

HERRAMIENTA SOFTWARE PARA LA ENSEÑANZA DE ALGORITMOS DE BÚSQUEDA

L. Mandow, J. Coego, F. Villalba
Dpto. Lenguajes y Ciencias de la Computación
ETSI Informática
Universidad de Málaga
{lawrence|jcoego|villalba}@lcc.uma.es

TEMA/PROBLEMA

El proyecto descrito en este trabajo persigue el desarrollo de recursos didácticos para la enseñanza de algoritmos de búsqueda. Se pretende facilitar la comprensión de los mismos y sus propiedades desde una perspectiva activa y participativa por parte de los alumnos, incrementando sus oportunidades para la exploración y el descubrimiento.

PALABRAS CLAVE

Animación de algoritmos, Inteligencia Artificial, exploración, descubrimiento.

CONTEXTO

La experiencia se ha puesto en práctica en las asignaturas “Inteligencia Artificial e Ingeniería del Conocimiento” de la titulación de Ingeniero en Informática, y en “Introducción a la Inteligencia Artificial” de la titulación Ingeniero Técnico en Informática de Gestión de la Universidad de Málaga. El centro cuenta con laboratorios para la realización de prácticas.

En relación a los materiales educativos relacionados con la Inteligencia Artificial, cabe destacar el relativamente escaso número de textos docentes, aún teniendo en cuenta que esta disciplina ha celebrado recientemente el 50 aniversario de su reconocimiento académico oficial. También es destacable la escasez de herramientas gráficas que se puedan adaptar de forma versátil a los currícula habituales en las universidades. Todo ello ha servido como aliciente para el desarrollo de los materiales educativos descritos en este trabajo.

OBJETIVOS

El objetivo básico del proyecto es una mejora en la enseñanza/aprendizaje de los algoritmos de búsqueda empleados comúnmente para la resolución de problemas en Inteligencia Artificial. Para ello se ha planteado el desarrollo de una herramienta software que permita simular gráficamente el funcionamiento de estos algoritmos. Los dos requisitos básicos establecidos para dicha herramienta han sido el acceso libre por parte de los alumnos, y la posibilidad para la creación y control de simulaciones.

DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

El desarrollo del proyecto se ha organizado fundamentalmente en cuatro actividades.

Desarrollo de un prototipo

En primer lugar se procedió a la especificación y diseño de la herramienta objeto del proyecto. Para ello se ha partido de la experiencia de los profesores en la impartición de asignaturas de Inteligencia Artificial, así como en la existencia de un simulador previo disponible en Internet, denominado PathDemo. Desgraciadamente, este simulador no responde a las expectativas de las asignaturas, en parte debido a la organización de los algoritmos incluidos, y en parte a su antigüedad, ya que carece de las innovaciones más recientes en el campo. Al no disponer de código abierto, la única solución es el desarrollo de una herramienta nueva.

En la nueva herramienta se tuvieron en cuenta las recomendaciones vigentes en el desarrollo de animaciones para la enseñanza de algoritmos. Un buen resumen puede encontrarse en (Hundhausen et al, 2002). El uso de animaciones para la enseñanza de algoritmos no siempre ha gozado de evaluaciones favorables (Stasko et al, 1993). Las conclusiones de diversos estudios apuntan a que las animaciones son útiles desde el punto de vista pedagógico únicamente si se emplean en conjunción con materiales y prácticas adecuados, se apoyan en las explicaciones del profesor, o permiten una actitud participativa por parte del alumno (Lawrence, 1994) (Kehoe et al, 2001). Se tuvieron en cuenta por ello las recomendaciones de (Fleischer y Kucera, 2002) sobre animación de algoritmos: elaboración de un modelo claro y sencillo, ilustración visual de las medidas de eficiencia, control de velocidad en la animación, representación uniforme, simplicidad en el control y creación de las animaciones, y facilidad para la interacción, la exploración y el descubrimiento.

La implementación de un primer prototipo se realizó en Common Lisp, lenguaje conocido por los alumnos de Ingeniería Informática.

