

## Tecnología

V. Julián, V. Botti

Dpto. sistemas Informáticos y Computación Universidad  
Politécnica de Valencia

{vbotti,vinglada}@dsic.upv.es

## Agentes Inteligentes: el siguiente paso en la Inteligencia Artificial

### 1. Introducción

La Inteligencia Artificial, en adelante **IA**, puede considerarse como una de las disciplinas más nuevas, siendo curiosamente considerada a la vez como una gran desconocida y una de las que más interés profano despierta. Esto es debido a que poca gente tiene claro qué es la IA, pero sin embargo es considerada por una gran mayoría de científicos como la disciplina donde han pensado alguna vez en trabajar. Pero, ¿qué es realmente la IA? Existen gran variedad de definiciones respecto a lo que es la IA, algunas más válidas que otras, pero podríamos intentar resumirlas comentando que la IA trata de «desarrollar sistemas que piensen y actúen *racionalmente*».

En los últimos años la IA ha ido evolucionando, quizás con mayor celeridad que otras disciplinas, motivado probablemente por su propia inmadurez. Todo esto ha llevado a que **la IA actualmente abarque una gran cantidad de áreas**, desde algunas muy generales como razonamiento, búsqueda, etc. a otras más específicas como los sistemas expertos, sistemas de diagnóstico, etc. Podríamos indicar, sin lugar a dudas, que la IA puede ser aplicada hoy en día a infinidad de disciplinas científicas y es que la IA es susceptible de aparecer allí donde se requiera el intelecto humano. En este aspecto **cada nueva incursión de la IA en un campo diferente supone el empleo de una metodología de aplicación propia del investigador que lo intenta pues a diferencia de otras disciplinas, no existen ciertos estándares o criterios consensuados que unifiquen el proceso de aproximación de la IA a otras áreas y, en consecuencia, a problemas reales**. La aparición de una metodología común a la hora de abordar la aplicabilidad de la IA puede resultar un elemento muy positivo en la corta vida de esta disciplina.

Actualmente en la IA ha surgido un nuevo paradigma conocido como «paradigma de agentes», el cual está tomando un gran auge entre los investigadores. **Dicho nuevo paradigma aborda el desarrollo de entidades que puedan actuar de forma autónoma y razonada**. Si retomamos la definición dada anteriormente donde se consideraba a la IA como un medio para el desarrollo de sistemas que piensen y actúen *racionalmente*, podemos pensar que la IA, en su conjunto, trata realmente de construir precisamente dichas entidades autónomas e inteligentes.

De acuerdo con esta visión, se puede considerar a la IA como una disciplina orientada a la construcción de agentes inte-

ligentes donde se integran las diferentes áreas que ésta comprende. Desde hace relativamente poco tiempo esta idea está siendo ya adoptada por investigadores en la materia; el propio Stuart Russell ha remodelado su conocido libro *Inteligencia Artificial, un enfoque moderno* [Russell1996] para dar un enfoque de la IA orientado totalmente al desarrollo de agentes. Es importante resaltar que en el momento en que se disponga de una metodología clara para la construcción de dichos agentes inteligentes, la aplicabilidad de las técnicas de IA a cualquier tipo de problema podrá abordarse de una manera más clara y unificada.

De momento, se puede asegurar que, hoy en día, existe una idea generalizada dentro de la IA de que nos encontramos ante el nacimiento de una nueva tecnología, la **de agentes inteligentes**, que permite abordar de una manera más apropiada la construcción de sistemas inteligentes más complejos aplicados a muy diversos campos. Veamos en los siguientes puntos del artículo una descripción más detallada de lo que es y lo que promete esta nueva tecnología hacia la que está orientada actualmente la IA.

### 2. Agentes Inteligentes

De acuerdo a lo comentado anteriormente, **la IA puede ser enfocada desde la perspectiva del desarrollo de agentes inteligentes**. Esta idea, la cual puede ser considerada como un nuevo reto a corto plazo, está siendo avalada y respaldada por numerosos investigadores en la materia; sirva a modo de ejemplo la siguiente frase: «*Los agentes constituyen el próximo avance más significativo en el desarrollo de sistemas y pueden ser considerados como la nueva revolución en el software*».

