

# ¿Qué podemos aprender de los Robots?

Para el japonés Mitsuo Kawato, la robótica explica cómo funciona el cerebro humano.

GREGORY T. HUANG

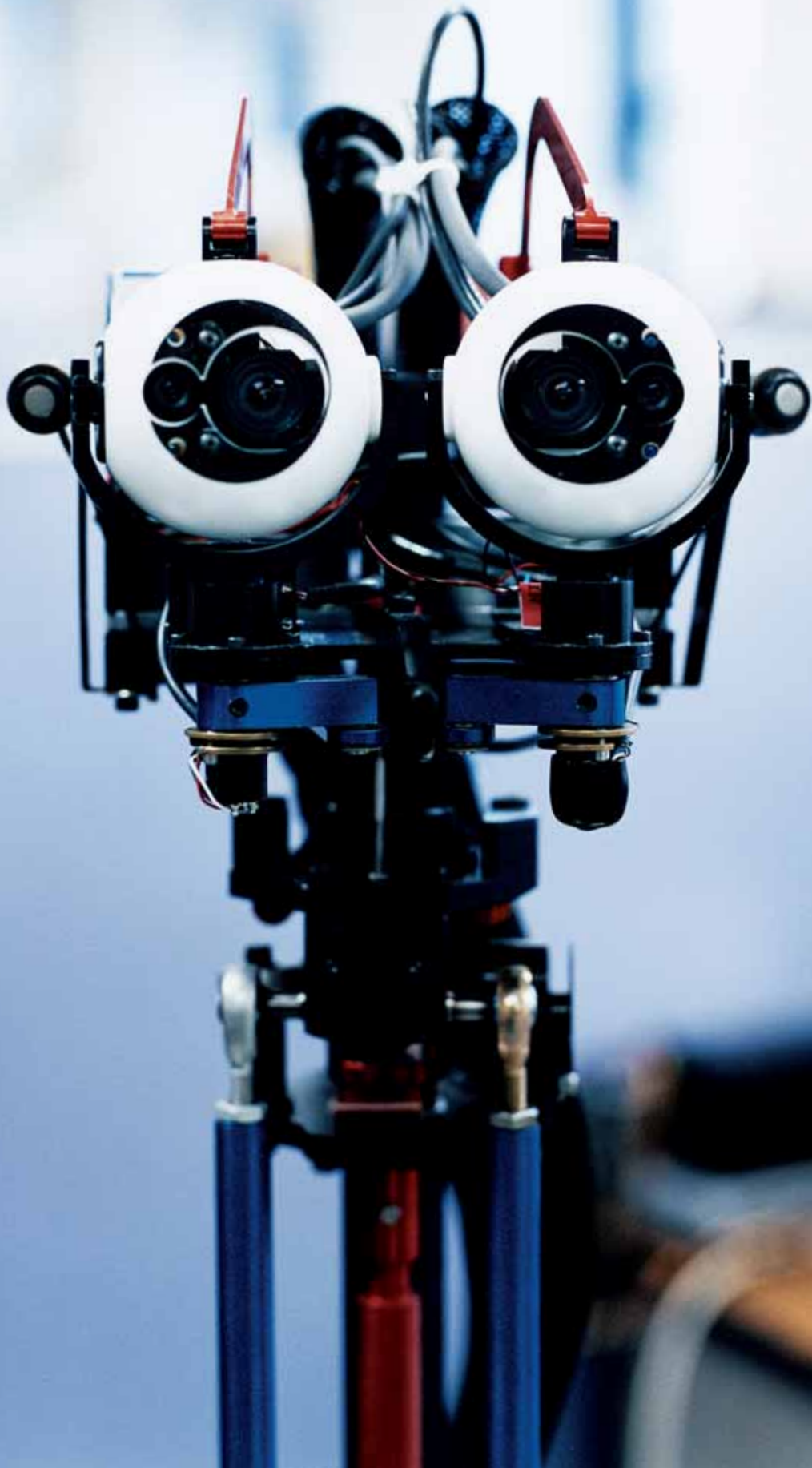


EN UN DÍA FRÍO DE OCTUBRE DEL PASADO AÑO, el Instituto de Robótica de la Universidad Carnegie Mellon comenzó la celebración de su 25 aniversario, y expertos mundiales en robótica llegaron a Pittsburgh para ver a C-3PO, al robot Shakey, a Asimo de Honda y a Astro Boy, todos ellos incluidos en el salón dedicado a los Robots famosos. El día siguiente se dedicó a las presentaciones de robots que corrían, serpenteaban, o tocaban gaitas. En el tercer día le tocó hablar a Mitsuo Kawato. Las luces se apagaron y el director de los laboratorios de neurociencia computacional ATR de Kioto, Japón hizo su entrada en la tribuna acompañado de música rock.