Utilización en el aula

Se realizaron diversas actividades educativas en el aula a lo largo del curso 2007/2008. En primer lugar, se puso a disposición de los alumnos la herramienta, y se utilizó en clases de laboratorio para ilustrar el funcionamiento de los distintos algoritmos estudiados en las clases teóricas. De este modo se cumplió con el requisito de apoyar las animaciones con explicaciones por parte del profesor.

En segundo lugar se prepararon prácticas que los alumnos debían realizar con ayuda de la nueva herramienta. Se esperaba con ello fomentar la interacción y exploración con la herramienta por parte de los alumnos.

Evaluación de la experiencia

Se presentó a los alumnos un cuestionario en el que pudieran valorar el nuevo enfoque educativo en su aprendizaje de la asignatura, así como diversos aspectos relacionados con la facilidad de uso de la aplicación y posibles mejoras.

Desarrollo de una nueva herramienta

En base a la experiencia obtenida, se desarrolló una segunda herramienta, en lenguaje Java, conocido por los alumnos de Ingeniería Técnica en Informática de Gestión.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

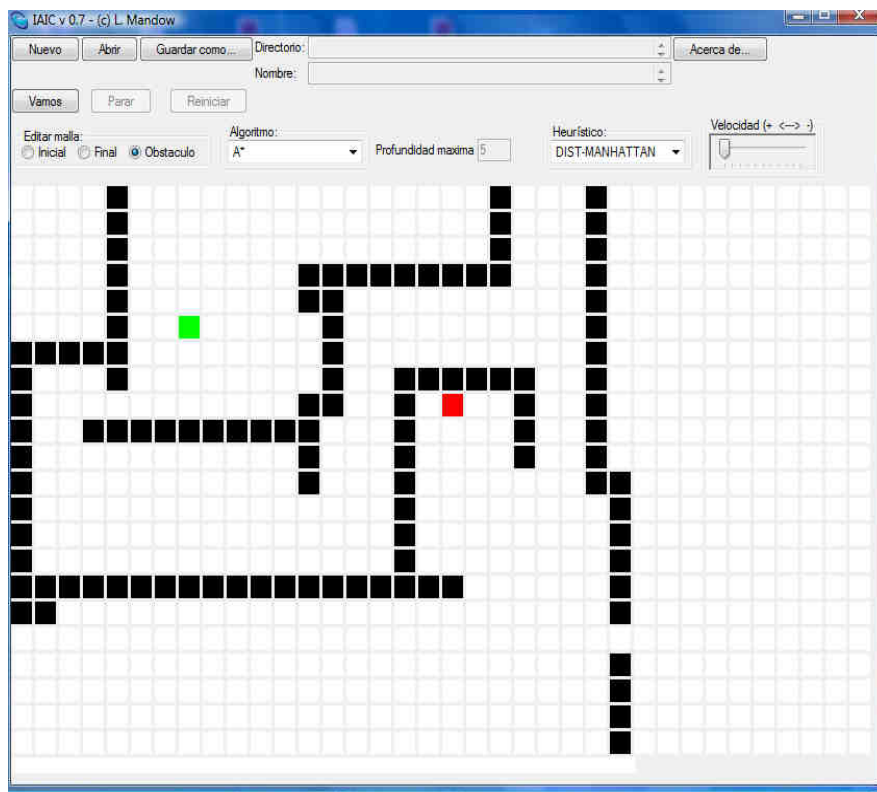
Entre los resultados cabe destacar el desarrollo de dos simuladores, en Common Lisp y Java, con la misma apariencia y capacidades similares, que facilitan el desarrollo de las clases y la elaboración de prácticas por parte de los alumnos.

La funcionalidad de las aplicaciones es:

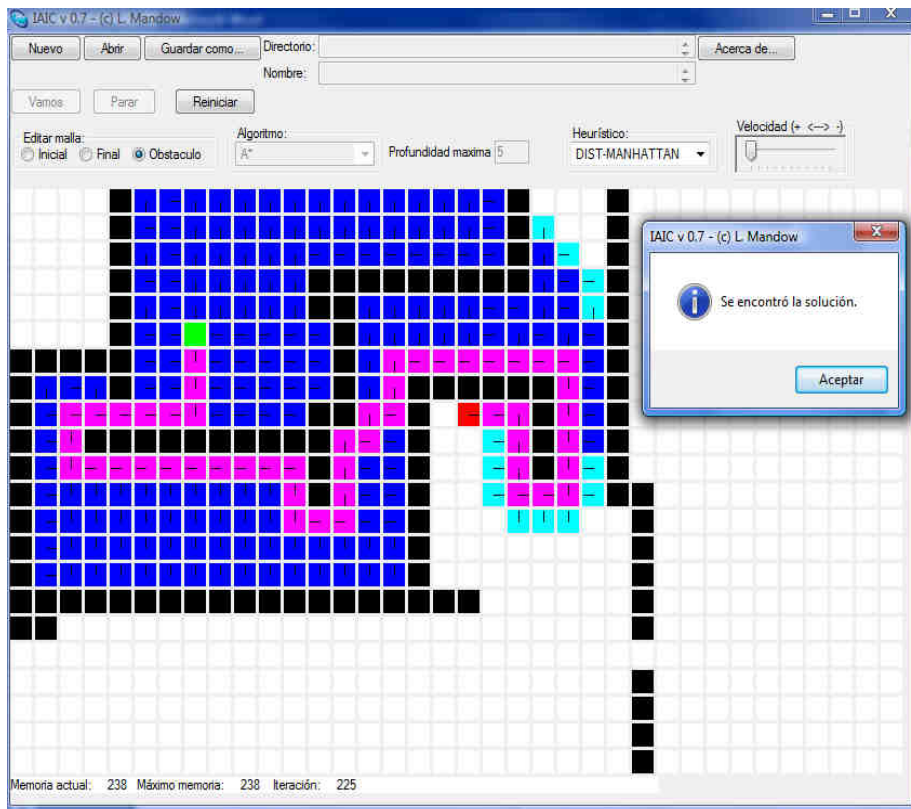
- a) Editor gráfico de laberintos, que permite crear, guardar, y cargar distintos mapas.
- b) Algoritmos disponibles (Nilsson, 2001) (Korf, 2005):
 - a. Búsqueda primero en amplitud.
 - b. Búsqueda primero en profundidad.

- c. Búsqueda frontera primero en amplitud.
 - d. Búsqueda A*.
 - e. Búsqueda Backtrack sin ciclos.
 - f. Búsqueda Backtrack con profundización progresiva (BID).
 - g. Búsqueda A* con profundización progresiva (IDA*).
 - h. Búsqueda frontera
- c) Heurísticos para los algoritmos A* e IDA*:
- a. Búsqueda a ciegas.
 - b. Distancia Manhattan.
 - c. Distancia euclídea.
- d) Límite de profundidad para el algoritmo Backtrack sin ciclos.
- e) Control para pausar, continuar y reiniciar la simulación, así como para modificar la velocidad de la misma.
- f) Informe sobre el consumo de memoria actual y máximo, y número de iteraciones del algoritmo en ejecución.