Esta frase fue pronunciada por el Dr. Nicholas Jennings en su discurso al recoger el premio al mejor investigador novel del último congreso internacional de Inteligencia Artificial celebrado en Estocolmo (IJCAI'99). Resulta mucho más impactante aún cuando tal afirmación se ve refrendada por numerosos indicadores, como por ejemplo el gran interés despertado tanto a nivel académico como industrial. Frente a una afirmación de este tipo, surgen obligatoriamente ciertas preguntas de carácter general: ¿en qué consiste este nuevo paradigma?, ¿qué es un agente?, ¿cómo se caracteriza un agente?, ¿qué nos ofrece de nuevo? etc...

Algunas de estas preguntas son difíciles de responder, entre otras cosas debido a que estamos hablando de una tecnología

en ciernes y todavía existen lagunas a nivel conceptual y de desarrollo.

Quizá la mejor forma de poder mostrar de que estamos hablando es por medio de un sencillo ejemplo: supongamos que, como usuarios de Internet, realizamos de forma periódica ciertas operaciones como pueden ser el consultar las noticias de diversos periódicos electrónicos, buscar y obtener ese nuevo artículo de investigación disponible en formato electrónico, comprar un ejemplar de ese libro que no encontrábamos o eliminar aquellos mensajes que nos llegan y que no nos interesan.

Para la realización de dichas operaciones, en la actualidad disponemos de una serie de herramientas que realizan dichas labores atendiendo a nuestras peticiones. Imaginémonos ahora que dispusiésemos de una entidad inteligente intermedia entre nosotros y la red que realizase dichas labores y que además fuese aprendiendo de nuestras peticiones, de tal forma que, llegado un momento, pudiésemos encontrarnos con que automáticamente se nos generara un resumen de prensa con las noticias más interesantes para nosotros recogidas y filtradas de los más importantes periódicos electrónicos existentes; se nos presentase con una periodicidad apropiada el conjunto de nuevos artículos que se han publicado en la red sobre una temática que nos interesa o una lista de libros en los que podríamos estar interesados, de tal forma, que, al decidirnos por alguno de ellos, se nos indicase donde podríamos obtener el precio más económico. Además, se encargaría también de priorizar, ordenar los mensajes de correo electrónico, así como de eliminar automáticamente los que no nos interesasen. Y así podríamos pensar muchas más cosas.

Esta entidad sería capaz de aprender nuestros gustos y actuar tal y como lo haríamos nosotros, pero adelantándose y realizando tareas que nosotros podríamos realizar si dispusiésemos de más tiempo. Pues bien, dicha entidad se podría considerar como un **agente**; este agente, conocido como **agente de información**, realizaría toda la gestión, de una forma racional, de la información proveniente de Internet para un usuario concreto.

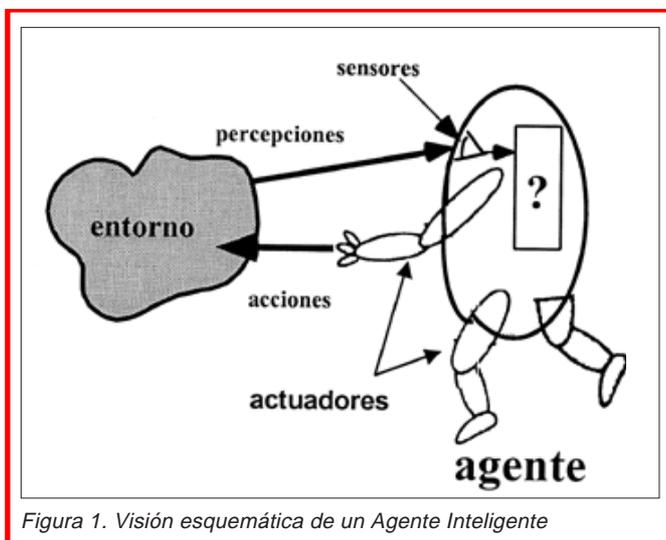


Figura 1. Visión esquemática de un Agente Inteligente

### 3 ¿Qué es un agente?

Al igual que ocurre con la propia definición de la IA, se pueden encontrar propuestas en la literatura un gran número de definiciones del concepto de **agente**, sin que ninguna de ellas haya sido plenamente aceptada por la comunidad científica, siendo quizás la más simple la de Russell [Russell1996], que considera un agente como **una entidad que percibe y actúa sobre un entorno** (ver figura 1). Basándose en esta definición, se pueden caracterizar distintos agentes de acuerdo a los atributos que posean (y que van a definir su comportamiento) [Botti1999] para resolver un determinado problema.

