

# Enseñanza de Inteligencia Artificial en la Universidad Carlos III de Madrid

Pedro Isasi y Daniel Borrajo  
Universidad Carlos III de Madrid  
c/ Butarque, 15  
28911 Leganés, Madrid

Email: isasi@gaia.uc3m.es, dborrajo@grial.uc3m.es

Teléfonos: 6249455, 6249459

## Resumen

*En esta ponencia se presentará una panorámica de la de la enseñanza de la asignatura "Inteligencia Artificial" en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid. Esta asignatura se imparte dentro de la titulación de Ingeniería Técnica en Informática de Gestión en tercer curso. Siguiendo la normativa general de diseño de curriculums en titulaciones universitarias, se imparte en un único cuatrimestre, teniendo un total de 7 créditos, que se corresponden con 5 horas semanales de clase. Las clases están repartidas en un 60% de clases teóricas y un 40% de prácticas. De acuerdo a la normativa propia de la Universidad Carlos III de Madrid, las clases de prácticas se realizan ante ordenador, y son supervisadas por Ayudantes de Universidad.*

## 1 Introducción

Pese a que los trabajos iniciales en el campo de la Inteligencia Artificial (IA) apuntaban hacia una ciencia a medio camino entre la psicología y la robótica, los años transcurridos han mostrado que prácticamente todas las técnicas y metodologías desarrolladas en entornos simulados o "de juguete" han acabado siendo aplicadas a problemas del mundo real, en infinidad de campos de actividad, desde la industria hasta las organizaciones. Esto ha hecho que, pese al concepto "semi-filosófico" al que alude su nombre, la IA se haya convertido en una tecnología más, que permite resolver determinados problemas de forma eficiente. Esta universalidad en su ámbito de aplicación hace que la enseñanza de la asignatura IA sea necesaria y ocupe un lugar destacado en cualquier curriculum de titulaciones relacionadas de alguna forma con la Informática; no sólo en titulaciones superiores, sino también en las titulaciones técnicas, que suelen tener un carácter más aplicado.

Es también importante resaltar el hecho de que muchas de las tecnologías utilizadas hoy en día de forma usual en otras áreas de la Informática han tenido su origen dentro de este campo, como son: la noción de tiempo compartido (John McCarthy); la programación funcional (lisp); la programación orientada a objetos (marcos); la utilización de ventanas y ratón como interface gráfico (Xerox Park, Palo Alto); la programación deductiva, lógica o basada en reglas (sistemas de producción o resolución); o la actual "Data Mining". La

enseñanza de algunas de estas técnicas dentro de la asignatura de IA ayuda a comprender el origen de dichos métodos y su correcta utilización conceptual. Esto, por tanto, sirve de gran apoyo a las asignaturas relacionadas.

Uno de los problemas generales que tiene la enseñanza de esta asignatura es la visión distorsionada que la gente en general tiene sobre este campo. Continuamente, se puede comprobar cómo en los medios de comunicación (incluyendo el cine) se habla en términos altamente exagerados sobre la realidad de este tipo de tecnología. Por tanto, la mayor parte de los alumnos a la hora de comenzar el curso, tienen unas expectativas respecto a los problemas resueltos por este campo muy superiores a lo realmente conseguido. Así, es común la desmotivación gradual del alumno a medida que el curso va avanzando, debido a la desconexión que existe entre el temario que es posible tratar durante el curso y lo que el alumno espera del tema, como, por ejemplo, robótica, visión, reconocimiento de voz, lenguaje natural, etc.

En este artículo, la Sección 2 describirá los principales objetivos de la asignatura en la titulación de Ingeniería Técnica en Informática de Gestión en la Universidad Carlos III de Madrid. La Sección 3 tratará el programa y los contenidos de la asignatura. La Sección 4 define cómo los objetivos y el programa se imparten, tanto en la parte teórica, como en la práctica. Por último, en la Sección 5 se presentará el material didáctico utilizado en la impartición de la asignatura.