A pesar de esta bienvenida, Kawato es un extraño en este entorno, crítico con la autocomplacencia que se percibe en las conversaciones sobre robótica moderna. Comenzó su presentación desplazándose lentamente por el escenario, imitando la forma de caminar artificial y dubitativa de los robots modernos. Lo que esto sugiere, según él, es que los científicos no entienden realmente cómo el cerebro humano controla el cuerpo. Si lo hicieran, podrían reproducir ese proceso en un robot. Por su parte, Kawato no habla de cómo mejorar la visión de los robots o los controles de navegación, como hacen muchos otros ponentes de la reunión. Por el contrario, lo que él hace es describir la función de algunas regiones cerebrales como el cerebelo o los ganglios basales en la adquisición de las habilidades motoras, abordando cuidadosamente sus explicaciones en términos que pueden entender los especialistas en robótica.

FOTOGRAFÍAS  
DE GRAHAM MACINDOE

Los ojos: La nueva  
cabeza de ATR  
utiliza cámaras y  
algoritmos basados  
en la visión humana.





Kawato lleva en la solapa un pin que dice “Amo a los Robots” Pero existe una diferencia entre él y otros asistentes. Kawato ama a los robots no porque estén de moda, sino porque cree que le pueden enseñar cómo trabaja el cerebro humano. “Sólo cuando intentamos reproducir las funciones del cerebro en máquinas artificiales podemos entender los procesos de información del cerebro”, nos dice. Es lo que él llama “entender el cerebro creando el cerebro”. Por ejemplo, programando un robot para que extienda la mano y coja un objeto, Kawato espera aprender qué patrones adoptan las señales eléctricas cuando circulan a través de las neuronas en el cerebro humano para controlar el brazo.

Es una idea sorprendente y controvertida. A pesar del creciente número de máquinas humanoides, los robots no se parecen nada a las personas. El cerebro humano tiene miles de millones de neuronas interconectadas de una forma compleja que aún es imposible simular por ningún programa de ordenador. Pero Kawato cree que los experimentos con los robots humanoides pueden al menos facilitar modelos simplificados de lo que hacen ciertos grupos de neuronas en el cerebro. Después, utilizando técnicas avanzadas de imagen, comprueba si las células del cerebro de monos y personas se ajustan a los modelos.

“Esto es muy diferente de la justificación que se hace usualmente para construir robots humanoides, esto es, que son económicamente útiles o que ayudarán a cuidar a las personas mayores” como in-

Sobre máquinas y hombres: Utilizando las imágenes de la resonancia magnética (izquierda), los investigadores entienden mejor el cerebro (centro) lo que les ayuda a diseñar mejores robots (derecha).

dica Christopher Atkeson, un experto en robótica de Carnegie Mellon. La motivación de Kawato se centra más bien en utilizar los robots para aclarar cómo piensan las personas, cómo toman decisiones y cómo interactúan con el mundo. Esta información podría ayudar a los médicos a diseñar terapias para enfermos con daños cerebrales, infartos, y disfunciones neurológicas, incluso problemas cognitivos y de conducta. Por ejemplo, mirando cómo se diseña un robot socialmente interactivo puede motivar la investigación de áreas del cerebro que se desconectan en casos de autismo. (los circuitos de neuronas de los ganglios basales son los

### **Un brazo de robot que se desestabiliza cuando las señales de retroalimentación se retrasan, puede sugerir una nueva causa de los temblores en el cerebro de los enfermos de Parkinson.**

primeros candidatos). Un brazo de robot que se desestabiliza cuando las señales de retroalimentación se retrasan, puede sugerir una nueva causa de los temblores en el cerebro de los enfermos de Parkinson.

Como herramienta para entender la mente, los robots son “extraordinariamente valiosos” según Antonio Damasio, jefe de neurología en la Universidad de Iowa y autor de tres libros sobre el ce-

rebro que han popularizado la noción de “inteligencia incorporada”. “Los robots pueden implementar y probar cómo se originan procesos como el movimiento”, nos dice. Extendiendo estos modelos para desarrollar una teoría amplia de la mente, añade Damasio, “aprenderemos más y más de lo que supone, por ejemplo el funcionamiento de la consciencia humana”.

