

ASPECTOS EDUCACIONALES/EDUCATIONAL ASPECTS

UNA HERRAMIENTA INTERACTIVA COMO GUÍA EN LA RESOLUCIÓN GRÁFICA DE UN PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN LINEAL

M. J. García-Ligero y P. Román-Román¹

Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Universidad de Granada , España

ABSTRACT

In context of a Project of Educational Innovation addressed to the incorporation of new technologies in teaching the subject of Operational Research and, focusing specifically on solving a linear programming problem, we will show an interactive tool designed to guide the student in learning the graphic resolution of these problems.

There are two uses of this tool. Firstly, it can be used as a theoretical guide that set out the student in solving a problem that he proposed. On the other hand, and for an introduction to the use of this tool from a practical standpoint, we also include animated resolutions of various problems that cover the following situations: unfeasible problem, unbounded solution, unique optimal solution and optimal alternative.

KEY WORDS: Linear programming, Graphic resolution, Interactive materials.

MSC: 90C05, 97C70, 97D40

RESUMEN

Dentro del contexto de un Proyecto de Innovación Docente dirigido a la incorporación de las nuevas tecnologías en la enseñanza de la Investigación Operativa y, centrándonos en concreto en la resolución de un problema de Programación Lineal, presentamos una herramienta interactiva diseñada para guiar al alumno en el aprendizaje de la resolución gráfica de dichos problemas.

La utilización de esta herramienta puede ser llevada a cabo de dos maneras. En primer lugar se puede usar como una guía teórica que dirige al alumno en la resolución de un problema que él se plantea. Por otra parte, y para una iniciación a la utilización de dicha herramienta desde un punto de vista práctico, se ha incluido también la resolución animada de diversos problemas que cubren las siguientes situaciones: problema infactible, solución no acotada, solución óptima única y óptimos alternativos.

1. INTRODUCCIÓN

Estamos asistiendo a un cambio en los métodos de enseñanza en todos los ámbitos. Este cambio viene motivado por muchos factores entre los que podemos citar, dentro del ámbito universitario, la implantación del Espacio Europeo de Educación Superior y, por consiguiente, la entrada en vigor de nuevos planes de estudio, la exigencia de nuevos perfiles a los futuros profesionales dentro del mercado laboral, etc.

Por otra parte, y dentro de un ámbito más general la aparición de nuevas tecnologías posibilita la realización de materiales didácticos (que pueden ir desde simples textos, imágenes, sonido, a algunos más sofisticados de tipo multimedia y que, además, permitan un cierto grado de interactividad) y su transmisión en línea (a través fundamentalmente de Internet). Dichos materiales facilitan el autoaprendizaje, fundamental en los nuevos sistemas de enseñanza que requieren una mayor implicación por parte del alumno en su proceso de formación de cara a su capacidad para afrontar problemas y resolverlos, partiendo de unas directrices formuladas por sus profesores.

¹ mjgarcia, proman}@ugr.es

Por ello, numerosos esfuerzos se han realizado para la adaptación de la docencia de la Investigación Operativa a las nuevas tendencias de aprendizaje; podemos citar, en el ámbito del sistema educativo español, el desarrollo de entornos virtuales de enseñanza (Cobo [1] y Cobo Ortega y Gómez García [2]) en la Universidad de Cantabria (España), la realización de materiales interactivos para la resolución de un problema de Programación Lineal usando el método Simplex (García-Ligero y Román[3]) en la Universidad de Granada y, en general, el sitio web “The Simplex Place” [4] de la Universidad de Melbourne (Australia).

En este sentido, el objetivo de este trabajo se enmarca dentro de un Proyecto de Innovación Docente dirigido a la adaptación de la docencia de la Investigación Operativa a las nuevas tecnologías con vistas a la mejora en la adquisición de las destrezas y competencias profesionales en este ámbito. Dicho Proyecto ha sido subvencionado por la Unidad de Innovación Docente de la Universidad de Granada y está dirigido a los alumnos que se inician en la Investigación Operativa, concretamente nos centramos en el problema de Programación Lineal, el punto de partida en el estudio de dicha materia.

