



Palabra

Óscar Vilarroya

de robot

Inteligencia artificial y comunicación

Palabra

Óscar Vilarroya

de robot

Inteligencia artificial y comunicación

PREMIO EUROPEO DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA
ESTUDI GENERAL 2002

Traducción de Leonardo Valencia

PUV PUBLICACIONS
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

 **CAM**
Centre de Anàlisi
del Pla d'Innovació
OBRAS SOCIALES

 **CÀTEDRA DE
DIVULGACIÓ
DE LA CIÈNCIA**
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA • TEMBAJO, Cañada Marich

Director de la colección:
Juli Peretó

Coordinación:
Soledad Rubio

*Esta publicación no puede ser reproducida, ni total ni parcialmente,
ni registrada en, o transmitida por, un sistema de recuperación de información,
en ninguna forma ni por ningún medio, ya sea fotomecánico, fotoquímico,
electrónico, por fotocopia o por cualquier otro, sin el permiso previo de la editorial.*

© Óscar Vilarroya Oliver, 2006

© De la traducción: Leonardo Valencia, 2006

© De la presente edición:

Càtedra de Divulgació de la Ciència, 2006

www.valencia.edu/cdciencia

cdciencia@uv.es

Publicacions de la Universitat de València, 2006

www.uv.es/publicacions

publicacions@uv.es

Producción editorial: Maite Simón

Diseño del interior y maquetación: Inmaculada Mesa

Corrección: Comunico, C.B.

Diseño de la cubierta: Enric Solbes

ISBN: 84-370-6408-2

Depósito legal: V-1446-2006

Impresión: Guada Impresores, SL

*A mis padres,
medio siglo dedicados a los suyos*

OTHELLO: I'll know thy thoughts.

IAGO: You cannot, if my heart were in your hand;
Nor shall not, whilst 'tis in my custody.

SHAKESPEARE, *Othello*

ÍNDICE

PREFACIO.....	11
Capítulo 1. EL LENGUAJE DE LOS AIBO	17
LUC STEELS	19
JUEGOS LINGÜÍSTICOS.....	20
EL CEREBRO DE AIBO.....	23
EL PROBLEMA.....	28
Capítulo 2. EL CAMINO HACIA EL AIBO.....	31
LOS ORÍGENES	32
LA CRISTALIZACIÓN.....	33
LA CIENCIA COGNITIVA FORMALISTA	35
LOS RESULTADOS	38
LOS PROBLEMAS DE LA POSICIÓN FORMALISTA.....	40
Capítulo 3. LA IMPORTANCIA DE LA EVOLUCIÓN.....	43
LA OPTIMIZACIÓN EVOLUTIVA	44
EL ERROR EVOLUTIVO DE LA VISIÓN FORMALISTA	46
LA SELECCIÓN COMO «BRICOLAJE SATISFACIENTE».....	50
DE NUEVO EN PARÍS.....	52
Capítulo 4. VIDA ARTIFICIAL	55
LAS REDES NEURALES.....	55
LOS FUNDAMENTOS BIOLÓGICOS DE LA PERSPECTIVA ARRAIGADA	56
VIDA ARTIFICIAL.....	57
LAS DIFERENCIAS	58
AGENTES AUTÓNOMOS ADAPTATIVOS.....	60
EL AIBO COMO UN AAA.....	64