Pero centrémonos en esta definición básica y apliquémosla al ejemplo dado al inicio. Se dice que un agente está situado en un entorno y dicho entorno para nuestro agente sería la propia red (Internet). Por otra parte en la definición se indica que debe percibir y actuar en dicho entorno. Para nuestro caso, la percepción se puede ver en el hecho de que el agente va recibiendo e instruyéndose de las peticiones que hacemos, mientras que la acción queda patente cuando el agente nos muestra información que el mismo ha buscado en la red.

Quizás esta definición es muy básica y puede producir un efecto «contenedor» en el sentido de que **es una definición muy amplia y numerosos sistemas pueden ser etiquetados como agentes cuando realmente no lo son** o por lo menos no deberían haber sido enfocados desde este punto de vista. Hay que indicar que **el término «agente» está de moda y mucha gente se ha «subido al carro» indicando que las aplicaciones que desarrollan son agentes**. No es momento de entrar en discusión, pero sí que es necesario remarcar el origen por el que se planteó esta tecnología y es el hecho de que **debe ser aplicada a sistemas complejos, sistemas donde la aplicación de las técnicas existentes hoy en día han fracasado o son sumamente difíciles de comprender y/o mantener**.

En la mayoría de las ocasiones, los agentes no son desarrollados de forma independiente sino como entidades que constituyen un sistema. A este sistema se le denomina **multi-agente** [Huhns1998]. En este caso los agentes deben o pueden interactuar entre ellos. Las interacciones más habituales como son informar o consultar a otros agentes permiten a los agentes «hablar» entre ellos, tener en cuenta lo que realiza cada uno de ellos y razonar acerca del papel jugado por los diferentes agentes que constituyen el sistema. La comunicación entre agentes se realiza por medio de un lenguaje de comunicación de agentes (ACL --Agent Communication Language).

### 4. ¿Cómo se caracteriza un agente?

Un agente va a venir caracterizado por una serie de calificativos, los cuales vienen a denotar ciertas propiedades a cumplir por el agente. Esto nos lleva a plantear otra definición bastante aceptada de agente donde se emplean tres calificativos que, según, el autor se consideran básicos. Esta definición ve a un agente como un sistema de computación capaz de actuar de forma autónoma y flexible en un entorno

[Wooldridge1995], entendiéndolo por flexible que sea:

- **Reactivo**, el agente es capaz de responder a cambios en el entorno en que se encuentra situado.
- **Pro-activo**, a su vez el agente debe ser capaz de intentar cumplir sus propios planes u objetivos.
- **Social**, debe de poder comunicarse con otros agentes mediante algún tipo de lenguaje de comunicación de agentes.

Como vemos en este caso, hemos identificado una serie de características o apellidos que de por sí debe tener un agente. Atendiendo a esta idea, para poder asociar a una herramienta el término «agente» debe ser capaz de cumplir los requerimientos anteriormente expuestos. Actualmente, un pequeño porcentaje del SW de propósito general existente se adapta a dicha definición. Apliquemos estas características a nuestro agente de información de ejemplo: ¿sería reactivo? Podemos pensar que sí a juzgar por el hecho de que el agente debería reaccionar frente a los mandatos que le indicamos, además debe poder reaccionar frente a posibles eventos que le lleguen de la red. ¿Sería pro-activo?, evidentemente que sí, nuestro agente debería autoplantearse su curso de acción para poder realizar todas sus tareas adelantándose a las peticiones de su usuario. Por último debemos pensar si nuestro agente sería social. Esta característica desde nuestro punto de vista no sería básica en una definición general de agente, no obstante, sí que podemos claramente identificar una conducta social en nuestro ejemplo si observamos que debería poder comunicarse con infinidad de recursos en la red y, por qué no, con otros agentes existentes en la misma. Pero, en definitiva, ¿cuáles son las características básicas y de qué más características disponemos para poder calificar a un agente?. Revisemos a algunas de las características que en la literatura se suelen atribuir a los agentes en mayor o menor grado para resolver problemas particulares y que han sido descritos por autores tales como Franklin y Graesser