En nuestra labor docente hemos detectado diferentes problemas que se les plantean a los alumnos relativos a la comprensión y asimilación de conceptos y resultados teóricos, así como a su aplicación a la resolución de problemas. En este contexto nos propusimos la elaboración de materiales didácticos multimedia que sean visualmente atractivos y permitan de forma amena una mejor comprensión de los conceptos y resultados teóricos así como la automatización de técnicas para la resolución de problemas. Dichos materiales presentan como principal característica su interactividad y que permiten al alumno un aprendizaje, en cierta medida, autónomo.

Centrándonos en concreto, en la resolución de un problema de Programación Lineal, presentamos una herramienta interactiva diseñada para guiar al alumno en el aprendizaje de la resolución gráfica de dichos problemas.

Esta herramienta parte de un diagrama de árbol, en el que los diferentes nodos plantean al alumno una tarea que debe realizar y, a continuación, una pregunta a la que debe contestar en función de los resultados de la tarea realizada. La elección de cada una de las posibles respuestas resalta las ramas del diagrama de árbol correspondiente a la respuesta elegida y encamina al alumno hacia una nueva tarea y posterior pregunta. De esta manera, al completar todos los pasos planteados, el alumno llega finalmente a la solución del problema que quiere resolver.

En la sección 2 se describe con detalle el material realizado justificando su utilidad en el proceso de aprendizaje del alumno de la resolución de un problema de Programación Lineal. Está estructurada en dos subsecciones. En la primera de ellas, subsección 2.1, se describe la herramienta desde el punto de vista de su utilidad teórica para proporcionar una guía al alumno de los pasos que debe seguir en la resolución de un problema concreto que se plantee. En la subsección 2.2 se describen variaciones de la herramienta disponible que incluyen la resolución animada de diversos problemas para iniciar al usuario en la utilización práctica de la misma.

Los materiales didácticos que presentamos han sido realizados con Microsoft Power Point 2003 y están disponibles en las páginas web: www.ugr.es/~proman/MaterialesInteractivosIO1.php y www.ugr.es/~mjgarcia/MaterialesInteractivosIO1.php. Para su correcta visualización es necesario tener instalada la opción Microsoft Editor de ecuaciones de Microsoft Office. Las presentaciones avanzan con sucesivos clicks de ratón y/o pulsando los eventuales botones (no deben usarse los cursores ni la rueda del ratón).

El trabajo finaliza con una sección de conclusiones en la que comentamos nuestra experiencia en la utilización de los materiales presentados por parte de los alumnos y la implicación que ha tenido su uso en el aprendizaje.

2. MATERIALES INTERACTIVOS

La resolución de un problema lineal de optimización lleva consigo el estudio de diferentes conceptos y relaciones entre ellos antes de abordar el método de resolución, concretamente el Algoritmo del Simplex.

La experiencia nos dice que estos conceptos básicos en Investigación Operativa resultan difíciles de entender y asimilar por los alumnos. Así en nuestra docencia consideramos de gran utilidad comenzar

con el estudio de la resolución gráfica de problemas de programación lineal (PPL) que, aunque presenta limitaciones a la hora de su aplicación lineales ya que se podrá utilizar para problemas de dimensión pequeña, dará a los alumnos una visión geométrica del problema que queremos resolver. Concretamente, se familiarizará visualmente con conceptos básicos en Investigación Operativa como región factible, conjunto convexo, punto extremo, entre otros que son claves para el desarrollo del algoritmo Simplex. También podrá asimilar el mecanismo de resolución comprendiendo algunos resultados sobre cómo pueden variar las soluciones.

Todo lo expuesto anteriormente nos llevó a elaborar materiales didácticos que permitan de forma amena una automatización de la resolución gráfica de un PPL y que ayuden a la comprensión de los conceptos básicos en la obtención de solución de problemas lineales.

2.1.- Herramienta interactiva como guía teórica en la resolución de un problema de programación lineal.

Esta herramienta (ver Figura 1) proporciona una guía teórica que dirige al alumno en la resolución de un PPL que él se plantea. Parte de un diagrama de árbol, en el que los diferentes nodos plantean al alumno una tarea que debe realizar y, a continuación, una pregunta a la que debe contestar en función de la tarea realizada. Como veremos en la descripción detallada de esta herramienta, la elección de cada una de las posibles respuestas resalta las ramas del diagrama de árbol correspondiente a la respuesta elegida y encamina al alumno hacia una nueva tarea y posterior pregunta.

