

Configuración de la materia troncal de Métodos Cuantitativos de Organización Industrial en las universidades españolas

MULA BRU, JOSEFA

Departamento de Organización de Empresas
Universidad Politécnica de Valencia
Correo electrónico: fmula@cigip.upv.es

POLER ESCOTO, RAÚL

Departamento de Organización de Empresas
Universidad Politécnica de Valencia
Correo electrónico: rpoler@cigip.upv.es

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es analizar la materia troncal de Métodos Cuantitativos de Organización Industrial (MCOI) como disciplina de estudio en la titulación de Ingeniería de Organización Industrial (IOI) en las universidades españolas. El núcleo central de este trabajo se basa en realizar el recorrido histórico de los contenidos de los MCOI y analizar su docencia en las universidades españolas. Con ello, se pretende estructurar el conocimiento de esta materia para que pueda servir de referencia a docentes, investigadores y usuarios de la misma para el desarrollo de sus actividades.

Este trabajo también podría considerarse como un punto de partida, cuando llegue el momento oportuno, en la articulación de los nuevos títulos de grado que habrán de venir, dentro del futuro marco del sistema de crédito europeo (ECTS).

Palabras clave: materia troncal; Métodos Cuantitativos de Organización Industrial; universidades españolas.

Clasificación JEL: C00; L00.

2000MSC: 90-00; 90-01.

Configuration of the Core Subject of Quantitative Methods for Industrial Organization in the Spanish Universities

ABSTRACT

The main objective of this work is to analyze the Quantitative Methods for Industrial Organization (QMIO) core subject as a study discipline in the Industrial Organization Engineering degree in the Spanish universities. The essence of this work is based on to study the advances of the QMIO contents and to analyze its teaching in the Spanish universities. Thus, we intend to structure the knowledge of this core subject so it can serve as reference for lecturers, researchers and users for the development of their activities.

This work could also be considered as a starting point, when the opportune moment arrives, in the articulation of the new degrees inside the future framework of the European Credit Transfer System (ECTS).

Keywords: core subject; Quantitative Methods for Industrial Organization; Spanish Universities.

JEL classification: C00; L00.

2000MSC: 90-00; 90-01.



1. Introducción

En un momento como el que vive actualmente la Universidad Española, en el que se avecinan cambios importantes en la definición de sus títulos, el hecho de analizar en el presente una materia en concreto tiene un gran interés porque las conclusiones que se puedan ofrecer podrían considerarse para su presencia y organización en el futuro inmediato. Se destaca el papel importante del marco ECTS (*European Credit Transfer System*) para facilitar la movilidad del estudiante y el desarrollo de los planes de estudios a nivel internacional. El ECTS se está convirtiendo en la base generalizada de los sistemas nacionales de créditos. La meta es que el ECTS no se convierta únicamente en un sistema de transferencia sino también en un sistema de acumulación, que pueda aplicarse de forma consistente dentro del EEES (Espacio Europeo de Educación Superior).

El objetivo de este artículo es analizar la configuración actual de la materia troncal de MCOI en la titulación de Ingeniería de Organización Industrial (IOI) estudiando ampliamente la organización y contenido de esta materia en todos los centros universitarios españoles donde se imparte la titulación de IOI. Los programas docentes de la materia de MCOI impartidos en las universidades españolas se comparan teniendo en cuenta 8 aspectos: generalidades, conocimientos previos requeridos, objetivos, programa resumido, métodos docentes, bibliografía, normas de evaluación y software de prácticas utilizado. Previo a ello, se revisan los contenidos de la materia troncal de MCOI, describiendo su evolución histórica y presentando un resumen de las técnicas relacionadas con los mismos. También, se esboza el desarrollo actual de esta disciplina.

La contribución principal de este artículo es un estudio actualizado de la situación de la materia troncal de MCOI en el contexto universitario español. Este estudio podrá servir de referencia para la propuesta o mejora de programa docentes de esta materia o de materias relacionadas en el contexto actual y en el futuro inmediato. También, como punto de partida para nuevos investigadores o usuarios de la materia.

Cabe resaltar la relación existente entre los Métodos Cuantitativos que se imparten en la titulación de Ingeniería de Organización Industrial y aquellos que se imparten en la Licenciatura de Administración y Dirección de Empresas o la Licenciatura de Economía.

El artículo se ha organizado como sigue. Primeramente, en la Sección 2 se resumen los antecedentes históricos de los MCOI, las técnicas principales en las que se basan los MCOI y el desarrollo actual de la materia. En la Sección 3 se analizan los programas docentes de la materia de MCOI en las universidades españolas. Finalmente, en la Sección 4 se exponen las conclusiones.

