



PRIMER CONGRESO PROFESIONAL DE LOS INGENIEROS DE MONTES

Sesión 7ª: La enseñanza forestal, investigación y nuevas tecnologías en la profesión.

Comunicación: Papel de la investigación operativa en la enseñanza forestal

Autor: Ayuga Téllez, E. (*); Martínez Falero, J.E. (**)
y González García, C. (*)

(*) P.T.U. del Departamento de Economía y Gestión Forestal.

(**) C.U. del Departamento de Economía y Gestión Forestal.

RESUMEN

La Investigación Operativa es una metodología para resolver problemas de organizaciones complejas en orden a tomar decisiones que conduzcan a un fin lo más favorable posible para el conjunto de la organización. Su aplicación en el campo de la Ingeniería es muy extensa. Si consideramos el monte como una organización compleja, el objeto de los estudios de un Ingeniero de Montes es susceptible de estudio mediante esta metodología, por lo que esta materia resulta de gran utilidad para completar la formación de dichos ingenieros. Se muestran algunas aplicaciones y una revisión de trabajos de investigación en el campo forestal de la Investigación Operativa. Como conclusión se propone como asignatura optativa en el plan de estudios dando mayor énfasis a los temas de simulación y toma de decisiones.

Introducción

Debido al crecimiento en tamaño y complejidad de las organizaciones industriales (origen fundamental de la Investigación Operativa) se tiende a una división de tareas y

especialización excesiva, siendo en muchos casos origen de conflictos internos ya que los objetivos de algunas secciones de la organización entran en conflicto con las metas de otras secciones, de forma que pueden terminar trabajando con objetivos opuestos. El problema creado es que, conforme la complejidad y la especialización crecen, se vuelve más difícil asignar los recursos disponibles a las diferentes actividades de la manera más eficaz para la organización considerada como un todo. Este tipo de problemas y la necesidad de encontrar la mejor forma de resolverlos proporciona el ambiente adecuado para el surgimiento de la Investigación Operativa, normalmente designada como IO.

La aplicación de los métodos de Investigación Operativa (IO) a la tecnología forestal, aunque no haya alcanzado la extensión de otros campos de aplicación, es lo suficientemente amplia para que no podamos considerarla como un tema falto de entidad o carente de interés. Especialistas del tema se han ocupado de problemas relacionados con la planificación y ordenación de montes, la lucha contra los incendios forestales y otros muchos aspectos que intervienen en la producción y utilización de la madera y demás productos del monte. La necesidad de que el técnico sepa utilizar esta herramienta en su actuación sobre la naturaleza, considerada ésta como una organización compleja, es evidente.

Cuando tenemos suficiente información, relativa a diferentes aspectos de un problema, la utilización de esa información implica la adopción de la decisión correspondiente, capaz de transformar el contenido, que potencialmente está encerrado en toda información, en unas acciones determinantes de resultados. Es a esa decisión a lo que presta su atención la IO.

El conjunto de métodos conocidos bajo este nombre tiene en común su finalidad, orientada a conseguir que la decisión que se tome conduzca a alguna consecuencia lo más favorable posible a las intenciones del decisor, el método científico para el estudio del problema en cuestión y el amplio punto de vista bajo el que enfoca la decisión a tomar, intenta obtener la decisión más favorable para el conjunto de la organización.

2. El problema de la optimización y los modelos.

Una vez reconocida la existencia de un problema, el proceso comienza con la recopilación de observaciones o datos y el paso siguiente será, análogamente al método estadístico, la construcción de un modelo que refleje (simplificadamente) la realidad.

Este modelo debe considerar tanto las variables sobre las que se puede actuar, como otras variables no controlables por el analista, pero que afectan a la posible solución. Ambos factores, variables de decisión y parámetros, se reflejan en una o varias funciones de utilidad del sistema y que constituyen el modelo que intenta abstraer la esencia del problema real, sometida generalmente a las restricciones que impone la escasez de recursos.

