

# Cibernética, inteligencia artificial y robótica

Joel Jiménez Cruz

## INTRODUCCIÓN

En las décadas pasadas se ha tenido un avance vertiginoso tanto en la tecnología de la fabricación de las máquinas automáticas y las computadoras, como en la tecnología de la información y el manejo del conocimiento. La tecnología de la construcción de las máquinas comenzó con las grandes transformaciones socioeconómicas, tecnológicas y culturales que se dieron en la revolución industrial a partir de 1750, y continuaron en 1947 con la invención del transistor por los laboratorios Bell en Estados Unidos. En los años 70s comenzó el desarrollo vertiginoso de las máquinas automáticas (mecatrónica) y de la computadora personal y las estaciones de trabajo. Por otro lado, la revolución tecnológica del procesamiento del conocimiento comenzó con el tratamiento de los números, luego siguió el de los datos, y continuó con el manejo de la información y del conocimiento por medio de los sistemas de información inteligentes.

El paso siguiente, y el desafío del presente siglo, consiste en dotar a las máquinas y a los robots, de una inteligencia similar a la animal y a la humana, y de simular e incorporar otras funciones superiores del intelecto humano. Se puede pensar que este paso podría significar una especie de evolución de la raza humana sobre la tierra y sobre el espacio.

La aparición de computadoras o máquinas sumamente inteligentes, como robots físicos o virtuales, cyborgs y avatares, que pueden apoyar, acompañar y complementar el quehacer cotidiano del ser humano en diferentes entornos, va a depender del avance tecnológico y de la integración que se logre en diferentes áreas del conocimiento, principalmente en aquellas que tienen que ver con la computación, la biología, la ingeniería y la psicología. En las secciones que siguen se abordarán y comentarán estas áreas del conoci-

miento y también, y a manera de ejemplos, se expondrán dos proyectos que estamos llevando a cabo en la UAM Izta-palapa (UAM-I), y que están relacionados con estos temas.

## INTELIGENCIA NATURAL Y ARTIFICIAL

La inteligencia es un concepto abstracto que se define, más bien, en función de sus manifestaciones. Así se podría considerar que la inteligencia es la capacidad y/o habilidad que tiene un ser vivo para adaptarse eficazmente a su entorno por medio del aprendizaje y la re-programación de comportamientos, el razonamiento, la planeación, la resolución de problemas, la elaboración de productos, el uso del pensamiento abstracto, la comprensión de ideas y el lenguaje, el reconocimiento de sentimientos propios y ajenos, y la habilidad para manejarlos. Aunadas a estas características se encuentran la capacidad de poder sentir una emoción y experimentar la conciencia, que se puede concebir como una de las más altas cualidades del ser humano.

Para poder simular o modelar estos atributos se podría, como un primer intento, comenzar por estudiar y comprender la inteligencia o cognición animal y luego como un siguiente paso esclarecer y entender a la inteligencia humana. Los estudios que se han realizado en los campos de la psicología comparativa, la psicología evolutiva y la etología (neuroetología computacional) muestran que los sistemas nerviosos de los animales, en especial de los crustáceos, son pequeños y relativamente fáciles de comprender. Con estos conocimientos se pueden modelar y comprobar diferentes teorías colocando estas simulaciones en robots físicos o virtuales. En la figura 1 se puede observar un ejemplo de esta orientación, en la cual se simulan los circuitos neuronales del acocil y se observan sus comportamientos en un robot con patas.

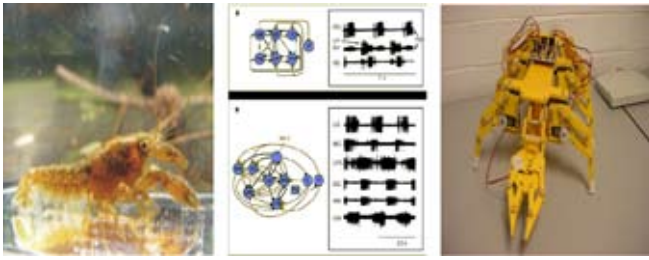


Figura 1. Simulación de una red neuronal de un acocil en un robot con patas.

## INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y CIBERNÉTICA

A través de la historia, y en nuestra opinión, se han empleado principalmente dos visiones para tratar de simular y emular la inteligencia natural de un ser vivo, estas son; la inteligencia artificial y la cibernética.

La Inteligencia Artificial también llamada Inteligencia Sintética, Sistemas Inteligentes, Razonamiento Computacional, Inteligencia Computacional, etc., comenzó con las ideas conjuntas de científicos como Marvin Minsky, John MacCarthy y Claude Shannon, a partir de la Conferencia de Dartmouth en Estados Unidos, en 1956.

La visión clásica de la Inteligencia Artificial es proveer de inteligencia a las máquinas a través de una programación principalmente algorítmica, apartada del conocimiento de los procesos de la inteligencia animal o humana. Este enfoque clásico ha tenido grandes aportaciones en la creación de los sistemas expertos (inicialmente basados en reglas si-entonces), el diagnóstico automatizado (inferencia estadística), y los algoritmos de búsqueda para la solución de problemas. Su aplicación en robótica es muy útil cuando se trata de diseñar robots que realizan tareas predeterminadas, como en las líneas de producción de las empresas.

El enfoque cibernético, por otro lado, trata de emular o simular la inteligencia en la forma en que los seres biológicos realizan sus procesos de vida. Este enfoque comenzó con las ideas de MacCulloch y Pitts, Frank Rosenblatt, Norbert Wiener, Ashby, entre otros, en 1948. Consiste en considerar la estructura y funcionamiento de los seres vivos como sistemas complejos, basándose en los conceptos de la teoría de la información y las neurociencias computacionales. Considera también como se llevan a cabo los procesos de comunicación, los mecanismos de control y los conceptos de retroalimentación en los seres vivos y en las máquinas.

Con esta visión se considera que un sistema inteligente está compuesto por tres etapas (figura 2). La etapa sensorial con sus receptores de detección, la etapa del procesamiento de información (identificación, motivación y selección de acción) y la etapa de efectores o actuadores. Las tres etapas son igualmente importantes de considerar en el diseño de máquinas inteligentes. Los sensores para la recepción y

percepción de los estímulos externos y efectores capaces de modificar y ser modificados por el medio ambiente que los rodea, son etapas cruciales ya que de ellos depende la resolución de la detección y la actuación en su entorno.



Figura 2. Etapas de procesamiento en un ser vivo y en una máquina

También los sensores y los actuadores determinan el tipo de análisis y procesamiento de la información que se va a llevar a cabo por la capa de procesamiento. Internamente, esta capa cuenta con un medio ambiente interno que permite identificar y reconocer a los estímulos, agregarle un complemento emocional y tomar una decisión en función de los estímulos recibidos. Aunados a estos procesos internos se pueden modelar y agregar funciones superiores como la motivación, el autoaprendizaje, los sentimientos (tristeza, compasión, etc), pensamientos, y la toma de conciencia interna propia y externa.

Actualmente los robots son mecátricamente impresionantes como se puede apreciar, por ejemplo, en un baile sincronizado de 4 robots de *Sony* que se puede ver en *youtube*.<sup>1</sup> Las funciones superiores, sin embargo, son difíciles de modelar, pero ya están empezando a aparecer, de manera primitiva, en los robots actuales.

La incisión de robots en el entorno actual, toca cada parte de la actividad del ser humano. Nos encontramos con nano-robots que circulan por las arterias, robots que ayudan en las cirugías o en la cocina como el robot Monty de Anybots,<sup>2</sup> que se muestra en la figura 3, hasta robots que son mascotas, juegan o acompañan a los niños y a los viejitos, o robots que realizan exploraciones planetarias o búsquedas de información o sitios en internet.