2. Los Métodos Cuantitativos de Organización Industrial

La metodología de los problemas planteados por los descubrimientos científico-técnicos para llegar a resultados cuantitativos que sirvan de base a decisiones económicas, técnicas, sociales, militares, y de otros campos, constituyen los denominados Métodos Cuantitativos. Se le han dado diversos nombres a todo el conjunto de conocimientos que involucran procedimientos cuantitativos para la toma de decisiones. Los más comunes son ciencias de la administración, Investigación Operativa (IO) o Investigación de Operaciones y Ciencias de las Decisiones. Todos tratan de procedimientos racionales para la toma de decisiones con base en métodos científicos (Anderson et al. 1999).

La vinculación histórica de los Métodos Cuantitativos o IO con el área de conocimiento de Organización de Empresas es abordada por Veciana (1987) y Rialp (2003): el estudio de los Métodos Cuantitativos en general, y de sus aplicaciones en la Organización de Empresas, en particular, ha realizado numerosas aportaciones tanto al conocimiento de modelos básicos (programación lineal, teoría de juegos, etc.) como al desarrollo de herramientas y métodos específicos tales como modelos de transporte, de colas, de inventarios, etc.

2.1. Antecedentes históricos

La revolución de la administración científica que inició Frederic W. Taylor, a principios del siglo XX, puso las bases para el uso de los Métodos Cuantitativos en la administración, pero se considera que el uso actual de los Métodos Cuantitativos se originó durante la Segunda Guerra Mundial (Anderson et al. 1999). La IO puede definirse como un enfoque científico en la toma de decisiones que busca el mejor diseño y operar un sistema, por lo regular en condiciones que requieren la asignación de recursos escasos (Winston, 2005). El término de IO se acuñó durante la Segunda Guerra Mundial (Taha, 2005), en la década de los 40, aunque tardó en desarrollarse en el campo de la organización industrial. Uno de los primeros trabajos en el contexto militar estuvo

dirigido al estudio del ataque aéreo a los submarinos. En este trabajo ya estaban incluidos los aspectos que caracterizan a los estudios de Métodos Cuantitativos: toma directa de datos; empleo de modelos matemáticos para el análisis de la situación; obtención de las políticas óptimas que corresponden al modelo; y modificación de dichas políticas de acuerdo con factores reales no considerados en el modelo. Al finalizar la guerra, la mayoría de los grupos de IO se consolidaron, aumentando su número y tamaño. En Estados Unidos con un carácter marcadamente militar mientras que en Gran Bretaña los grupos pasaron a la sociedad civil. La investigación ininterrumpida produjo numerosos desarrollos metodológicos, el de mayor importancia fue el descubrimiento, por George B. Dantzig en 1947, del método simplex para la resolución de problemas de programación lineal. Simultáneamente, el desarrollo de los ordenadores y su implantación en la industria, posibilitaron el tratamiento y estudio de problemas de gran complejidad, por lo cual a mediados de la década de los cincuenta (Churchman et al. 1957), la IO se encontraba ya afianzada en el mundo industrial, primeramente casi centrada exclusivamente en los problemas del área de producción y, posteriormente, los enfoques y las técnicas de la IO se han ido extendiendo al tratamiento de los problemas de otras áreas de la empresa como finanzas, marketing, etc.

2.2. *Técnicas de los Métodos Cuantitativos*

Los objetivos de los MCOI están claramente ceñidos al estudio de problemas de toma de decisiones. Dadas las complejas características de los sistemas objeto de su aplicación, la mayor dificultad que se presenta al estudiar algún aspecto de su funcionamiento aparece en la definición de los límites del sistema que se ha de incluir en el estudio. A continuación, se presenta una relación, elaborada por los autores del presente trabajo, de las técnicas principales en las que se basan los MCOI. Aunque la mayoría de dichas técnicas son aceptadas habitualmente por la literatura de los Métodos Cuantitativos, otras tales como la programación estocástica, las heurísticas y meta-heurísticas, la inteligencia artificial y el *soft computing*, no han sido tradicionalmente incluidas. La Tabla 1 resume las técnicas principales propuestas indicando algunos de los trabajos seminales o “clave” desarrollados en cada una de ellas o que han marcado su desarrollo hasta la actualidad. En este último aspecto cabe resaltar la dificultad existente para poder hacer una selección dado el gran número de trabajos existentes.

Tabla 1. Técnicas principales de los MCOI.