### **Perdidos en la traducción**

Existe un refrán japonés que dice, “enseñar es aprender”. Al fondo del vestíbulo de la oficina de Kawato en ATR, se están dando clases en la escuela de robótica. En una esquina, un investigador enseña al robot humanoide DB, abreviatura de Cerebro Dinámico (Dynamic Brain), a interactuar con personas. Construido con el tamaño de una persona grande, 1,90 metros de altura y 80 kilos de peso, DB también se mueve como una persona, es rápido y gracioso. El investigador se planta delante del robot moviendo un perrito de peluche. DB observa, aparentemente con atención, moviendo su cabeza y siguiendo el movimiento del juguete con las cámaras de sus ojos. De repente adelanta su brazo hidráulico y da una palmada, algo torpe, a la cabeza del perro. Una gran pantalla próxima muestra lo que el robot está viendo, así como los algoritmos que están funcionando.

De todas formas, no se trata sólo de un robot más mostrando sus habilidades humanoides. Gordon Cheng, director del grupo de robots humanoides de ATR, ve a DB como un sujeto experimental que se alimenta de electricidad y utiliza fluidos hidráulicos a modo de sangre. Para Cheng, trabajar con robots enseña “cómo



se encajan todas las piezas para construir un sistema complejo” que puede emular el cuerpo y el cerebro humano.

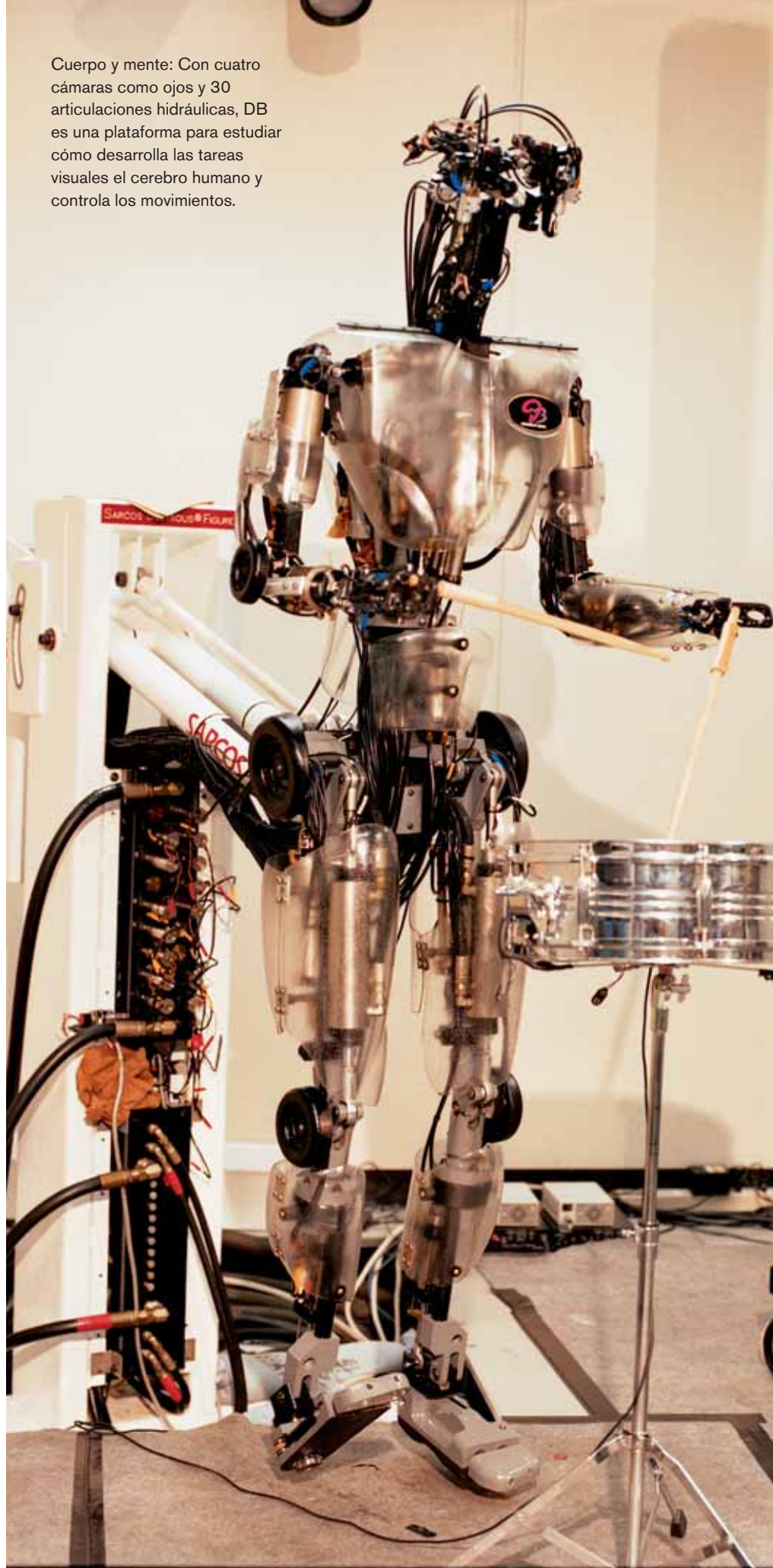
Para controlar el brazo de DB, por ejemplo, el software evalúa qué órdenes producirán una secuencia correcta de movimientos de las articulaciones para alcanzar un objetivo determinado. Kawato y Cheng creen que en el cerebro humano ocurre un proceso similar: creen que nosotros usamos “modelos internos” para calcular las relaciones entre las señales neuronales y los movimientos del cuerpo resultantes. Por ejemplo, cuando una persona está a punto de coger un vaso, las neuronas en su cerebro acceden a modelos internos para deducir qué serie de señales enviar a su hombro, codo y muñeca. Es como si el cerebro llevara a cabo cálculos cada vez que bebemos café.

