

# Investigación Operativa Programa



Curso de  
Investigación  
Operativa

## Introducción

La gestión de los recursos forestales, como un caso particular del manejo de los recursos naturales renovables, permanentemente plantea el problema de tomar decisiones en ambientes caracterizados por su complejidad y por las consecuencias de largo plazo que dichas decisiones implican. Específicamente, en la disciplina se estudiarán un conjunto de técnicas formales de probada utilidad para asistir a los responsables de tomar decisiones en el campo de las actividades forestales.

Se trata de una disciplina del ciclo básico-aplicado cuyo estudio está previsto en el segundo cuatrimestre del cuarto año de la carrera. Por tratarse esencialmente de una rama aplicada de las matemáticas y la estadística, su estudio requiere un dominio fluido de algunos aspectos de dichas disciplinas (como el álgebra de matrices y el cálculo probabilístico, entre otros). Por su campo de aplicación, sirve de apoyo a todas las disciplinas del ciclo aplicado en las que los problemas de optimización constituyen un objeto de estudio de cierta importancia.

El estudio de la disciplina se organizará en cuatro **núcleos temáticos**:

- Introducción a la Investigación operativa
- Criterios económico-financieros
- Modelos lineales
- Modelos no lineales y estocásticos

Dentro de dichos núcleos, los contenidos se irán abordando en **unidades temáticas** cuyo grado de dificultad será creciente. En la disciplina se hace un uso intenso de los modelos en general, y de los matemáticos en particular. Todos los modelos se presentarán mediante el estudio de casos, los que serán seleccionados generalmente de disciplinas ya estudiadas en la carrera o, en su defecto, serán adecuados a la formación que los alumnos ya recibieron. Inicialmente, la presentación se hará de manera intuitiva para luego formalizarla matemáticamente. Hacia el final del curso, el planteo hará mayor hincapié en los aspectos matemáticos.

El estudio de casos específicos, junto al manejo fluido de la base matemática de las distintas técnicas, enfatizará dos aspectos esenciales de la disciplina. Por una parte, se fomentará la capacidad para plantear problemas y expresarlos en el lenguaje formal que la técnica de solución requiere. Por otra parte, se irá valorando el campo de aplicación potencial de las mismas en la actividad profesional.

## Objetivos

Orientar la formación de los futuros profesionales en el desarrollo de habilidades para la identificación y el planteo de problemas de optimización. Promover la generación y apropiación de sólidos conocimientos para el desarrollo y formalización de modelos matemáticos que permitan resolver los problemas de optimización, familiarizándose con las principales técnicas de solución que la disciplina emplea.

## Desarrollo programático

### *Núcleo temático 1: Introducción a la Investigación operativa*

En este núcleo temático se definirá la disciplina, delimitando y reflexionando críticamente sobre sus alcances y sus potenciales aplicaciones. También se conceptualizarán sus principales objetos de estudio y se introducirá el lenguaje y la terminología específica que se aplicará en el estudio del resto de los contenidos.



### ***Unidad temática 1.1: Introducción***

Definiciones, alcances, evolución histórica y relaciones con otras disciplinas. El problema de la toma de decisiones (partes constituyentes, relaciones y formalización). Introducción al análisis de riesgo e incertidumbre. El rol de los modelos y los algoritmos en la toma de decisiones. Aplicaciones en la gestión de los recursos naturales.

#### ***Núcleo temático 2: Criterios económico-financieros***

Este núcleo temático se orientará al estudio y análisis de los criterios de decisión más difundidos en los modelos de optimización. Puesto que la actividad forestal se distingue por la extensión plurianual de sus proyectos, también se introducirán los principios teóricos y las técnicas que permitirán tratarlos en su dimensión temporal.

### ***Unidad temática 2.1: Álgebra del interés***

Marco teórico del instrumental a utilizar (capital, interés y renta). Interés simple y compuesto. Valor actual y futuro. Anualidad, periodicidad y perpetuidad. Ajustes por inflación (tasa real y tasa de inflación). Composición sub-anual (tasa efectiva y nominal). Introducción a los indicadores de rentabilidad dinámicos (valor actual neto, tasa interna de retorno, razón beneficio-coste y valor potencial del suelo).

### ***Unidad temática 2.2: Costos y beneficios***

Definición y clasificación de costos. Amortizaciones, intereses y gastos. Definición y usos de los costos de producción. Metodologías para su determinación (estimación del capital agrario y valoración de bienes). Costos operativos. Aplicación a la actividad primaria e industrial del sistema forestal. Los costos como herramienta de administración y gestión. Introducción al estudio de márgenes, beneficios y rentabilidad.

