda, lengua muy áspera, patas cortas armadas de uñas fuertes, agudas y retractiles, pelaje espeso y suave, de diversos colores, y ojos cuya pupila se dilata para ver en

la oscuridad [2]. Las definiciones presentadas pueden dar una idea de las características principales que pueden servir para dar la explicación a un niño; sin embargo, aún con dicho conocimiento teórico el niño puede confundir ambos animales. El componente simbólico le presenta al niño un conjunto de imágenes que muestren algunos tipos de perros y de gatos. Sin embargo, es imposible tener todo el universo de imágenes de perros y de gatos existentes en el mundo. Por tal razón se recomienda integrar ambos componentes que representan los conocimientos teóricos y prácticos, de tal forma que el conocimiento del niño sea incrementado y reforzado para lograr hacer la diferencia entre un perro y un gato.

Aún cuando el ejemplo ilustra un caso sencillo, el reto consiste en tratar de simular el comportamiento que como seres humanos tenemos para resolver un problema, por ejemplo el de reconocimiento de objetos a través de una computadora. Para ello, los SHNS utilizan tanto las redes neuronales artificiales (RNA) como las reglas de producción (RP), para poder integrar los conocimientos teóricos y prácticos de un problema en particular. Las RNA tratan de emular el comportamiento biológico de las neuronas en nuestro cerebro y son excelentes para abordar problemas de clasificación. Por ejemplo, cuando observamos algún objeto, la información de la forma, tamaño y color, entre otros, viaja a través de nuestras neuronas en una red neuronal biológica como pulsos nerviosos. Este proceso producirá como respuesta el tipo o nombre del objeto reconocido.

En el caso de las redes neuronales artificiales, el conjunto de características (forma, tamaño, etc.) sirve como entrada a la red, la cual a



través de funciones matemáticas genera como respuesta la clase del objeto. Las RNA permiten el aprendizaje en paralelo y han generado buenos resultados en el reconocimiento de patrones. Pueden ser implementadas tanto en hardware como en software. Una forma sencilla de describir una red neuronal es representándola en un grafo, donde cada nodo tiene una variable asociada llamada estado y una constante llamada umbral. Cada arco del grafo tiene un valor numérico asociado conocido como peso. El comportamiento de la red neuronal estará determinado por su estructura y por las funciones de transferencia entre los nodos que calculan nuevos valores de los estados desde los nodos de entrada [3].

Las RP son una técnica de la Inteligencia Artificial generalmente utilizada en sistemas basados en conocimiento o sistemas expertos. Por ejemplo, cuando un individuo va a una consulta debido a un malestar, el médico realiza una serie de preguntas que le ayudan a precisar los síntomas de su paciente. Una vez que se conocen los síntomas, el médico comienza a establecer una serie de relaciones entre ellos que le permitan llegar a una conclusión, es decir, a conocer las causas de su malestar o proporcionar un diagnóstico médico. El conocimiento que el médico tiene en torno a los síntomas, las causas que los provocan y el tratamiento que se recomienda, puede ser trasladado a un sistema de computadora conocido como sistema experto a través de la representación de un conjunto de reglas llamadas reglas de producción.

Las RP son una forma de representación del conocimiento fácil de utilizar. Una regla de producción es un par condición-acción de la forma (condición, acción), lo que significa que: “si la condición es satisfecha, entonces la acción puede ser realizada”. Ambos, condición y acción pue-

den ser representados en algún lenguaje de programación, lo cual hace fácil de implementar en un sistema de conocimiento basado en reglas de producción. Las reglas de producción son una forma general y flexible de representar conocimiento lineal [3].

Los métodos simbólicos son apropiados en situaciones en las cuales se tiene todo el conocimiento necesario para solucionar una tarea específica, siendo el proceso de razonamiento de carácter deductivo. Por otro lado, los métodos conexionistas o neuronales son apropiados en situaciones en las cuales se dispone de suficientes datos, etiquetados o no etiquetados, pero poco conocimiento para solucionar la tarea. Existen sistemas desarrollados donde únicamente se utiliza alguna de las dos técnicas. Sin embargo, la integración de las RNA y las RP, se puede realizar en problemas donde no se tiene ni todo el conocimiento ni todos los datos [4]. La integración de ambos enfoques ofrece ventajas como: posibilidad de utilizar varias clases de representación del conocimiento, mejor eficiencia del sistema global cuando es comparado con cada uno de los componentes, fuerte acoplamiento entre los componentes, posibilidad de aprendizaje global y complementariedad entre los conocimientos simbólicos y numéricos. La integración neuro-simbólica puede ser clasificada principalmente en tres grandes grupos, según el “tipo de hibridación” del enfoque utilizado.

- **Enfoque unificado:** También conocido como enfoque “puro” o como un híbrido en un sentido amplio. La idea es integrar en un solo módulo únicamente conexionista o únicamente simbólico, los dos tipos de enfoques (simbólico + conexionista). Intenta integrar

las propiedades de los sistemas simbólicos en los sistemas conexionistas en una única solución. Los sistemas puramente conexionistas intentan realizar procesos de inferencia simbólica, a través de la utilización de RNA. Los sistemas puramente simbólicos tratan de realizar los procesos de inferencia simbólica, a fin de utilizar el razonamiento de incertidumbre como son: los valores continuos y aproximados.

- **Enfoque semi-híbrido:** Es utilizado para realizar traducciones. Por ejemplo, la compilación de una base de reglas en una red (fase de inserción del conocimiento) y la “explicitación” de reglas a partir de una red (fase de extracción del conocimiento). Ciertos sistemas son llamados semi-híbridos porque sólo realizan uno de los dos tipos de transferencia del conocimiento entre los módulos simbólico y conexionista.
- **Enfoque híbrido:** Se basa en una verdadera integración de al menos dos módulos: un módulo simbólico y uno conexionista. Pueden existir varios módulos simbólicos y conexionistas integrados entre sí, para ello se tendrá al menos un sistema de inferencia simbólico que trabaja en cooperación con un sistema de inferencia conexionista. Es conocido como enfoque híbrido en sentido estricto. Los SHNS han sido una alternativa de solución la cual ha dado muy buenos resultados sobre todo en aplicaciones como: diagnóstico médico, control, toma de decisiones, identificación de objetos, análisis de escenas, procesamiento de imágenes, etc.

---

**El reto es simular el comportamiento humano para resolver problemas.**

---

## De la Analogía Cotidiana a la Realidad Industrial

La industria se define como “el conjunto de procesos y actividades que tienen como finalidad transformar las materias primas en productos elaborados” [5]. La industria nació cuando los hombres aprendieron a transformar los recursos naturales de que disponían para obtener una gran variedad de objetos, utilizados para satisfacer sus necesidades [5]. Existen diferentes tipos de industrias entre las cuales se encuentran la manufacturera, la alimenticia, la automotriz, etc., cada una de ellas preocupadas por elevar sus estándares de calidad. Es por esta razón que el hombre representa un papel muy importante en la industria, ya que de él depende que los productos elaborados cumplan con los criterios establecidos por la empresa, desempeñando el proceso de inspección visual de la calidad de los productos lo mejor posible. La tarea de inspección visual se define como “un proceso de comparación de piezas, objetos individuales o materiales continuos fabricados según una norma, con vistas al mantenimiento de cierto nivel de calidad” [6]. Sin embargo, en la mayoría de los casos la inspección de los productos es una tarea muy cansada para el ser humano ya que después de determinado tiempo la calidad en la visión se reduce teniendo como consecuencia que algunos productos con menor o mayor grado de defectos se consideren como falsos negativos. Por lo tanto, la creciente competencia por ser los número uno en el mercado y reducir el número de errores cometidos por el hombre durante la etapa de inspección, ha obligado a los dueños de las industrias a buscar nuevos horizontes que los conduzcan a obtener productos con una mejor calidad. Una alternativa para controlar la calidad ha sido el desarrollo de sistemas de inspección visual automáticos. Algunas de las áreas donde se han utilizado dichos sistemas son: procesos industriales, apoyo al diagnóstico médico, percepción remota, guiado de vehículos móviles, gestión de la información visual, control de calidad de productos y procesos, investigación y desarrollo, pruebas y medidas automáticas, inspección de componentes electrónicos, inspección de productos farmacéuticos. Un sistema de inspección visual utilizado en el control de calidad de un producto debe ser diseñado de tal forma que cumpla con las siguientes dos condiciones:

- **Eficiencia:** De acuerdo a las especificaciones de producción, se debe detectar, en lo posible, el total de productos defectuosos, rechazando simultáneamente la menor cantidad de productos en buen estado.
- **Rapidez:** La velocidad de inspección debe ser acorde a los ritmos de producción, de tal forma que la inspección no desacelere el proceso productivo [6].