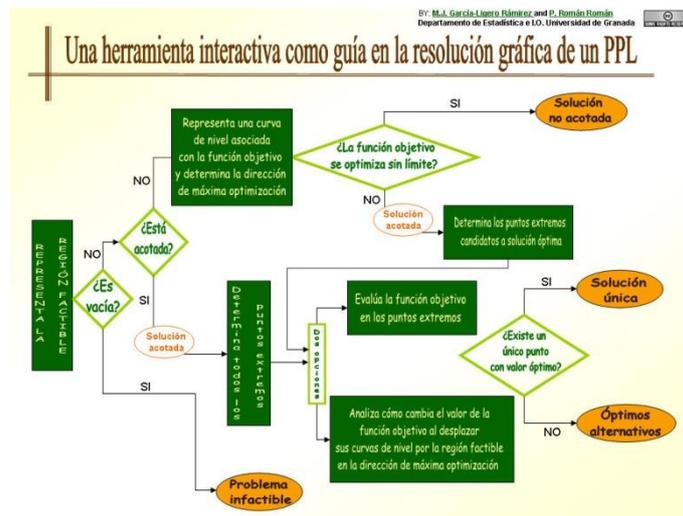


Figura 1. Herramienta interactiva

Concretamente, cuando el alumno accede a la herramienta para resolver su problema la primera tarea que se le propone es representar la región factible y se le plantea la pregunta de si es vacía o no (ver Figura 2).

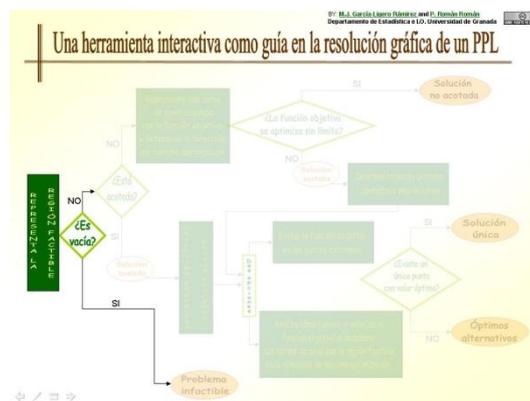


Figura 2: Propuesta de una tarea y pregunta

Notamos que en el nodo donde se le plantea la tarea, el alumno dispone de ayuda para realizarla; concretamente, al situar el ratón encima de la tarea aparece una pantalla emergente con una explicación más detallada de los pasos necesarios para su ejecución (ver Figura 3). Una vez realizada ésta, el siguiente paso será el planteamiento de una pregunta a la que debe contestar.

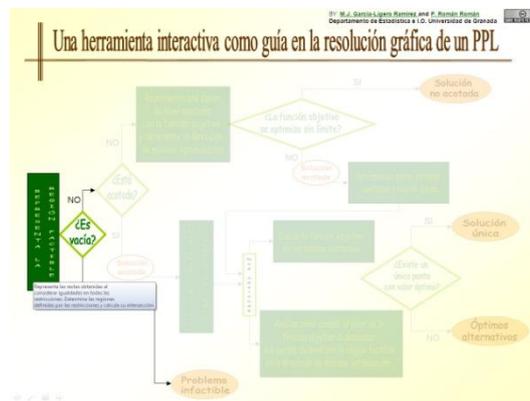
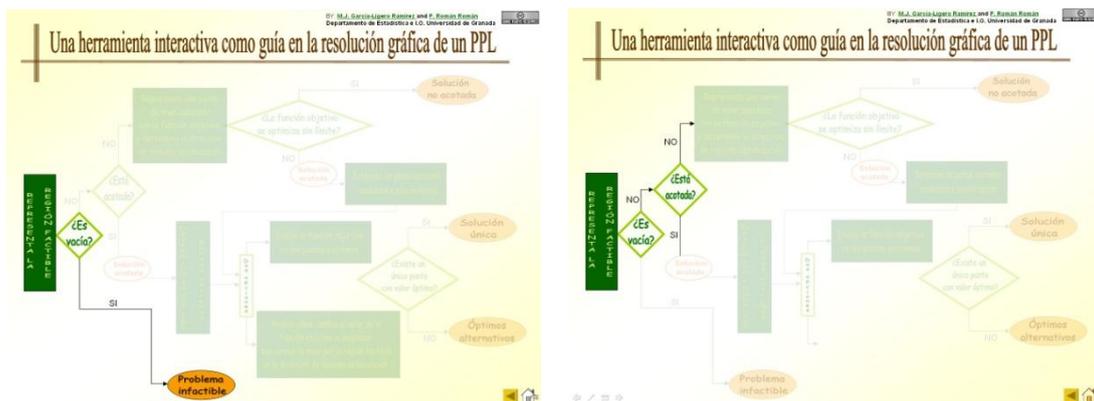