Capítulo 5. LA VISIÓN INGENUA DEL LENGUAJE.....	67
LA SIGNIFICACIÓN INGENUA	68
LA REFERENCIA DE LAS PALABRAS	70
COMUNICACIÓN INGENUA	72
LA VISIÓN INGENUA NO EXPLICA AL AIBO	74
Capítulo 6. LAS PERPLEJIDADES DE LA VISIÓN INGENUA.....	79
Capítulo 7. EL ARRAIGO DE LOS SÍMBOLOS	97
DE NUEVO LOS SÍMBOLOS	97
LA HABITACIÓN CHINA	98
EL ARRAIGO DE LOS SÍMBOLOS.....	100
LA CONEXIÓN DE LOS CEREBROS CON EL MUNDO	101
¿DÓNDE SE PRODUCE EL ARRAIGO?.....	105
Capítulo 8. LAS PALABRAS SE ARRAIGAN EN LAS VIVENCIAS ...	107
LA VIVENCIA	107
EL CONOCIMIENTO DEL AIBO	111
EL ARRAIGO VIVENCIAL DE LAS PALABRAS	113
LA REFERENCIA VIVENCIAL DE LAS PALABRAS	116
LA COMUNICACIÓN VIVENCIAL.....	117
LA SEMÁNTICA DE LOS AIBO.....	118
Capítulo 9. LAS IMPLICACIONES DE LAS VIVENCIAS	121
EPÍLOGO	131
ANEXO 2006: LA MADUREZ DE LOS AIBO, <i>con la colaboración de Ricardo Téllez</i>	135
BIBLIOGRAFÍA	153
GLOSARIO	161

PREFACIO

Es probable que el cerebro sea el objeto más complejo del universo. Quizá porque en un espacio que a duras penas tiene el tamaño de un puño y el peso de poco más de un kilogramo, el cerebro es capaz de comprimir todo el conocimiento del universo, incluyéndose a sí mismo.

El ser humano siempre se ha sentido fascinado por este extraño órgano que le permite percibir cosas con los cinco sentidos, recordar sus experiencias pasadas, imaginar el futuro, resolver problemas, crear una obra de arte, experimentar emociones y soñar. Desde que el ser humano ha tenido tiempo de sentarse y pensar, ha intentado entender qué quiere decir conocer, experimentar, razonar y qué es lo que le permite llevar a término estas actividades.

El objetivo de la ciencia cognitiva es explicar y reproducir estas actividades. La ciencia cognitiva es un campo interdisciplinario que ha surgido en las últimas décadas en la intersección de un número de disciplinas ya existentes, entre las cuales están la neurociencia, la biología evolutiva, la psicología, la lingüística, la ciencia computacional, la antropología y la filosofía, y representa una de las disciplinas científicas más innovadoras, creativas y en ebullición en este comienzo de siglo.

La ciencia cognitiva actual utiliza dos estrategias para enfrentarse a una función o capacidad cognitiva que debe reproducir o explicar. Una de las maneras consiste en analizar la función que queremos reproducir o explicar y probar a construir un sistema que aplique nuestro análisis. Supongamos que quisiéramos explicar la capacidad de un reloj para marcar las horas. Lo que haríamos sería un análisis de la función *marcar las horas*, que podríamos dividir en una función de contar unidades de tiempo y un mecanismo para mostrar el paso

de estas unidades, y, después, comprobar si los relojes tienen efectivamente estos mecanismos. Esta estrategia es la que hemos utilizado habitualmente para diseñar casi todos los artefactos humanos: desde la rueda hasta los ordenadores, pasando por los coches.

La segunda manera es intentar explicar la función cognitiva como una función adaptativa, es decir, entendiéndola como parte de un sistema biológico que ha evolucionado y que se ha adaptado a un entorno determinado. Los científicos partidarios de esta opción crean modelos, o sistemas reales, con unos mecanismos de base que permiten a los sistemas buscar por sí mismos las soluciones a sus problemas.

¿Cuál es la mejor estrategia? ¿Cuál ha dado mejores resultados? La primera opción ha sido adoptada en las primeras décadas de la ciencia cognitiva. Lamentablemente, ha aportado resultados desiguales en la comprensión profunda de las capacidades cognitivas humanas. Debido a estos resultados, una comunidad cada vez más numerosa de científicos cognitivos ha preferido la segunda opción. El campo en el que esta línea se ha desarrollado más es la robótica y la inteligencia artificial, donde se han empezado a llevar a término investigaciones muy interesantes. En la actualidad es posible probar modelos de capacidades cognitivas y lingüísticas en sistemas artificiales. En muchos laboratorios ya es posible construir robots que reciben *inputs* sensoriales a través de sensores visuales y auditivos, o se les puede dar poder computacional, memoria suficiente y los mecanismos necesarios para desenvolverse en el mundo. Eso brinda a la ciencia cognitiva un poder enorme para probar cómo surgen y se desarrollan las capacidades cognitivas.