Técnica	Trabajos más destacados desarrollados
Programación lineal	Hitchcock (1941); Dantzig (1953, 1963).
Programación entera	Gomory (1958, 1960a, b, c, 1963); Little et al. (1963).
Programación no lineal	Kuhn y Tucker (1951); John (1948).
Teoría de grafos	Ford y Fulkerson (1955, 1957, 1962); Chartrand y Oellerman (1993).
Programación dinámica y cadenas de Markov	Bellman (1957); Bellman y Dreyfus (1962); Howard (1960); Derman (1970).
Programación estocástica	Dantzig y Glynn (1990); (Mulvey et al. 1995); Hagle y Sen (1996).
Teoría de inventarios	Orlicky (1975); Silver y Peterson (1985).
Teoría de colas	Kleinrock(1975); Karmarkar (1987).
Simulación	Box y Muller (1958); Law y Kelton (1991).
Teoría de decisión y juegos	von Neumann y Morgenstern (1944); Raiffa y Schlaifer (1961); Nash (1950, 1951, 1953); Shapley (1953).
Programación multi-objetivo	Van Wassenhove y Gelders (1980); Steuer (1986).
Heurísticas y meta-heurísticas	Glover (1977); Garey y Johnson (1979); Holland (1975, 1992); Eglese (1990).
Inteligencia artificial	Bellman y Zadeh (1970); Fox et al. (2000).
<i>Soft computing</i>	Herrera y Verdegay (1996); Gen y Cheng (1997).

Fuente: Elaboración propia.

Los lenguajes y sistemas de modelado son un desarrollo relativamente reciente, ya que surgen en la década de los ochenta, en el ámbito de los Métodos Cuantitativos. Los factores que influyeron en su aparición fueron el desarrollo de poderosos algoritmos de optimización, por un lado, y la disminución del coste del poder computacional, por el otro. La Tabla 2 muestra algunos de los trabajos principales relacionados con el desarrollo de los lenguajes y sistemas de modelado.

Tabla 2. Lenguajes y sistemas de modelado.

Descripción del lenguaje o sistema de modelado	Trabajos más destacados desarrollados
XML: Programación matemática	Fourer (1983).
Programación estocástica	Gassmann e Ireland (1995 ^a , b).
GAMS: Programación matemática	Bishop y Meeraus (1982).
IFPS: Programación matemática	Roy et al. (1986).
AMPL: Programación matemática	Fourer et al. (1990, 1993).
MPL: Programación matemática	Maximal Software Inc. (2004).
SML: Programación matemática	Geoffrion (1987, 1989).
Simulación discreta	Overstreet y Nance (1985).
Cadenas de Markov	Stewart (1991).
Interfaces gráficas	Jones (1990, 1991).
INSIGHT: Análisis de los resultados	Sharda y Steiger (1995).

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Desarrollo actual

En los últimos 50 años, los Métodos Cuantitativos se han convertido en una ciencia madura, con aplicaciones exitosas en una variedad de campos, tales como gestión de la producción, logística, telecomunicaciones, informática, estudios militares y muchos dominios en el sector servicios. A pesar de estos éxitos, el impacto inicial de los

modelos cuantitativos en los desarrollos indicados arriba fue limitado. Por ejemplo, en el contexto de la planificación de la producción, Orlicky (1975) afirmó que no existía la necesidad de más modelos cuantitativos, en su lugar, los sistemas de información eran la clave para mejorar los procedimientos de planificación y control de la producción. Paralelamente, los estudios de Métodos Cuantitativos se concentraban en desarrollar soluciones exactas para problemas relativamente simples y opuestos a otros problemas más realistas (Zijm, 2000). Obviamente, no hay nada erróneo en trabajar con problemas simples bien estructurados, pero no ayuda inmediatamente a ganar la credibilidad de los responsables de las empresas que necesitan sistemas para dominar los problemas de planificación de su fábrica. En contraste con los modelos y métodos cuantitativos, conceptos como *Manufacturing Resource Planning* (MRPII) y *Just-in-Time* (JIT), fueron inmediatamente aplicados en las empresas casi después de su introducción. Una razón es su aparente simplicidad. Una segunda razón es, por supuesto, debido al poder computacional de los ordenadores, que permiten llegar a abordar problemas de planificación industrial en una escala que nunca antes se había logrado. Por otro lado, muchos directores no esperaban la ayuda de un sistema avanzado de planificación, o incluso peor, no imaginaban que un sistema automatizado sería capaz de ayudar a la toma de decisiones de forma inteligente. Y exactamente esta es la razón de ser de los Métodos Cuantitativos. Sin embargo, los tiempos han cambiado. En las últimas 2 décadas, el alcance de los investigadores en Métodos Cuantitativos se ha ampliado considerablemente hacia problemas más reales. Se han desarrollado nuevas técnicas para analizar problemas de gran tamaño como, por ejemplo, los algoritmos heurísticos y meta-heurísticos, la búsqueda tabú (*tabu search*), recocido simulado (*simulated annealing*) y algoritmos de aproximación de redes estocásticas (*approximate stochastic network algorithms*), y se han multiplicado las técnicas de agregación y descomposición. Además, las empresas empiezan a reconocer los inconvenientes de la mayor parte de los sistemas actuales de planificación centrados en procedimientos rutinarios y administrativos, y demandan verdaderos sistemas de soporte a la toma de decisiones. En este contexto y bajo el nombre de *Sistemas Avanzados de Planificación* los desarrolladores de *software* están integrando modelos y técnicas de los Métodos Cuantitativos en los procedimientos de planificación y control.