Figura 3: Ventana emergente asociada a una tarea

El alumno elegirá, entre las posibles respuestas, la que considere cierta y con dicha elección se resaltará la rama del diagrama de árbol correspondiente a la decisión tomada: en las Figuras 4 y 5 se muestran las dos posibilidades dependiendo de si la respuesta fue afirmativa o no. Si la respuesta es afirmativa se resalta la rama de problema infactible obteniendo así la solución del problema.



Figuras 4 y 5: Resultados de las posibles respuestas a una pregunta planteada

En otro caso, el alumno continuará realizando tareas y contestando a las preguntas que se le planteen para llegar a la solución del problema. Concretamente, a continuación tendrá que responder sobre la acotación o no de la región factible. Si concluye que la región factible es no acotada, debe realizar una tarea relativa a la representación de una curva de nivel asociada con la función objetivo y determinación de la dirección de máxima optimización. En la Figura 6 se muestra el camino que sigue un alumno y la solución a la que llega (solución no acotada) si responde afirmativamente a la cuestión de si la función objetivo se optimiza sin límite.

El caso de un problema con solución acotada puede provenir de dos situaciones: que el problema bajo estudio tenga región factible acotada o no (ver esquema general de la herramienta en Figura 1). En cualquier caso, a partir de la tarea de determinar los puntos extremos de interés para el problema, se plantean dos opciones para continuar con la resolución: la evaluación de la función objetivo en los puntos extremos o el análisis de cómo cambia la función objetivo al desplazar sus curvas de nivel por la región factible (Figuras 7 y 8).

En cualquiera de las opciones elegidas, el alumno se planteará la existencia o no de solución única y dependiendo de la respuesta obtendrá solución única u óptimos alternativos. En las Figuras 9 y 10 se muestra el camino seguido para la obtención de solución única y óptimos alternativos, respectivamente, cuando se parte de una región factible no acotada. Las figuras 11 y 12 muestran los caminos seguidos cuando se parte de un problema lineal con región factible acotada.

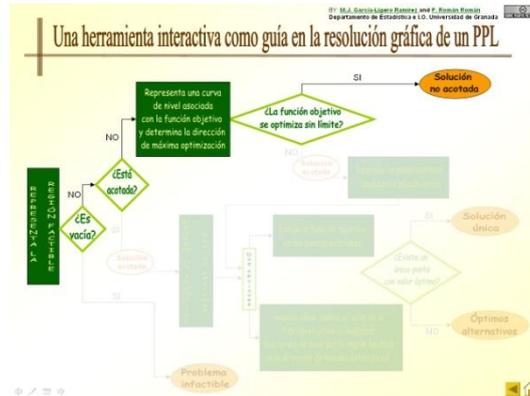
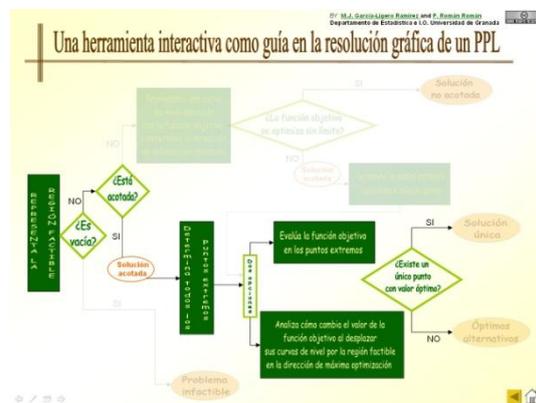
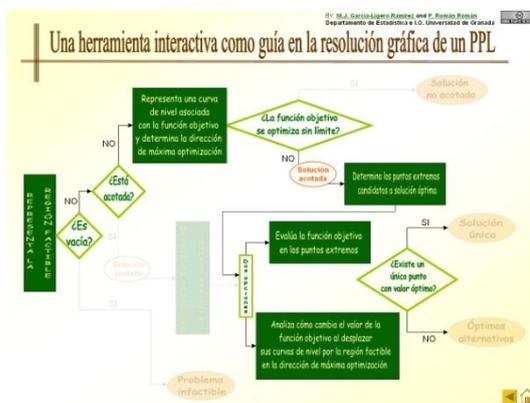