## 2 Objetivos

El principal objetivo de la asignatura es que los alumnos sean capaces de resolver problemas en entornos de organización y gestión por medio de técnicas basadas en el conocimiento. Para ello, el alumno deberá poder:

- Entender los límites actuales de la utilización de esta tecnología;
- Analizar problemas reales, para decidir si es adecuada la utilización de este tipo de tecnología para resolver eficientemente dichos problemas;
- Definir una representación adecuada que formalice el conocimiento necesario para resolver esos problemas;
- Plantear un sistema de resolución de dichos problemas; y
- Desarrollar los sistemas informáticos necesarios basados en las técnicas diseñadas.

Un segundo objetivo ortogonal al anterior, como consecuencia del claro enfoque práctico de las asignaturas en la Universidad Carlos III de Madrid, es que el alumno sea capaz de utilizar o programar herramientas adecuadas para la resolución de problemas.

## 3 Contenidos

El enfoque principal de la asignatura es el clásico en una asignatura de introducción a la IA, en el que se centra el contenido teórico en los dos pilares fundamentales: representación del conocimiento, y búsqueda heurística. A estos dos temas se añaden otros que tratan

áreas dentro de esta materia, como son planificación de tareas, y aprendizaje automático. El objetivo de estos dos temas es mostrar cómo los dos temas básicos influyen en la construcción de sistemas complejos.

Concretamente, el temario recoge los siguientes temas:

1. Introducción.
2. Representación del conocimiento.
  - Lógica: proposicional y de predicados
  - Redes Semánticas: representación e inferencia
  - Marcos: representación e inferencia
  - Sistemas de producción: componentes y funcionamiento
3. Búsqueda.
  - Búsqueda no Informada: amplitud, profundidad, bidireccional, hacia atrás, y con islas
  - Búsqueda Heurística: escalada, “beam-search”, mejor-primero, y A\*
  - Búsqueda con Contrincantes: minimax y alfa-beta
4. Temas avanzados.
  - Planificación de tareas: GPS y STRIPS
  - Aprendizaje automático: macrooperadores e ID3
  - Lenguaje natural: etapas de análisis y traducción automática

Por la experiencia acumulada de la enseñanza de esta asignatura en esta titulación y en la Facultad de Informática de la UPM por parte de uno de los autores, se piensa que éste es el orden natural de explicación de la materia. Existen dos razones por las que se imparte la representación del conocimiento en primer lugar:

- A la hora de enfrentarse a la resolución de cualquier problema mediante este tipo de técnicas, al igual que ocurre con la Ingeniería del Software convencional, es necesario primero establecer cómo se va a representar la información/conocimiento del problema. Por tanto, el orden cronológico de la resolución de problemas motiva este orden de presentación de las materias.
- Si se estudian las relaciones de precedencia en la explicación, uno se da cuenta de que la búsqueda se explica de forma natural como una estrategia de resolución del conjunto conflicto de los sistemas de producción o de cualquier sistema que deba tomar decisiones. Por tanto, parece lógico el tener un conocimiento previo de temas de sistemas de producción para poder motivar y relacionar la presentación del tema de búsqueda.

Además de estos contenidos relativos a los contenidos teóricos de la asignatura, también es necesaria la impartición de otros contenidos relativos a la componente práctica de la asignatura. Estos contenidos se imparten de forma paralela a los contenidos teóricos al principio del curso en horas reservadas a las clases prácticas sobre ordenador, para aprovechar el tiempo que transcurre entre el comienzo del curso y el momento en el que disponen de suficientes conocimientos para poder abordar la realización de las prácticas. Se ha considerado necesario el conocimiento por parte del alumno de los siguientes tipos de herramientas:

- Lenguajes genéricos de programación en entornos de IA: normalmente, se imparte Common Lisp, aunque no se descarta la enseñanza algún año de PROLOG.
- Herramientas de representación e inferencia: normalmente, se utiliza FRULEKIT [7], aunque es posible que se cambie a CLIPS en futuros años.