3. Los Métodos Cuantitativos de Organización Industrial en la Ingeniería de Organización Industrial

La titulación de IOI se estableció en el Real Decreto 1401/1992, de 20 de noviembre (Boletín Oficial del Estado número 306, de 22 de diciembre de 1992). El objetivo central de este título es formar profesionales capaces de desempeñar labores de análisis, evaluación, diseño y gestión en el área de conocimiento de Organización de Empresas y dentro de sus 4 enfoques principales: la Dirección de Operaciones, el Análisis Económico, la Gestión Organizativa y la Dirección Estratégica. Además, los titulados reciben una formación tecnológica en las áreas de automática, construcción, electricidad, electrónica, mecánica, química, tecnologías del medioambiente y tecnologías de los procesos de fabricación. Las directrices generales de esta titulación indican que se trata de enseñanzas de solo segundo ciclo, con una duración de 2 años y una carga lectiva mínima de 120 créditos. La materia de MCOI es una de las materias troncales que obligatoriamente deben cursar los estudiantes de IOI.

La descripción que corresponde a la materia troncal de MCOI en las directrices generales de la titulación de IOI es escueta: “Modelización y simulación de problemas de organización industrial. Técnicas de resolución: investigación operativa y sistemas expertos”. La carga lectiva consta de seis créditos teóricos y seis créditos prácticos.

3.1. Análisis de los programas existentes de MCOI en las universidades españolas

En la actualidad, en España hay 27 centros universitarios que imparten el título de IOI, 7 centros privados y 20 centros públicos, de 21 universidades españolas, 7 universidades privadas y 14 universidades públicas. Casi la totalidad de las universidades que imparten esta titulación, ofrecen acceso público a los programas de sus asignaturas en Internet, lo que permite consultar, comparar y analizar los contenidos que se imparten. Tras consultar los programas de las asignaturas que organizan/diversifican la materia troncal de MCOI en los centros universitarios españoles en los que se imparte la titulación de IOI se han extraído varias conclusiones que se han clasificado en: generalidades, conocimientos previos requeridos, objetivos, programa, metodología, bibliografía, evaluación y software de prácticas.

3.1.1. Generalidades

No todas las universidades indican el BOE en el que se aprobó el plan de estudios de sus titulaciones. De entre las que está fácilmente disponible, se observa que los planes de estudios son relativamente recientes, siendo el más antiguo del año 1992 (fecha en la que se estableció como tal la titulación de IOI en España) y el más reciente del 2002.

La mayor parte de los planes de estudio de los centros universitarios, concretamente 18, diversifican la materia troncal de MCOI en 2 asignaturas cuatrimestrales, 6 centros la organizan como una única asignatura anual, y el resto la diversifican en 3 asignaturas cuatrimestrales. Por tanto, existe un total de 51 asignaturas que organizan/diversifican la materia troncal de MCOI en los 27 centros universitarios españoles. 41 de las asignaturas se cursan en el 1^{er} curso de la titulación de 2º ciclo y únicamente 10 de ellas en el 2º curso.

Como ha sido habitual en los planes de estudio más recientes, la carga de créditos prácticos frente a los créditos teóricos ha cobrado importancia. De las 51 asignaturas analizadas, solo 2 asignaturas, cuentan con un 25% de créditos prácticos, 9 asignaturas presentan un 33% de créditos prácticos, 6 asignaturas presentan un 40% de créditos prácticos y 16 asignaturas presentan un 50% de créditos prácticos. Otras 2 asignaturas de un mismo centro universitario cuentan con un mayor número de créditos prácticos, 54 y 73% cada una. Del resto de asignaturas no se dispone información. Con respecto a la adopción del marco del ECTS en la organización de las asignaturas, únicamente 13 lo incorporan en su definición.

De las 51 asignaturas comparadas, 34 de ellas están enmarcadas en el área de conocimiento de Organización de Empresas, 4 en el área de conocimiento de Investigación Operativa y del resto no se dispone de la información.

En el contexto académico universitario, tradicionalmente, las materias relacionadas con los Métodos Cuantitativos se han enmarcado, principalmente, en el área de conocimiento de Organización de Empresas (650). También, estas materias han sido asignadas a áreas de conocimiento tan diversas como Comercialización e Investigación de Mercados (095), Economía Aplicada (225), Economía Financiera y Contabilidad (230), Estadística e Investigación Operativa (265) y Explotación de Minas (295). No obstante, cabe resaltar que, en mayo de 2005 mediante el Real Decreto 584/2005, se

crea el área de conocimiento de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa, como una segregación del área de conocimiento de Economía Aplicada.