En esta línea hay un investigador a quien encuentro situado en la vanguardia de la comprensión, completamente nueva, de las capacidades cognitivas en general y de las capacidades lingüísticas en particular. Me refiero a Luc Steels, un investigador en robótica y lingüística belga que trabaja entre París y Bruselas. El objetivo del grupo de Steels es entender los primeros estadios de la manera en la que los humanos conceptualizan el mundo y cómo se integra el lenguaje en este proceso. Concretamente, sus experimentos pretenden responder

a una cuestión fundamental sobre el origen y el funcionamiento del lenguaje: ¿cómo adquieren las palabras su sentido? La hipótesis de Steels es que los cerebros llegan a ser lingüísticamente competentes sin ninguna conceptualización o léxico previo. En otras palabras, Steels cree que la competencia lingüística no necesita un conocimiento preestablecido sobre el mundo o sobre las propiedades lingüísticas. Este es un punto esencial de los experimentos de Steels, ya que lo que quiere demostrar es que no resulta necesario tener sistemas innatos dedicados especialmente a la adquisición del lenguaje. La conceptualización del mundo y del léxico ha de emerger de ciertas capacidades cognitivas básicas, que son las que quiere descubrir.

Este libro pretende ser un breve viaje hacia esta nueva manera de entender las funciones cognitivas. Sin embargo, no será un viaje lineal, sino que trazará una línea elíptica que supone toda investigación científica. Será un viaje que seguirá el itinerario que recorre el científico cuando encuentra un problema e intenta dar con una hipótesis plausible que resuelva el interrogante. Conviene comenzar describiendo el problema, buscar los fundamentos, las posibles soluciones y concluir con una hipótesis razonable. Y como trataremos un problema relacionado con la ciencia cognitiva, el itinerario tendrá que entrecruzar territorios disciplinarios diferentes, a la búsqueda de ideas que permitan llegar a buen puerto. Espero lograrlo.

AGRADECIMIENTOS

En la concepción y la redacción de esta obra me ha ayudado un gran número de personas. Entre ellas, me gustaría agradecer, en primer lugar, la inestimable ayuda que he recibido de Mercè Estévez, que ha permitido convertir mi manuscrito en un texto comprensible y publicable. A Núria Gibert, Silvia Ruiz y Joe Hilferty les debo reconocer su eterna disponibilidad a echarme una mano. A Cristina Durisotti, mi pareja, que tiene el don de sacar lo mejor de mí (¡aunque también lo peor!). Finalmente quisiera dedicar una mención especial a Adolf Tobeña, a quien debo muchas de las vivencias más estimulantes y provechosas que he vivido los últimos años. En cuanto a la versión castellana, debo agradecer el magnífico trabajo de Leonardo Valencia, así como la inestimable ayuda de mi tía, Rosalía Oliver, a quien le debo tanto de lo que piensa y aprecia, pero para quien sólo tengo aquí espacio para agradecerle su oído para el castellano, que lo tiene tan fino como duro para el parloteo y otros mundanos ruidos.

Capítulo 1

EL LENGUAJE DE LOS AIBO

Enero del 2002. Estoy frente al laboratorio de robótica de Luc Steels en París. Está situado en el Quartier Latin, en el 5ème Arrondissement, el barrio estudiantil por excelencia. Luc Steels convenció a sus mecenas japoneses para que le montasen un laboratorio en el centro de París. Un regalo que está a disposición de muy pocos científicos. El edificio moderno, con grandes ventanales, da a un calle poco transitada pero bastante amplia. Entro. Un vigilante solicita mis datos, consulta la agenda y me indica por dónde ir después de hacerme pasar por el detector de metales. Subo por el ascensor preguntándome cuál es la sorpresa que me ha anunciado Steels esta mañana por teléfono. No me faltan incentivos para venir, así que estoy doblemente intrigado. Se abre la puerta del ascensor delante de un gran cartel que anuncia que he llegado a mi objetivo.