#### ***Núcleo temático 3: Modelos lineales***

En este núcleo temático se introducirá el uso de modelos matemáticos como mecanismo de solución para varios tipos de problemas de toma de decisión. Por la importancia central que se le asigna en la asignatura, el problema de la programación lineal será abordado con detenimiento, desde sus fundamentos teóricos hasta la interpretación económica de su mecanismo de solución más poderoso (el método simplex). El resto de los modelos matemáticos lineales de este núcleo temático serán estudiado a partir de las similitudes y diferencias con el problema de la programación lineal.

### ***Unidad temática 3.1: Programación lineal***

El problema de la programación lineal. Variables de decisión, función objetivo, restricciones y soluciones. Formalización matemática. Axiomas. Solución gráfica y analítica. Introducción al análisis de sensibilidad.

### ***Unidad temática 3.2: Solución algorítmica de la programación lineal***

Fundamentos del método simplex. Variables de holgura y soluciones básicas. El algoritmo simplex. El método de la M grande y el de las dos fases. Solución de problemas de maximización y minimización. Identificación y determinación de óptimos alternativos. La formulación dual y su solución. Análisis de sensibilidad. Interpretación económica del método simplex.

### ***Unidad temática 3.3: Extensiones de la programación lineal***

Programación con objetivos múltiples. Fundamentos y aplicaciones. Variables irrestrictas. Programación por objetivos. El modelo lineal, su formulación y solución. Objetivos unidireccionales. Preferencia y



prioridad de objetivos. Introducción a la programación lineal paramétrica. Programación entera. Fundamentos y aplicaciones. El modelo lineal, su formulación y solución. Modelos mixtos. Usos de las variables auxiliares.

#### ***Unidad temática 3.4: Modelos de redes***

Caracterización de las redes. Particularidades, formulaciones y soluciones de los principales modelos (el modelo del transporte, el modelo del árbol de mínima extensión, el modelo de la ruta más corta y el modelo del máximo flujo). El modelo del camino crítico (CPM), sus fundamentos y aplicaciones. Formulación del modelo como un problema de programación lineal. El algoritmo del camino crítico. Introducción a los modelos PERT.

#### ***Núcleo temático 4: Modelos no lineales y estocásticos***

En este núcleo temático se introducirán los principios teóricos y aplicaciones de dos técnicas que se adaptan fácilmente al modelado de sistemas no lineales y probabilísticos. Aunque estrictamente no sea una técnica de optimización, se introducirán los fundamentos y aplicaciones más relevantes de la técnica de la simulación, enfatizando su utilidad para el análisis de sistemas complejos.

#### ***Unidad temática 4.1: Programación dinámica***

Fundamentos. Problemas que pueden ser resueltos con la programación dinámica. Formalización matemática. Variables de etapa, de estado y de decisión. Función y criterio de desempeño. Principio de optimalidad. Métodos de solución (recursividad).

#### ***Unidad temática 4.2: Cadenas markovianas***

Sistemas estocásticos, procesos y cadenas de Markov. Programación a través de cadenas de Markov. Simulación con paso de reloj constante. Aplicaciones.

#### ***Unidad temática 4.3: Simulación***

Simulación de sistemas. Simulación estática y dinámica. Simulación con eventos aleatorios.

#### **Bibliografía**

- Buongiorno J & JK Gilless. 1987. Forest management and economics: a primer in quantitative methods. Macmillan Publishing Company. New York. 285 pp.
- Buongiorno J & JK Gilless. 2003. Decision methods for forest resource management. Academic Press. San Diego. 439 pp.
- Dantzig GB & MN Thapa. 1997. Linear programming 1: introduction. Springer-Verlag. New York. 435 pp.
- Davis LS & KN Johnson. 1987. Forest management. 3<sup>rd</sup> Edition. McGraw-Hill Book Company. New York. 790 pp.
- Davis LS, KN Johnson, PS Bettinger & TE Howard. 2001. Forest management: to sustain ecological, economic, and social values. 4<sup>th</sup> Edition. McGraw-Hill Book Company. New York. 804 pp.
- Dijkstra DP. 1984. Mathematical programming for natural resource management. McGraw-Hill Book Company. New York. 318 pp.
- Eppen GD, FJ Gould, CP Schmidt, JH Moore & LR Weatherford. 2000. Investigación de operaciones en la ciencia administrativa. 5<sup>o</sup> Edición. Prentice Hall Hispanoamericana SA. México. 762 pp.



Hillier FS & GJ Lieberman. 1991. Introducción a la investigación de operaciones. 3° Edición en español. McGraw-Hill. México. 956 pp.

Hillier FS & GJ Lieberman. 2002. Investigación de operaciones. 7° Edición. McGraw-Hill. México. 1178 pp.

Leuschner WA. 1990. Forest regulation, harvest scheduling, and planning techniques. John Wiley & Sons, Inc. New York. 281 pp.