3.1.2. Conocimientos previos recomendados

Únicamente 16 asignaturas indican en sus programas los conocimientos previos recomendados para cursar las asignaturas: 6 asignaturas requieren conocimientos básicos matemáticos; 5, conocimientos de estadística; 4, conocimientos de empresa; 3, conocimientos de álgebra y cálculo; 2, saber resolver sistemas lineales; 2, especifican que no se requieren conocimientos previos; y, finalmente, 1 indica conocimientos de establecimiento de costes.

3.1.3. Objetivos de la asignatura

Los objetivos de las asignaturas son bastante variados en la mayoría de los programas. De los 51 programas analizados, 28 expresan los objetivos de la asignatura desde el punto de vista docente o del proceso de enseñanza, mientras que 18 los expresan en términos de resultados del aprendizaje del alumno. El resto de programas no explicita los objetivos de la asignatura. Únicamente una universidad incluye en su programa las competencias que adquirirá el alumno tras cursar la asignatura. Por otro lado, solo 2 asignaturas de un mismo centro universitario incluyen en sus programas la definición de capacidades y destrezas que adquirirá el alumno.

3.1.4. Temarios

Para analizar el contenido de los temarios de las asignaturas que organizan/diversifican la materia troncal impartida en 26 centros universitarios, ya que una universidad no tenía ninguna información pública de sus 2 asignaturas de MCOI, se han analizado 47 programas (2 de los 3 programas de asignaturas de otra universidad tampoco estaban disponibles al público). Para ello, se han tipificado todos los temas de los programas en 25 temas posibles (Tabla 3), basado principalmente en la descripción complementaria de los programas detallados y en las técnicas citadas en el apartado 2.2 de este artículo, y se ha determinado el número de centros que han incluido esos 25 temas en sus asignaturas. En el caso de que un programa subdividiese uno de los temas posibles en varios solo computaba por una vez.

Todos los centros incluyen la programación lineal en alguna de las asignaturas que imparten la materia troncal analizada. Cabe destacar que en el caso de una universidad, las 2 asignaturas que diversifican la materia consideran en sus programas la programación lineal. Todos los programas contienen lo que se podría denominar un *cuerpo mínimo común de contenidos*, al que dedican una extensión variable, en este cuerpo se encontrarían siempre alguno de los 12 primeros temas de la tabla. Algunas universidades, ponen un mayor énfasis en determinadas partes de la asignatura, probablemente debido a la especialización particular que tengan los profesores encargados de su docencia. La ordenación temporal de los bloques temáticos también resulta diversa, aunque se aprecia en general un orden lógico según la complejidad creciente de los contenidos. Cabe resaltar que el tema de sistemas expertos, a pesar de formar parte del descriptor del plan de estudios, solo se incluye en 2 centros universitarios.

Tabla 3. Frecuencia de veces que los temas son incluidos en los programas de las asignaturas que organizan/diversifican la materia troncal.

Descripción	Número de centros que lo incluyen de 26	% Inclusión
Programación lineal	26	100%
Programación entera	21	81%
Teoría de colas	21	81%
Simulación	20	77%
Teoría de grafos	20	77%
Teoría de decisión	19	73%
Teoría de juegos	17	65%
Teoría de inventarios	12	46%
Programación dinámica	11	42%
Cadenas de Markov	9	35%
Programación multi-objetivo	9	35%
Programación no lineal	8	31%
Planificación y control de proyectos	7	27%
Técnicas multi-criterio	6	23%
Programación paramétrica	5	19%
Previsión	4	15%
Programación lineal con incertidumbre	4	15%
Inteligencia artificial	2	8%
Sistemas de ayuda a la toma de decisiones	2	8%
Sistemas expertos	2	8%
Secuenciación	2	8%
Algoritmos genéticos	1	4%
Heurísticas	1	4%
Sistemas MRP	1	4%
Optimización combinatoria	1	4%

Fuente: Elaboración propia.

3.1.5. Métodos docentes

La lección magistral participativa, las prácticas de laboratorio y la resolución de problemas son los métodos docentes más utilizados según se indica en los programas analizados. El estudio de casos seguiría a los métodos anteriores. De forma aislada, también se aplican los siguientes métodos docentes: prácticas de campo, debate, programa de lecturas, aprendizaje autónomo y aprendizaje basado en proyectos. Este último es utilizado por una única universidad.

3.1.6. Bibliografía

Respecto a la bibliografía utilizada, ésta es bastante diversa. El conjunto de los programas utiliza un total de 136 referencias bibliográficas, principalmente libros. De entre ellos 82 solo se utilizan por un programa determinado. Por otro lado, el libro más utilizado se emplea en 29 de los 47 programas analizados. En la Tabla 4 se muestra solo una parte del total de referencias ordenadas de mayor a menor uso.

Tabla 4. Bibliografía de los programas.

