

# Curso de Biometría Forestal

## Programa

### Introducción

En las últimas décadas el uso de los recursos forestales ha sido profundamente atravesado por los nuevos paradigmas que las sociedades contemporáneas han ido gestando sobre la función de los bosques. Para apoyar el proceso de toma de decisiones en el escenario de mayor complejidad derivado de aquel cambio paradigmático, los profesionales necesitan basarse en métodos científicos que plantean una demanda creciente de información de calidad. Específicamente, en la disciplina que nos ocupa se estudiarán los principios teóricos y la aplicación de los mismos al proceso de obtención, análisis y síntesis de información significativa para la toma de decisiones en la actividad profesional forestal.

La asignatura corresponde al ciclo de formación básico-aplicado y su estudio está pautado para el segundo cuatrimestre del tercer año de la carrera. El enfoque tradicional de esta asignatura, más preocupado por los principios e instrumentos de medición, será complementado con contenidos y actividades que enfatizarán la aplicación de la teoría y los métodos desarrollados por la Teoría del Muestreo y la Estadística para la obtención y manejo de información. Los contenidos de la disciplina se estructuran en cinco **núcleos temáticos**, los que organizan los contenidos de acuerdo con el objeto de estudio particular, que son:

- i) Introducción a la Biometría forestal
- ii) Atributos del árbol individual (Dendrometría)
- iii) Atributos de los rodales (Dasometría)
- iv) Crecimiento y cambio (Epidometría)
- v) Inventario forestal

En tanto la disciplina se plantea como una rama aplicada de la biometría, su estudio hará un uso intenso de conocimientos adquiridos en el aprendizaje de dicha disciplina y demandará una sólida formación matemática. Dado que los objetos de estudio serán casi exclusivamente los árboles y sus formaciones, los principios teóricos y los métodos necesarios para caracterizar y evaluar espacialmente una superficie de terreno se asumirán conocidos a través de la aprobación del curso de Topografía. Por las aplicaciones potenciales de la biometría forestal, los conocimientos y habilidades desarrolladas en el estudio de esta disciplina servirán de apoyo a todas las asignaturas, tanto del ciclo básico-aplicado como del ciclo aplicado, en las que el manejo de información sea un requisito para la solución de problemas específicos, particularmente cuando la fuente de datos es una muestra.

### Objetivos

Orientar la formación de los futuros profesionales en el desarrollo de conocimientos, habilidades y aptitudes significativas para la solución de problemas relacionados con la generación y manipulación de información descriptiva de árboles y masas forestales, en el contexto de su aplicación a la toma de decisiones para el uso racional de los recursos forestales.

### Desarrollo programático

#### *Núcleo temático 1. Introducción a la Biometría Forestal*

En este núcleo temático se definirá la disciplina, se analizarán sus alcances y los principales problemas que se pueden enfrentar y resolver con su auxilio. Además se conceptualizarán los objetos de estudio y se introducirán los principios y la terminología específica que se aplicará al estudio del resto de la disciplina.

### ***Unidad temática 1.1. Introducción***

Definiciones y alcances de la disciplina. Su relación con otras disciplinas. Evolución histórica. Principios de la medición. Escalas de medición. Unidades de medición y sistemas de unidades (sistema métrico). Sistemas de numeración y rol de los números en las mediciones. Definiciones y clasificaciones de variables. Errores, precisión, exactitud y sesgo. Cifras significativas y su aplicación en las mediciones y operaciones aritméticas. Reglas de redondeo.

## ***Núcleo temático 2. Dendrometría***

En este núcleo temático se definirán las variables más importantes para describir el árbol individualmente considerado y se introducirán los principios, métodos y técnicas de medición de dichas variables. También se presentarán los correspondientes instrumentos de medición, fundamentalmente los de uso más frecuente en nuestro medio.

### ***Unidad temática 2.1. Diámetros y alturas***

Diámetros del fuste, ramas y copas; espesor de corteza; diámetro normal a 1,30 m y área basal; definiciones, relaciones geométricas y aplicaciones instrumentos de medición (descripción, principios y técnicas de medición); errores. Alturas y longitudes del árbol; definiciones y aplicaciones; métodos de medición y sus fundamentos.; instrumentos de medición (descripción y técnicas de medición); errores.

### ***Unidad temática 2.2. Forma del fuste***

Definición e importancia de la forma del fuste. Prototipos Dendrométricos (cilindro, paraboloides, neiloide y cono). Relaciones geométricas. Fórmula de Pressler. Expresión numérica de la forma del tronco (factores de forma, cocientes de forma, punto de forma y modelos de perfil de fuste).

### ***Unidad temática 2.3. Volumen y peso de árboles***

Volumen sólido del árbol y sus productos. Expresiones nominales y cúbicas. Distintos tipos de volumen (total, bruto, neto, útil y otros). Cubicación de árboles por: desplazamiento de agua, fórmulas volumétricas, método gráfico o planimétrico y con funciones de perfil de fuste. Determinación del volumen de la corteza. Volumen de madera apilada (unidades de expresión y métodos de evaluación). El peso como medida de expresión. Mecanismos de medición, usos y factores que lo afectan (densidad, humedad y partes indeseables). Relaciones alométricas y peso de los árboles.