Entro al laboratorio. Como no hay nadie en recepción, sigo adelante. Paso por un corredor que a ambos lados tiene despachos y algún pequeño laboratorio. Veo a estudiantes de doctorado removiendo las entrañas de robots multiformes y a alguno diseñando figuras extrañas en grandes pantallas de ordenador. Llego al final del corredor que desemboca en una gran sala. Reconozco a Luc Steels y a alguno de sus colaboradores en las figuras que están de espaldas. Me acerco sin decir nada. Veo que están observando lo que hacen dos de sus robots más famosos, los AIBO.

El AIBO (figura 1) es un robot comercializado por la compañía Sony. En su desarrollo participó muy activamente Steels. El AIBO es un robot completamente autónomo y móvil. Es capaz de mostrar más de mil conductas, coordinadas a través de un sistema computacional

complejo (Fujita y Kitano, 1998). Tiene una locomoción basada en cuatro patas, una cámara para recibir *inputs* visuales, dos micrófonos y una gran cantidad de sensores corporales. Hoy en día, AIBO es uno de los robots autónomos más complejos. El grupo de Steels lo ha mejorado y le ha incorporado capacidad lingüística para experimentar muchas de sus teorías sobre el origen del lenguaje (Steels, 1998; Steels, 2001*b*; Steels *et al.*, 2002).

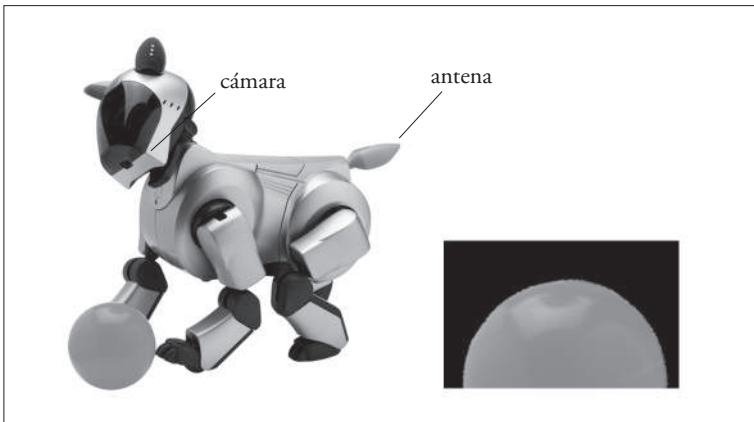


Figura 1. AIBO

Luc da media vuelta y me saluda. Me doy cuenta de que están observando cómo dos de sus AIBO sostienen una conversación entre ellos. Los AIBO están en un espacio de unos tres metros cuadrados, donde hay diferentes objetos, como una pelota roja, una verde, muñecos y otras cosas. Tanto Steels como el resto del grupo de investigadores parecen muy interesados. Los robots siguen hablando, y se mueven hacia la pelota roja. Luc Steels tiene un gesto de sorpresa cada vez mayor. Gira y me dice:

No sé qué diablos se están diciendo entre ellos. Por ejemplo, los AIBO utilizan el término *pelota* solamente cuando los operadores humanos les tiramos una pelota que rueda y que ellos han de ir a buscar. Nunca cuando la pelota está quieta, o cuando se la enseñamos.

Le digo que si los ha programado él, debería saber de lo que están hablando. Me contesta encogiendo los hombros, porque ambos sabemos que el lenguaje que hablan sus robots no ha sido creado por los humanos, sino por los mismos AIBO. Steels, que lleva a cabo el proyecto, sólo les ha dado un procesador, unos sensores y un sintetizador de voz.

Las siguientes horas las pasamos analizando los datos que surgen de la actividad de los ordenadores que mueven los robots. No da con el quid de la cuestión. La pregunta parece clara: ¿cómo podemos saber de lo que están hablando? ¿Cómo podemos saber el significado de las palabras del nuevo lenguaje de los AIBO? Todos pensábamos que sería muy sencillo de contestar, sobre todo teniendo en cuenta que el mundo artificial en el que viven los AIBO del grupo de Steels es todavía bastante reducido, con pocos objetos y actividades sencillas, como jugar a la pelota. Ahora el grupo de Steels se percata de que no, de que a pesar de todo lo que saben y han investigado sobre el origen, la naturaleza y el desarrollo de los lenguajes, la verdad es que saben muy poco sobre cómo pueden identificar algunos de los significados de los lenguajes de los AIBO.