Los sistemas de inspección visual se basan en la visión

artificial para realizar el proceso de inspección. La visión permite a los humanos percibir para entender el mundo que los rodea, mientras que la visión por computadora o visión artificial busca duplicar el efecto de la visión humana por medio de percepción electrónica. Se espera que la visión por computadora resuelva tareas muy complejas, el objetivo es obtener resultados similares a los obtenidos por los sistemas biológicos [7]. Actualmente, la visión artificial se utiliza en diversos procesos científicos y militares, extendiéndose además, hacia un amplio rango de sectores industriales para la automatización de tareas anteriormente reservadas a la inspección visual humana. En dichas tareas existe un gran potencial de uso con la automatización de aquellos procesos en los que la inspección visual humana resulta ineficiente o costosa [8]. La visión artificial trata de emular el sistema de visión humano utilizando para ello una cámara y una computadora como se muestra en la Figura 1 [9]. La cámara capta los objetos que se encuentran en una escena emulando la función del ojo humano, mientras que la computadora realiza el procesamiento necesario para reconocer los objetos en dicha escena. Para el reconocimiento de objetos se utilizan técnicas que emulan el proceso que realiza nuestro cerebro en imágenes del mundo real.



Figura 1. Analogía del procedimiento para obtener una imagen por medio de una cámara y el ojo humano.

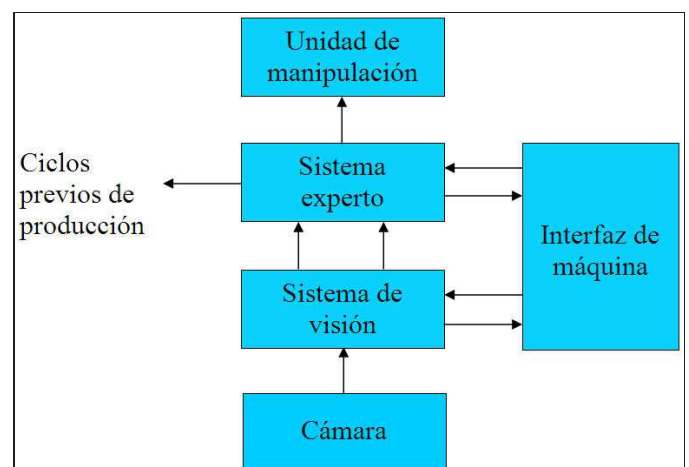


Figura 2. Proceso de inspección de calidad en pollos.

Entre las técnicas utilizadas durante el reconocimiento de los objetos se encuentran las RNA, las cuales han dado muy buenos resultados. Por lo tanto, en el caso de que se necesite clasificar un producto como bueno o malo, la red neuronal es la encargada de tomar tal decisión. No obstante, a pesar de los resultados obtenidos con la implementación de un sistema de visión artificial, en varias ocasiones se necesita reforzar la solución implementando alguna otra técnica de Inteligencia Artificial que represente el conocimiento que tienen los expertos para realizar una tarea como la inspección de la calidad. Esto último es muy importante, ya que en la mayoría de los sistemas de visión artificial el conocimiento del experto adquirido durante años para realizar su trabajo no es tomado en cuenta, por lo que puede ser utilizado para complementar el conocimiento obtenido del sistema de visión artificial.

## Los SHNS como Alternativa de Solución

Los Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos han sido utilizados en el área de la industria para resolver problemas de inspección de calidad como el que se presenta en [10] y [8].

### Inspección de la calidad: aplicación en la industria alimenticia

El trabajo presentado en [10] consiste en la detección de defectos en pollos tales como: quemaduras, hematomas y ampollas, el esquema del sistema de inspección se muestra en la Figura 2.

Para resolver el problema se utiliza una cámara que se encarga de captar la imagen, una vez que la imagen es obtenida se envía la información al sistema de visión artificial el cual se encarga de extraer del fondo de la imagen al objeto de interés, en este caso el pollo, para posteriormente segmentarlo en partes y re-

conocer cualquier defecto existente. Una vez localizado el objeto, el sistema de visión se encarga de medir algunas características de interés de la muestra. Posteriormente, con la información extraída, se alimenta a un sistema experto el cual contiene en un conjunto de reglas conocimiento del experto humano. Mediante estas reglas se deciden las acciones que deben ser realizadas sobre el pollo. Por ejemplo, puede decidir rechazar o aceptar el producto. El sistema de visión y el sistema experto son comunicados con el usuario vía la interfaz de máquina. El sistema experto cuenta con una unidad de manipulación que ejecuta físicamente las acciones que el sistema experto decide tomar. La información que el sistema de visión envía al sistema experto es utilizada por éste último para monitorear completamente la calidad de la producción. La detección de los defectos constituye el corazón del sistema de visión, su objetivo es identificar posibles áreas defectuosas y asociarlas a uno de los defectos contenidos en una lista de referencia dada. De acuerdo a la clasificación de sistemas híbridos neuro-simbólicos presentada en [1], el tipo de sistema utilizado para el problema de detección de defectos en el pollo es clasificado como un sistema semi-híbrido ya que utiliza una base de conocimientos numérica para alimentar al módulo del sistema experto basado en reglas.

### Inspección de la calidad: aplicación en la industria textil

El trabajo presentado en [8], consiste en la verificación automática de la calidad de la textura de un objeto artificial. El objetivo es definir los criterios de calidad asociados a una textura y determinar discrepancias entre la textura que se inspecciona y la que se tiene como referencia. El reconocimiento de las texturas fue realizado con cierto grado de degradación del color y con un por-

centaje de escala y rotación en las imágenes, obteniéndose buenos resultados. Sin embargo, se dejó abierta la posibilidad de mejorar el porcentaje de efectividad de reconocimiento con el uso de algunas otras técnicas. Dado que existía la posibilidad de complementar el conocimiento del sistema de visión con el conocimiento del experto humano se propuso mejorar el porcentaje de reconocimiento con la implementación de un SHNS, aprovechando la capacidad de generalización de las RNA y la capacidad de expresividad de las RP [11]. La metodología implementada consistió en:

1. Traducir el conocimiento del experto humano a través de una representación simbólica del tipo reglas de producción, la regla obtenida representa los parámetros en los cuales se define una textura de calidad.
2. Mapear el conocimiento simbólico hacia una RNA, esto con el objetivo de insertar un conocimiento *a priori* a la red.
3. Entrenar la RNA con un conjunto de ejemplos proporcionados por el sistema de visión artificial.
4. Realizar la clasificación de las texturas artificiales.

En la Tabla 1 se presenta los resultados obtenidos. Para realizar las pruebas, se utilizaron las mismas condiciones para ambos casos, con y sin la implementación de la metodología. Como se observa en la tabla, los resultados obtenidos con la implementación del enfoque neuro-simbólico (columna 3) fueron superiores a los obtenidos con el sistema de inspección automático (columna 4). Existen muchos problemas que requieren la inspección de la calidad de productos que podrían ser apoyados con un SHNS.



## Conclusión

Los Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos han demostrado ser útiles para apoyar a los sistemas de inspección visual, el uso del conocimiento teórico y práctico que nosotros como seres humanos utilizamos para solucionar un problema, representa la base de este enfoque de Inteligencia Artificial. Los SHNS son recomendables cuando se necesite complementar el conocimiento del experto humano con algún otro conocimiento numérico obtenido por ejemplo, de un sistema de visión artificial. Este artículo presentó algunos conceptos que explican el enfoque Neuro-Simbólico aplicado a problemas de la industria como el control de la calidad. Actualmente, nos encontramos trabajando en una metodología de integración neuro-simbólica y su aplicación a problemas de inspección visual, como la detección de microcalcificaciones en mamografías. ☺