[Franklin1996], y Nwana [Nwana1996], éstas son:

- **Continuidad Temporal**: se considera un agente un proceso sin fin, ejecutándose continuamente y desarrollando su función.
- **Autonomía**: un agente es completamente autónomo si es capaz de actuar basándose en su experiencia. El agente es capaz de adaptarse aunque el entorno cambie severamente. Por otra parte, una definición menos estricta de autonomía sería cuando el agente percibe el entorno.
- **Sociabilidad**: este atributo permite a un agente comunicarse con otros agentes o incluso con otras entidades.
- **Racionalidad**: el agente siempre realiza «lo correcto» a partir de los datos que percibe del entorno.
- **Reactividad**: un agente actúa como resultado de cambios en su entorno. En este caso, un agente percibe el entorno y esos cambios dirigen el comportamiento del agente.
- **Pro-actividad**: un agente es pro-activo cuando es capaz de controlar sus propios objetivos a pesar de cambios en el entorno.
- **Adaptatividad**: está relacionado con el aprendizaje que un agente es capaz de realizar y si puede cambiar su comportamiento basándose en ese aprendizaje.
- **Movilidad**: capacidad de un agente de trasladarse a través de una red telemática.
- **Veracidad**: asunción de que un agente no comunica información falsa a propósito.
- **Benevolencia**: asunción de que un agente está dispuesto a ayudar a otros agentes si esto no entra en conflicto con sus propios objetivos.

No existe un consenso sobre el grado de importancia de cada una de estas propiedades para un agente. Sin embargo, se puede afirmar que estas propiedades son las que distinguen a los agentes de meros programas. Según hemos visto en la definición de Wooldridge, las características de autonomía, reactividad, pro-actividad y sociabilidad son las caracte-