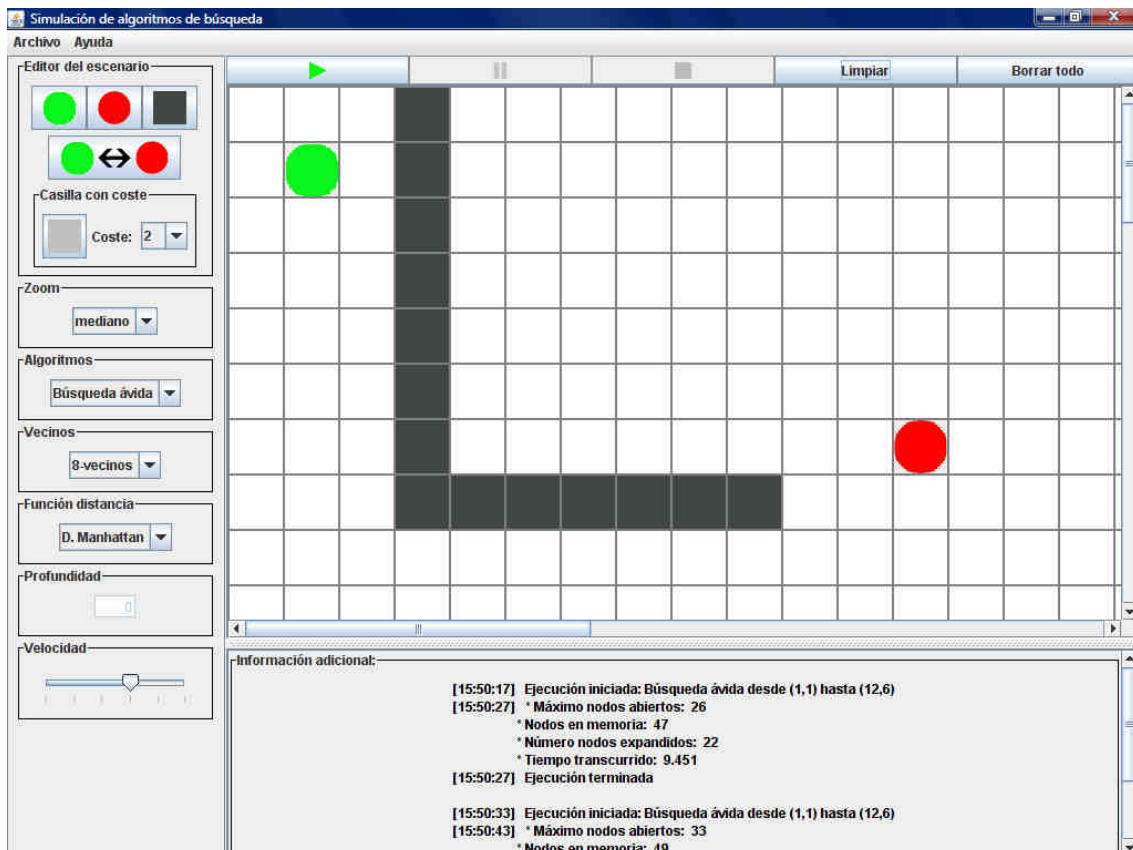
Se muestra a continuación la apariencia de la interfaz tras diseñar un laberinto:

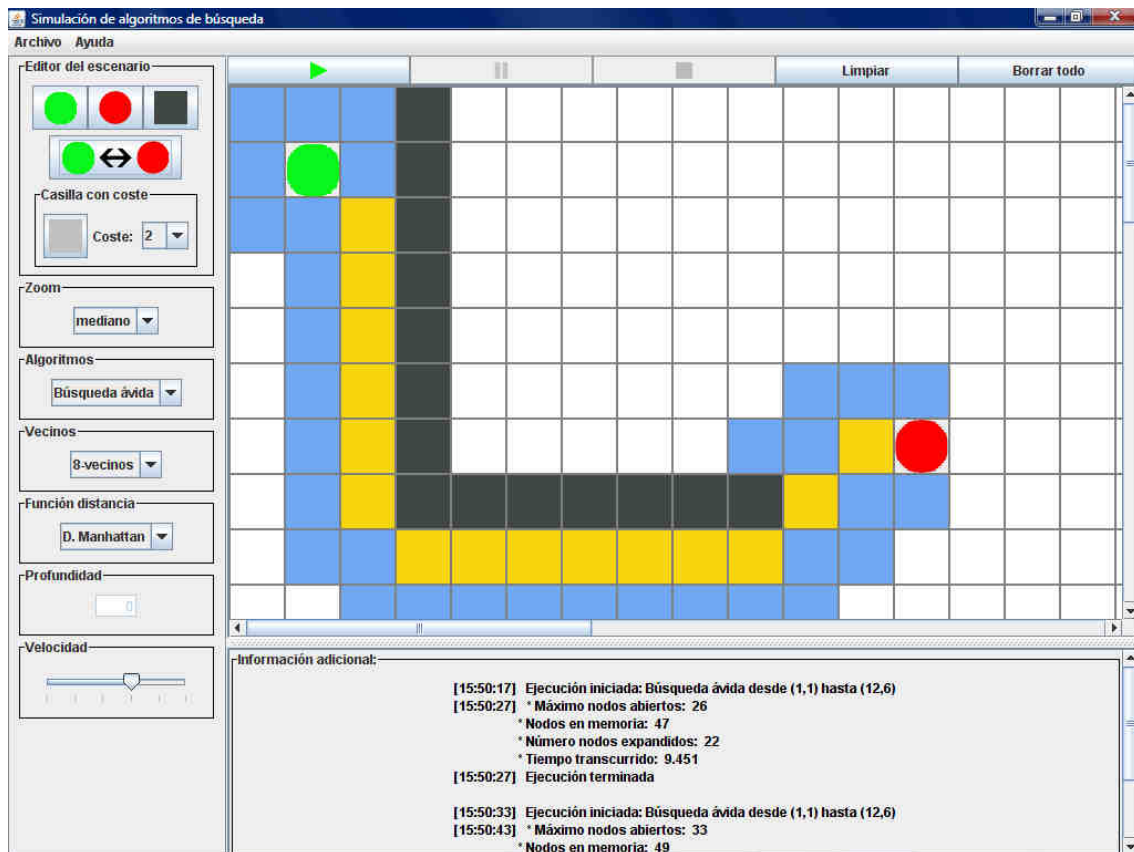


La ejecución de un algoritmo muestra su funcionamiento paso a paso a la velocidad elegida por el usuario. Una vez finalizada la búsqueda se muestra el camino solución encontrado por el algoritmo de la siguiente forma:



La apariencia de la segunda herramienta, realizada en Java es la siguiente:





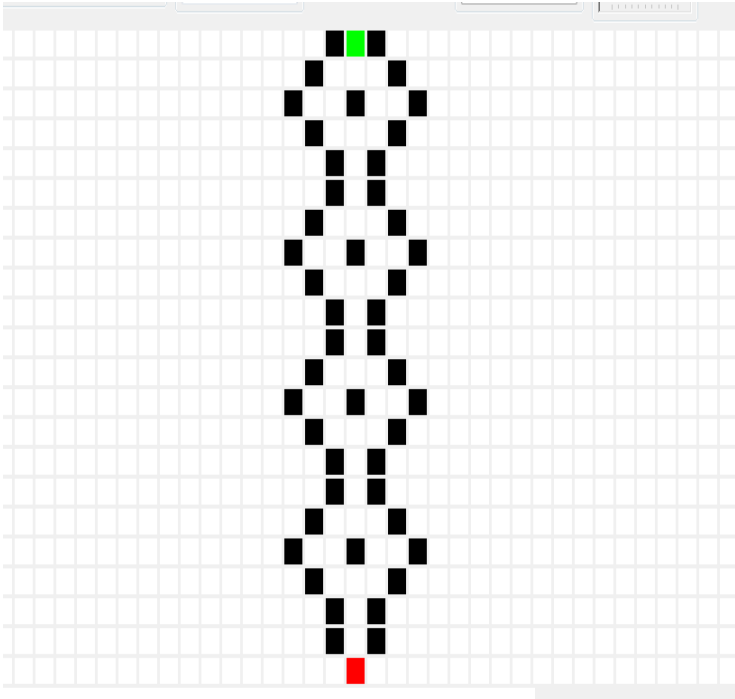
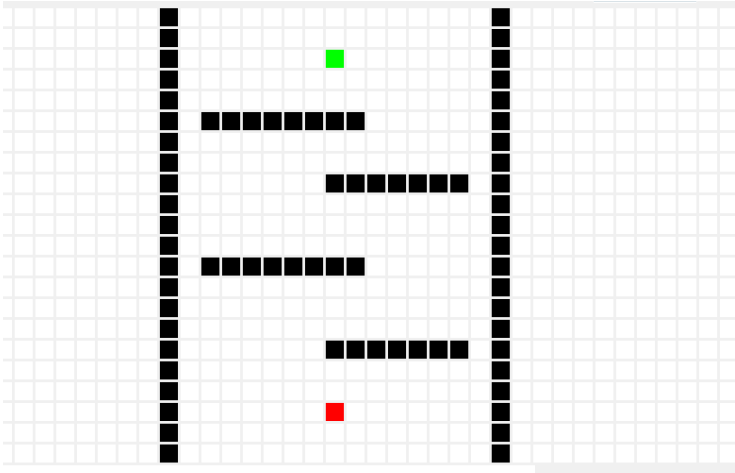
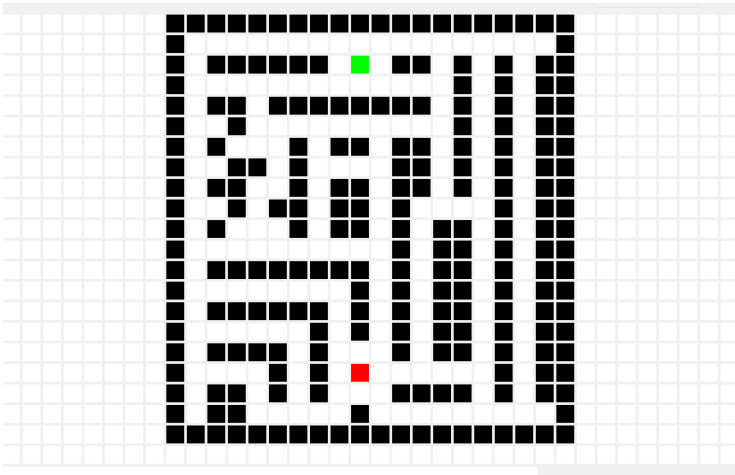
El software elaborado en este proyecto, así como los materiales de prácticas se encuentran a disposición de los alumnos a través de las páginas de las respectivas asignaturas en el Campus Virtual de la Universidad de Málaga (herramienta Moodle).