LUC STEELS

Luc Steels es director del Laboratorio Sony de Ciencia Computacional de París y es profesor de informática en la Universidad de Bruselas. Steels estudió en el prestigioso MIT (Massachusetts Institute of Technology) y se especializó en el campo de la inteligencia artificial y en el estudio del lenguaje.

En los últimos cuatro años, Steels y su grupo han desarrollado programas de ordenador y robots que puedan ayudar a entender la naturaleza del lenguaje. Han estudiado cómo se desarrolla la capacidad lingüística a partir de procesos cognitivos muy sencillos (Steels y Vogt, 1997). Steels ha diseñado sus programas y robots de manera que sean capaces de funcionar con autonomía, desarrollar conceptualizaciones muy básicas de sus mundos, crear palabras que

se refieran a estos mundos, comunicarse con otros congéneres y, sobre todo, cambiar sus conceptualizaciones y palabras si éstas no permiten una comunicación eficaz con otros robots con los que se comunican (Steels y Brooks, 1994; Steels *et al.*, 2002).

JUEGOS LINGÜÍSTICOS

Luc Steels está llevando a cabo este proyecto a través de un grupo de experimentos a los que denomina *Los juegos de las adivinanzas* (Steels, 2001a; Steels, 1999). Los experimentos comenzaron en 1999 y se han concentrado en los orígenes y la evolución del arraigo de las palabras.

Los experimentos consisten en estimular la comunicación entre diferentes agentes robóticos, entre ellos los AIBO. Todos disponen de sensores visuales y auditivos mediante los cuales reciben información del entorno para que puedan interactuar con otros robots que ven y sienten cosas similares. El entorno comunicativo puede consistir, por ejemplo, en una pizarra blanca en la que se han dibujado diferentes formas de colores enlazadas, triángulos, círculos, rectángulos, sin olvidar que los entornos han ido cambiando a medida que los robots se han vuelto más sofisticados.

El juego lo realizan dos agentes. Uno de ellos toma el papel de hablante y el otro el de oyente. Los agentes intercambian de tanto en tanto los papeles de oyente y hablante. Los objetos que tienen a su alrededor al comienzo del juego constituyen el contexto. Una versión del juego de las adivinanzas es el que se juega cuando un niño empieza a hablar. Un ejemplo podría ser el siguiente:

MADRE: ¿Cómo hace la vaca? (*La madre señala el dibujo de una vaca.*) ¡Muuu!

NIÑO: (*Observa a la madre.*)

MADRE: ¿Cómo hace el perro? (*La madre señala el dibujo de un perro.*) Guau!

NIÑO: (*Observa a la madre.*)

MADRE: ¿Cómo hace la vaca? (*Señala a la vaca y espera.*)

NIÑO: ¡Muuu!

MADRE: ¡Muy bien!

Palabra de robot

En los últimos años los robots han experimentado los avances más espectaculares de su historia, en especial en lo que se refiere a sus habilidades de locomoción y de ejecución de tareas complejas. Sin embargo, quizás el desarrollo más sorprendente es el que se está produciendo dentro del campo de la comunicación robótica. Gracias, entre otras, a las aportaciones del lingüista belga y experto en robótica Luc Steels, los robots no sólo han empezado a poderse comunicar de manera autónoma con los humanos, sino que además son ya capaces de crear un lenguaje propio que les sirve para comunicarse con sus semejantes robóticos. Estos avances permiten a la ciencia comenzar a responder a algunas de las preguntas que nos hemos formulado desde siempre: ¿cómo aprendemos a hablar?, ¿a qué corresponde el significado de las palabras?, ¿qué relación existe entre el lenguaje y nuestras capacidades cognitivas?, ¿qué importancia tiene la comunicación en el significado de las palabras? *Palabra de robot* viaja por el tiempo y el espacio de la investigación científica, en un itinerario fascinante que nos descubre lo que sabemos sobre el funcionamiento del cerebro humano en lo que respecta a la adquisición del lenguaje.