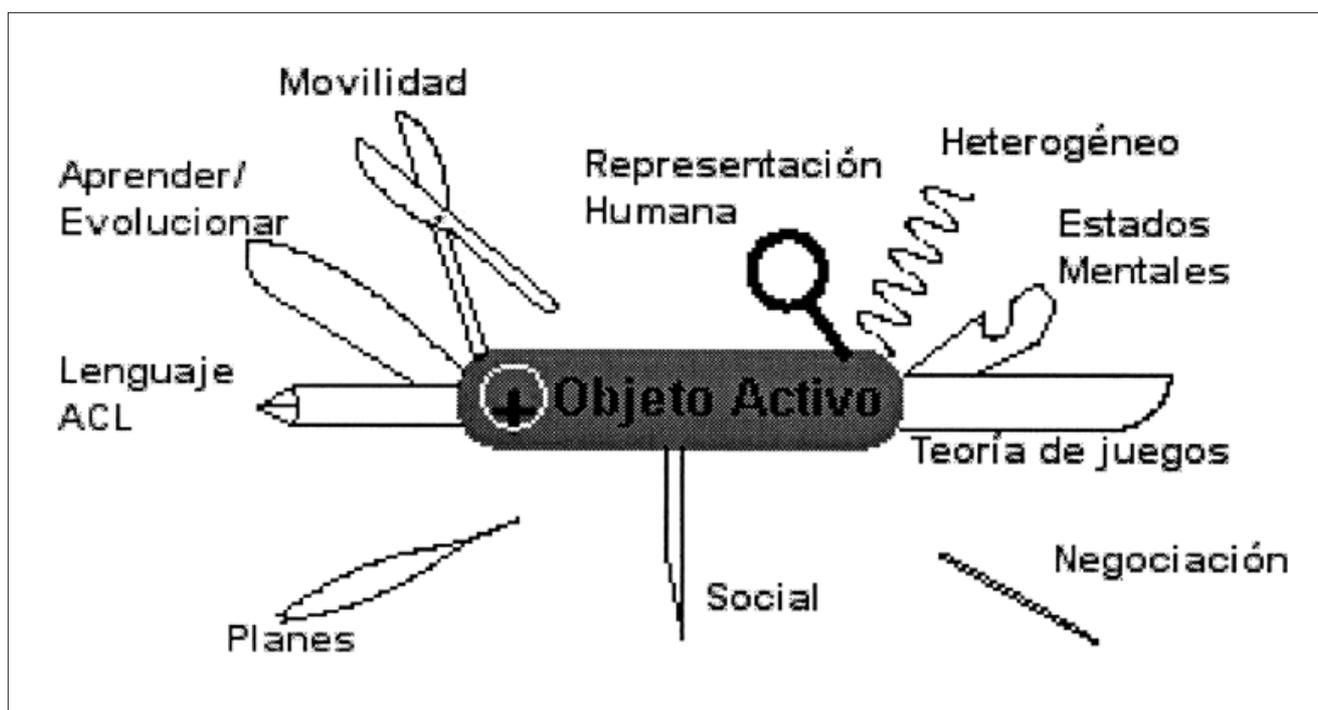


Figura 2. Navaja suiza de Parunak representando los conceptos que puede integrar un agente

rísticas básicas. Podríamos encontrar otras definiciones donde varían ligeramente las características a aplicar a un agente básico.

Tal como indica el Dr. H. Van Dyke Parunak en su trabajo [Parunak1999], un agente es como una navaja del ejército suizo en el que se puede ver la definición básica como sólo la navaja y en el que si se necesita algún accesorio más se le añade y, si no se necesita, no hay necesidad de acarrear con todos los accesorios (figura 2).

## 5. ¿Qué nos ofrece de nuevo?: el ejemplo de «la verdadera tienda en casa»

Toda nueva tecnología debe poder ofrecer algo novedoso, algo con que venderse; en el caso del mundo de los agentes inteligentes, la mejor forma de hacerlo es plantear algún ejemplo de utilización de esta nueva tecnología. Planteemos un nuevo ejemplo concreto donde poder observar qué mejoras ofrece un agente sobre las aproximaciones actuales. Hoy en día es ya posible la compra de diferentes productos de alimentación vía Internet, productos que posteriormente son enviados a casa con o sin cargo en función del volumen de compra. En este tipo de compras las ventajas para el cliente son evidentes, no hay desplazamientos ni horario al que atenerse. Desde el punto de vista del vendedor se reducen considerablemente los costes, no hay necesidad de disponer de un local ni de un *stock* elevado. Sin embargo, este tipo de compra electrónica sigue adoleciendo de ciertos problemas típicos con los que nos encontramos a la hora de comprar, como por ejemplo, el tener que ir comparando precios entre las diferentes opciones que se nos brindan o el tener que buscar que ofertas especiales hay en un momento dado. Aparte de estos problemas, se nos presentan otros más específicos del hecho de depender de la red; uno evidente es dónde dirigirse (desconocimiento de las direcciones de las tiendas virtuales), otro puede ser la existencia de diferentes interfaces (cada tienda virtual dispone de su propia interfaz con el usuario, complicando sumamente el acceso) y tampoco hay que olvidarse de la lentitud que puede existir en la red a la hora en que podemos realizar la búsqueda de productos.

Supongamos ahora que pudiésemos olvidarnos de todo esto y que dispusiésemos de una herramienta que simplemente indicándole lo que queremos comprar (nuestra cesta de la compra) se encargase automáticamente de buscar dónde puede encontrar una mejor relación calidad-precio y generase la petición de los productos de una manera racional. Sería todavía más interesante si la herramienta en cuestión pudiese repartir las compras entre diferentes tiendas para conseguir mejores precios, teniendo en cuenta posibles restricciones como pedidos mínimos y posibles cargos por los portes. Dicha herramienta podría ser lo que denominaríamos como un **agente inteligente de compra**, el cual no entendería de horarios y realizaría las compras cuando no existiese saturación en la red, podría ir actualizando automáticamente su lista de tiendas o supermercados en la red, incorporando nuevas páginas y eliminando las que dejasen de existir. Además, como usuario del agente de compra sólo deberíamos conocer cómo funciona dicho agen-

te, olvidándonos del resto de interfaces. Como puede observarse, los beneficios por el empleo de un agente con este comportamiento serían muy interesantes y daría más significado a la conocida expresión «*la tienda en casa*».