En la Sección 4 se justificará la utilización de dichas herramientas/lenguajes.

## 4 Metodología

Pese a que la tecnología ha avanzado enormemente en prácticamente todos los campos del saber, la tecnología pedagógica aún se fundamenta principalmente en la misma metodología que en los siglos pasados. Las nuevas tecnologías multimedia de enseñanza y educación asistida por ordenador están suponiendo hoy en día una revolución, al mezclar la utilización de herramientas hardware y software muy avanzadas, junto a las ideas clásicas en cuanto a pedagogía. La puesta en práctica de estas ideas requiere un alto coste material y humano que la hacen inviable a corto plazo. Actualmente, en esta asignatura se está en proceso de implantación de la metodología didáctica a los nuevos entornos. Es, por eso, que se ha decidido dividir esta sección en dos partes. La primera describe una posible metodología objetivo, el método monográfico, hacia la cual se pretende ir. La segunda parte trata el estado actual de la metodología docente de esta asignatura.

### 4.1 Método monográfico

Este método didáctico [4], presentado en la Figura 1, consta, por cada tema, de siete pasos, que van desde la presentación general por parte del profesor del tema, pasando por el trabajo individual y por grupos por parte de los alumnos de apartados del tema, terminando en la evaluación del tema. Una de las ventajas que tiene el método consiste en el trabajo continuo del alumno en cada uno de los temas y el seguimiento constante por parte del profesor de la labor realizada por cada alumno. Otra ventaja consiste en la formación integral del alumno en cada tema, al tener que preparar la parte teórica, realizar ejercicios, exponer la parte teórica, y realizar una práctica correspondiente a dicho tema, todo ello tanto individual como colectivamente.

Este método presenta un inconveniente de tipo práctico: es inviable en la mayor parte de las universidades españolas. Esto es debido, fundamentalmente, al número de alumnos que hay por clase y a la carga crediticia que cada asignatura posee. El primer factor influye en el número de grupos que hay que crear por cada clase, de forma que se hace difícil la presentación por parte de cada grupo de cada uno de los temas del curso. Por otra parte, el método monográfico requiere muchas sesiones alternadas de presentación del profesor y de los alumnos, de forma que, normalmente, el tiempo empleado por cada tema es considerablemente superior al correspondiente al número de créditos asignados a la asignatura.

La utilización de Internet, cada vez más usual entre los alumnos de titulaciones técnicas, permite la solución parcial de este inconveniente, debido a que potencia el intercambio de ideas entre los alumnos y el profesor a través de grupos de noticias creados al efecto, correo electrónico con el profesor y listas de distribución. Por tanto, las discusiones y puesta en