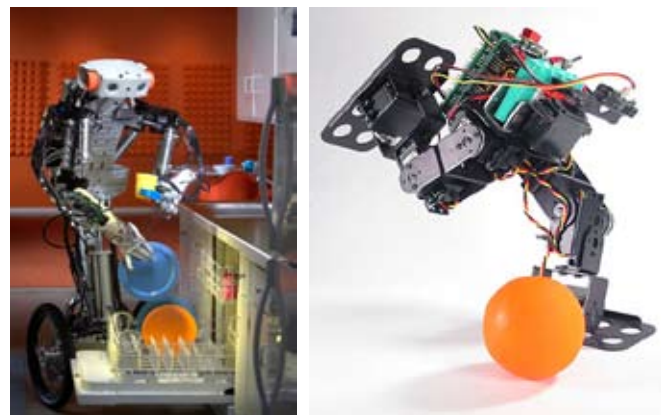


Figura 3. El ayudante de cocina Monty y un humanoide de Lynx-motion.

¿Cómo poder simular las emociones y la conciencia en un robot?. Sin duda es una pregunta desafiante para el estado de arte actual en el campo de la robótica, ya que ni en el ser humano todavía comprendemos bien su funcionamiento, ni las estructuras que están involucradas.

Para lograr su entendimiento están involucradas varias ramas de la ciencia, como la computación afectiva, que involucra a la psicología y a la cognición, y cuyo objetivo es diseñar sistemas que puedan reconocer, interpretar y procesar las emociones humanas.

En un principio, las emociones se pueden simular desde un punto de vista algorítmico. Un modelo tridimensional sencillo de simulación de las emociones es el modelo PAD por sus siglas en inglés Pleasure-displeasure, Arousal-no arousal, Dominance-Submissiveness. Este modelo se basa en obtener una emoción, estado de ánimo o personalidad a partir de estas tres variables multiplicándolas con diferentes pesos. Por ejemplo para el enojo (E) se tendría:

$$E = -0.51 * P + 0.59 * A + 0.25 * D$$

En este sentido, la obtención de una emoción cualquiera sería parecido al de obtener un color cualquiera en base a los tres colores fundamentales: Azul, Verde y Rojo.

#### CONCIENCIA ARTIFICIAL, MAQUINAL O SINTÉTICA

Otro estado aun más difícil de modelar es el de la conciencia, el cual involucra un estado de autoreconocimiento de si mismo y del entorno que consiste en pensamientos, sueños, sensaciones, percepciones, estados de ánimo y emociones. El mayor acercamiento que se tiene para el entendimiento de la conciencia es el filosófico. Desde un punto de vista fisiológico, se conoce que en las emociones está involucrado el sistema de activación reticular, y que los estados conscientes están asociados a la actividad neuronal o hemodinámica (correlatos neuronales de la conciencia) de este sistema y de otras estructuras centrales del cerebro. Desde el punto de vista de los sistemas complejos y de la teoría sobre la mente cuántica, se dice que la conciencia se da como un fenómeno emergente que surge a causa de la gran cantidad de neuronas y conexiones que tiene el cerebro y que acompaña a cada procesamiento que el cerebro realiza a cada momento.

#### PROYECTOS EN DESARROLLO

En la UAM-I nos hemos concentrado principalmente en dos proyectos que vamos a comentar en las próximas secciones. Uno de ellos es el desarrollo de robots que sirvan por un lado, para motivar y enseñar a los niños y jóvenes las ciencias relacionadas con la robótica, y por otro lado, tenemos la inten-

ción de que los robots sirvan como plataformas para experimentar y explicar diversas teorías y fenómenos de las ciencias. Otro de los proyectos que se va a describir es el desarrollo de un agente virtual conversacional que puede mejorar la interfaz hombre-máquina y que puede tener varias aplicaciones potenciales, entre ellas, en la educación y en los negocios.

#### ROBOTS PARA LA ENSEÑANZA Y COMO PLATAFORMAS DE INVESTIGACIÓN

Una aportación inherente de la robótica que es importante, es la motivación, enseñanza y estudio de las ciencias a través del uso del robot como una herramienta didáctica para niños, jóvenes y no tan jóvenes.

La iniciación en la robótica se puede hacer desde muy temprana edad a través de la papiroflexia, los juguetes robotizados, las consolas de juegos, u otros kits que se venden para poder armar un robot como los de *mind storms* de la compañía *Legó*<sup>3</sup> o los kits de la compañía *VEX*<sup>4</sup> (figura 4) o de *Linxmotion*.<sup>5</sup> Los estudiantes mayores pueden construir robots haciendo uso de piezas usadas que se pueden conseguir de manera económica en los tianguis o mercados (figura 5).