Existen muchos más ejemplos donde podríamos encontrar sistemas o áreas de aplicación donde la orientación basada en agentes resulta especialmente prometedora ofreciendo nuevas perspectivas y posibilidades. Numerosas aplicaciones basadas en este nuevo paradigma vienen ya siendo empleadas en infinidad de áreas. Podemos destacar dos áreas como serían las aplicaciones industriales y las comerciales [Jennings1998]:

- Dentro del marco de las **aplicaciones industriales**, la tecnología basada en agentes es considerada muy apropiada para el desarrollo de sistemas industriales distribuidos. Dentro de esta línea podríamos destacar aquellas aplicaciones que se encargan de:

- **Control de procesos:** gestión autónoma de edificios inteligentes en cuanto a su seguridad y consumo de recursos, gestión del transporte de electricidad (ARCHON), control de un acelerador de partículas, monitorización y diagnóstico de fallos en plantas industriales, como por ejemplo nucleares o refinerías, control en el proceso de bobinado del acero y robótica. En otro tipo de área se han desarrollado aplicaciones para el control del tráfico aéreo en aeropuertos como el de Sidney en Australia.

- **Producción:** aspectos como la planificación y *scheduling* de la producción o fabricación de productos serían tratados desde la perspectiva de agencia. Se ha aplicado con éxito, por ejemplo, a sistemas encargados de las fases de ensamblaje, pintado, almacenamiento de productos, etc. Algunos ejemplos serían AARIA, ABACUS, CORTES, MASCOT, Sensible Agents, YAMS, etc.

- Por otro lado, también está siendo empleado en **aplicaciones comerciales**, sobre todo a nivel de aplicaciones de red, tanto en Internet como en redes corporativas, podemos distinguir entre:

- **Gestión de información:** como por ejemplo el filtrado inteligente de correo electrónico (Agentware e InfoMagnet), de grupos de noticias o la recopilación automática de información disponible en la red (Letizia, AT1, BullsEye, Go-Get-It, Got-It, Surfbot y WebCompass). Tareas para las cuales el agente necesita ser capaz de almacenar, aprender y manipular las preferencias y gustos de cada usuario, así como sus cambios. La imposibilidad en ocasiones de gestionar todo tipo de información suministrada por la red ha provocado que el agente se especialice en la búsqueda de determinados tipos de documentos (CiteSeer). Otra posible línea sería la planificación de la agenda personal, en otras palabras, disponer de una secretaria virtual o asistente personal.

- **Comercio electrónico:** en este caso la tecnología se emplea para proporcionar el entorno virtual donde realizar posibles operaciones comerciales (compra-venta de productos) o también para realizar tareas de búsqueda de productos (comparando precios, consultando disponibilidad) todo ello de manera automatizada (Jango, BargainFinder, Kasbah). En este caso, el agente debe poder comunicarse con las tiendas en línea utilizando protocolos que permitan

trabajar con las interfaces de estas tiendas; actualmente, los usuarios pueden comprar y vender artículos comunes como libros y CD's de música. El empleo de agentes aumentará el impacto del comercio electrónico en un futuro muy cercano, revelando asimismo cómo los agentes basados en la web pueden proporcionar un enorme poder añadido a los consumidores.

- **Monitorización:** proporcionan al usuario la información cuando sucede un determinado acontecimiento; por ejemplo cuando la información ha sido actualizada, trasladada de lugar o borrada (*WBI* de *IBM*, *BullsEye* y *Smart Bookmarks*). Este tipo de agentes permite tener alerta a un usuario frente a eventos en la red interesantes para el mismo. La forma en que este tipo de agentes sirve la información a su usuario puede ser el indicar únicamente qué página o páginas han cambiado y desde cuando ha sucedido esto o llegar a bajarse el texto de las páginas actualizadas, filtrando en este caso imágenes, gráficos y demás.
- **Mediador de diferentes fuentes de información:** se están realizando esfuerzos en la línea de desarrollar agentes que permitan interoperar a diferentes fuentes de información independientemente del sistema en que se hayan desarrollado.

No son éstas las únicas áreas donde podemos encontrar ejemplos. Otra área de interés son las **aplicaciones médicas**, donde la idea es disponer de agentes que realicen de forma autónoma tareas que pueden ser automatizadas en un hospital, como por ejemplo: la *monitorización de pacientes en cuidados intensivos*, empleado para monitorizar y controlar a pacientes ingresados en unidades de cuidados intensivos y la *atención al paciente*, estos sistemas se encargarían de seguir el tratamiento de un paciente controlando todos los aspectos relativos a la enfermedad que tenga el mismo. También es posible encontrar aplicaciones dentro del área del **entretenimiento** como pueden ser *juegos* (la aplicación de esta tecnología en juegos permite disponer de juegos más sofisticados, con características inteligentes donde se pueden incorporar personajes virtuales que pueden funcionar de forma casi autónoma) y el *teatro interactivo y cine*, donde se permite a un usuario interpretar el papel de un personaje en una obra donde el resto de los personajes pueden ser virtuales.