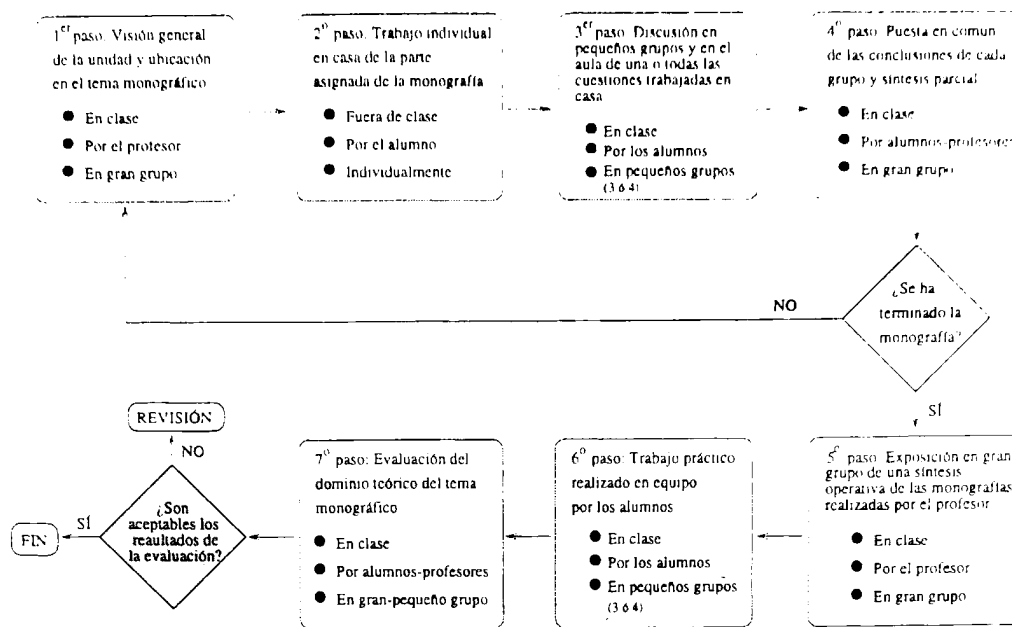


Figura 1: Esquema del método monográfico.

común que no se pueden realizar por falta de tiempo, de alguna forma se suplen a través de la interacción electrónica.

Una de las formas de complementar este método consistiría en la utilización de la tecnología multimedia en las fases en las que los alumnos deben preparar los temas, al poder consultar las cuestiones teóricas, y poder obtener una evaluación automática de sus conocimientos a través de la realización de los ejercicios y su corrección por parte del sistema.

## 4.2 Metodología actual

El enfoque actual consiste en intentar conseguir un equilibrio entre la componente teórica, que se considera imprescindible, la componente práctica a través de ejercicios relacionados con la teoría, y la componente práctica, relacionada con la utilización del ordenador para la realización de trabajos prácticos. Como ya se menciono anteriormente, hoy en día la utilización adecuada de la Internet es una característica importante que debe figurar en el planteamiento metodológico de las asignaturas. En el caso de la enseñanza de IA en la Universidad Carlos III de Madrid, se han creado unas páginas Web relativas al grupo docente en el que se inscribe la asignatura. La dirección de estas páginas es:

<http://grial.uc3m.es/~docweb/>

El objetivo de estas páginas es proporcionar toda la información que pueda ser útil para el seguimiento y complementación de la teoría, realización de prácticas y ejercicios, contacto con los profesores, normativa de la asignatura, enlaces con otras páginas docentes y de investigación relacionadas con la asignatura de otros sitios, anuncios, etc. La página central de la asignatura se muestra en la Figura 2.

A continuación, se estudiarán más en detalle, las componentes metodológicas relacionadas con cada una de estas partes.

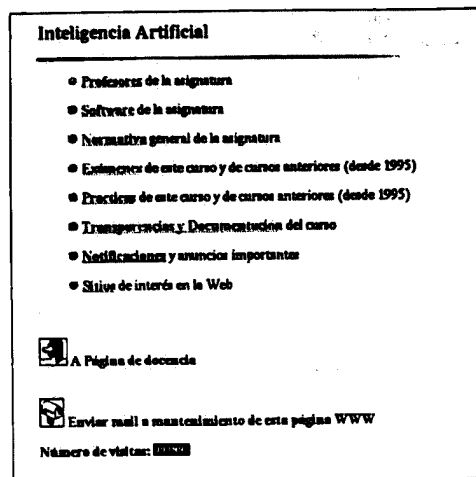


Figura 2: Pantalla de presentación de la asignatura de IA.

#### 4.2.1 Teoría

La metodología docente de la parte teórica está basada en la clásica lección “magistral”, en la que se hace especial hincapié en la participación activa de los estudiantes en las clases teóricas. Se trata de incentivar la discusión, de forma que a partir del análisis “en voz alta” por parte de los alumnos de por qué se utilizan determinadas técnicas o cómo se podrían resolver problemas concretos, sean capaces de integrar y fijar más eficientemente el conocimiento adquirido con el que ya se posee. Esta tarea es difícil de realizar en la mayor parte de las aulas españolas debido a la naturaleza de la educación recibida por los alumnos con anterioridad. También tiene la dificultad de conseguir que la participación intensa de los alumnos aleje la discusión del tema principal. De las cinco horas de clase semanales dedicadas a la asignatura, la componente teórica ocupa, normalmente, dos horas.