### ***Unidad temática 2.4. Funciones de volumen y peso***

Tablas y ecuaciones de volumen. Funciones de peso. Definiciones y relaciones. Variables predictoras. Clasificación de las tablas de volumen (locales, estándares y de forma). Metodologías para el desarrollo de tablas y funciones de volumen o de peso. Selección de árboles muestra. Modelos matemáticos. Métodos de ajuste. Validación.

## ***Núcleo temático 3. Dasometría***

En este núcleo temático se definirán las variables más importantes para describir al rodal como colectivo de árboles y para caracterizar la calidad del sitio en el que éstos crecen. Además se introducirán los principios, métodos y técnicas de determinación de tales variables.

### ***Unidad temática 3.1. Estructura y densidad de rodales***

El rodal. Definición y variables descriptoras. La estructura de los rodales. Composición, distribuciones de edades y de tamaños. Densidad y población. Definiciones. Medidas de la densidad promedio (absolutas y relativas). Medidas de la densidad puntual.

### ***Unidad temática 3.2. Calidad de sitio***

El sitio y la calidad de sitio. Definiciones. Métodos de evaluación directos e indirectos. El índice de sitio y las curvas de índice de sitio. Modelos anamórficos y polimórficos (disyuntos y no disyuntos). Desarrollo de ecuaciones. Fuentes de datos. Modelos matemáticos. Métodos de ajuste (curva guía, ecuación de la diferencia y predicción paramétrica). Validación.

## ***Núcleo temático 4. Epidometría***

En este núcleo se abordarán los problemas relacionados con la caracterización del cambio dinámico de las variables que describen a árboles y rodales. También se presentarán los principios y técnicas de medición más importantes, al igual que los métodos de estimación y pronóstico del cambio.

### ***Unidad temática 4.1. Crecimiento de árboles***

Definiciones y terminología específica. Expresiones absolutas del crecimiento (corriente anual, periódico, periódico anual, medio anual). Expresiones relativas del crecimiento (interés simple, compuesto y otras). El crecimiento del árbol. Factores de crecimiento al nivel individual. Las curvas de crecimiento. Técnicas para la determinación del crecimiento en diámetro, altura, área basal y volumen (mediciones sucesivas, recuento de anillos de crecimiento, análisis de fuste y otras).

### ***Unidad temática 4.2. Crecimiento de rodales***

Componentes del crecimiento de rodales. Tipos de crecimiento de rodales (bruto, neto y otros). Factores de crecimiento al nivel de rodal. El crecimiento en rodales coetáneos y discetáneos. Métodos para la determinación del crecimiento de rodales (proyección de tablas de rodal, mediciones sucesivas en parcelas o puntos de muestreo y otras).

### ***Unidad temática 4.3. Modelos de crecimiento y producción***

Definiciones y rol de los modelos de crecimiento. Diferentes clasificaciones de los modelos. Modelos de rodal, de clases de tamaño y de árboles individuales. Fundamentos, requerimientos de información y técnicas para su desarrollo y validación. Criterios para la selección y uso de los modelos de crecimiento.

## ***Núcleo temático 5. Inventario forestal***

En este núcleo temático se estudiarán las principales técnicas de muestreo para la determinación de cualquier variable de interés, a cualquier nivel de organización de los árboles, tanto en un sentido estático como dinámico.

### ***Unidad temática 5.1. Inventario forestal e introducción a la teoría del muestreo***

Definición de inventario forestal. Objetivos, alcances y clasificación de los inventarios forestales. Planificación de tareas para un inventario forestal. Definiciones estadísticas de población, elementos, muestra, parámetros y estimadores. Mecanismos de selección de la muestra (selectivo, probabilístico y sistemático). Error estándar de un estimador y su intervalo de confianza. El teorema del límite central y la ley de los grandes números. Árboles, parcelas y puntos como unidades de muestreo.

### ***Unidad temática 5.2. Muestreos con probabilidad constante***

Muestreo aleatorio simple. Muestreo aleatorio estratificado. Muestreo sistemático. Muestreo aleatorio simple y estratificado con estimadores de razón y regresión. Muestreo multifásico. Muestreo en una o más etapas (multietápico). Definiciones, fundamentos y principales aplicaciones. Parámetros poblacionales y estimadores. Determinación del tamaño de la muestra.

### ***Unidad temática 5.3. Muestreos con probabilidad variable***

Muestreo por listas. Muestreo bietápico por listas. Muestreo horizontal y vertical por puntos y líneas. Muestreo con probabilidad proporcional a la predicción (3P). Definiciones, fundamentos y principales aplicaciones. Mecanismos de selección. Parámetros poblacionales y estimadores. Determinación del tamaño de la muestra.