Figura 4. Uso de los kits de *Legó* y *VEX*.



Figura 5. Uso de material reciclado para hacer robots económicos.

La programación de los robots es muy variada. Para los adolescentes puede ser hecha desde un ambiente gráfico como el que proporciona el kit de *Legó* (figura 6). Los jóvenes más adelantados pueden utilizar varios lenguajes de programación de alto nivel como *C* o *Java*, o el lenguaje ensamblador.

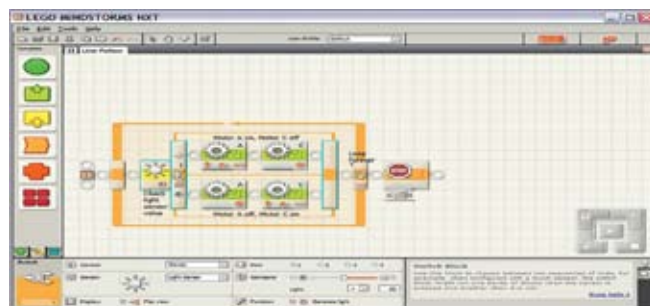


Figura 6. Ambiente gráfico de *Legó* para programar sus robots.

En la UAM-I se han construido diferentes plataformas robóticas con el fin didáctico de la enseñanza de la electrónica y el acercamiento a los temas relacionados con la robótica como la inclusión de inteligencia artificial en los robots (figura 7). También se han construido varios robots con el fin de participar en diferentes torneos nacionales de robots.

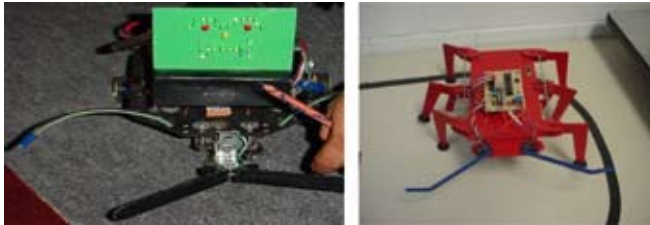


Figura 7. Robots desarrollados en la docencia.

Otra visión importante que hemos desarrollado es que los robots pueden utilizarse como verdaderos laboratorios o bancos de prueba donde se pueden estudiar, simular y probar diversas teorías de todo tipo, desde teorías fisiológicas y psicológicas hasta las sociales.

Por ejemplo, hemos desarrollado simulaciones virtuales de robots que ejecutan tareas de recolección y que modelan comportamientos sociales como los que se dan en las hormigas, los enjambres, las parvadas, etc., y que permiten acercarse al entendimiento de temas como la cooperación, y el trabajo en equipo (figura 8).

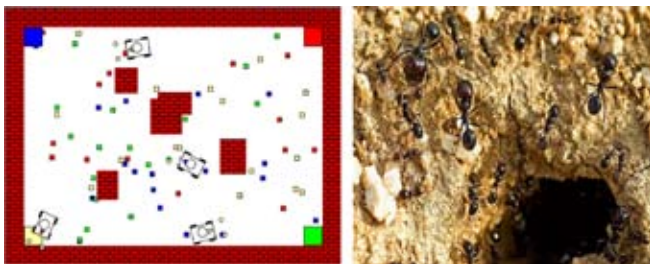


Figura 8. Simulación de varios robots en una tarea de recolección.

#### AGENTES VIRTUALES CON ANIMACIÓN FACIAL POR COMPUTADORA

La interacción que tenemos, hoy en día con la computadora, no nos permite una comunicación de manera natural e intuitiva. Tal comunicación está basada principalmente en el uso de ventanas, menús, apuntadores, teclados, ratones y un monitor generalmente pasivo. En consecuencia, la interfaz actual hombre - máquina es insuficiente para proporcionar al usuario una interacción natural e interactiva. Sin embargo, esta interfaz pensamos que se puede mejorar a través del uso de un agente virtual conversacional. Sus aplicaciones posibles son muy variadas e incluyen al aprendizaje electrónico, el *software* educativo, los tutores

inteligentes, la publicidad, el entretenimiento, y la inclusión en los ambientes virtuales como en los *chats* y las películas, los asistentes en el comercio electrónico, etc .