Bibliografía	Frecuencia (veces usada en programas)
Hillier, F.S., Lieberman (2005) Investigación de operaciones. 8ª Edición. Ed. McGraw-Hill	29
Taha, H.A. (2005) Investigación de operaciones. 7ª Edición. Prentice-Hall, México.	23
Winston, W.L. (2005) Investigación de operaciones, aplicaciones y algoritmos. 4ª Edición. Ed. Thomson.	19
Bazaraa, M.S., Jarvis, J.J. (1996) Programación lineal y flujo en redes. Ed. Limusa.	12
Mathur, K., Solow, D. (1996) Investigación de operaciones: el arte de la toma de decisiones, Prentice-Hall, México.	10
Prawda, J. (1988) Métodos y modelos de investigación de operaciones. Vol. I, II. Ed. Limusa.	10
Ríos-Insua, S. (1996) Investigación Operativa. Programación lineal y aplicaciones. Editorial Centro de Estudios Ramón Areces.	9
Bierman Jr., H., Bonini, C.P., Hausman, W.H. (1994) Análisis cuantitativo para la toma de decisiones. Addison-Wesley Iberoamericana, Estados Unidos.	8
Anderson, D.R., Sweeny, D.J., Williams, T.A. (1999) Métodos Cuantitativos para los negocios. 7ª Edición. Thomson Editores.	7
Wagner, H.M. (1975) Principles of operations research: with applications to managerial decisions. Prentice-Hall International, London.	6
Zubilaga-Zubimendi, F.J. (----) Investigación Operativa I y II. Lecciones impartidas. Ed. Centro de Publicaciones de la E.S.I. Bilbao.	6
Ríos-Insua, S., Mateos, Martín (1997) Investigación Operativa. Programación lineal y aplicaciones. Ejercicios resueltos. Ed. Ra-Ma Textos Universitarios.	6
Eppen, G.D., Gould, F.J., Schmidt, C.P., Moore, J.H., Weatherford, L.R. (2000) Investigación de operaciones en la ciencia administrativa. 5ª Edición. Pearson Prentice Hall.	4
Sarabia-Viejo, A. (1996) La investigación Operativa. Una herramienta para la adopción de decisiones. Universidad Pontificia de Comillas, Madrid.	4
Desbazeille, G. (1969) Ejercicios y problemas de Investigación Operativa. Ed. ICE, Madrid	4

Fuente: Elaboración propia.

3.1.7. Normas de evaluación

Concerniendo a las normas de evaluación, el examen final combinado con otros sistemas de evaluación continua, tales como exámenes parciales y trabajos prácticos en grupo es de forma mayoritaria el sistema de evaluación más usado.

3.1.8. Software de prácticas

La mayoría de los programas analizados no ofrecen información sobre los programas relacionada con los lenguajes y sistemas de modelado utilizados como software en las prácticas de laboratorio. Los mencionados en más de un programa son: Arena, Beer game, Excel (Solver, Treeplan), GAMS, LINGO, Matlab, Mini Tab, MPL-CPLEX, Ms Project, Storm, TaylorED, Techoptimiezer, TORA, WinQSB y Witness. De entre ellos, WINQSB, Witness y Arena son los más usados. Mientras que otros aparecen en un único programa, probablemente por tratarse de software desarrollado en el departamento implicado: ADGIP, CadMGIP y Grafos.

4. Conclusiones

En este artículo, se ha desarrollado un estudio de la docencia de la materia troncal de Métodos Cuantitativos de Organización Industrial (MCOI) en todos los centros universitarios españoles donde se imparte la titulación de Ingeniería de Organización Industrial (IOI).

En primer lugar, se han abordado los antecedentes históricos de la materia, resaltando sus fuertes vínculos con la disciplina de IO, cuyos orígenes se remontan al período comprendido durante la Segunda Guerra Mundial. Para ello, se ha propuesto una clasificación actualizada de las técnicas que utilizan los Métodos Cuantitativos. Además, se ha abordado el desarrollo actual de la disciplina. En el aspecto profesional cabe destacar su reciente integración en los sistemas de software comerciales debido sobre todo a la mayor capacidad computacional de los ordenadores.

En lo que respecta al contexto académico, una nueva área de conocimiento denominada Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa añade nuevas dudas sobre la relación de esta materia con un área de conocimiento determinada. El borrador actual

para los nuevos planes de estudio establece que las asignaturas no irán ligadas a áreas de conocimiento sino que serán las universidades las que decidan.

Como contribución principal del trabajo se han analizado los programas expuestos públicamente en Internet por los 27 centros universitarios españoles que imparten la titulación de IOI. Los programas se han comparado teniendo en cuenta ocho aspectos: generalidades, conocimientos previos requeridos, objetivos, programa resumido, métodos docentes, bibliografía, normas de evaluación y software de prácticas utilizado.