## REFERENCIAS

1. Cruz Sánchez V.G., Reyes Salgado G., Vergara Villegas O.O. (2006) "Diseño de sistemas híbridos neuro-simbólicos: aspectos a considerar". *Energía y computación*, Vol. 14, No.1. pp. 10 - 15, diciembre de 2006.
2. <http://diccionariomigue.galeon.com/> Diccionario-Migue/diccionario.htm
3. Tyugu E. (2007) Algorithms and architectures of artificial intelligence, IOS press, Vol. 59, pp.184.
4. Mira J., Delgado A.E., Taboada M.J. (2003) Neurosymbolic Integration: The Knowledge Level Approach, Springer Berlin / Heidelberg, Vol. 2809/2004, pp. 460-470.
5. Mecanismo industria y desarrollo. <http://www.yourbubbles.com/mecanismo/industria/index.html>
6. Mery D. (2002) "Inspección Visual Automática", *1er Congreso Internacional de Ingeniería Mecatrónica*. Lima.
7. Sonka M., Hlavac V., Boye R. (2008) *Image Processing, Analysis, and Machine Vision*, Thomson Learning, 3er. edición.
8. Vergara Villegas O.O. (2003) *Reconocimiento de Texturas Artificiales Aplicación a la Inspección Visual*. Tesis de maestría, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (Cenidet).
9. Control, Automática y Diseño Industrial Avanzado (Cadia), Empresa de Base Tecnológica, <http://www.cadiaingenieria.es/seriva.php>
10. Piccardi M., Cucchiara R., Bariani M., Mello P. (1997) "Exploiting symbolic learning in visual inspection", *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 1280/1997, pp. 223-234.
11. Cruz Sánchez V.G., Vergara Villegas O.O., Reyes Salgado G., Ochoa Domínguez H.J., Ruiz Ascencio J. (2008) "A Neuro-Symbolic Hybrid Methodology for Quality Inspection on Artificial Textures", *New Aspects on Computing Research*. WSEAS Press, Vol. 1, pp. 154-159.

**Tabla 1. Resultados del reconocimiento de texturas artificiales[11].**

Clase	No. de imágenes	SHNS %	SVA %
Tolerancia a rotación 90 <sup>0</sup>	30	96.66	76.66
	30	100.00	55.66
	30	100.00	86.66
Tolerancia a rotación 180 <sup>0</sup>	30	96.66	76.66
	30	100.00	56.66
	30	100.00	86.66
Tolerancia a escala a la mitad	30	96.66	73.33
	30	93.33	56.66
	30	100.00	86.66
Tolerancia a escala al doble	30	86.66	70.00
	30	96.66	56.66
	30	90.00	86.66
Tolerancia a escala y rotación	30 a 90 <sup>0</sup> (1)	100.00	76.66
	30 a 90 <sup>0</sup> (2)	90.00	76.66
	30 a 180 <sup>0</sup> (1)	100.00	80.00
	30 a 180 <sup>0</sup> (2)	90.00	76.66
Tolerancia al ruido sal y pimienta	30	100.00	90.00
	30	100.00	100.00
Tolerancia a ruido uniforme	30	100.00	96.66
	30	96.67	100.00
	(1)Mitad de la escala		
	(2)Doble de la escala		

**SOBRE LOS AUTORES**



**Vianey Guadalupe Cruz Sánchez** es licenciada en informática. Tecnológico de Cerro Azul, México, 2000. M.C. Ciencias Computacionales, CENIDET, México 2004. Estudiante de doctorado en CENIDET, 2005 a la fecha. Int. Internado Palmira s/n. Col. Palmira. C.P. 62490. 01 (777) 318 - 7741, Cuernavaca, Morelos, México. vianey@cenidet.edu.mx, viany3@hotmail.com



**Osslan Osiris Vergara Villegas** es ingeniero en sistemas. Tecnológico de Zacatepec, México, 2000. M.C. Ciencias Computacionales, CENIDET, México, 2003. Dr. Ciencias Computacionales, CENIDET, México, 2006. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Profesor Investigador por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Av. del Charro 450 norte, Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura Ciudad Juárez, Chihuahua, C.P. 32310 (656)688 48 00 ext. 4760. overgara@uacj.mx



**Gerardo Reyes Salgado** es ingeniero civil por el Tecnológico de Zacatepec, México. Maestro en ciencias computacionales por el CENIDET, México, y doctor en ciencias cognitivas por el *Institut National Polytechnique de Grenoble* (INPG). Miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Subdirector Académico en Cenidet. Int. Internado Palmira s/n. Col. Palmira. C.P. 62490. 01 (777) 318 - 7741, Cuernavaca, Morelos, México. greyes@cenidet.edu.mx

**PASATIEMPOS**

# Sopa de Letras

por **Oscar Herrera Alcántara**

1. inteligencia
2. artificial
3. sociedad
4. mexicana
5. revista
6. komputer
7. sapiens
8. ciencia
9. tecnología
10. investigación

**Busque la solución en el próximo número de Komputer Sapiens**

s	y	e	g	r	v	v	a	s	c	r	ñ	q	h	j	q	e	b
q	m	d	r	k	o	m	p	u	t	e	r	w	b	i	x	d	a
c	q	i	t	c	l	o	p	m	d	v	l	p	o	k	u	ñ	l
i	n	t	e	l	i	g	e	n	c	i	a	ñ	n	q	c	o	i
e	y	r	c	o	p	u	s	x	y	s	t	l	q	m	r	r	o
n	q	k	n	a	i	n	v	e	s	t	i	g	a	c	i	o	n
c	m	g	o	d	e	y	a	c	m	a	t	a	v	y	m	d	u
i	i	h	l	ñ	x	a	s	k	m	t	d	v	y	e	k	n	x
a	e	ñ	o	j	g	r	i	l	e	b	e	y	a	s	c	s	v
a	i	i	g	l	q	m	w	r	s	q	j	s	j	y	q	c	p
s	a	p	i	e	n	s	y	u	a	l	q	v	ñ	t	q	n	e
x	g	c	a	i	d	o	o	d	r	y	n	o	x	v	t	t	d
e	v	i	b	ñ	j	c	j	i	c	g	v	e	w	d	c	p	e
c	f	x	a	r	t	i	f	i	c	i	a	l	y	l	n	m	n
d	s	s	r	r	w	e	v	p	b	p	o	l	b	r	k	l	s
k	v	f	x	t	x	d	a	j	q	b	c	x	ñ	f	k	c	h
a	m	e	x	i	c	a	n	a	q	n	m	s	o	n	g	q	o
e	p	n	a	d	o	d	x	u	w	q	v	i	m	d	e	m	e

## ARTÍCULO INVITADO

## 50 Años de Investigación en Computación en México

por Christian Lemaître León

## Introducción

En junio de 1958 se instaló en la Facultad de Ciencias de la UNAM la primera computadora electrónica en México, una máquina IBM 650. Iniciaba así la historia de la computación académica en México. Si bien la instalación de una computadora era una condición necesaria para el surgimiento eventual de grupos de investigación en computación, sin duda no era una condición suficiente. En las líneas que siguen, trataré de esbozar algunos rasgos de la historia del surgimiento y evolución de la actividad de investigación en computación en nuestro país, a partir tanto de documentos disponibles como de vivencias personales.

La historia oficial de la computación en México, expresada, por ejemplo, en los discursos conmemorativos, suele enumerar el calendario de adquisiciones. Es notable la fas-

cinación que muestran las autoridades por las compras de computadoras, como si con ello, de manera automática, la institución y el país asegurara un uso eficiente, innovador y creativo de esta tecnología. Esa misma historia oficial ha mostrado un desconocimiento casi total a las actividades de investigación y de formación de profesionistas y académicos de alto nivel. Poco se ha escrito en relación de los grupos de investigación en computación, de su surgimiento y evolución; es una historia por contar, que requiere un trabajo sistemático y extenso que sobrepasa, por mucho, el alcance de este artículo.

La instalación de la IBM 650 se debió a la conjunción de voluntades de científicos con gran visión como el doctor Nabor Carrillo, en ese entonces rector de la UNAM, el doctor Alberto Barajas, coordi-

nador de Investigación Científica y el doctor Carlos Graef, director de la Facultad de Ciencias, así como del dinamismo y perseverancia del ingeniero Sergio Beltrán, quien se desempeñó como el primer director del Centro de Cómputo Electrónico de la UNAM (CCE). Se planteaba así un reto de gran envergadura: situar a nuestro país en el concierto de países que se asomaban por esos años a esta nueva tecnología, en ese tiempo, misteriosa y fascinante. Estaba claro para estos científicos, que la computadora electrónica vendría a ser un gran apoyo para la investigación en física en matemáticas y en ingeniería. Así fue como en los primeros años, el CCE se pobló de un grupo entusiasta de alumnos de las carreras impartidas en la Facultades de Ciencias y de Ingeniería de la UNAM.