Es un diseño de sistema que puede resultar intuitivo a un especialista en robótica, pero que, durante años, la mayoría de los profesionales de la neurología han encontrado ridículo. ¿Cómo pueden, se preguntan, llevar a cabo las neuronas cálculos tan complejos? Creían que las señales de órdenes del cerebro eran mucho más simples, y que los músculos y los reflejos, más que un tipo de modelo abstracto, explicaban ampliamente los comportamientos motores. Pero, a lo largo de la pasada década, Kawato ha ofrecido evidencias consistentes en el sentido contrario, argumentando que los modelos internos son de hecho necesarios para los movimientos del ojo y del brazo, y que incluso pueden ser importantes para interactuar con personas y con otros objetos del mundo real.

Sin embargo, en la práctica es difícil establecer conexiones directas entre los robots y los humanos. Para hacerlo sería necesario que los robots y sus algoritmos fueran de verdad un reflejo lo más próximo posible de la psicología y de la neurología humana. De momento, el cerebro de DB ni siquiera reside en su cabeza. Ocupa varios racks de ordenadores y es necesario un científico diferente para desencadenar cada uno de los diversos comportamientos del robot, como el de alcanzar un objeto o jugar con las manos. Cómo desarrolla DB una tarea puede o no puede tener que ver mucho con la forma de funcionar del cerebro humano. Para descubrirlo el grupo de Kawato está estudiando cómo aprenden las personas a resolver problemas.

En los experimentos que se llevan a cabo en el laboratorio de Kawato, la persona se

Cuerpo y mente: Con cuatro cámaras como ojos y 30 articulaciones hidráulicas, DB es una plataforma para estudiar cómo desarrolla las tareas visuales el cerebro humano y controla los movimientos.



## Evolución de la inteligencia de los robots

Aunque los robots se han convertido en más inteligentes y humanoides a lo largo de los años, su inteligencia permanece como un oxímoron: la capacidad de los robots está muy por detrás de la de sus compañeros en las películas.

**1921**

En la obra checa **R.U.R.**, trabajadores robots humanoides se sublevan y destruyen la humanidad.

**1951**

El dibujante de historietas japonés Osamu Tezuka introduce **Tetsuwan Atom** (Astro Boy), un robot que inspirará a varias generaciones con sus habilidades sobrehumanas y sus emociones humanas.

**1961**

**Unimate**, el primer robot industrial se incorpora a la línea de montaje de General Motors.

**1966**

**Shakey**, el primer robot móvil del Instituto de Investigación de Stanford, con capacidad de razonamiento se mueve entre obstáculos utilizando procesos visuales primitivos e inteligencia artificial.

**1970-1973**

**WABOT-1**, de la Universidad de Waseda, el primer robot humanoide, mueve sus brazos y piernas y muestra sistemas básicos de visión y oído.

**1977**

Los androides **R2-D2** y **C-3PO** viajan a través de la galaxia, discuten como una pareja de ancianos y ayudan a destruir la Estrella de la Muerte.

**1986 aprox.**

Los laboratorios Leg de Carnegie Mellon construyen **robots con piernas** que se balancean, corren, y hacen movimientos de inspiración gimnástica, todo ello con una capacidad cerebral relativamente pequeña.

**1993**

El laboratorio de Inteligencia Artificial del MIT empieza la construcción de **Cog**, un robot humanoide que puede interactuar con las personas y con el entorno.

**1996**

Honda anuncia **P2** su robot humanoide que camina, el resultado de diez años de una investigación secreta (y el precursor de **Asimo**).