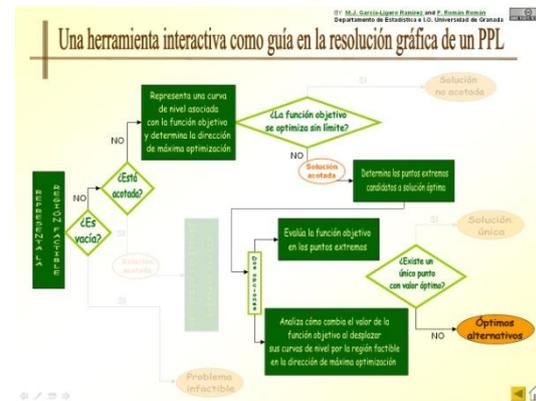
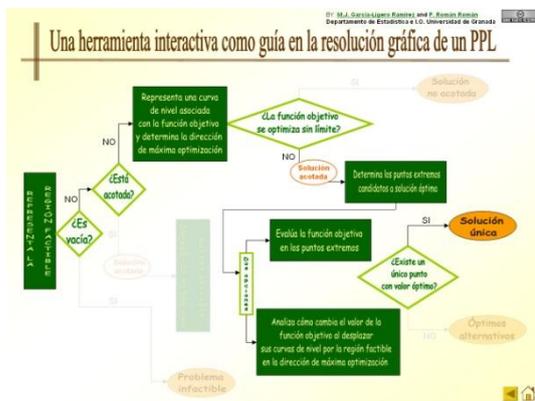
Figura 6: Pasos en la resolución de un problema con solución no acotada



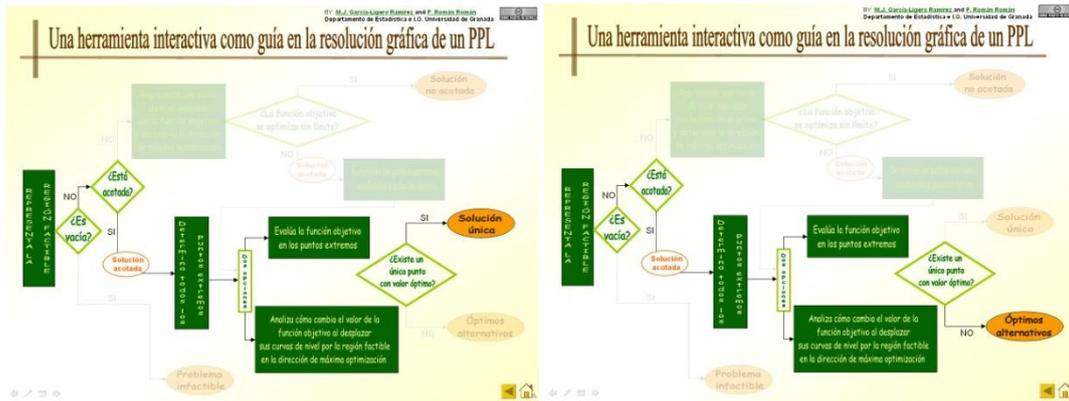
Figuras 7 y 8: Planteamiento de la tarea a seguir, para un problema con solución acotada, desde las dos posibles opciones de tipo de región factible (acotada o no)

2.2.- Herramienta interactiva como guía práctica en la resolución de un problema de programación lineal.

La utilización del diagrama de árbol desde el punto de vista práctico es el objetivo de esta subsección. Basándonos en la guía teórica, hemos desarrollado materiales para la resolución animada de problemas concretos que cubren todas las situaciones que se pueden presentar en la obtención de solución de un PPL: problema infactible, solución no acotada, solución óptima única y óptimos alternativos.



Figuras 9 y 10: Pasos en la resolución de problemas con región factible no acotada y con solución única y óptimos alternativos



Figuras 11 y 12: Pasos en la resolución de problemas con región factible acotada y con solución única y óptimos alternativos

La Figura 13 muestra la página de acceso a los distintos problemas que se les pueden presentar.