---

**Era notable la fascinación de las autoridades por las compras de computadoras, como si con ello, de manera automática, la institución y el país aseguraran un uso eficiente, innovador y creativo de esta tecnología.**

---

## La década de los sesenta

La década de los sesenta transcurrió en medio de una gran actividad de entre un pequeño círculo de iniciados. A la UNAM se sumó en 1961 el IPN, que inauguró su centro de cómputo, el CENAC, y en 1964 el ITESM que instaló su primera computadora y poco después inauguró la primera carrera de computación en el país. La UNAM, el IPN y el ITESM se convirtieron en polos de atracción de estudiantes brillantes que deseaban acercarse a ese nuevo mundo de la computación.

A lo largo de los primeros años, el CCE, a instancias de su director, el Ing. Sergio Beltrán, organizó un total de siete coloquios sobre compu-

tadoras electrónicas y sus aplicaciones, trayendo investigadores de renombre, algunos de los cuales se convirtieron con el tiempo en verdaderos referentes de las ciencias de la computación. Es así como vinieron a impartir sus conferencias y en algunos casos cursos, A. Perlis, J. McCarthy, M. Minsky, H. McIntosh, M. Lemann, N. Wirth y K. Iverson, entre otros.

Esta red de contactos científicos que se fue construyendo a lo largo de los primeros años sirvió para poder enviar los primeros estudiantes de posgrado a algunas de las universidades más prestigiosas, así como para iniciar algunos de los primeros proyectos de investigación.

Por ejemplo, Harold McIntosh, físico, matemático y químico que se había convertido en un experto en LISP, inició después de su primera visita a México, su larga carrera como gran formador de científicos de la computación mexicanos con la dirección de la tesis de licenciatura de Manuel Álvarez en 1961. En 1964 fue invitado a trabajar en el recién creado CINEVESTAV, en el Departamento de Física, en donde dirigió las tesis de licenciatura de Adolfo Guzmán Arenas y de Raymundo Segovia, alumnos de la ESIME del IPN, sobre el diseño y programación del lenguaje CONVERT.

Otro ejemplo es el de Manny Lemann quien había diseñado la



computadora SABRE de la Universidad de Israel, y que organizó un pequeño grupo de alumnos para diseñar la computadora MAYA. Si bien nunca se logró construir esta computadora, varios de los estudiantes que trabajaron con él hicieron una carrera relevante en computación, como Mario Magidin y Raymundo Segovia.

Un tercer ejemplo es el de Kenneth Iverson, inventor del lenguaje APL, quien impartió una serie de cursillos. Este lenguaje tuvo un cierto auge en México debido a su adopción por el reconocido astrónomo mexicano Eugenio Mendoza, quien a su vez lo difundió entre jóvenes estudiantes, entre los que se encontraba Pablo Noriega.

Un grupo importante de los primeros usuarios de la IBM 650 y demás computadoras que le siguieron, fueron investigadores de diversas disciplinas como física (T. Brody, H. McIntosh), matemáticas (A. Barajas y F. Zubieta), astronomía (A. Poveda), lingüística (M. Swadesh y D. Cazes), fisiología (J. Negrete) y cibernética (A. Medina, G. Kurtz). Algunos de ellos jugaron un papel importante en la formación de las primeras generaciones de computólogos. Fue el caso de Tomás Brody, quien impulsó el uso de la computación avanzada en la física al mismo tiempo que desarrollaba su “Lispito” y daba cursos de teoría de la computación; Alejandro Medina quien formó un grupo interdisciplinario importante en torno de la Cibernética y entusiasmó a muchos jóvenes a proseguir sus estudios en áreas como control, inteligencia artificial e ingeniería en computación; José Negrete, quien fundó el laboratorio de biocibernética en el CCE y desarrolló a finales de los años sesenta un sistema de diagnóstico médico bayesiano, un sistema experto *avant la lettre*.

Los primeros doctores en computación salieron de ese crisol, Renato Iturriaga y Enrique Calderón por parte de la UNAM, y Adolfo Guzmán y Mario Magidin por parte

del IPN. Renato Iturriaga quien fue el primer graduado en Ciencias de la Computación del Carnegie Institute of Technology, hoy Carnegie Mellon University, fue nombrado, a su regreso a México, director del CCE de la UNAM en sustitución de Sergio Beltrán. Adolfo Guzmán regresó a México después de haber terminado su doctorado con M. Minsky en el MIT a dirigir el Centro Científico de IBM, para pasarse en 1975 al IIMAS de la UNAM como jefe del Departamento de Computación, en sustitución de Robert Yates. Enrique Calderón se doctoró en la Universidad de Pensilvania y regresó a la UNAM, poco tiempo después se pasó al sector público. Mario Magidin entró al IIMAS a su regreso de Berkeley y después de unos pocos años se pasó a la recién creada UAM para después irse con Enrique Calderón al sector público.

Con el regreso de los primeros doctores en computación, con nuevos ánimos, se reinició el ciclo de atraer jóvenes estudiantes para enviarlos a estudiar al extranjero, estableciendo así un proceso de formación permanente de nuevos científicos y tecnólogos de alto nivel que continúa hasta nuestros días.

## La década de los setenta

La década de los setenta fue en cierta forma un periodo de crecimiento. Con la llegada de las nuevas generaciones de doctores se fueron consolidando nuevos grupos de investigación. El CENAC del IPN creó, a fines de los años sesenta, la primera maestría en ciencias de la computación. La UNAM creó la suya en 1975. H. McIntosh creó, en 1971, un grupo de computación en el Instituto Nacional de Energía Nuclear, INEN, con egresados de la Escuela de Físico Matemáticas del IPN. En 1975 todo este grupo fue invitado a incorporarse a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP.

Algunas de las líneas de investigación que se empezaron a desarrollar por esos años incluían, entre

otras, percepción remota, procesamiento de lenguaje natural, redes de computadoras, nuevas arquitecturas, lenguajes de programación. Para finales de esa década y principios de los años ochenta, los dos principales grupos de investigación en computación eran el del IIMAS de la UNAM y el de la BUAP. El primero tenía un poco más de veinte doctores en computación trabajando en su seno, y la BUAP del orden de unos quince.

## La década de los ochenta

Como es bien conocido, a la década de los ochenta se le denominó la “década perdida” por la enorme crisis económica que se abatió sobre el país. Los salarios sufrieron una pérdida de poder adquisitivo terrible lo que provocó, entre otras cosas, una situación de emergencia en todas las instituciones académicas. Como respuesta de emergencia se creó el Sistema Nacional de Investigadores, SNI, con el fin de buscar retener en el país a los científicos en activo. Sin embargo, para el campo de las ciencias de la computación esta crisis fue devastadora y el SNI no tuvo ningún efecto. En menos de tres años, todos los grupos de investigación de las universidades mexicanas o desaparecieron o se redujeron a su mínima expresión. Por ejemplo, para 1984 el grupo del IIMAS de la UNAM había pasado de veinte a cuatro doctores. El grupo de la BUAP se redujo también drásticamente. El esfuerzo de dos décadas para construir grupos de investigación de buen nivel se vino abajo en gran medida.

¿A dónde se fueron esos investigadores? Unos se fueron al extranjero, otros se pasaron a la iniciativa privada o al sector gubernamental. Está claro que lo que jugó un papel central en el caso de la computación, fue que la expansión creciente del mercado informático hacía que fuese relativamente fácil encontrar, fuera del ámbito académico, trabajo bien remunerado. Para aquellos que preferían continuar con sus actividades

de investigación, la solución era la de buscar trabajo en universidades extranjeras, en donde, particularmente las de Estados Unidos, estaban expandiendo su planta docente debido al auge general del mercado informático. Para los profesores e investigadores que se quedaban en las universidades mexicanas, había que empezar de nuevo.

Afortunadamente, el flujo de becarios que terminaban su doctorado en el extranjero y regresaban a México no se interrumpió. Con su llegada y gracias al tesón y enjundia de los investigadores que habían permanecido en las universidades se pudo mantener una actividad académica mínima que se fue fortaleciendo poco a poco bajo una dinámica mucho más abierta e interinstitucional que en la década anterior. Es así como en 1986 se creó la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial, cuyo primer presidente y principal impulsor fue José Negrete. A finales de esa década, la situación salarial en las universidades públicas volvió a hacer estragos en los grupos recién formados; sin embargo, para algunas instituciones privadas como la UDLA, el ITESM o el ITAM, fue un momento importante de creación y de crecimiento de una planta docente de doctores en computación con una vocación hacia la investigación. Esto contrastó con el caso del CINVESTAV, cuya Sección de Computación se creó en 1983 en el Departamento de Ingeniería Eléctrica. Esta Sección había sido concebida como paso previo a la constitución del Departamento de Computación. Desgraciadamente, eso no se pudo realizar sino hasta veinte años más tarde. El plan original para este departamento, elaborado por Héctor Nava Jaimés, Juan Milton Garduño y Adolfo Guzmán Arenas, era el de llegar a tener en pocos años más de veinte investigadores. Desgraciadamente, la situación del país no permitió que la sección de computación del CINVESTAV creciera en mucho tiempo. El Departamento de Computación se creó finalmente en el año de 2006.

