

INTELIGENCIA AMBIENTAL: ENTORNOS INTELIGENTES ANTE EL DESAFÍO DE LOS PROCESOS INFERENCIALES

María G. Navarro

University of Amsterdam, Faculty of Humanities
hermeneutica@gmail.com

RESUMEN

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) están concebidas para el desarrollo, mantenimiento y administración de la información por medio de sistemas informáticos, redes de telecomunicaciones, dispositivos portátiles, etc. Sin embargo, en este trabajo se insiste en su poder para generar una nueva modalidad de entorno: los llamados ambientes digitales. La autora plantea que el diseño y aun el concepto de inteligencia ambiental presenta problemas especulativos relacionados con el empleo de razonamientos y el despliegue de procesos inferenciales e interpretativos a través de los cuales interactuamos con el entorno social tanto individual como colectivamente. La resolución de estos problemas filosóficos podría orientar el desarrollo y la implantación de las tecnologías embebidas y ubicuas, capaces de amplificar la capacidad cognitiva y motriz de las personas.

PALABRAS CLAVE

Tecnologías de la información y la comunicación, ambientes inteligentes, interpretación, teorías de la argumentación, inferencialismo.

ABSTRACT

Information and Communication Technologies (ICT) are intended to develop, maintain and administrate information using computer systems, communication networks, portable dispositives, etc. In addition to that, this paper deals with ICT's power to create new contexts: what is called digital ambiances. According to the author the design and even the concept of these intelligent ambiances has problems that have to do both with the use of reasoning and the display of inferential and interpretative processes to interact with the social context in an individual or a collective way. Solving these philosophical problems could guide the development and implantation of ubiquitous and embodied technologies that would be able to amplify the cognitive and motive capacity of people.

KEYWORDS

Information and communication technologies, ambient intelligence, interpretation, argumentation theories, inferentialism.

LOS AMBIENTES INTELIGENTES COMO EXPRESIÓN DEL ENTORNO SOCIAL Y TECNOLÓGICO

La principal particularidad del desarrollo tecnológico de ambientes digitales es que pueden llegar a producir un reforzamiento e incluso un efecto de amplificación de las capacidades cognitivas de las personas. En este sentido, cabe hablar de la existencia de un tipo específico de inteligencia: la inteligencia ambiental.

Si mantenemos una concepción amplia acerca del significado del medioambiente como entorno en el que se desarrolla la vida de los seres vivos y de las sociedades humanas, es decir, no solo como espacio físico sino como un conjunto complejo de sistemas que abarca a los seres vivos, el agua, el suelo, el aire, etc., cabe decir que la inteligencia ambiental puede llegar a constituir una modalidad de entorno.

El concepto de inteligencia ambiental es complejo porque implica cambios en nuestra manera de concebir la noción de 'ambiente'. Generalmente consideramos que el ambiente es un factor que influye sobre la existencia de los seres vivos desde un punto de vista extrínseco. Así, dentro de dicha categoría, incluiríamos, por ejemplo, al medioambiente físico, al clima, la contaminación o la geografía. No obstante, cabe hablar también de un medioambiente sociopolítico que se materializa en ciudades, desarrollos urbanísticos, autopistas, redes de circulación aérea, fronteras, aduanas, etc.

Según Echeverría (1999), dentro de esta última modalidad de ambiente que, a su vez, puede entenderse como un conjunto de factores que interactúan sobre un sistema cultural, el desarrollo de la inteligencia ambiental consiste en la aplicación de ordenadores emocionales, sistemas de inmersión virtual y microordenadores sobre un entorno determinado con objeto de obtener una amplificación de nuestras capacidades cognitivas, sensoriales y motoras.

Esta ampliación de nuestras capacidades cognitivas se basa en el hecho de que tales dispositivos constituyen una forma particular de entorno, caracterizado por su interacción inteligente con el ser humano, dado que este podría llegar a aprender las necesidades de las personas e incluso predecirlas. Esta última característica, de naturaleza cognitiva, es lo que se acentúa con el sintagma nominal ‘ambiente inteligente’.

El desarrollo de dispositivos e interfaces que definen un ambiente inteligente da lugar a un medio producido con el fin de agilizar y potenciar las capacidades cognitivas y sensoriales; por tanto, puede decirse que la inteligencia ambiental es un entorno más dentro del sistema del medioambiente sociopolítico: es el llamado *entorno tecnológico*.

Un ejemplo paradigmático de desarrollo tecnológico es el proyecto japonés *RoomRender* que plantea el diseño de una habitación inteligente¹ cuyo objeto es crear un ambiente inteligente. Dicho proyecto parte de tres nociones fundamentales con las que cabe explicar la capacidad de los ambientes inteligentes para producir un efecto de ampliación de las capacidades cognitivas y sensoriales del ser humano. La primera de dichas nociones es la de interfaz: una instancia de mediación y comunicación entre el usuario y el sistema; la segunda noción es la de conocimiento y, por último, la tercera noción fundamental es la de motor de inferencia.