La optimización de estas funciones debe conducir a la obtención de una solución, cuya fiabilidad dependerá de la adecuación del modelo a la realidad. Por tanto, es fundamental una prueba del modelo y una evaluación de la solución. Así mismo, la puesta en práctica del sistema, con la solución adoptada, permitirá obtener la experiencia necesaria para mejorar el proceso.

Por su importancia en el concepto general de la IO, parece razonable profundizar en el concepto de optimización y en los modelos matemáticos.

La formulación y solución de los modelos matemáticos de optimización forma parte integrante de la IO. Estos modelos relativos a cuestiones logísticas, de producción, de organización de sistemas, etc., se caracterizan en general por incluir un gran número de variables y, a menudo, son de una forma, cuya solución no puede obtenerse por el cálculo tradicional. El éxito de los mismos se debe en gran parte a las posibilidades que ofrecen los métodos de cálculo actuales, hasta el punto de que hoy no pueda pensarse en desarrollar ninguna aplicación concreta de la IO sin que se estudie paralelamente los modelos mediante programas de ordenadores.

La forma tradicional de entender la Investigación Operativa puede dar una visión deformada de ésta. La IO no es un arsenal de métodos matemáticos cuya finalidad es la optimización de los procesos de producción, de transporte, de difusión, etc. sino como el conjunto de métodos y técnicas racionales de análisis y síntesis de los fenómenos de

organización para conseguir adoptar las mejores decisiones en cada caso. Los fenómenos de organización se definen aquí, como aquellos en que intervienen, de modo activo y relacionados entre sí, hombres, máquinas y productos o recursos.

Se trata pues de problemas de decisión óptima y como tales podrían estudiarse encuadrados dentro de la teoría de la decisión, de la que pueden derivarse los distintos modelos de la IO cuando se fijan condiciones particulares del ambiente en un proceso general. Las diversas técnicas de la IO representan caminos para la resolución de problemas de organización, que tienen por lo general un acusado carácter combinatorio, lo que los hace corrientemente muy complejos. Esta complejidad se acentúa al máximo, cuando el modelo corresponda a un entorno aleatorio o exista competencia.

Los fenómenos de organización que existen en las empresas y en la gestión de los sistemas naturales difícilmente podrán encontrar su solución basándose únicamente en el sentido común de los especialistas ya que resulta imposible, por las limitaciones de la mente humana, abarcar el problema en todo su conjunto. Pero conviene recordar que la IO no es un artificio que elimine totalmente el valor del criterio de las personas, sino una herramienta para suministrarle aquella información que le permita ejercer su función decisora con la máxima eficacia.

3. La Investigación Operativa en el medio forestal.

Los ecosistemas forestales poseen todas las características de una organización que engloba diferentes sectores con actividades distintas y que se ven influidas por la actividad humana. En las zonas arboladas, el bosque va madurando formando estructuras compuestas de pequeñas unidades homogéneas de diferente estado de desarrollo y composición, en que las diferentes especies se establece un equilibrio dinámico en el que el hombre interviene cada vez con mayor frecuencia y más intensidad. Por tanto, podemos contemplar la posibilidad de tratar el bosque como un sistema cuya diversidad refleja el grado de complejidad alcanzado y que se estructura de forma jerárquica, con interrelaciones entre sus individuos e intervención humana. Por ello, parece apropiado considerar las técnicas de

gestión de organizaciones complejas para resolver cuestiones importantes como la creación, mantenimiento, y conservación de los ecosistemas forestales ricos y complejos optimizando sus funciones productivas, protectoras y recreativas. Los métodos apropiados para conseguir estos objetivos son las técnicas empleadas en la Investigación Operativa.