Taha HA. 1997. Investigación de operaciones, una introducción. 6<sup>ta</sup> Edición. Prentice Hall Hispanoamericana SA. México. 916 pp.

### **Estrategia metodológica**

Se considera al curso como la instancia más importante para el logro de los objetivos didácticos planteados. Por ello, todos los contenidos serán tratados en los encuentros que se pauten, los que serán en su totalidad del tipo teórico-práctico. Para el tratamiento de un tema cualquiera, normalmente se indicará una lectura previa para el estudiante. En el correspondiente encuentro, y mediante exposición, los docentes introducirán los aspectos teóricos más relevantes de la temática, permitiendo un espacio para la discusión con los estudiantes. Posteriormente, se plantearán problemas para su resolución por parte de los estudiantes, tanto individual como grupalmente. En las instancias presenciales de resolución de problemas se hará un uso relativamente intenso de recursos informáticos. En las instancias no presenciales de solución de ejercicios se hará hincapié en los aspectos metodológicos del desarrollo de la solución, más que en el resultado en sí mismo.

La duración pautada para el curso es de 80 horas, las que se distribuyen a razón de 5 horas por semana durante 16 semanas. Las 5 horas semanales se pautarán en dos encuentros semanales de igual duración. El total de 32 encuentros incluye los primeros llamados de cada evaluación parcial (no así las recuperaciones de dichas instancias como tampoco la instancia del coloquio integrador).

### **Sistema de evaluación y promoción**

En el marco de la evaluación continua, los docentes observarán y registrarán la participación de los estudiantes en los encuentros. Complementariamente se realizarán controles, tanto formales como informales, de las lecturas asignadas y se demandarán presentaciones escritas u orales de la resolución de los problemas planteados. Este conjunto de observaciones permitirá a los docentes desarrollar una valoración conceptual del desempeño de cada estudiante a lo largo de todo el curso. Además, se prevén dos instancias de evaluación parcial con sus correspondientes recuperaciones. Estas evaluaciones se harán por escrito, tendrán carácter integrador, abarcarán aspectos teóricos y prácticos y se exigirá la aprobación de la primera para rendir la segunda. Aprobadas todas las instancias de evaluación, finalmente se pautará un coloquio final bajo la modalidad oral, también de carácter integrador.

La promoción de los estudiantes se hará de acuerdo con dos modalidades previstas en la reglamentación vigente, es decir con y sin examen final. Además de cumplir con los requisitos de asistencia, los alumnos promocionarán en alguna de estas modalidades en función de su desempeño en todas las instancias de evaluación previstas. El rendimiento será valorado mediante el promedio ponderado de los resultados de las valoraciones conceptuales, de las evaluaciones parciales integradoras y del coloquio final (con pesos de ponderación del 15, 60 y 25%, respectivamente). Para promocionar como alumno regular sin examen final se requerirá un rendimiento de al menos 7 (siete) puntos, mientras que para la promoción como alumno regular con examen final se requerirá un rendimiento de al menos 4 (cuatro) puntos. En ninguna de las instancias se aceptará una calificación menor a 4 (cuatro) puntos, aún cuando el promedio ponderado sea superior a 7 (siete) o a 4 (cuatro) puntos.

## Cronograma (ciclo lectivo año 2008)



Curso de  
Investigación  
Operativa

Unidad temática/Actividad	Duración (clases)	Fechas tentativas
<i>Introducción</i>	1	27/8/2008
<i>Programación lineal</i>	6	29/8; 3, 5, 10, 12 y 17/9/2008
<i>Costos y beneficios</i>	3	22 y 29/9; 27/10/2008
<i>Álgebra del interés</i>	2	19 y 26/8/2008
<i>Solución algorítmica de la programación lineal</i>	4	8, 10, 15 y 17/10/2008
<b>Primera evaluación parcial</b>	<b>1</b>	<b>31/10/2008</b>
<b>Primera evaluación parcial (recuperación)</b>	<b>1</b>	<b>A convenir</b>
<b>Primera evaluación parcial (recuperación flotante)</b>	<b>1</b>	<b>A convenir</b>
<i>Extensiones de la programación lineal</i>	4	22, 24, 29 y 31/10/2008
<i>Modelos de redes</i>	4	5, 7, 12 y 14/11/2008
<i>Programación dinámica</i>	3	21, 26 y 28/11/2008
<i>Cadenas markovianas</i>	1	3/12/2008
<i>Simulación</i>	1	5/12/2008
<b>Segunda evaluación parcial</b>	<b>1</b>	<b>12/12/2008</b>
<b>Segunda evaluación parcial (recuperación)</b>	<b>1</b>	<b>A convenir</b>
<b>Segunda evaluación parcial (recuperación flotante)</b>	<b>1</b>	<b>A convenir</b>