El significado de un motor de inferencia estriba en la idea de que un conjunto de conocimientos adquiridos a través de ese sistema de inteligencia artificial permite establecer interpretaciones con objeto de adelantarse a las preferencias del usuario y, en este sentido, y según se mire, bien predecirlas, bien anticiparlas; por ejemplo, cambiando de color las paredes de la habitación o poniendo música de relajación cuando se detecta a través de su voz del usuario que este se siente cansado. Este proceso puede

¹ Este famoso proyecto puede consultarse en: <http://www.pinktentacle.com/2006/12/roomrender-renders-rooms-intelligent/>

llevarse a efecto gracias a un sistema de sensibilidad inteligente consistente en la detección acústica e interpretación de la voz.

Si al hecho de que la inteligencia ambiental se anticipa, por definición, a las preferencias de su usuario gracias al desarrollo de un motor de inferencias, se le suma que puede estar basada en dispositivos de ordenadores ubicuos incorporados a objetos de la vida cotidiana que pueden estar comunicados a otras interfaces a través de redes inalámbricas, entonces, a la anticipación habría que sumar dos propiedades más, a saber, la de adaptabilidad y la de invisibilidad.

Para Palacios y Romeñach (2007) todas estas características hacen de la inteligencia ambiental un medio especialmente útil, por ejemplo, para las personas que presentan una diversidad funcional, ya sea esta auditiva, visual, motriz, cognitiva o conductual, puesto que –como en el caso de las TIC– estos dispositivos y entornos pueden aumentar las posibilidades de las personas para relacionarse con el entorno mejorando su calidad de vida desde el punto de vista cognitivo, afectivo, personal, laboral e incluso social.

A pesar de ello, el desarrollo de ambientes inteligentes puede constituir un factor de cambio más radical que el representado por las TIC, dado que los ambientes inteligentes –de acuerdo con la definición pergeñada por Pieper (1999) en la famosa conferencia “Digital Living” presentada en Dana Point, California– representan una transformación del entorno sociocultural inmediato en la medida en que implican una penetración de la inteligencia en el entorno en que se desarrolla la vida humana, hasta el punto de que dicha inteligencia puede llegar a constituir una forma de presencia ambiental.

Si continuamos con el ejemplo anterior en el que se aludía al colectivo de personas que presenta una diversidad funcional, puede decirse que parecen manifiestas las ventajas implícitas en la concepción de la inteligencia como una forma de presencia ambiental. Cabe decir aún más, pues es el caso que si analizamos

el significado inherente al concepto de diversidad funcional, observaremos que los beneficios representados en principio para una comunidad idealmente acotada de personas deberían ampliarse hasta abarcar al conjunto de los seres humanos, pues los propios ciclos de la vida y la reducción paulatina de nuestra motricidad o el contingente deterioro y la disminución progresiva a la que se ven sometidos nuestros umbrales de percepción hacen pensar que el diseño de estos ambientes inteligentes o tecnologías sociales deberían llevarnos a considerar su potencial interés en tanto bien colectivo. La inteligencia ambiental vendría, por tanto, a ampliar el conjunto de aplicaciones informáticas y desarrollos tecnológicos con la noción de ‘entorno digital inteligente’.

No obstante, esta modalidad de entorno supone un cambio sustantivo o cualitativo en la medida en que implica utilizar la noción de *entorno* como un medio cuya movilización o manipulación podría llegar a ampliar las capacidades cognitivas y sensoriales de las personas. El significado de este cambio cualitativo –respecto a las TIC y, en general, a las aplicaciones informáticas– se pone de manifiesto, por ejemplo, si aceptamos la definición de ‘inteligencia’ de Gardner (1998, p. 33) según la cual: “Una inteligencia implica la habilidad necesaria para poder resolver problemas o para elaborar productos que son importantes en un contexto cultural o en una comunidad determinada y, para ello, movilizamos diferentes habilidades o capacidades mentales, que denominamos *inteligencia*”.

Dicho cambio cualitativo se expresa en términos cognitivos porque implica una unión de los dos métodos de aprendizaje que se tienen a la vista a la hora de diseñar *software* y *hardware* para personas que presentan una diversidad funcional. Dichos métodos son, por un lado, el de suplantación de las tecnologías de las operaciones cognitivas que tiene que realizar el sujeto respecto a los sistemas simbólicos (ejemplo de ello es el teclado de conceptos), y, de la otra, el método de aprendizaje que implica no tanto una suplantación cuanto una transferencia cognitiva

consistente en adaptar sistemas simbólicos a la manera de procesar e interpretar información de la persona en cuestión. Este último método está basado en el respeto de un principio elemental de isomorfismo que regiría entre el modo de procesar la información del usuario y el diseño de las TIC. Pues bien, la novedad de la inteligencia ambiental consiste en que dicha adaptación implica una forma de aprendizaje –por parte del entorno respecto a su(s) usuario(s)– y, al mismo tiempo, una forma de amplificación de las capacidades cognitivas y sensoriales del individuo mas en un entorno no virtual.

En conclusión, puede decirse que las ventajas que las TIC pueden suponer para personas con diversidad funcional (incluyendo en este grupo a todos los seres humanos con independencia de si dicha diversidad se presenta comparativamente de modo más o menos ostensible en un momento determinado de la existencia individual), así como las ventajas potenciales de los entornos o ambientes inteligentes tendrían en común los siguientes aspectos, a saber: (1) una reducción de los inconvenientes prácticos implícitos en cualquier forma de discapacidad, reducción que eventualmente podría ir asociada a un potencial aumento del espacio de capacidades del individuo; (2) un fortalecimiento de la independencia o autonomía individual; (3) una mejoraría en la dimensión sensorial de la experiencia; (4) finalmente, cabría afirmar que pueden ayudar a erradicar la marginación y favorecer la integración de las personas en entornos educativos, laborales, profesionales y sociales.