**1999**

El robot humanoide de Sarcos y ATR, **DB** aprende a jugar y a imitar movimientos humanos.

**2003**

Sony presenta **QRIO** un robot para jugar, que puede andar, bailar, reconocer voces y hablar.

**2004**

iRobot vende masivamente **Roomba** su aspiradora robotizada.

tumba en un aparato de generación de imágenes por resonancia magnética y aprende a utilizar una herramienta con la que no está familiarizado, un ratón de ordenador modificado, para seguir un objetivo móvil en una pantalla. Ciertas áreas del cerebelo se iluminan, lo que indica un incremento del flujo sanguíneo en ciertos grupos de neuronas. Los investigadores creen que estas neuronas representan un modelo interno de las acciones coordinadas que se requieren para utilizar la herramienta, de forma parecida a las que están programadas en DB.

Combinando las imágenes de la resonancia magnética, que ofrecen un nivel de resolución milimétrico, con las técnicas de registros eléctrico y magnético, que analizan la actividad del cerebro al milisegundo, el grupo de Kawato espera entender mejor los detalles de lo que ocurre entre estas neuronas. Es lo que Kawato llama “decodificación de la mente”, esto es, interpretar las intenciones de una persona a partir exclusivamente de los patrones de las señales neuronales. Si tiene éxito, será un gran hallazgo para entender cómo funciona la mente.

Traducir los mensajes del cerebro en lenguaje que un robot puede entender es un gran paso hacia adelante para hacer realidad una ambición tecnológica muy antigua: una “interfase remota cerebro máquina”, que permita al usuario participar en eventos que suceden a miles de kilómetros de distancia. Un casco podría monitorizar la actividad cerebral de una persona y comunicarla, a través de Internet, a un robot humanoide distante; casi en tiempo real las acciones de una persona

se podrían replicar por un doble digital. Para construir el sistema, los investigadores deberán buscar señales específicas en el cerebro, traducirlas, transmitir los datos por medios inalámbricos sin grandes retardos, y utilizarlos para controlar un dispositivo en el otro extremo. El puzzle está lejos de estar completo, pero la mezcla de neurociencia y robótica que realiza Kawato puede por lo menos colocar en su lugar un reducido número de primeras piezas.

### Robots como nosotros

Utilizar los robots para entender el cerebro humano también puede llevar a producir robots más autónomos. Decir esto puede parecer poco importante. Según Marvin Minsky, pionero de la inteligencia artificial en el MIT, “los robots hoy día dan la impresión de ser uniformemente estúpidos, incapaces de resolver incluso los problemas más simples y de sentido común”. El producto de mayor éxito de iRobot, una compañía líder en robótica de Burlington, es una aspiradora. Los robots industriales pintan coches y fabrican microchips, pero no pueden hacer nada para lo que no estén programados. A pesar de todo, existe un interés creciente, especialmente en Japón y en Europa, para desarrollar nuevos robots humanoides utilizando los descubrimientos de las neurociencias.

Este desarrollo ha empezado ya en el laboratorio de Kawato. Como parte de un proyecto de cinco años y 8 millones de dólares, se está poniendo a punto a DB, en buena parte utilizando lo que Kawato ha aprendido analizando el ce-

rebro humano. El nuevo robot, diseñado como DB por Sarcos de Salt Lake City, será más humanoide en su anatomía, arquitectura del cerebro, necesidades de energía y fuerza. Tendrá piernas fuertes que le permitirán andar y correr (en comparación con el DB actual que no puede andar). Una vez que el nuevo robot esté operativo a finales de 2005, una de sus primeras funciones será utilizarlo como plataforma de pruebas para estudiar los problemas en el desplazamiento y las caídas de las personas mayores.

Kawato también está poniendo los cimientos para una mayor colaboración entre la robótica y las neurociencias. Junto con Sony y Honda, está presionando al gobierno japonés para que colabore en la financiación de un proyecto mundial para construir un robot humanoide que tenga la inteligencia y las capacidades de un niño de 5 años. Además de los resultados tecnológicos, Kawato dice que los beneficios para las neurociencias serán inmensos, aunque cree que llevará más de 500 millones de dólares anuales durante 30 años conseguirlo.

La evolución de los robots hacia algo de tipo más humano es probablemente inevitable. Los expertos están de acuerdo en que no hay nada mágico en cómo funciona el cerebro, nada que sea inherentemente demasiado complejo de descubrir y copiar. Como Kawato está aprendiendo en su laboratorio, la clave final para cerrar la distancia entre los humanos y las máquinas puede estar en lo que las nuevas generaciones de robots nos puedan enseñar sobre nosotros mismos. ■