---

**La creación de la SMIA en 1986 vino a poner un poco de orden a la comunidad académica de fines de los años ochenta. Sus congresos anuales permitieron que la renaciente comunidad se conociera y se organizara.**

---

Eran años en donde los temas de investigación y de desarrollo tecnológico se centraban en sistemas expertos, procesamiento de lenguaje natural, programación lógica y visión.

### La década de los noventa

A principios de los años noventa, el INEGI se destacó como la única dependencia del gobierno federal que se haya ocupado y preocupado por establecer una política integral de informática, incluyendo la investigación y desarrollo. Desgraciadamente no logró incorporar en esa visión a las demás instituciones gubernamentales involucradas. Como parte de esa visión, el INEGI conformó un Consejo Asesor de informática que en 1994 publicó un documento intitulado: Elementos para un Programa Estratégico en Informática. A continuación se reproduce un extracto de lo expuesto en dicho escrito que muestra que existía ya en esos días una clara visión de la problemática de la investigación en computación de esos días.

“El estudio realizado por el INEGI a los 28 grupos de investigación más connotados en 1992, evidenció que sólo existen 78 investigadores con doctorado, de los cuales 36 laboran en una sola institución. La mayor parte de la actividad reportada en ese estudio y casi toda la financiada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) hasta 1990, puede calificarse de ‘transferencia de tecnología’, aunque el impacto real de dichos proyectos en la industria nacional es difícilmente cuantificable. Más aún, de los 275 proyectos de investigación financiados por el CONACYT en 1991, ninguno fue en informática . . .

Los datos del estudio correspondiente realizado en el primer trimestre de 1994 indican que el número de grupos de investigación se redujo a 17 . . .

No obstante, es necesario destacar que, en particular, las áreas de Inteligencia Artificial, Computación Gráfica e Interoperabilidad cuentan con comunidades organizadas y activas y han sostenido niveles razonablemente altos de calidad. Cabe mencionar que en estas áreas hay grupos de investigación básica, investigación aplicada y docencia que aunque frágiles, han mantenido relativa estabilidad y participación en la comunidad informática internacional . . .

Sin embargo, este Grupo Consultivo considera que, en términos generales, la investigación en tecnología de la información es escasa, inconstante y se encuentra atomizada en grupos dispersos temática y geográficamente. Aunque las razones que explican esta situación son difíciles de precisar, es evidente, por una parte, que el deterioro general de los salarios académicos ha propiciado no sólo la salida de informáticos hacia la industria que ya se ha mencionado, sino la emigración de por lo menos un centenar de mexicanos que actualmente estudian o trabajan en el extranjero, para los que virtualmente no existen en la actualidad ofertas atractivas de repatriación en la docencia y la investigación.”

La década de los noventa fue de gran actividad, se crearon y reforzaron diferentes grupos de investigación y docencia en computación. En 1991 se creó el Laboratorio Nacional de Informática Avanzada, LANIA, en Xalapa, que a su vez apoyó la creación del grupo de inteligencia artificial de la Universidad Veracruzana. En 1995 se creó el Centro de Investigación en Computación, CIC, del IPN. A lo largo de esa década, los grupos del ITESM aumentaron notablemente, los grupos del CICESE, INAOE, CIMAT, Universidad Veracruzana, BUAP, entre otros,

empezaron a crecer. En 1995, por iniciativa de un grupo pequeño de investigadores se creó, bajo la auspicio de la SMIA, la Sociedad Mexicana de Ciencias de la Computación, SMCC, siendo su primer presidente Vladimir Estivil, en ese entonces investigador del LANIA. A lo largo de esos años, la comunidad de la

computación logró tener una presencia relevante en CONACYT; poco a poco se le fue reconociendo como un área estratégica para el país y fueron apoyadas diversas iniciativas de colaboración internacional, primero con Estados Unidos, a través de un convenio NSF-CONACYT y posteriormente con Francia, lo que desem-

bocó en la creación de un laboratorio “virtual” franco mexicano en informática, el LAFMI, en el año 2000. De igual forma, se impulsó un trabajo sistemático de cooperación entre instituciones nacionales a través de la creación de la Red de Investigación en Informática (REDII).

---

**En un espacio de 16 años se multiplicó el número de doctores 7 veces. Hoy tenemos grupos grandes de investigadores, aunque también existe una gran dispersión de doctores aislados o en grupos demasiado pequeños.**

---

## El inicio del nuevo siglo

A principios de la primera década de este siglo las cosas volvieron a cambiar. Si bien de palabra el CONACYT sostenía la importancia de la computación como área estratégica para el país, a excepción de la creación y mantenimiento del LAFMI, la presencia real de la computación en CONACYT y en sus comisiones dictaminadoras prácticamente desapareció. No obstante, a pesar de todo, el campo de la computación ha demostrado tener un dinamismo, no sólo en el ámbito comercial, gubernamental y social, sino también en el académico de investigación. Hoy en día somos más de 500 doctores distribuidos en 57 instituciones de educación superior.

Con motivo del 50 aniversario de la instalación de la IBM 650 en la UNAM se creó la Red Mexicana de Investigación y Desarrollo en Computación, REMIDEC, que ha servido para coordinar muy diversas actividades académicas conmemorativas entre las que destaca la redacción de un documento en donde presentamos nuestra visión de dónde estamos, a dónde quisiéramos llegar y cómo nos imaginamos que podríamos lograrlo. A este documento le denominamos “Manifiesto”. Hasta mediados del 2008 el Manifiesto había sido suscrito por 210 investigadores en computación y áreas afines, 25 de los cuales son colegas mexicanos que trabajan en el extranjero.

La elaboración del Manifiesto nos permitió, por primera vez, articular un amplio consenso sobre la concepción que nos hacemos de nuestro campo. El levantamiento del censo de doctores en computación en instituciones de educación superior nacionales, a pesar de la confiabilidad de las informaciones públicas obtenidas a través del Web, nos reveló una situación interesante que se resume en la Tabla 1. Destacan cinco instituciones con más de 30 doctores, así como 12 instituciones que tienen entre 21 y 10 doctores. A lado de estos grupos coexisten un gran número de

grupos más pequeños: cinco instituciones que tienen entre 8 y 5 doctores, así como 36 instituciones con menos de 5 doctores en computación, 20 de las cuales cuentan sólo con un doctor.

**Tabla 1. Distribución de doctores en computación por institución.**

ITESM	82	Además de:
UNAM	68	
IPN	65	36 instituciones con menos de cinco doctores:
UAM	44	
CINVESTAV	32	
UV	21	
BUAP	19	3 con 4 doctores
INAOE	19	1 con 3 doctores
UGto	15	12 con 2 doctores
CIMAT	14	20 con 1 solo doctor
ITAM	14	
CICESE	13	
UDG	13	<b>En total 555 doctores en computación y áreas afines</b>
CENIDET	11	
U.A.Hidalgo	11	
UANL	10	
UDLA	10	
IIE	8	
UABC	8	
Universidad Michoacana	8	
UAEM	6	
U.A.Aguascalientes	5	

## Conclusiones

En resumen, de 78 doctores en 1992 pasamos a 555 en 2008, es decir que en un espacio de 16 años se multiplicó el número de doctores siete veces. Hoy tenemos grupos mu-



cho más grandes de investigadores que en 1992, aunque también existe una gran dispersión de doctores aislados o en grupos demasiado pequeños.

¿Cómo debemos de leer estos resultados? Podemos realizar una lectura pesimista o una optimista. La lectura optimista dice que hemos crecido muy rápidamente en los últimos quince años, que estamos en proceso de consolidación y aumento de tamaño de los grupos más pequeños, y que la gran dispersión geográfica, más que una desventaja es un gran potencial para lograr, en pocos años, una cobertura importante de todo el territorio con grupos de investigación y desarrollo en computación que apoyen tanto a mejorar la docencia como a propiciar el surgimiento de empresas de software. La lectura pesimista nos dice que a pesar del crecimiento, la dispersión ha aumentado, que son muy pocos los grupos que han logrado tener una masa crítica para lograr una productividad comparable con los estándares internacionales y con posibilidad real para incidir en proyectos de innovación tecnológica industria-

les, y que además, con la actual crisis económica del país pronto veremos un nuevo desmembramiento de los grupos más consolidados.