¿INTELIGENCIA AMBIENTAL E INTELIGENCIA ARTIFICIAL:

¿PODRÁN REALIZAR RAZONAMIENTOS LOS ENTORNOS INTELIGENTES?

El problema de la inteligencia ambiental en tanto historia del desarrollo de la generación de entornos con la capacidad de interactuar con el medio sociocultural en el que tiene lugar la vida humana tanto individual como colectivamente se centró

inicialmente en ambientes reducidos, por lo general en habitaciones o *Smart Rooms* cuya forma de interactuar con sus habitantes era la propia de un agente inteligente. Con todo, según Ducatel (2001), la investigación en inteligencia ambiental, en la actualidad, va más allá de estos espacios reducidos. Por ejemplo, de todos es sabido cómo uno de sus pioneros, Weiser (1991), quien propuso la idea de ubicuidad computacional, ha sostenido la existencia hipotética, así como el interés colectivo de este nuevo paradigma social en lo que respecta a su aplicación en los entornos universitarios y, más específicamente, en los *campus*, que consideró especialmente indicados para desarrollar las virtudes de la ubicuidad (Weiser y Russell, 1998); estos proyectos siguen desarrollándose en la actualidad (Hervás, 2005).

Así mismo, la aplicación de la inteligencia ambiental al ámbito de la salud se está desarrollando en la actualidad en proyectos como ALIADO sobre Alzheimer, inteligencia ambiental y domótica, desarrollado entre la Universidad de Salamanca y la de Castilla-La Mancha; o el proyecto AmITACA –Ambient Intelligence Technologies and Applications for Context Awarene, desarrollado en la Universidad de Castilla-La Mancha².

No menos valiosas son las aplicaciones de la computación ubicua para ayudar a mantener una vida independiente entre las personas mayores³. Estas investigaciones son algunas de las pioneras en la aplicación de la inteligencia ambiental a la resolución de problemas sociales específicos: ámbito que tuvo en nuestro país un especial auge a raíz del primer taller de trabajo dentro de la Conferencia de la Asociación Española para la Inteligencia Artificial (CAEPIA-2003).

Las tendencias futuras de Johanson, Fox y Winograd (2002) indican que el desarrollo de la inteligencia ambiental irá más allá de estos espacios reducidos; no obstante, parece evidente

² Este proyecto se puede consultar en <http://mami.uclm.es/mami/index.php>.

³ Este proyecto se puede consultar en: Kohronen y Paavilainen (2003). http://www.healthcare.pervasive.dk/ubicomp2003/papers/Final_Papers/2pdf.

que para que así sea, es necesario replantearse las funciones sociales y políticas del desarrollo de espacios inteligentes, su proyección sobre facetas de la vida en un sentido amplio, así como los problemas relacionados con el diseño de motores de inferencia complejos, capaces de elaborar y reconocer procesos de razonamiento. Esta es la propuesta que intentaremos pergeñar en las siguientes páginas.

En efecto, uno de los desafíos futuros consiste en preguntarse si la automatización de tareas desarrolladas en un entorno inteligente podrá de facto llegar a amplificar una de las dimensiones cognitivas más importantes en el comportamiento inteligente de los humanos, a saber: el razonamiento y su manifestación a través de agentes hábiles en el desarrollo de argumentos. Seguramente, estos desarrollos no se podrían llevar a término a través de la aplicación de sistemas expertos, o por medio de razonamientos basados meramente en casos, ni a través de redes bayesianas sino, por el contrario, en virtud de un modelo de inteligencia artificial basado en sistemas complejos de comportamiento.

Esto último implica un modelo de inteligencia artificial computacional orientada, capaz de desarrollar modelos de razonamiento a partir del aprendizaje iterativo. Tal aspecto resulta de especial interés para la inteligencia ambiental, dado que cualquier desarrollo de procesos que intente imitar la conducta de los seres vivos tendría que contemplar el desarrollo de agentes racionales antes de planificar su penetración ubicua en el entorno socioambiental. Después de todo, la idea de una computación ubicua se encontraba también en la consigna de Turing según la cual la existencia de la inteligencia artificial tendría de veras lugar cuando fuese imposible distinguir entre un ser humano y una computadora durante una conversación. Así, uno de los objetivos del diseño de entornos inteligentes es que el entorno sea percibido –en algunos respectos, al menos– como una prolongación inseparable o indiscernible de las dimensiones cognitivas, motrices, sensoriales y emocionales del ser humano.

Según Coen (1998), la mayoría de los autores están de acuerdo en definir la inteligencia ambiental como el resultado de la generación de entornos altamente interactivos que usan computación embebida para participar en las actividades desarrolladas en tales espacios; de hecho, los ordenadores suelen permanecer ocultos, y llegan incluso a pasar desapercibidos para las personas. Sin embargo, no parece del todo razonable pensar que el mero uso de ordenadores ubicuos sea la condición necesaria y suficiente para desarrollar ambientes inteligentes, pues la noción de *agente inteligente* implica el diseño de un modelo de interacción sensible al contexto o entorno sociocultural en cuestión. Solo mediante esa sensibilidad al contexto se podría conseguir que las habitaciones y espacios o ambientes inteligentes en general puedan proporcionar a sus usuarios bien la posibilidad de mejorar la calidad de vida, bien optimizar cualesquiera dimensiones cognitivas, motrices e incluso emocionales y lúdicas.