A continuación se reproduce el contenido de las prácticas propuestas a los alumnos:

- 1.) Empleando los mapas incluidos en el archivo mapas1.zip ejecutar todos los algoritmos disponibles en el programa:
 - a. Realizar una comparativa de los consumos máximos de memoria y el número de iteraciones. En caso de que algún algoritmo tarde más de 10 minutos en encontrar la solución, indicarlo acompañado del máximo consumo de memoria y número de iteraciones realizados hasta ese momento.
 - b. Analizar la bondad/optimalidad del resultado obtenido.
 - c. Explicar brevemente los resultados obtenidos y valorar la discrepancia o concordancia con los costes teóricos de los algoritmos expuestos en clase. En caso de discrepancia, justificar su origen en el mapa analizado.
- 2.) Repetir el ejercicio anterior intercambiando las posiciones origen y destino de la búsqueda.
- 3.) Diseñar, en caso de que sea posible, mapas que permitan reproducir las siguientes situaciones:
 - a. Un mapa en el cual la búsqueda en amplitud consuma menos memoria que BID.
 - b. Un mapa en el cual la búsqueda en profundidad realice la peor búsqueda posible en términos de consumo de memoria, comparado con la búsqueda en amplitud.

Deberán proporcionarse como resultado los mapas, así como una breve explicación del motivo por el cual dichos mapas generan el comportamiento solicitado.

Algunos de los mapas proporcionados a los alumnos son los siguientes:



RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Para valorar la aceptación de la nueva herramienta y de las prácticas realizadas con la misma se distribuyó una encuesta entre los alumnos, solicitando las valoraciones cuantitativas y cualitativas que se describen a continuación

VALORACIÓN CUANTITATIVA

	Insuficiente	Bien			Excelente
		2	3	4	
1. Valore la comunicación del profesor con los alumnos	1	2	3	4	5
2. ¿Cuál es su grado de motivación en esta asignatura?	1	2	3	4	5
3. ¿Cómo considera la estructuración / organización de la asignatura?	1	2	3	4	5
4. ¿Qué le parece el sistema de evaluación?	1	2	3	4	5
5. ¿Qué opina de los materiales de la asignatura?	1	2	3	4	5
6. Valore el programa IAIC para el aprendizaje de los algoritmos de búsqueda	1	2	3	4	5

VALORACIÓN CUALITATIVA

- Sugiera mejoras e indique deficiencias en el programa IAIC.
- Si usted es un alumno repetidor, ¿considera que el uso de software que ilustra las técnicas explicadas en clase mejora el proceso de enseñanza respecto al curso anterior?