¿Cuál de las dos lecturas será la más correcta? En buena medida eso dependerá del camino que decidamos emprender como comunidad y del empeño que pongamos por alejar los augurios pesimistas, profundizar en el análisis de nuestra realidad y de nuestras opciones, de aprender a explicar y mostrar en los hechos el gran potencial que tenemos tanto en el campo de la investigación como en el de desarrollo tecnológico innovador.

Qué mejor que este 50 aniversario para iniciar una nueva etapa de discusión tanto al interior de nuestra área, como con nuestro entorno, gobierno, empresas y sociedad, sobre la necesidad de consolidar y multiplicar los grupos de investigación en computación en el país para beneficio de su desarrollo social, económico, tecnológico y científico. ☺

## REFERENCIAS

1. Soriano M. y Lemaître C. (1985) "Primera década de la computación en México, 1958-1968". *Ciencia y Desarrollo*, Vol. 60 y 61. CONACYT, México.
2. Mendoza E. E. (1974) "APL in Astronomy". *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, Vol. 1, No. 11.
3. Cisneros-S G. (1991). "La computación en México y la influencia de H. V. McIntosh en su desarrollo". CIMAT. Disponible en: <http://delta.cs.cinvestav.mx/mcintosh/oldweb/pothers.html>
4. Grupo Consultivo de Política Informática (1994). *Elementos para un Programa Estratégico en Informática*. INEGI.

---

## SOBRE EL AUTOR



**Christian Lemaître León** es doctor en informática por la Universidad de Paris VI y licenciado en física por la UNAM. Miembro fundador de la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial; de la Sociedad Mexicana de Ciencias de la Computación, de la *International Foundation of Autonomous Agents and Multiagent Systems*, y del Laboratorio Nacional de Informática Avanzada. Fue Presidente de la SMIA. Actualmente es jefe del Departamento de Tecnologías de la Información de la División de Ciencias de la Comunicación y Diseño de la UAM-Cuajimalpa.

Sus áreas de interés son inteligencia artificial distribuida, sistemas multiagente, planificación, procesamiento de lenguaje natural, sistemas cognitivos, creatividad computacional y manejo de emociones, sistemas de interacción humano computadora adaptables, sistemas colaborativos. Aplicaciones de la inteligencia artificial a sistemas de información, comercio-e, gobierno-e, educación-e, logística, videojuegos, cómputo ubicuo.

## COLUMNAS

## IA &amp; Educación

a cargo de **Julieta Noguez Monroy**, [iaeducacion-ksapiens@smia.org.mx](mailto:iaeducacion-ksapiens@smia.org.mx)

El objetivo de esta columna es dar a conocer las principales aportaciones y experiencias exitosas de la aplicación de la Inteligencia Artificial en el área de educación.

El aprendizaje ha sido una actividad fundamental en la supervivencia y evolución de la raza humana. El hombre aprende la cultura del entorno en el que nace y mediante el conocimiento se operan cambios importantes en su crecimiento intelectual y personal. La epistemología, la psicología y la ciencia del conocimiento centran su interés en la inteligencia humana y están ligadas a la investigación de la comunicación y del conocimiento en forma similar a los objetivos de la inteligencia artificial. Se busca entender y construir modelos de cómo los seres humanos aprenden y cómo se desempeñan en diferentes dominios, buscando representaciones explícitas del conocimiento humano.

Desde los inicios de la computación y de la inteligencia artificial se han vislumbrado sus aplicaciones en la enseñanza y en la investigación de los procesos de aprendizaje, tanto de los seres humanos como de las computadoras. Dentro de las ciencias computacionales, la inteligencia artificial ha florecido en las últimas décadas y en particular el esfuerzo de su aplicación a la educación ha contribuido al desarrollo de nuevos ambientes virtuales de aprendizaje.

En los inicios, en las décadas de los 50's y 60's surgieron los sistemas de instrucción basados en computadora (*Computer Based Instruction*, CBI) con una posición teórica conductista, basada en los trabajos de Skinner [1]. Un poco más tarde surgió la instrucción tradicional basada en computadora, en la que se utilizaba a la computadora para dar lecciones. Ésta tuvo un mayor desarrollo hacia la década de los 70's, involucrando a investigadores de la educación y a los desarrolladores de aplicaciones computarizadas.

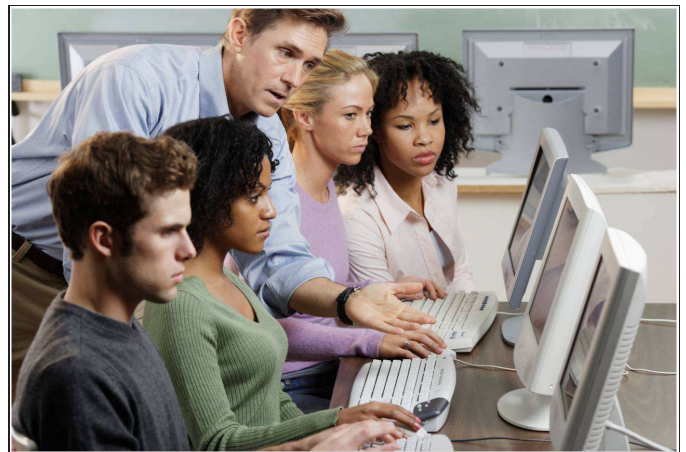
Los trabajos de Bolt, Beranek y Newman [2] sobre el estudio del desarrollo de estructuras de conocimiento, los de Newell y Simon [3] y otros investigadores de Carnegie Mellon sobre la búsqueda de la solución de problemas en la construcción de sistemas expertos para jugar ajedrez, así como el aumento de la capacidad de cómputo, contribuyeron al surgimiento la instrucción asistida por computadora (*Computer Aided Instruction*, CAI).

En la década de los 80's la Instrucción Asistida por Computadora (CAI) se convirtió en una disciplina que utilizaba la tecnología de computación y la instrucción individualizada para facilitar el proceso de aprendizaje en todos los niveles educativos. Entre las ventajas más importantes que se identificaban hasta ese momento, estaban el reducir costos de entrenamiento, reducir la necesidad de utilizar equipo caro o peligroso para la capacitación y permitir la actualización rápida del material de enseñanza. Muy pronto los psicólogos entraron en escena para bus-

car la aplicación de las teorías de Piaget, Harlow, Bruner. Se añadieron conceptos importantes de aprendizaje como aprender-haciendo (*learning by doing*), aprendizaje por descubrimiento, aprendizaje por comprensión y ambientes interactivos y reactivos [4].

También en los 80's surgieron los Sistemas Inteligentes Asistidos por Computadoras (ICAI) como un ejemplo de aplicación de la tecnología de Inteligencia Artificial en la enseñanza. Los Sistemas Tutores Inteligentes son un caso particular de este tipo de sistemas. Sin embargo, en forma genérica, a mitad de la década de los 80's el término de Sistemas Inteligentes Asistidos por Computadoras fue reemplazado por el de Sistemas Tutores Inteligentes [5].

Un sistema tutor inteligente es un sistema cuyo objetivo principal es reproducir el comportamiento de un tutor humano (competente) que puede adaptarse al ritmo de aprendizaje del estudiante [6,7].



**Figura 1. Interacción de estudiantes con sistemas tutores inteligentes supervisada por un tutor humano.**

Durante los 90's y la década actual surgieron nuevas tecnologías y enfoques metodológicos que ampliaron las fronteras y aplicaciones de los sistemas tutores inteligentes. Entre las más importantes se pueden mencionar:

- Ambientes creativos de conocimiento (*Creative Knowledge Environments*, CKE's)
- Visualización de Datos por Computadora (*Computer Data Visualization*)
- Convergencia Digital (*Digital Convergence*)
- Tecnologías para el entretenimiento (*Entertainment technologies*)
- Interfaces Inteligentes (*Intelligence Interfaces*)
- Publicaciones en Línea (*Online publishing*)

- Redes dominantes (*Pervasive networks*)
- Video juegos (*Video gaming*)
- Educación Virtual (*Virtual Education*)
- Realidad Virtual (*Virtual Reality*)
- Dispositivos móviles (*Wireless devices*)

Actualmente persiste la línea de trabajar considerando al estudiante como el actor principal del proceso de aprendizaje. La evolución de las tecnologías de información y de comunicaciones presenta nuevos retos y prometedoras oportunidades de mejorar el desempeño de los estudiantes empleando técnicas de Inteligencia Artificial. En números subsecuentes se dará más detalle de estas tecnologías.