A su vez, resulta paradójico plantearse si los agentes inteligentes, en términos generales, son algo más que el resultado de un sofisticado desarrollo de entornos en los cuales se hace uso de interfaces que permiten ejecutar acciones tales como iniciar una conversación, dar alguna orientación sobre las propiedades del entorno en el que participan los agentes, aprender, aplicar el conocimiento adquirido, etc., siendo el caso que la interfaces, como ya mencionamos, representan las instancias de mediación y comunicación entre el usuario y el sistema.

Es evidente que la capacidad de un sistema para devenir agente inteligente sería impensable si no se diesen esos espacios de mediación entre los usuarios y el ambiente. Pero lo interesante es observar que una de las características más importantes de esos instantes y espacios de mediación que representan las interfaces es, precisamente, el motor de inferencia a ellas asociado. Por medio de este último, el conjunto de conocimientos adquiridos a través de ese sistema de inteligencia ambiental permite establecer interpretaciones con objeto de adelantarse a las preferencias del

usuario. Este aspecto resulta fundamental para entender cómo un entorno inteligente que, por ejemplo, en el caso de una red domótica para el control de dispositivos del entorno estará dotada de cámaras, micrófonos, altavoces, ordenadores ubicuos, síntesis de voz y animación, etc., puede convertirse en un sistema capaz de actualizar un conjunto de variables de conocimiento, de manera que pueda permanecer inteligentemente dispuesto en el conjunto de las actividades desarrolladas en tal espacio.

No parece que los dispositivos multimedia ni tampoco los dispositivos de control que constituyen, *sensu stricto*, los elementos nucleares de todo ambiente inteligente, puedan ser suficientes para desplegar, por ejemplo, inferencias contextuales o proporcionar información de valor sobre el contexto ni realizar interacciones apoyadas en el uso del lenguaje natural en el que estaría incluido el lenguaje corporal, y mucho menos podrían proporcionar un registro suficientemente amplio sobre el significado de las entonaciones de la voz para su detección e interpretación acústica. Analicemos ahora en qué radica dicha dificultad.

INTELIGENCIA AMBIENTAL E INFERENCIALISMO

Los ambientes inteligentes lo son, como veíamos, cuando amplifican el significado de operaciones cognitivas, motrices o sensoriales; pero para poder ejecutar dicha acción amplificadora es necesario programarlos como agentes, una tarea imposible de realizar sin el diseño de interfaces, esto es, sin la planificación de las distintas formas de mediación entre el entorno y los usuarios, de manera que de dicha relación emerja un sistema abierto. A tal efecto, el diseño de interfaces descansa sobre un elemento principal: nos referimos a los motores de inferencias.

La noción *motor de inferencia* suele entenderse a la luz de la idea de regla, entendiendo por *regla* la unidad mínima de un lenguaje. Todo lenguaje está basado en reglas por medio de las cuales

se realizan dos operaciones cognitivas elementales, a saber: la llamada inferencia contextual y la interacción inteligente con las preferencias del usuario. En cuanto a la inferencia contextual cabe decir que la mera programación lógica no serviría para dotar a un sistema de la capacidad de devenir un agente, pues habría de poder desarrollar inferencias con conjuntos de datos aleatorios, y, por tanto, en virtud de sofisticados razonamientos probabilísticos que, con toda seguridad, darían lugar a interpretaciones complejas no solo acerca del entorno, sino acerca de sus moradores reales, así como de los posibles o hipotéticos.

Por esta razón, para Bravo y Alamán (2005), el desarrollo de los ambientes inteligentes actualmente sería inconcebible sin asumir el conjunto de temas desarrollados en el ámbito de la inteligencia artificial; para Brandom (2000) es un ámbito que desemboca en el problema filosófico del uso del razonamiento en el que quedaría englobado el inferencialismo. En términos generales, puede decirse que el problema del inferencialismo consiste en asumir los estados intencionales como una función que no queda excluida sino incorporada a los procesos de razonamiento. El inferencialismo sería una suerte de pragmatismo funcionalista en la medida en que busca proporcionar una explicación del significado de las proposiciones a la luz de lo que está explícito en las prácticas, esto es, en las acciones, con las cuales se expresan los conocimientos que presuponemos implícitamente.

Como se tratará de sostener aquí, una de las tendencias conceptuales futuras consiste en la aproximación entre inteligencia ambiental e inteligencia artificial. No en vano algunos autores como Russell y Norvig (2004) han considerado que la inteligencia artificial arranca de la presunción de que la mente humana es una máquina que funciona a partir del conocimiento codificado en virtud de un lenguaje interno, y que una de las funciones del pensamiento consistiría en la selección de una acción a ejecutar a raíz de ese conocimiento codificado. Ahora bien, como la idea nuclear del inferencialismo (su pragmatismo funcionalista) des-

cansa sobre una presunción equivalente, a saber, que se puede hacer explícito lo implícito, cabe afirmar que, en el ámbito del desarrollo de ambientes inteligentes, uno de los grandes problemas será el de trasladar la complejidad de las inferencias humanas a un entorno tecnológico que devine inteligente precisamente por ser capaz de ejecutar –o hacer explícito– aquello para lo que ha sido programado –o lo implícito.