Como puede observarse, las aplicaciones son múltiples, sin embargo, el empleo de agentes es aún limitado. El desarrollo a nivel industrial y/o empresarial de agentes requiere de técnicas que reduzcan el riesgo inherente en toda nueva tecnología. Dos maneras de reducir dicho riesgo son:

- Presentar la nueva tecnología como una extensión incremental de métodos ya conocidos y probados.
- Proveer herramientas de ingeniería explícitas que den soporte a métodos aceptados por la industria encargada del desarrollo de tecnologías.

La aceptación de métodos en la industria y/o la empresa depende de la existencia de herramientas que soporten el análisis, especificación y diseño de agentes inteligentes. Actualmente no existen todavía formalismos para poder

especificar de forma suficiente el desarrollo de sistemas basados en agentes. A nivel conceptual la terminología deberá estar más aceptada, ampliándose de esta forma los campos de aplicación, así como la cantidad de sistemas disponibles dentro de cada campo. Cabe resaltar que los objetivos de los proyectos industriales son más amplios y complejos que los esfuerzos en investigación en el ámbito académico.

## 6. Conclusiones

Los ejemplos comentados en este artículo no son ciencia ficción, sino que describen lo que, se supone, nos espera de aquí a pocos años. La IA ha dado un paso más hacia delante. Existen ya prototipos que están siendo probados tanto en el ámbito académico como industrial y ya empiezan a aparecer los primeros productos comerciales. **Cabe indicar que, como siempre ocurre cuando aparece una nueva tecnología, no debemos pensar que todo son agentes y lo que había antes no es válido.** Las opciones a la hora de emplear agentes, tal y como hemos descrito, son múltiples, pero no conviene creer que cualquier problema es tratable de forma sencilla con una aproximación de sistema basado en agentes. **Es posible que en ocasiones el empleo de técnicas clásicas resulte más adecuado en función de la naturaleza del problema a resolver.**

A esta primera hornada de productos comerciales la podríamos denominar como la primera generación de sistemas basados en agentes, dando quizás un poco más a la razón a quien opina que «*los agentes constituyen la nueva revolución en el Software*». En concreto, el concepto de agente/sistema multi-agente supone el siguiente paso en la evolución de la IA y el enfoque con el que va a ser abordado en el futuro el desarrollo de sistemas inteligentes, en un cada vez más amplio y diverso dominio de problemas como la medicina, la industria, comercio electrónico, entretenimiento, la educación, etc.

## 5. Referencias

- [Botti1999] V. Botti, C. Carrascosa, V. Julian, J. Soler. The ARTIS Agent Architecture: Modelling Agents in Hard Real-Time Environments. Proceedings of the MAAMAW'99. Lecture Notes In Computer Science, vol. 1647. Springer - Verlag (pag. 63-76), Valencia 1999. ISBN 3-540-66281-2.
- [Franklin1996] Franklin, S., Graesser, A.: Is it an Agent, or just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents. *Proceedings of the Third International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages*. Springer-Verlag (1996).
- [Huhns 1998] Huhns, M., Singh, M. P.: Readings in Agents. *Readings in Agents*. Chapter 1, 1-24 (1998).
- [Jennings1998] Jennings, N. Wooldridge, M.: *Applications of Intelligent Agents*. Queen Mary & Westfield College. University of London.
- [Nwana1996] Nwana, H. S.: *Software Agents: An Overview*. Intelligent Systems Research. AA&T, BTLaboratories, Ipswich, United Kingdom (1996).
- [Parunak1999] Parunak, H. Van Dyke and Odell, James: *Engineering Artifacts for Multi-Agent Systems*. ERIM CEC. (1999).
- [Russell1996] Russell, S: *Inteligencia Artificial: un enfoque moderno*. Prentice - Hall. México, (1996).
- [Wooldridge1995] Wooldridge, M. and Jennings, N. R.: *Intelligent agents: Theory and practice*. The Knowledge Engineering Review, 10(2):115-152, (1995).