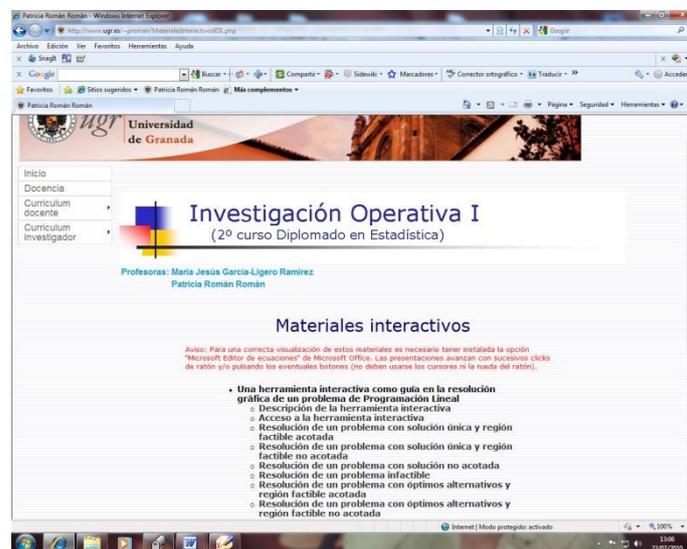


Figura 13: Acceso a los problemas resueltos mediante la herramienta interactiva

A continuación mostramos el uso de la herramienta para un ejemplo concreto. Cuando el alumno elige el tipo de problema que quiere resolver obtiene una primera pantalla donde aparece la primera tarea a realizar (ver Figura 14).

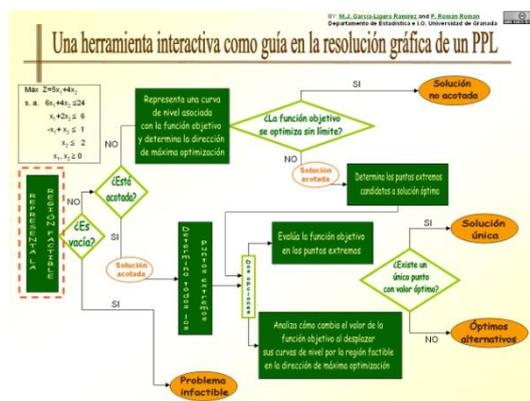
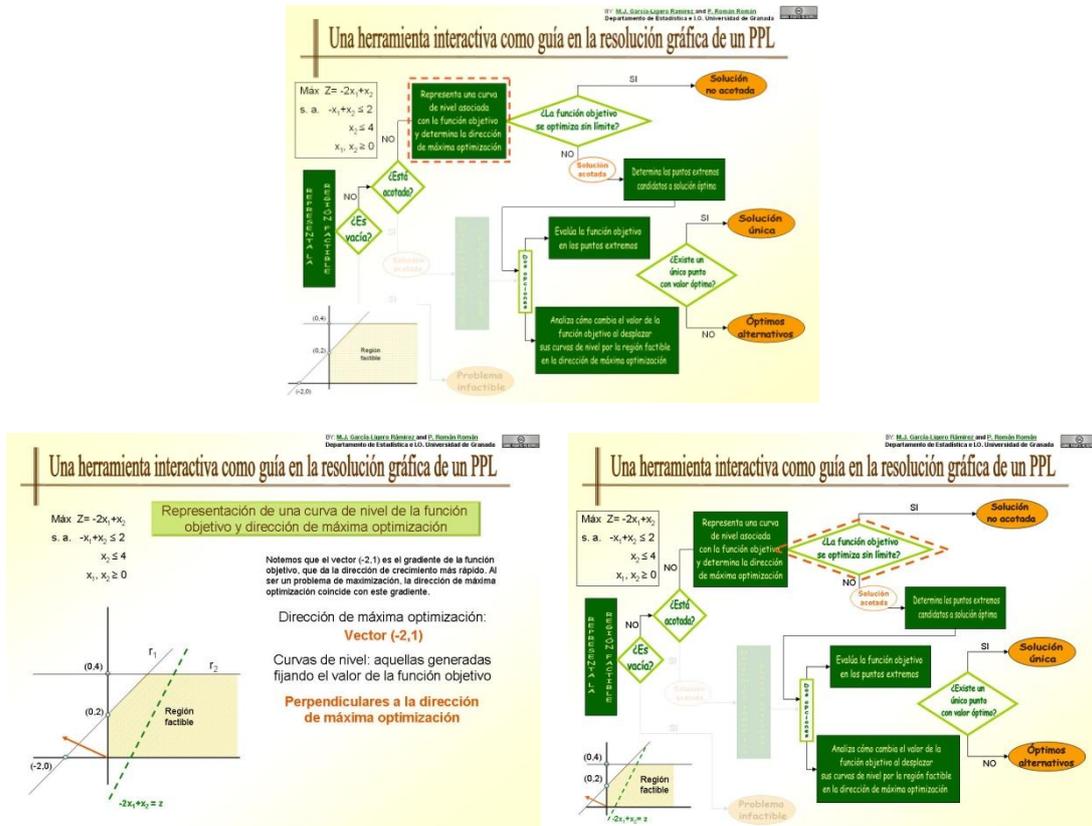