Pese a todo, algunos autores insisten hoy día en ver el problema de las reglas en el medio lingüístico como resultado de la conjunción de tres variables, a saber: la denotación, la conclusión a la que se llega en el interior del sistema y, finalmente, la acción ejecutada por el agente. Esta concepción resulta insuficiente para desarrollar ambientes inteligentes más complejos en los cuales la sofisticación de las interacciones exige hacer uso de inferencias fundadas en modelos de razonamiento, todos ellos aplicados a casos o como resultado de la detección de un caso particular que demande el uso de un razonamiento específico. Desde este punto de vista, cabe decir que una propuesta conceptual sobre tendencias futuras podría consistir en la incorporación y aplicación del campo denominado teorías de la argumentación, con el fin de reformular a su través algunos temas que se han desarrollado en el ámbito de la inteligencia artificial, pero que con frecuencia devienen demasiado inflexibles en su aplicación al desarrollo de dispositivos de control, así como de dispositivos multimedia en ambientes inteligentes.

Un ejemplo de esta inflexibilidad se puede observar en la idea sostenida por muchos autores según la cual un agente inteligente estaría conformado por un conjunto de reglas sobre cuya base se ejecuta su programación, de modo tal que es por medio de ellas como aquél reaccionaría ejecutando órdenes, actualizando información y/o dando lugar a cambios en el contexto de acción conforme al conjunto de órdenes inicial, así como al de los cambios producidos y asimilados sistemáticamente.

Esta concepción acerca de las reglas por medio de las cuales cabe dotar a un agente de la capacidad de ejecutar acciones in-

teligentes resulta en exceso lineal, y su mero seguimiento no asegura el éxito en el desarrollo de acciones ni en la asimilación de nueva información, debido a que la aplicación de la regla exige siempre realizar un *cálculo*. Esto parece notorio, por ejemplo, en el desarrollo de ambientes inteligentes sensibles a la detección acústica de la voz para la interpretación de emociones o cuando es preciso reconocer expresiones como el disgusto o la desaprobación, y no sólo de los usuarios de ese entorno.

En efecto, a mi juicio, el caso de los agentes animados permite comprobar las limitaciones de una concepción de la programación que no se hace cargo de la complejidad del razonamiento como actividad cognitiva que va más allá del mero formalismo inferencial, y que, sea como fuere, constituye un desafío en términos de programación. La computación ubicua, que ofrece interacciones más simples y próximas al usuario debido a la dispersión y, en muchos casos, la invisibilidad de los dispositivos merced a los cuales el entorno puede ir agenciándose de un modo de interacción inteligente, no puede considerarse como el efecto de trasladar la potencia y capacidad del ordenador al contexto en el que nos encontremos sino, antes bien, como un caso de proyección y amplificación de aquellas dimensiones cognitivas, motrices, sensoriales y emocionales en que hallamos radicadas a las personas tanto individual como colectivamente.

Desarrollar dicha proyección y amplificación en términos de programación, así diseñar el llamado modelado de una interfaz de usuario con presencia continua resultaría imposible sin considerar filosóficamente problemas especulativos como, por ejemplo, el significado de una acción racional. Entonces, habría que plantearse si esta depende siempre de la ejecución de la mejor acción ante una situación dada o de si, en ocasiones, es preferible la omisión de la acción si así lo aconseja el conocimiento codificado en un lenguaje interno, esto es, si las medidas de rendimiento de un sistema que hubiera de devenir un entorno inteligente tendrían que consistir en la maximización matemática de una medida o criterio

de rendimiento o, por el contrario, seguir concepciones de teoría de juegos menos ortodoxas. Este es, por ejemplo, el caso del diseño de ambientes inteligentes destinados a usuarios que pudieran hacer, deliberadamente, un uso indebido de la capacidad del sistema para ejecutar una acción en función de una norma. Este caso parece previsible en el uso de ambientes inteligentes destinados a personas menores, quienes podrían, por ejemplo, jugar a provocar respuestas *haciendo creer* al agente que se está en una situación simulada o falseada deliberadamente, solo por jugar.

En definitiva, cualquier ambiente inteligente habría de ser diseñado de modo tal que pudiera hacerse cargo de que las cogniciones humanas, como expresión del procesamiento de la información a partir de un conocimiento adquirido y de unas características subjetivas y fisiológicas específicas, no siempre es correcto ni siempre es consistente, esto es, que puede ser correcto aunque falso, e incluso que puede serlo así deliberadamente.

Por todo ello, un agente inteligente diseñado a través de un modelo de inteligencia artificial computacional que deviniese en un entorno inteligente tendría que conseguir interactuar y reproducir todas estas dimensiones comportamentales de la cognición, a fin de ir más allá de las limitaciones propias de un agente diseñado según un modelo de utilidad.

AGENTES RACIONALES, INTELIGENCIA AMBIENTAL Y HEURÍSTICA

La relación entre la recepción de percepciones entendidas en tanto entradas de información que nos llega a través de sensores y de las que hubieran de salir las acciones por medio de las cuales los sistemas devendrían agentes, parece no tener presente la compleja teoría de los agentes racionales. Esta teoría los dividiría en agentes reactivos simples, agentes reactivos basados en modelos, basados en objetivos y/o agentes basados en la utilidad.