Se resumen a continuación los resultados obtenidos en la evaluación cuantitativa para cada una de las asignaturas y grupos implicados:

“Inteligencia Artificial e Ingeniería del Conocimiento” – Grupo A:

	Insuficiente	Bien			Excelente	
		0	1	2		
1. Valore la comunicación del profesor con los alumnos	0	0	0	7	7	4,5
2. ¿Cuál es su grado de motivación en esta asignatura?	0	1	2	10	1	3,8
3. ¿Cómo considera la estructuración / organización de la asignatura?	0	0	4	6	4	4
4. ¿Qué le parece el sistema de evaluación?	1	4	2	6	1	3,1
5. ¿Qué opina de los materiales de la asignatura?	0	0	4	7	3	3,9
6. Valore el programa IAIC para el aprendizaje de los algoritmos de búsqueda	0	0	0	9	5	4,4

“Inteligencia Artificial e Ingeniería del Conocimiento” – Grupo B:

	Insuficiente	Bien			Excelente	
1. Valore la comunicación del profesor con los alumnos	1	0	7	13	1	3,6
2. ¿Cuál es su grado de motivación en esta asignatura?	1	2	9	8	2	3,4
3. ¿Cómo considera la estructuración / organización de la asignatura?	1	6	8	7	0	2,9
4. ¿Qué le parece el sistema de evaluación?	1	4	11	6	0	3
5. ¿Qué opina de los materiales de la asignatura?	1	3	6	11	1	3,4
6. Valore el programa IAIC para el aprendizaje de los algoritmos de búsqueda	0	0	3	12	7	4,2

“Introducción a la Inteligencia Artificial”:

	Insuficiente	Bien			Excelente	
1. Valore la comunicación del profesor con los alumnos	0	0	3	8	2	3,9
2. ¿Cuál es su grado de motivación en esta asignatura?	1	0	4	4	4	3,8
3. ¿Cómo considera la estructuración / organización de la asignatura?	2	0	6	4	1	3,2
4. ¿Qué le parece el sistema de evaluación?	0	0	5	6	2	3,8
5. ¿Qué opina de los materiales de la asignatura?	2	2	5	3	0	2,7
6. Valore el programa IAIC para el aprendizaje de los algoritmos de búsqueda	0	0	1	6	5	4,3

En general, la opinión de los alumnos sobre las asignaturas es buena, y lo mejor valorado fue la inclusión del programa IAIC (la herramienta desarrollada en este proyecto). Este patrón se repite en los tres grupos evaluados, recibiendo en todos los casos una valoración media por encima de 4 (sobre 5), y una media global de 4,28.

En relación a la valoración cualitativa, se recogieron diversas sugerencias, que han sido incluidas en la segunda versión del programa. Estas incluyen un mejor acceso a las estadísticas de rendimiento, así como la inclusión de un botón que intercambie los nodos de origen y destino de un mismo problema, algo que se pedía expresamente en las prácticas entregadas a los alumnos.

Finalmente, todos los alumnos repetidores valoraron positivamente la inclusión de la nueva herramienta sobre su experiencia del curso anterior.

BIBLIOGRAFÍA

Fleischer, R, Kucera, L (2002). Algorithm Animation for Teaching. En “*Software Visualization*”. Lecture Notes in Computer Science 2269. Stefan Diehl (Ed.), pp. 113-128. Springer

Hundhausen, C.D., Douglas, S.A., Stasko, J.T. (2002). A meta-study of algorithm visualization effectiveness. *Journal of Visual Languages and Computing*, 13(3):259–290

Kehoe, C., Stasko, J., Taylor, A. (2001). "Rethinking the Evaluation of Algorithm Animations as Learning Aids: An Observational Study", *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 54, No. 2, pp. 265-284

Korf, R. (2005). Frontier search. *JACM*, Vol 52, Issue 5, pp 715-748.

Lawrence, A.W. (1994). "Empirically Evaluating the Use of Animation to Teach Algorithms" Tech. Rep. GIT-GVU-94-07 (<ftp://ftp.cc.gatech.edu/pub/gvu/tr/1994/94-07.pdf>)

Nilsson, N. (2001). *Inteligencia Artificial: Una nueva síntesis* McGrawHill.

Stasko J, Bradre, A, Lewis, C (1993). "Do Algorithm Animations Assist Learning? An Empirical Study and Analysis" *ACM INTERCHI*, pp.61-66

AGRADECIMIENTOS

A Meritxell Souto, alumna colaboradora, y al Servicio de Innovación Educativa de la Universidad de Málaga por los medios aportados a este proyecto.