En este sentido, hemos estado trabajando en un agente virtual con capacidad de expresar emociones en su rostro. En la primera fase de este proyecto se han investigado diferentes técnicas de animación y de identificación de los músculos que se activan en las diferentes expresiones. El proyecto se ha desarrollado en lenguaje C++, utilizando la técnica de la programación orientada a objetos y empleando librerías de graficación de OpenGL. Actualmente se está utilizando una librería con el motor gráfico de Irrlicht que ha permitido mejorar la apariencia del agente virtual y su entorno.

La expresión facial es importante para expresar estados de ánimo y emociones y permite la comunicación y la interacción con otras personas con el fin de reforzar la intención de los interlocutores. Las diferentes expresiones de los seres humanos, se pueden considerar que son internacionales. Las expresiones básicas son la alegría, la tristeza, el enojo, el temor, la sorpresa y el disgusto. La expresión facial también se ha estudiado como medio de manifestación de la personalidad, el deseo de comunicarse, el inicio de una interacción o también el grado de expresividad durante la comunicación.

Los estudios de las expresiones humanas comenzaron con los estudios de Charles Darwin en su libro de la *Expresión de las emociones en el hombre y los animales*.<sup>7</sup> Más recientemente se encuentran los estudios de Ekman<sup>8</sup> y Friesen en 1978 con su propuesta de un sistema de codificación facial (FACS) que define 64 unidades básicas de acción facial (AUs), las cuales representan los movimientos primitivos de los músculos faciales para generar las expresiones. Basados en estos estudios se han elaborado modelos basados en la activación de los músculos lineales, circulares y planos.

Los primeros métodos de graficación por computadora se iniciaron en los años setentas por Parke y posteriormente por Walters en los ochentas.<sup>6</sup> Se utilizan técnicas de generación de imagen tanto en modelos de 2D como en 3D. Estas técnicas se han popularizado por las películas de animación y los juegos de computadoras.

Existe un estándar llamado MPEG-4 que define los parámetros para la definición y animación de modelos faciales. (Facial Definition Parameters y Facial Animation Parameters). La creación de un modelo virtual en 3D puede estructurarse en 3 etapas: el modelado geométrico, la distribución e iluminación del modelo que proporciona la visualización y la generación de la malla para la imagen y la animación. En la figura 9 se presentan las animaciones obtenidas hasta el momento con el agente virtual que se está desarrollando.

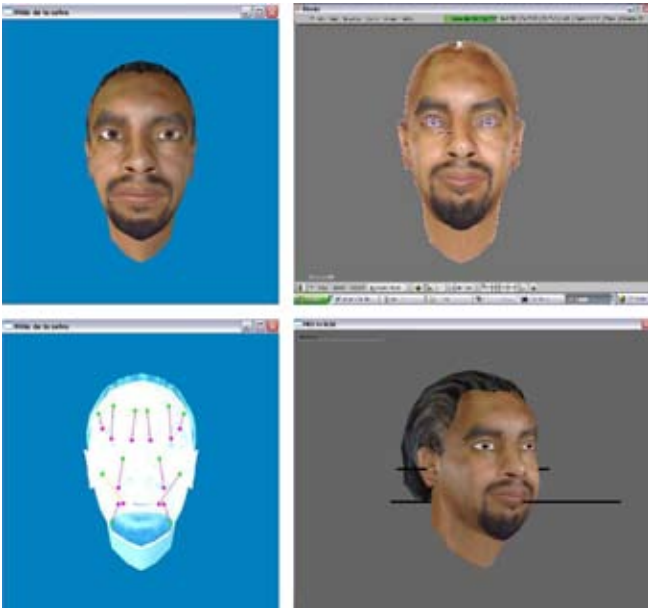


Figura 9. Facetas de la animación del agente virtual.