En términos generales, dicha división obedece, según se trate de uno u otro caso, a una comprensión diferente de la finalidad

de los procesos aplicados de razonamiento. Así, por ejemplo, un agente inteligente simple sería efectivamente lineal, y daría lugar a un ambiente de una inteligencia muy limitada, pues estaría diseñado en función de la regla condicional según la cual solo si se puede tomar la decisión correcta sobre la base de un conocimiento actual, se ejecutará una acción. Esto implica que solo se actuará en entornos completamente observables, respecto de los cuales no podrían llegar a desarrollarse razonamientos basados en modelos. Por el contrario, un agente basado en modelos obliga a este a una continua codificación acerca de cómo evoluciona el ambiente en el que están los usuarios –con independencia del agente–, además de ordenar y resignificar información relativa a cómo cambia el modelo del mundo a raíz de sus acciones.

Podrían ponerse muchos ejemplos de maquinarias, aparatos e incluso entornos desarrollados a partir de la programación de agentes de alguno de estos tipos; pero aquí no nos centraremos en la cuestión de cómo la programación del agente implementa, en efecto, la función del agente, sino en la de cómo los procesos de aprendizaje imprescindibles para desarrollar ambientes inteligentes orientados al ámbito personal, familiar e incluso colectivo y popular no pueden concebirse como mecanismos, sino como una consecuencia del desarrollo y adaptación de la inteligencia del usuario –entendiendo a éste no sólo individual sino colectivamente–.

La idea parece simple: la inteligencia ambiental no estaría basada realmente en mecanismos de aprendizaje puesto que, si bien el aprendizaje puede contemplarse como un proceso, lo cierto es que no basta para desarrollar agentes con capacidad para razonar, y mucho menos para argumentar.

Lo anterior se pone de manifiesto, por ejemplo, en la dificultad que presentan todos los modelos de agentes antedichos para desarrollar estrategias de búsqueda de conocimiento en las cuales se haga un uso de este que vaya más allá de la definición del problema en sí mismo. Nos estamos refiriendo a las estrategias

heurísticas de búsqueda en las que se hallan soluciones a problemas de una manera más adecuada que la que proporcionaría la estrategia de búsqueda informada. De hecho, las estrategias heurísticas están basadas en modelos de razonamiento que permiten transmitir el conocimiento más valioso para que pueda ejecutarse un algoritmo. Las estrategias heurísticas se desarrollan a partir de la experiencia, no admiten una programación similar a la que producen agentes basados en modelos, agentes simples o agentes concebidos según finalidades.

La relación que esta función heurística tiene con los ambientes inteligentes es que éstos tendrían, en efecto, muy poco valor si funcionaran a partir de los mecanismos en virtud de los cuales cabe reconocer a un agente simple, ya que la inteligencia que se persigue desarrollar en los proyectos de investigación sobre inteligencia ambiental suele presentarse como el resultado de la expansión y proyección de la inteligencia humana al entorno físico mediato y/o inmediato; por ejemplo, en una habitación del hogar, pero también en el diseño de los elementos relacionados con la circulación o el urbanismo de una ciudad.

La función heurística suele estimar, según Stuart Russell y Peter Norvig (2004, p. 773), “el costo de una solución que comienza desde el estado en el nodo n ” y que, a todas luces, consigue construir una función aprendiendo de la experiencia, ya que cada solución óptima en un problema cualquiera proporciona elementos o ejemplos para que se pueda aprender la función $h(n)$. Esto es, que cada ejemplo se compone de un estado del camino solucionado; de manera que es por este motivo por el que suele decirse que una estrategia heurística –se aplique o no ulteriormente a un razonamiento– utiliza el conocimiento de un problema en un sentido que va más allá de la definición del problema en sí mismo.

Esta estrategia pone en juego una modalidad de aprendizaje que no es mecánico sino inductivo. El aprendizaje inductivo solo se puede desplegar si se le ofrece al sistema que haya de realizar

dicho cálculo una información que, por las razones que fuera, sea relevante para la evolución y descripción del problema.

Consiguientemente, todos estos factores parecen poner en tela de juicio la idoneidad del esquema lineal basado en el aprendizaje mecánico e incluso en concepciones del lenguaje como mero instrumento para la representación del conocimiento; y abren el diseño de los entornos inteligentes hacia la investigación de los procesos cognitivos implicados en el razonamiento, aspectos todos ellos objeto de estudio en el ámbito de la inteligencia artificial más actual. En dicho ámbito, los agentes lógicos ya no se diseñan teniendo a la vista lenguajes de programación según patrones de razonamiento prototípicos de la lógica proposicional (por ejemplo, siguiendo el desarrollo de patrones de inferencia que se puedan aplicar para derivar cadenas de conclusiones que nos llevarían a un objetivo deseado).

Por el contrario, hoy en día se tienen a la vista modelos más complejos como, por ejemplo, los consistentes en la descripción de acciones para realizar cálculos de situaciones en las que suele darse un axioma de posibilidad (que da una idea de cuándo es posible o necesario realizar una acción determinada) y un axioma de efecto (que da una idea de qué sucede cuando se ejecuta una acción o qué cambios son posibles como resultado de realizar un acción).