En el sector forestal ha sido tradicional el uso de la IO para resolver problemas de cortas maximizando la producción de madera, los problemas de transporte de los productos forestales a los aserraderos o fábricas de celulosas, etc. Es decir, se trataban los problemas desde el punto de vista productivo (el monte considerado como productor de madera) procurando a la vez un desarrollo que permita la continuidad de las explotaciones. Creemos necesario y especialmente urgente el restablecimiento del equilibrio en la forma de abordar los trabajos forestales, una gestión integrada necesita de un equipo multidisciplinar que, además, de considerar los factores económicos, tenga en cuenta la creciente demanda social de otros bienes de difícil evaluación (aire limpio, paisaje, naturalidad, etc.); y que al mismo tiempo sea capaz de reflejar distintos procesos (erosionabilidad, flujos de materia y energía, reversibilidad de las formaciones, etc.) que son indispensables para asegurar una productividad mantenida del ecosistema.

Recientemente se están realizando trabajos conjuntamente entre diferentes especialistas forestales que requieren de la Investigación Operativa para enfocar el problema de forma integrada como son la gestión y planificación de los viveros para repoblación forestal, la gestión de los recursos aplicables en la extinción de incendios forestales y evacuación de la población.

En el texto de Hillier y Lieberman (1997) se recogen en un cuadro algunas de las aplicaciones más reconocidas internacionalmente, de las que seleccionamos las de mayor interés para los Ingenieros de Montes:

Organización	Aplicación	Año	Ahorro
Weyerhaeuser Co.	Optimización de la corta de árboles para maximizar la producción de madera	1986	15 millones \$
Electrobras/CEPAL, Brasil	Asignación óptima de recursos hidráulicos y térmicos en el sistema nacional de generación de energía	1986	43 millones \$
Yellow Freight System, Inc.	Optimización del diseño de una red de transporte y la programación de rutas de envío	1992	17,3 millones \$

Una forma de contrastar la utilidad de los métodos de Investigación Operativa en las Ciencias Forestales es considerar la presencia de artículos de investigación publicados en las revistas *Forest Science* y *Forest Ecology and Management* durante siete años. El porcentaje de artículos en los que aparecen técnicas de IO aplicadas al medio forestal es de un 7'2%. El número de palabras clave o palabras en el título correspondientes a diferentes bloques temáticos de Investigación Operativa se recogen a continuación:

- * Programación lineal: 6
- * Programación no lineal: 5
- * Programación dinámica y programación entera: 12
- * Procesos markovianos: 2
- * Simulación: 18
- * Teoría de la decisión: 16

Se puede observar un mayor interés por los temas de toma de decisiones y simulación.

El aumento de puestos de trabajo del Ingeniero de Montes relacionados con labores directivas en las empresas hace que una materia como la Investigación Operativa resulte de gran utilidad para éste. No sólo le permite conseguir un aumento de la eficacia de la organización empresarial asociada a menores costes, sino que además le dota de una herramienta de suma utilidad para obtener soluciones a los problemas de gestión forestal

aplicando múltiples criterios de optimización al poder considerar el monte como una organización compleja.

La Investigación Operativa es, por lo tanto, un complemento importante en la formación del Ingeniero de Montes. El hecho de no ser una materia básica para el desarrollo de la profesión permite incluirla como una asignatura optativa dentro de los planes de estudios. Junto con las técnicas básicas de programación matemática se debería profundizar en la toma de decisiones y abordar las técnicas de simulación que se emplean cuando el sistema es demasiado complejo como para que su análisis mediante los modelos de optimización habituales no sea satisfactorio.

Conclusiones.

El interés de una materia como la Investigación Operativa para un Ingeniero de Montes radica en su aportación como metodología para conseguir una mayor eficacia en las labores de gestión, organización, asignación de recursos y control de operaciones. La alineación de la Investigación Operativa con la labor de un Ingeniero ha propiciado un aumento de las soluciones aportadas por éstos a problemas de su competencia. La inclusión de esta materia como asignatura optativa en los planes de estudio resultará de mucha utilidad para los Ingenieros de Montes.

Referencias

Hillier, F.S. y Lieberman, G.J. (1997). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. McGraw-Hill, México.