#### 4.2.2 Ejercicios

La parte práctica de la asignatura se refuerza con la realización de numerosos ejercicios prácticos de representación y búsqueda durante las clases teóricas. Esto suele ocupar una hora de las cinco semanales asignadas que tiene la asignatura. La forma de enfocar los ejercicios es el planteamiento en clase de los ejercicios a resolver, dando un tiempo inicial para que los alumnos intenten una primera aproximación a la solución. Normalmente, los alumnos tienden a agruparse de forma espontánea para la realización de dichos ejercicios. El profesor pasea por la clase para comprobar la dedicación de los alumnos a las tareas asignadas, así como para responder a dudas particulares de los alumnos. Se trata de fomentar el que los alumnos intervengan en la posterior discusión sobre la solución de los ejercicios. A continuación, el profesor saca a algún alumno a la pizarra para que plantee su solución al primer ejercicio. Esta solución se discute en voz alta por toda la clase, tratando por parte del profesor de fomentar la participación de la mayor parte de los alumnos. Al final de la clase, como resultado de la discusión se obtiene un esbozo de la solución, que deberán completar

los alumnos en casa (individualmente o por grupos). En la clase de ejercicios siguiente, se empieza por preguntar si ha habido alguna duda respecto a los ejercicios planteados en la última clase, resolviéndose todas las dudas antes de plantear nuevos ejercicios. Los ejercicios planteados en clase tienen un grado de complejidad equivalente a los que se les exigirá resolver en los exámenes de la asignatura.

### 4.2.3 Prácticas en ordenador

La asignatura tiene una alta componente práctica como complemento necesario para el adecuado aprendizaje de esta materia. Así, el alumno debe presentar uno o dos trabajos prácticos que abarcan gran parte de los conceptos enseñados en las clases teóricas y cuya evaluación influye con la misma proporción en la evaluación total de la asignatura. Normalmente, las prácticas cubren la realización de sistemas computacionales que contengan componentes basados en el conocimiento, así como técnicas de búsqueda heurística, de forma que la mayor parte de los contenidos teóricos enseñados en clase puedan ser llevados a la práctica mediante estos trabajos. Se diseñan las prácticas de forma que el enfoque esté basado en el conocimiento y no en la programación.

Una de las vías de aumentar el interés de los alumnos por las prácticas es la realización de una competición entre prácticas de forma que el resultado de dicha competición sirva como una medida de evaluación de las mismas. Para llevar a cabo esta propuesta, la práctica correspondiente debe tener una componente cuantitativamente evaluable, como, por ejemplo, un juego, un simulador de robot, o un sistema de toma de decisiones en bolsa. Dicha práctica está pensada de forma que abarque parte de los objetivos de la asignatura (representación del conocimiento y búsqueda heurística). Al final del curso, se realiza una competición entre todos los grupos, que permite, por un lado, ayudar a la motivación de los alumnos en las prácticas, y, por otra, al sumar una pequeña cantidad a la nota total de las prácticas, ayudar a la evaluación final de la asignatura. Estas dos ideas están estrechamente ligadas. En la sección 5 se comentará el papel que los lenguajes de programación y las herramientas tienen en la asignatura.

## 5 Material didáctico utilizado

El material didáctico utilizado se divide en cuatro grupos:

- Material didáctico general: normalmente, se utiliza el proyector de transparencias ayudado por la pizarra, pero se está contemplando la utilización de un ordenador portátil, junto a un cañón de vídeo portátil que permitiría no sólo la proyección de las transparencias de forma más dinámica, sino también la inclusión de ejecuciones de programas que sirvieran para complementar los aspectos teóricos.
- Libros: los libros básicos son [1, 3, 5] y los recomendados son [2, 6, 8].
- Lenguajes de programación y herramientas: por una parte, se ha considerado necesaria la formación de los alumnos en lenguajes de programación utilizados históricamente y actualmente en desarrollos de IA, como, por ejemplo, Common Lisp y PROLOG. Se ha considerado conveniente formar a los alumnos en este tipo de lenguajes debido a su

masiva utilización directa o indirecta (como lenguajes que sustentan a herramientas) en entornos profesionales relacionados con la IA.