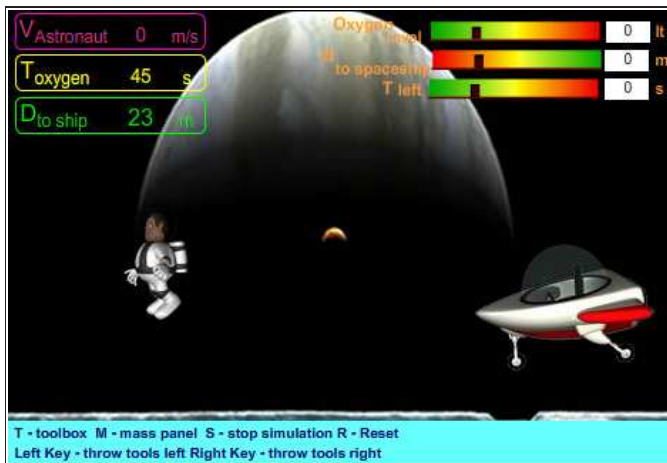


Figura 2. Laboratorio Virtual de Física con Sistema Tutor Inteligente [8].

Por otra parte, un número importante de instituciones educativas nacionales e internacionales incluye en sus

diversos programas curriculares la enseñanza de la Inteligencia Artificial con el propósito de representar y utilizar el amplio conocimiento que permite a los expertos realizar inferencias y tomar decisiones. En los siguientes números también comentaremos sobre las instituciones más sobresalientes en este campo del conocimiento.

En esta columna daremos a conocer la visión, experiencias, prácticas exitosas y esfuerzos que se han realizado tanto en la aplicación de la inteligencia artificial en la educación, como en la enseñanza de la inteligencia artificial. En el próximo número compartiremos la aportación del Dr. Rafael Morales Gamboa, colega de la Universidad de Guadalajara. 🌀



Figura 3. Ambiente híbrido de realidad virtual con videojuegos.

## REFERENCIAS

1. Skinner B.F. (1958) "Teaching Machine". *Science*, 128. pp 969-977.
2. Walden D., Nickerson R. Computing at Bold, Beranek and Newman: The First 40 Years, Part 1. <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/85/30966/01438231.pdf>. Consultado en agosto de 2008.
3. Newell A., Simon H. (1972) *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs. NJ. Prentice Hall. pp. 87-127.
4. Park O., Perez R., Seidel R. (1987) "Intelligent CAI. New Bottles, or a New Vintage?" Cap. 2 del libro Editado por Kearsley Greg *Artificial Intelligence and Instruction. Application and Methods*. Addison Wesley Publishing Company.
5. Wenger E. (1987) *Artificial Intelligence and intelligent Tutoring Systems: Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge*. Morgan Kaufmann. San Francisco, USA.
6. Frasson C., Mengelle T., Aimeur E., Gouarderes G. (1996) "An Actor-Based Architecture for Intelligent Tutoring Systems". *3th International Conference ITS'96*, pp. 57-65.
7. Self J. (1999) "The defining characteristics of intelligent tutoring systems research: ITSs care, precisely". *International Journal of Artificial Intelligent in Education*. Vol 10. pp. 350-364.
8. Muñoz K. Noguez J. McKeivitt P. "Hybrid Learning Environments: Analysing the effects of enhancing human computer interaction to deliver education". University of Ulster. Irlanda. Tecnológico de Monterrey, Campus Ciudad de México. <http://elearning.ccm.itesm.mx:8080/EEXIP>



## COLUMNS

# Deskubriendo Konocimiento

## *The Emotion Machine* de Marvin Minsky

a cargo de **Gildardo Sánchez Ante**

En un texto planteado en nueve capítulos Marvin Minsky hace gala una vez más de su peculiar narrativa, en esta ocasión con la intención de desentrañar cómo es que los cerebros de los humanos trabajan, para a partir de ello diseñar computadoras que piensen y sientan como nosotros, que es al menos en la visión de algunos, el objetivo último de la Inteligencia Artificial.

Recurriendo en esta ocasión a una especie de diálogo al estilo de Platón, Minsky introduce en su libro diversos interlocutores, quienes a lo largo del texto lanzan preguntas o comentarios sobre varios aspectos, los cuales dan pie a un análisis de singular profundidad. Es a través de este diálogo que finalmente se señalan nueve características de los humanos que en la concepción de Minsky constituyen la esencia de nuestro ser y de nuestro actuar. Esas nueve características van desde el reconocer que hemos nacido ya con una serie de “recursos” mentales, hasta la facultad que poseemos de construir diversos modelos de nosotros mismos, pasando por el aprendizaje a partir de la interacción con otros, el que las emociones son formas diferentes de pensar, el pensamiento acerca de nuestros pensamientos recientes, el aprendizaje a diferentes niveles, la acumulación de conocimiento de sentido común, la facultad de cambiar entre formas diferentes de pensamiento, y la representación del conocimiento en múltiples formas.

En relación con las emociones (o emoción, como Minsky llama a todo el conjunto), en el texto se establece que somos una máquina de instintos. Esta máquina funciona con base en tres aspectos: el reconocimiento de situaciones, el conocimiento sobre la reacción ante dichas situaciones y finalmente, el referido a los músculos o motores que ejecutan las acciones pertinentes ante esas situaciones. Por supuesto, para un entendido de la computación, esto puede ser mapeado a una estructura de control clásica: la toma de decisión o reglas si-entonces. Es así pues que es posible considerar que los humanos vivimos inmersos en un ciclo de acción-reacción-acción. Para el autor, una arquitectura plausible para nuestro cerebro implica la presencia de otra máquina, una que ejerce la labor de un crítico-selector, la cual tiene la función de identificar conflictos y resolverlos a través de cambios de tipos de acción, a los que Minsky llama de manera general “Modos de Pensamiento”. Este concepto es, desde mi punto de vista, muy importante ya que a través de él se explica la relación que existe hacia el pensamiento deliberativo o lógico. Esta máquina pudiera explicar, de alguna manera, el que ante una misma situación unos humanos reaccionen mostrando ira, otros sorpresa y otros más angustia.

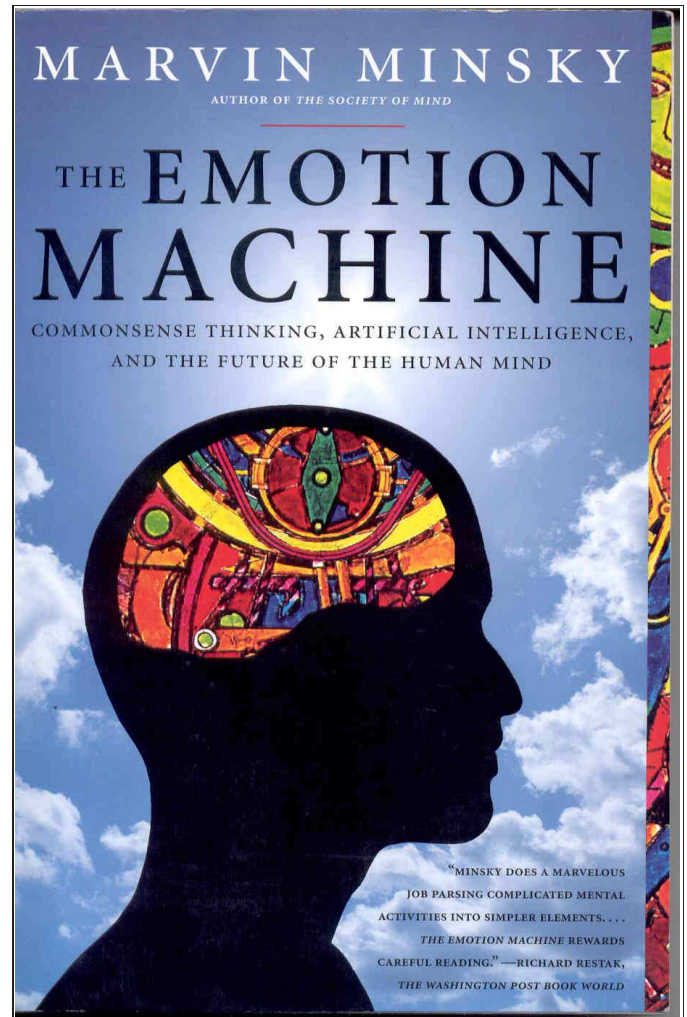


Figura 1. Portada del libro *The Emotion Machine*, Marvin Minsky. Simon & Schuster, 2006.