Como líneas futuras de trabajo se pretende llevar a cabo una comparativa entre los Métodos Cuantitativos que se imparten en la licenciatura de IOI y aquellos que se imparten en la Licenciatura de Administración y Dirección de Empresas o la Licenciatura de Economía. Sería igualmente interesante estudiar si los conocimientos, aptitudes y habilidades adquiridos al cursar las asignaturas relacionadas con los Métodos Cuantitativos en las mencionadas titulaciones son las mismas o existen diferencias. Asimismo, es interesante analizar cuáles son los más demandados en el mundo empresarial.

Referencias

- Anderson, D.R., Sweeney, D.J., Williams, T.A. (1999) *Métodos Cuantitativos para los Negocios*. 7ª edición. International Thomson Editores.
- Bellman, R.E. (1957) *Dynamic Programming*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Bellman, R.E., Dreyfus, S.E. (1962) *Applied Dynamic Programming*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Bellman, R.E., Zadeh, L.A. (1970) Decision making in a fuzzy environment. *Management Science* 17 (4) 141-164.
- Bischof, J., Meeraus, A. (1982) On the development of a general algebraic modeling system in a strategic planning environment. *Mathematical Programming Study* 20, 1-29.
- Box, G., Muller, A. (1958) A note on the generation of random normal deviates. *Annals of Mathematical Statistics* 29, 610-611.
- Chartrand, G., Oellerman, O. (1993) *Applied and Algorithmic Graph Theory*. McGraw-Hill.
- Churchman, C.W., Ackoff, R.L., Arnoff, E.L. (1957) *Introduction to Operations Research*. Wiley, New York.
- Dantzig, G.B. (1953) Computational algorithm of the revised Simplex method. RAND Memorandum 1266.

- Dantzig, G.B. (1963) *Linear Programming and Extensions*. New Jersey University Press.
- Dantzig, G.B., Glynn, P.W. (1990) Parallel processors for planning under uncertainty. *Annals Operations Research* 22, 1-21.
- Derman, C. (1970) *Finite State Markovian Decision Processes*. Academic Press, New York.
- Eglese, R.W. (1990) Simulated annealing. A tool for operational research. *European Journal of Operational Research* 46 (3) 271-281.
- Ford, L.R., Fulkerson, D.R. (1955) A simplex algorithm for finding maximal network flows and an application to the Hitchcock problem. RAND Report RM-1604, RAND Corporation, Santa Mónica, Dic. 20.
- Ford, L.R., Fulkerson, D.R. (1957) A primal-dual algorithm for the capacitated Hitchcock problem. *Naval Research Logistics Quarterly* 4, 47-54.
- Ford, L.R., Fulkerson, D.R. (1962) *Flows in Networks*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.
- Fourer, R. (1983) Modeling languages versus matrix generators for linear programming. *ACM Transactions on Mathematical Software* 9, 2, 143-183.
- Fourer, R., Gay, D.M., Kernighan, B.W. (1990) A mathematical programming language. *Management Science* 36 (5) 519-554.
- Fourer, R., Gay, D.M., Kernighan, B.W. (1993) *AMPL: A Modelling Language for Mathematical Programming*. Duxbury Press/Brooks/Cole Publishing Company.
- Fox, M.S., Barbuceanu, M., Teigen, R. (2000) Agent-oriented supply-chain management. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems* 12 (2-3) 165-188.
- Garey, M.R., Johnson, D.S. (1979) *Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness*. W.H. Freeman and Co., San Francisco, California.
- Gassmann, H., Ireland, A. (1995a) Scenario formulation in an Algebraic Modelling Language. *Annals of Operations Research* 59, 45-75.
- Gassmann, H., Ireland, A. (1995b) On the automatic formulation of stochastic linear programs. *Annals of Operations Research* 64, 83-112.
- Geoffrion, A. (1987) Introduction to structured modeling. *Management Science* 33 (5) 547-588.
- Geoffrion, A. (1989) The formal aspects of structured modeling. *Operations Research* 37 (1) 30-51.
- Gen, M., Cheng, R. (1997) *Genetic Algorithms and Engineering Design*. John Wiley & Sons, New York.
- Glover, F. (1977) Heuristic for integer programming using surrogate constraints. *Decision Sciences* 8 (1) 156-166.
- Gomory, R.E. (1958) Outline of an algorithm for integer solutions to linear programs. *Bull. Am. Math. Soc.* 64, 275-278