INTELIGENCIA AMBIENTAL Y SEMÁNTICA INFERENCIAL

La importancia de que los ambientes inteligentes puedan desarrollarse como agentes capaces de realizar razonamientos complejos y no meras inferencias se hace ver si pensamos que, en ellos, la inteligencia no sólo estriba en el análisis utilitario del contexto ni tampoco en la adaptación de ellos mismos a las personas que viven en su interior ni en el aprendizaje implícito al que esta adaptación obliga, sino más bien en el hecho de que, finalmente, en un futuro, la gente no utilizará la tecnología sino que *vivirá en ella*. Esta era al menos la visión motriz de Weiser (1998)

cuando teorizó sobre inteligencia ambiental. Sin embargo, en estas páginas se sostiene que un desarrollo pleno de tal tesis exige realizar incursiones en otras disciplinas, tales como las teorías de la argumentación que proporcionan modelos acerca de la naturaleza del razonamiento humano manifiesta ejemplarmente en los procesos argumentativos en los cuales todos vivimos inmersos. De donde puede concluirse que la inteligencia ambiental en la que, siguiendo a Weiser, hayamos de vivir en un futuro habrá de diseñarse teniendo a la vista las concepciones actuales en torno al uso de la lógica informal y del razonamiento en todas las prácticas comunicativas.

A mi juicio, no parece razonable afirmar que la vida humana se pueda desarrollar en ambientes inteligentes únicamente cuando se maximiza el principio de colaboración, transparencia, simplicidad en la comunicación o ubicuidad computacional. Pues, si bien estos principios pueden servir de acicate para un desarrollo de algunas de sus condiciones asociadas, tales como una interacción hombre-máquina realmente compleja y compatible, o la movilidad de las comunicaciones, así como el desarrollo de sofisticados sensores o incluso biosensores, etc., lo cierto es que siempre suele decirse que la tecnología tendrá que adaptarse a las personas y no al revés. Precisamente, en este principio radica uno de los objetivos para el desarrollo de entornos inteligentes.

Pues bien, una adaptación de esa naturaleza exigiría plasmar algunos de los aspectos más importantes del razonamiento humano (más allá de los aspectos meramente logicistas que no siempre están implícitos en el razonamiento ni en las inferencias contextuales realizadas habitualmente por las personas), de modo que los ambientes pudieran interactuar inteligentemente con los usuarios, tanto a nivel personal –en el interior del hogar–, como en futurizos desarrollos de entornos inteligentes que implicasen al medio urbano en su conjunto, o al menos a ciertas zonas inicialmente acotadas.

Este límite, a saber: el límite por medio del cual la inteligencia humana constituye aún un desafío para los proyectos de agentes inteligentes en la disciplina de la inteligencia artificial, puede observarse en la prodigiosa adaptación de la función argumentativa a distintos contextos mostrada por el hablante de cualquier lengua; esta limitación unida a otras, da la clave para entender el hecho de que las personas hagan uso, en efecto, de las tecnologías, pero sin creer o confiar en ellas. Esta desconfianza puede encontrar su justificación en la circunstancia de que un dispositivo de voz pueda de facto servir para informar, y hacerlo de manera compleja, es decir, teniendo a la vista infinidad de variables, pero que no pueda, sin embargo, ejecutar tan fácilmente la acción de realizar una negociación. Para Riva (2005), a efectos de obtener el reconocimiento de las intenciones de un usuario, un ambiente inteligente habría de negociar con él, o al menos estar en disposición de hacer un uso de un lenguaje similar al que se utiliza en una negociación.

Estos aspectos hacen indisociable el desarrollo de ambientes inteligentes de los contextos sociales y de las condiciones materiales en un sentido general. Dentro de estas condiciones habría que incluir las funciones lingüísticas elementales de la lengua, entre las que destaca la argumentativa, por ser aquella en la que se despliega el razonamiento humano. Además, habría que plantearse si los criterios de utilidad o funcionalidad bastarían para estandarizar ambientes inteligentes, toda vez que la psicología del razonamiento de Rignano (1922) parece atestiguar la imposibilidad de formalizar los procesos argumentativos con los cuales hacemos uso de todas las dimensiones del razonamiento. Esto es así debido a que los procesos por medio de los cuales se hace explícito lo implícito son indisociables de la dimensión social del razonamiento, según la cual el contenido representacional de las afirmaciones, pero también de las acciones y, en general, de las inferencias prácticas (cómo conseguir lo que se quiere), así como de las inferencias teóricas (por qué algo se sigue de algo) se refleja en el juego social de dar razón o pedir razones de algo.

Los ambientes inteligentes habrían de participar en ese juego, para el que no basta el diseño de una semántica inferencial pues, en el caso del razonamiento humano, los contenidos proposicionales (susceptibles de programación) no coinciden ni equivalen siempre a los contenidos de representación, por lo que una persona puede argumentar correctamente a favor de algo sin que el contenido semántico de la proposición coincida sino figuradamente con la representación final del objeto o la cuestión debatida. Hacer uso de la ironía en la elaboración de un argumento es un ejemplo de ello: lo dicho a efectos comunicativos no equivale a lo representado *de facto*.