Otro aspecto relevante concierne los modelos de las actividades mentales, las cuales varían desde las reacciones instintivas muy cercanas a comportamientos infantiles, hasta emociones de auto-conciencia, próximas a nuestras metas, valores e ideales. Entre esos dos niveles estarían las reacciones aprendidas, el pensamiento deliberativo, el reflectivo y el auto-reflectivo. A través de este modelo se intenta explicar cómo los humanos definimos nuestros objetivos, entendiendo que algunos de ellos han sido “impresos” genéticamente y otros se aprenden y al interiorizarse alcanzan un estado diferente de auto convencimiento.

---

**Uno de los temas recurrentes de Minsky es la conciencia, la cual es comparada con una maleta a la que mandamos todo aquello que no encontramos dónde más acomodar.**

---

Por supuesto, uno de los temas recurrentes en los escritos de Minsky es la conciencia, y este libro no podría haber dejado el tema de lado. En esta ocasión, el concepto de conciencia es comparado con el de una maleta a la que mandamos todo aquello que no encontramos dónde más acomodar. Minsky argumenta que en realidad el gran problema para entender la conciencia es que hemos tratado de “empaquetar” los productos de muchos procesos mentales que además ocurren en partes diferentes de nuestro cerebro, y que ahora habría que separarlos de nuevo para tratar de comprenderlos de manera individual. Muchos de esos procesos mentales han sido tema de discusión en muy diversas disciplinas y atendiendo a enfoques diferentes también. Uno de los que más me llamó la atención es justamente el de las limitaciones de la introspección.

Quizá uno de los temas más ricamente analizados en el libro es el del sentido común. Minsky hace este análisis partiendo de tres puntos fundamentales: los programas computacionales actuales no tienen conocimiento de sentido común, no tienen objetivos explícitos y suelen tener

limitaciones en cuando al manejo de recursos. Estos tres temas enlazan de manera simple el porqué las computadoras actuales no muestran un razonamiento de sentido común. Los humanos sabemos muchas, quizá demasiadas cosas, de las cuales no siempre somos conscientes. Pensar en un trozo de hilo que ata a un paquete implica entender una gran cantidad de hechos relacionados, como cuál es la utilidad del hilo, que un hilo puede emplearse para jalar cosas, pero no para empujarlas, que si lo estiramos en demasía se romperá y muchas otras cosas más. Todo ese conocimiento está latente y el cerebro echa mano de él cuando lo necesita, aunque en este proceso no siempre intervengamos de manera consciente. Luego, está el problema de que cuando usamos programas para resolver problemas les decimos a esos programas qué hacer, pero no el porqué lo queremos hacer, de manera que es imposible para el programa estimar si la respuesta que están produciendo es de utilidad para el usuario, sea en costo o en calidad. Además de que en caso de hacerle falta conocimiento el programa se detendrá, mientras que si conociera cuál es el propósito de lo que se le ha pedido pudiera quizá buscar resolver el problema de una manera alternativa. Los temas derivados de estas discusiones son altamente disfrutables sin duda. Recomendables de manera particular me parecieron las discusiones sobre las intenciones y los objetivos y el razonamiento por analogía.

---

**Los programas computacionales actuales no tienen conocimiento de sentido común, no tienen objetivos explícitos y suelen tener limitaciones en cuando al manejo de recursos.**

---

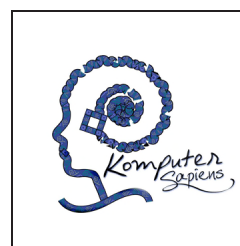
Resumiendo, *The Emotion Machine* es un buen libro que toca aspectos básicos y fundamentales, que no triviales. Puede ser un excelente acompañante de otros textos que ahondan más en dos aspectos que Minsky menciona muy superficialmente o incluso que obvia: la psicología de la cognición y los procesos biológicos. No es un libro en el que se haga énfasis alguno en la parte algorítmica de la inteligencia, no hay códigos o pseudocódigos en todo el texto, y hay quienes pudieran sentir que los análisis de Minsky quedan trancos al descartar referencias que en algunas de éstas áreas se han establecido como casi obligadas, tal como es el caso de Joseph E. LeDoux, quien escribió *The Emotional Brain* y que no es siquiera citado por Minsky, a pesar de que muchos consideran ese texto como muy importante. Si el lector llega a este texto después de haber leído *The Society of Mind* sin duda encontrará algunos -muchos en realidad- puntos en común, pero en algunos casos en el nuevo texto Minsky se da el gusto de tratarlos con más detalle. Finalmente en este tex-

to sigue el autor sigue considerando a la mente como un sistema complejo que se forma a través de la interacción de muchos subsistemas simples.☞

---

Contribuciones e información, escriba a [deskubriendokonocimiento-ksapiens@smia.org.mx](mailto:deskubriendokonocimiento-ksapiens@smia.org.mx)

---



Suscripciones  
& información

[komputersapiens@smia.org.mx](mailto:komputersapiens@smia.org.mx)

<http://komputersapiens.org.mx>

## **Special Track on Uncertain Reasoning (UR) @ FLAIRS-22**

<http://www.cs.uleth.ca/~grant/ur09/>

Sanibel Island, Florida, USA

May 19-21, 2009

The Special Track on Uncertain Reasoning (UR) is the oldest track in FLAIRS conferences, running annually since 1996. The UR'2009 Special Track at the 22nd International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference (FLAIRS-22) is the 14th in the series. As the past tracks, UR'2009 seeks to bring together researchers working on broad issues related to reasoning under uncertainty.

---

## **21<sup>st</sup> International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-09)**

<http://ijcai-09.org>

Pasadena, CA, USA

July 11-17, 2009

The theme of IJCAI-09 is "The Interdisciplinary Reach of Artificial Intelligence," with a focus on the broad impact of artificial intelligence on science, engineering, medicine, social sciences, arts and humanities. The conference will include panel discussions, invited talks and other events dedicated to this theme.

---

## **19<sup>th</sup> European Conference on Artificial Intelligence (ECAI 2010)**

<http://ecai2010.appia.pt/>

Lisbon, Portugal

August 16-20, 2010

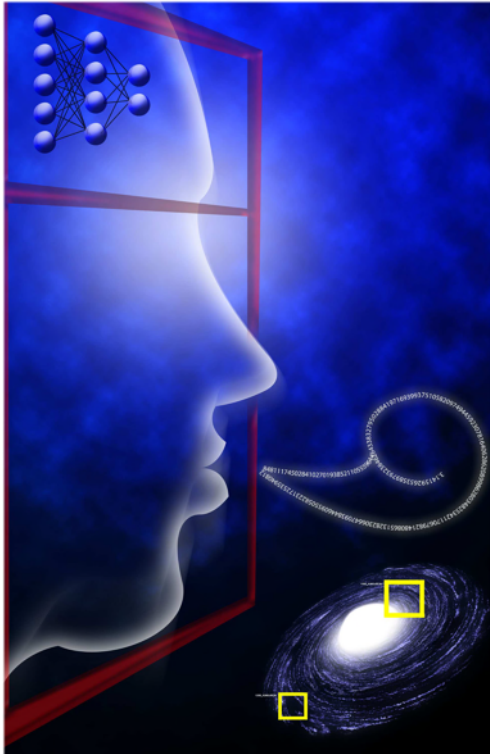
ECAI, is the leading Conference on Artificial Intelligence in Europe, and is a biennial organization of the European Coordinating Committee for Artificial Intelligence - ECCAI.

---

Para adquirir ejemplares de *Komputer Sapiens*, escribir a

**[komputersapiens@smia.org.mx](mailto:komputersapiens@smia.org.mx)**





## **7<sup>th</sup> Mexican International Conference on Artificial Intelligence (MICAI 2008)**

<http://www.micai2008.net>

October 27-31, 2008

Mexico City, Mexico

MICAI is a high-level peer-reviewed international conference covering all areas of Artificial Intelligence, traditionally held in Mexico.

The conference is organized by the Mexican Society for Artificial Intelligence (SMIA). The scientific program includes keynote lectures, paper presentations, tutorials, panels, and workshops.

---

## **8<sup>th</sup> International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2009)**

<http://www.conferences.hu/AAMAS2009/>

May 10-15, 2009

Europa Congress Center, Budapest, Hungary

AAMAS is the leading scientific conference for research in autonomous agents and multi-agent systems. The AAMAS conference series was initiated in 2002 as a merger of three highly respected individual conferences: the International Conference in Autonomous Agents, the International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages, and the International Conference on Multi-Agent Systems. The aim of the joint conference is to provide a single, high-profile, internationally respected archival forum for research in all aspects of the theory and practice of autonomous agents and multi-agent systems.

---