Todas el software utilizado y por utilizar en el futuro es de dominio público, como, por ejemplo, CLISP, dejando libre el sistema operativo a utilizar (Windows o Unix), aunque las clases ante el ordenador se realizan en un aula unix. Por otra parte, en cuanto a herramientas, se ha venido utilizando una herramienta de dominio público. FRULEKIT, que tiene las mismas funcionalidades que la mayor parte de las herramientas comerciales para la construcción de sistemas basados en el conocimiento. Se está contemplando la utilización en el futuro de la herramienta CLIPS, también de dominio público.

La elección de herramientas de dominio público se fundamenta en lo siguiente: independencia de desarrollador; desarrollo distribuido de la herramienta; existencia constante de actualizaciones adecuadas a las necesidades de entornos reales; existencia de listas de distribución, que permiten resolver posibles problemas de forma inmediata; y disponibilidad del software para diferentes plataformas.

- Páginas Web de la asignatura: como se puede observar en la Figura 2, las páginas de cada asignatura se dividen en los siguientes apartados:
  - Profesores: incluye información sobre sus datos básicos, como despacho, email, página Web y horarios de tutoría.
  - Software: enlaces o páginas relativas al software necesario para la realización de las prácticas de la asignatura, así como a los manuales de las herramientas.
  - Normativa: resume materias relativas a los objetivos, temario, bibliografía y evaluación.
  - Exámenes: se encuentran en formato PostScript y, o, HTML los exámenes de los cursos anteriores, junto a las soluciones, de forma que los alumnos disponen de una batería de problemas resueltos que les ayuden a la autoevaluación.
  - Prácticas: contiene los enunciados de las prácticas (del curso actual y anteriores), así como algunas prácticas de alumnos que obtuvieron una buena calificación. De estos únicamente se encuentran los programas ejecutables y las memorias de las prácticas.
  - Transparencias y Documentación: resume toda aquella documentación parcial de la asignatura que no tiene la apariencia de libro de consulta, como, por ejemplo, las transparencias de las clases teóricas. Esto permite que el alumno pueda seguir las clases con comodidad y antelación.
  - Notificaciones: notas de los profesores a la marcha general de la asignatura, incluyendo ampliaciones de plazos, cambios de enunciados de prácticas, inclusión de nuevas cosas en las páginas de Web, etc.
  - Sitios de interés: enlaces a páginas de Web de otros sitios con información sobre aspectos de la IA, tanto docentes como de investigación.



## Referencias

- [1] Daniel Borrajo, Natalia Juristo, Vicente Martínez, and Juan Pazos. *Inteligencia Artificial. Métodos y Técnicas*. Centro de Estudios Ramón Areces, Madrid, 1993.
- [2] Matt Ginsberg. *Essentials of Artificial Intelligence*. Morgan Kaufmann, San Mateo, CA. 1993.
- [3] Nils Nilsson. *Principios de Inteligencia Artificial*. Ediciones Díaz de Santos, Madrid, 1987.
- [4] Juan Pazos. *Proyecto Docente para Concursar a Catedrático de Universidad*. Facultad de Informática. Universidad Politécnica de Madrid, 1988.
- [5] Elaine Rich and Kevin Knight. *Inteligencia Artificial*. McGraw-Hill, Inc., 1994. Segunda edición.
- [6] Stuart Russell and Peter Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall. 1995.
- [7] Peter Shell and Jaime G. Carbonell. FRuleKit: A frame-based production system. User's manual. Internal paper, 1989.
- [8] Patrick H. Winston. *Artificial Intelligence. Second Edition*. Addison-Wesley, Reading, Mass.. 1984. También en castellano.