Figura 14: Planteamiento de un ejemplo concreto con la primera tarea a realizar

A lo largo de la resolución, seleccionando los correspondientes vínculos obtiene un desarrollo detallado de la tarea propuesta sobre el ejemplo que está realizando. En las Figuras 15, 16 y 17 puede verse el planteamiento y la resolución de una tarea junto con la posterior pregunta a la que debe responder a partir

de la información obtenida. En concreto, se muestra la tarea de representar una curva de nivel de la función objetivo y dirección de máxima optimización seguida de la pregunta de si la función objetivo se optimiza sin límite para el caso de un problema con región factible no acotada. Notemos que cada vez que se realiza una tarea en la siguiente pantalla al plantearla una pregunta en el diagrama de árbol aparecerá, en la esquina inferior izquierda, un resumen gráfico correspondiente a la tarea realizada que le ayudará a la toma de decisiones.



Figuras 15, 16 y 17: Uso de la herramienta interactiva con un ejemplo concreto

3. CONCLUSIONES

El material que presentamos en este trabajo ha sido utilizado por alumnos que cursan asignaturas básicas de Investigación Operativa en las titulaciones de Diplomado en Estadística y en la de Ingeniero Químico de la Universidad de Granada durante el curso académico 2009/10. Esta experiencia ha sido positiva y ha tenido una gran acogida por parte de tales alumnos.

La aplicación de los materiales desarrollados ha contribuido en gran medida al aprendizaje y comprensión de los conceptos básicos utilizados en la resolución gráfica de un problema de Programación Lineal (región factible, punto extremo, solución, etc.) de forma más amena al método tradicional. Por otra parte, su utilización por parte de los alumnos ha supuesto una mejora en la automatización y la adquisición de destrezas en la resolución de un problema de Programación Lineal mediante el método gráfico. El desarrollo de los ejemplos con la herramienta interactiva lleva al alumno a asimilar y entender de forma amena y visualmente muy atractiva los distintos tipos de problemas lineales que se pueden encontrar y abstraer estas situaciones a problemas de dimensión mayor que serán con los que trabajarán en la realidad.

Los alumnos han valorado positivamente la utilidad de los materiales diseñados para el estudio de esta asignatura.

La buena acogida por los alumnos, así como por compañeros profesionales de la enseñanza, nos anima a continuar con el desarrollo de nuevos materiales que sirvan de apoyo para el estudio de la Investigación Operativa.

REFERENCIAS

- [1] COBO, A. (2006): Experiencias educativas en la red Internet: Elaboración de tutoriales interactivos multimedia. *V Jornadas ASEPUMA, 2006*. (<http://www.uv.es/asepuma/V/12.pdf>).
- [2] COBO ORTEGA, A. y GÓMEZ GARCÍA, P. (2004): Uso de un entorno virtual de enseñanza para el desarrollo de un modelo de aprendizaje colaborativo con procesos innovadores de evaluación. *XII Jornadas de ASEPUMA, 2004*. (http://www.um.es/asepuma04/comunica/cobo_gomez.pdf)
- [3] GARCÍA-LIGERO, M.J., ROMÁN, P. (2010): Materiales interactivos para la resolución de un problema de Programación Lineal usando el método Simplex. *Investigación Operacional*, 31, 171-179.
- [4] THE SIMPLEX PLACE (consulta de 20 de julio de 2010): Universidad de Melbourne <http://www.ifors.ms.unimelb.edu.au/tutorial/simplex/index.html>