- Gomory, R.E. (1960a) All-Integer Programming Algorithm. Report RC-189, IBM Research Center, Mohansic, New York.
- Gomory, R.E. (1960b) Solving linear programming problems in integers. Bellman and M. Hall (Eds.), *Combinatorial analysis proceedings of the tenth symposium in applied mathematics of the American Mathematical Society*, 211-216.
- Gomory, R.E. (1960c) An algorithm for the mixed integer problem. Report RAND Corporation, RM-2597.
- Gomory, R.E. (1963) An algorithm for integer solutions to linear programs. R.L. Graves and P. Wolfe (Eds.) *Recent Advances in Mathematical Programming*, McGraw-Hill, pp. 269-302, New York.
- Herrera, F., Verdegay, J.L. (1996) *Studies in fuzziness and soft computing*. En: *Genetic Algorithms and Soft Computing*. Physica-Verlag.
- Higle, J.L., Sen, S. (1996) *Stochastic Decomposition: A Statistical Method for Large Scale Stochastic Linear Programming*. Kluwer, Boston.
- Hitchcock, F.L. (1941) The distribution of a product from several sources to numerous localities. *Journal of Mathematical Physics* 20, 224-230.
- Holland, J.H. (1975) *Adaptation in natural and artificial systems*. University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Holland, J.H. (1992) Genetic Algorithms. *Scientific American* 267(1) 66-72.
- Howard, R.A. (1960) *Dynamic Programming and Markov Processes*. MIT Press, Cambridge, Mass, USA.
- John, F. (1948) Extremum problems with inequalities as subsidiary conditions. *Studies and Essays: Courant Anniversary Volume*, Interscience Publishers, pp. 187-204, New York.
- Jones, C. (1990) An introduction to graph-based modeling systems, part I: Overview. *ORSA Journal on Computing* 2, 136-151.
- Jones, C. (1991) An introduction to graph-based modeling systems, part II: graph grammars and the implementation. *ORSA Journal on Computing* 3, 180-206.
- Kleinrock, L. (1975) *Queueing Systems*, New York [etc] John Wiley & Sons.
- Kuhn, H.W., Tucker, A.W. (1951) Nonlinear programming. En: Jerzy Neyman (Ed.), *Second Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, University of California Press, Berkeley, pp. 481-92.
- Law, A., Kelton, W. (1991) *Simulation Modelling and Analysis*. 2nd Edition. McGraw-Hill, New York.
- Little, J.D., Murty, C.K.G., Sweeney, D.W., Karel, C. (1963) An algorithm for the travelling salesman problem. *Operations Research* 11, 972-989.
- Maximal Software Incorporation (2004) MPL modelling system. Release 4.2e. USA.
- Mulvey, J., Vanderbei, R, Zenios, S. (1995) Robust optimization of large-Scale systems. *Operations Research* 42 (2) 264-281.
- Nash, J.F. (1950) The bargaining problem. *Econometrica* 18, 155-162.

- Nash, J.F. (1951) Non-cooperative games. *Annals of Mathematics* 54, 286-295.
- Nash, J.F. (1953) Two person cooperative games. *Econometrica* 21, 128-140.
- Orlicky, J. (1975) Material Requirements Planning, McGraw Hill, London.
- Overstreet, C.M., Nance, R. (1985) A specification language to assist in analysis of discrete event simulation models. *Communications of the ACM* 28 (2) 190-201.
- Raiffa, H., Schlaifer, R. (1961) Applied Statistical Decision Theory. MIT Press, Cambridge.
- Rialp, A. (2003) Fundamentos Teóricos de la Organización de Empresas. Un Enfoque Interdisciplinar. Ediciones Pirámide, Madrid.
- Roy, A., Lasdon, L., Lordeman, J. (1986) Extending planning languages to include optimization capabilities. *Management Science* 32 (3) 360-373.
- Shapley, L.S. (1953) A value for n-person games. En: Contributions to the theory of games, Volume II (Annals of Mathematics Studies 28) H.W. Kuhn y A.W. Tucker (eds.), Princeton: Princeton University Press, 307-317.
- Silver, E., Peterson, R. (1985) Decision Systems for Inventory Management and Production Control. 2nd Edition. Wiley, New York.
- Sharda, R., Steiger, D. (1995) Using artificial intelligence to enhance model analysis. En: The Impact of Emerging Technologies on Computer Science and Operations Research, Nash, S. y Sofer, A. (eds.), 1995, 263–279, Kluwer Academic Publishers.
- Steuer, R.E. (1986) Multiple Criteria Optimization: Theory, Computations and Application. Wiley, New York.
- Stewart, W. (1991) MARCA: Markov Chain Analyzer a software package for Markov modeling. En: Numerical Solution of Markov chain, (Stewart, W. ed.). Marcel Drekka, Inc.
- Taha, H.A. (2005) Investigación de Operaciones. 7^a Edición. Prentice-Hall.
- Van Wassenhove, L.N., Gelders L.F. (1980) Solving a bicriterion scheduling problem. *European Journal of Operational Research* 4 (1) 42-48.
- Veciana, J.M. (1987) Nota del curso de doctorado: Metodología de la investigación científica. Dep. Economía de la Empresa de la Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra (Barcelona).
- Von Neumann, J., Morgenstern, O. (1944) Theory of Games and Economic Behaviour. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Winston, W.L. (2005) Investigación de Operaciones. Aplicaciones y Algoritmos. Ed. Thomson.
- Zijm, W.H.M. (2000) Towards intelligent manufacturing planning and control systems. *OR Spektrum* 22, 313-345.