No es obvio que estas diferencias se puedan salvar con el desarrollo de interfaces capaces de adaptarse al comportamiento del usuario, incluso pudiendo realizar una selección de los criterios de interacción apropiados al ambiente físico, cultural y social, y aun en los casos en los que fuera precedida de una exhaustiva asimilación de datos, tanto cuantitativos como cualitativos, sobre la idiosincrasia de cada persona y/o grupo humano, tal y como, por el contrario, sí sostienen autores como Giaggioli (2005).

Aún así, es interesante observar como el desafío implícito en la tarea de realizar argumentos competentes en función de una semántica inferencial que pudiera llegar a reflejar los usos lingüísticos y la gran variedad de tropos con los que se lleva a efecto el razonamiento –aspecto que conlleva la consideración de la argumentación en su dimensión social, un asunto implícito en el problema de las inferencias contextuales– no empiece señalando que la inteligencia ambiental sea considerada por muchos autores como paradigma de vida futuro, según el cual las personas vivirán y trabajarán en un medio social transformado como consecuencia de la implementación de la visión propia de la inteligencia ambiental.

Tal vez sea por ello necesario que hoy día los problemas relacionados con la infraestructura de *software* que habría de llevar a la computación hacia su plena ubicuidad ambiental a través

de dispositivos informáticos heterogéneos, pero establecidos con la finalidad de asegurar una colaboración sincrónica con los usuarios, se centren en el desarrollo de arquitecturas para crear sistemas de *software* que a través de diferentes dispositivos, den lugar a espacios de colaboración, así como a una generación de interfaces nueva de Tandler (2001), y que no confieran tanta importancia, sin embargo, a los aspectos relacionados con modelos de programación capaces de superar, por ejemplo, las limitaciones de agentes informáticos que no detecten procedimientos argumentativos informales sobre los que, en puridad, se basa habitualmente la expresión de razonamientos.

De manera que, así como en la década de 1980 Weiser ya preconizaba que las computadoras son demasiado complejas y difíciles de usar, además de demandar del usuario unos niveles excesivamente altos de atención y aislarle generalmente del resto de las personas y actividades durante el tiempo en que se hace uso de ellas, dando todo ello como resultado una cierta colonización primero de nuestras mesas de trabajo y después de nuestras vidas (Weiser, 1999), ahora puede decirse que el desarrollo de una computación ubicua que haga de nuestros espacios y entornos sociales de trabajo y vida un medio de interacción más flexible tendrá que desarrollar complejos sistemas de programación y ontologías adaptativas (Hervás, 2006) capaces de interactuar con los modelos de razonamiento propios de las personas y los colectivos humanos en distintas situaciones prácticas, con distintas edades, diferentes capacidades, y un largo etcétera. Y todo ello con el fin de que la inteligencia ambiental constituya de verdad un modelo complejo de implementación de sistemas de reconocimiento, interacción y amplificación de la expresión y modalidad de racionalidad de los usuarios en entornos específicos y, aun más, de los ciudadanos en el amplísimo entorno social. 

REFERENCIAS

- Bravo, J. & X. Alamán (eds.) (2005). *Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence*, Thomson.
- Brandom, R. (2000). *Articulating Reasons. An Introduction to Inferentialism*. Harvard: Harvard University Press.
- Ducatel, K. (2001). *Scenarios for Ambient Intelligence in 2010*, Final Report. Seville: ISTAG.
- Echeverría, J. (1999). *Los Señores del Aire: Telépolis y el Tercer Entorno*. Barcelona: Destino.
- Hervás, R., Salvador, N., et ál. (2006). *Modelado de Contexto: una ontología adaptativa al Usuario en Ambientes Inteligentes*, 2nd Internacional Workshop on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence, WUCAmI.
- Bravo, J. Hervás, R., & Chavira, G. *Ubiquitous Computing at classroom: An approach through identification process. Journal of Universal Computer Science*, 11, 9. Extraído el 12 de marzo de 2010 desde http://www.jucs.org/jucs_11_9/ubiquitous_computing_in_the.
- Johanson, B., Fox A., & Winograd, T. (2002). The Interactive Workspaces Project: Experiences with Ubiquitous Computing Rooms, *Pervasive Computing*, 1536-1268. Extraído el 12 de marzo de 2010 desde <http://computer.org/pervasive>.
- Palacios, A. & Romeñach, J. (2007). *El modelo de la diversidad funcional. La Bioética y los Derechos Humanos como herramientas para alcanzar la plena dignidad en la diversidad funcional* Madrid: Ediciones Diversitas.
- Riechmann, J. (2006). *Biomimesis*. Madrid: Libros de la Catarata.
- Rignano, E. (1992). *Psicología del razonamiento*. Madrid: Calve.
- Russell, S & Norvig, P. (2004). *Inteligencia artificial. En enfoque moderno*. 2.ª ed. Madrid: Pearson Prentice.
- Tandler, P. (2001). *Software Infrastructure for Ibiqutious Computing Environments: Supporting Synchronous Collaboration with Heterogeneous Devices, Proceedings of IbiComp*. Heidelberg, Springer, 96-115.
- Weiser, M. (1991). *The Computer for the 21st Century*, *Scientific American*, 265, (3), 94-104.
- Weiser, M. (1998, January) *The future of Ubiquitous Computing on Campus*, *Comm. ACM*, 41-1, 41-42.