La segunda fase del proyecto consiste en agregar al *software* el manejo de músculos circulares para el movimiento de labios y ojos. También existe la posibilidad de agregar movimiento en los párpados, cuello y mandíbula. Se piensa agregar un módulo de síntesis de voz que se sincronice con el movimiento de la boca. Otro módulo necesario es la captura y reconocimiento de la imagen del usuario con el fin de manipular los músculos y la expresión facial del agente virtual para entablar una mejor interacción y comunicación.

#### COMENTARIOS FINALES

En las próximas décadas se espera que el avance en la inteligencia, emociones y consciencia de los robots sean tan impresionantes como son actualmente los avances mecatrónicos.

Actualmente el diseño de las habilidades y la inteligencia de un robot están determinadas por la tarea que va a desempeñar y por el medio ambiente donde se a desenvolver. No debería ser así, lo ideal sería que el robot se colocara en su medio ambiente y se expusiera a la tarea a desempeñar, y que el robot fuera capaz de aprender a desenvolverse en ese medio por sí mismo, para efectuar la tarea que se le encomendó, de la misma manera que lo hace un niño. Las investigaciones al respecto se están realizando en la llamada psicología del desarrollo. También los estudios que se hacen sobre la anatomía y fisiología animal y humana se pueden tomar como guía para mejorar los diseños de los robots.

La presencia de los robots en nuestra sociedad es cada vez mayor. Y se hace necesario que los niños y jóvenes interesados en esta disciplina, se acerquen y se involucren en su aprendizaje. Se ha comentado que con la tecnología actual se facilita este aprendizaje y que puede iniciarse desde muy temprana edad.

La interfaz hombre- máquina es un campo de aplicación de mucho desarrollo, ya que nos permitiría comunicarnos de mejor manera con otras máquinas y robots físicos o virtuales.

Otros temas de las aplicaciones de la robótica que va a tener mucho desarrollo en el futuro son los cyborgs u organismos cibernéticos. Ejemplos los tenemos en las personas que tienen implantes robóticos o biónicos, como un marcapaso, una bomba de insulina, un brazo artificial, o un corazón artificial, como el que está desarrollando el profesor Emilio Sacristán en la UAM-I (figura 10).



Figura 10. Prótesis de brazo completo y corazón artificial.

#### AGRADECIMIENTOS

En los proyectos descritos se ha contado con la valiosa cooperación de varios alumnos que han participado a través de proyectos terminales y servicios sociales. En la animación facial han colaborado: Hector Carrillo Randolph, Issac de la Vega, Einstein González y Luis Antonio González. En la robótica han trabajado: Donald Cruz, Janette Sánchez y Samuel Martínez. A todos se ellos se les agradece su participación efusiva. •

#### Notas

<sup>1</sup> Dancing Sony Robots: [www.youtube.com/watch?v=9vwZ5FQEUFg](http://www.youtube.com/watch?v=9vwZ5FQEUFg)

<sup>2</sup> El robot Monty: <http://anybots.com/>

<sup>3</sup> Lego: [http://mindstorms.lego.com/eng/Japan\\_Osaka\\_Destination/Default.aspx](http://mindstorms.lego.com/eng/Japan_Osaka_Destination/Default.aspx)

<sup>4</sup> Vex: <http://www.vexrobotics.com/>

<sup>5</sup> Lynxmotion: <http://www.lynxmotion.com/>

<sup>6</sup> F. I. Parke, K. Waters, Computer Facial Animation, Published by A. K. Peters, 1996.

<sup>7</sup> Darwin, Ch. (1873): *The expression of emotions in animals and man*. N.Y.: Appleton. Traducción al castellano en Madrid: Alianza, 1984.

<sup>8</sup> Ekman, P. (1992): "Are there basic emotions?". *Psychological Review*, 99, 550-553.

JOEL JIMÉNEZ CRUZ. Es profesor-investigador titular adscrito al Departamento de Ingeniería Electrónica en la Unidad Iztapalapa de la UAM. Correo electrónico: [jcjr@xanum.uam.mx](mailto:jcjr@xanum.uam.mx). Este trabajo se presentó dentro del ciclo *Lunes en la Ciencia* patrocinado por la UAM-I.