### ***Unidad temática 5.4. Muestreos dinámicos***

Muestreos de la misma población en ocasiones sucesivas. Fundamentos y objetivos. Inventario forestal continuo. Muestreo con reemplazo total (muestreos independientes). Muestreo sin reemplazo. Muestreo con reemplazo parcial. Diseños combinados. Estimadores para los valores actuales y para el cambio. Optimización de los tamaños de muestra.

### **Bibliografía**

Los libros de consulta recomendados se indican a continuación; durante la cursada se podrán mencionar trabajos publicados en revistas correspondientes a temas específicos.

- Cochran W. G. 1998. Técnicas de Muestreo. 14<sup>a</sup> reimpresión. Compañía Editorial Continental S.A. de C.V.; México 513 pp.
- Davis LS & KN Johnson. 1987. Forest management. 3<sup>rd</sup> Edition. McGraw-Hill Book Company. New York. 790 pp.
- De Vries PG. 1986. Sampling theory for forest inventory: a teach-yourself course. Springer-Verlag. Berlin. 399 pp.
- Estimación de volumen y predicción del rendimiento: estimación del volumen. FAO/Montes 22/1.
- Estimación de volumen y predicción del rendimiento: predicción del rendimiento. FAO/Montes 22/2.
- Husch B, CI Miller & TW Beers. 1982. Forest mensuration. 3<sup>rd</sup> Edition. John Wiley & Sons. New York. 402 pp.
- Prodan M, R Peters, F Cox y P Real. Mensura Forestal. IICA; BMZ/gtz. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. 561 pp
- Shiver BD & BE Borders. 1996. Sampling techniques for forest resource inventory. John Wiley & Sons. New York. 356 pp.
- Sorrentino A. 1997. Manual para diseño y ejecución de inventarios forestales. Hemisferio Sur, Argentina. 350 pp.

### **Estrategia didáctica**

El curso será concebido y planteado como el vehículo más importante para el logro de los objetivos didácticos. Por esta razón, todos los contenidos serán tratados en los encuentros o clases, instancias que se constituirán en la mejor oportunidad para el abordaje sistemático y conjunto de los contenidos.

Todas las clases serán planteadas bajo la modalidad de encuentros teórico-prácticos y, en términos generales, los docentes prescindirán de la clase expositiva tradicional. En cambio, para el abordaje de cada tema se indicará una lectura previa para los estudiantes, la que generalmente abarcará tanto aspectos teóricos como prácticos de la temática. Para la mayoría de los temas, la mencionada lectura será una guía de clases que, preparada por los docentes, contendrá una selección de los aspectos considerados más relevantes por ellos. Esta guía de ninguna manera será considerada como un reemplazo de la bibliografía que se indica para el curso y su propósito principal será facilitar la introducción al estudio del tema. Para otros temas, la lectura que se indicará será seleccionada de la bibliografía de referencia.

Los encuentros normalmente se iniciarán con un espacio para el intercambio de ideas entre docentes y estudiantes sobre cualquier aspecto de la temática a tratar. Se espera que la lectura previa favorezca la participación de los estudiantes, la que además será incentivada por los docentes mediante preguntas o el planteo de situaciones problemáticas para ser resueltas conceptualmente. Luego se plantearán problemas formales para que los estudiantes resuelvan, normalmente en grupos pequeños y asistidos por los docentes.

Comúnmente, el final de cada encuentro será una presentación de resultados a los problemas planteados por parte de los grupos, con un espacio para el intercambio de experiencias entre todos ellos y para el cierre integrador de la temática tratada. El tratamiento de algunos temas será complementado con ejercitaciones prácticas que se realizarán en salidas al campo. El propósito de estas salidas será familiarizar al estudiante con el uso y manejo de los instrumentos de medición y con los métodos y técnicas de medición que se han analizado en clases, enfrentando situaciones planteadas de manera realista.

La duración pautada para el curso es de 80 horas, las que se distribuyen a razón de 6 horas por semana, pautadas en dos encuentros de 3 horas cada uno, durante 16 semanas. El total de 32 encuentros incluye los primeros llamados de cada evaluación parcial, mientras que las correspondientes recuperaciones se planificarán fuera de los horarios del curso, al igual que la instancia del coloquio integrador.

## **Evaluación y promoción**

Se considera a las instancias de evaluación como un componente esencial del proceso de enseñanza-aprendizaje. La evaluación del alumno está basada en tres componentes, a saber: i) evaluaciones parciales de lectura en cada clase; ii) evaluaciones a través de dos exámenes parciales; y iii) un coloquio final.

Las instancias de evaluación más frecuentes serán las evaluaciones parciales de la lectura del material didáctico. Éstas serán concebidas para que los docentes realicen una valoración del grado de alcance de los objetivos previo a la clase y, por esta razón, serán realizados antes de iniciar la clase y corresponderán al tema a tratarse ese día. Los controles serán evaluados durante la clase, lo que permitirá que los docentes replanteen temáticas en las que se detectaron inconvenientes de comprensión o que propongan actividades complementarias para superarlos. Los resultados de estas evaluaciones también serán empleados por los docentes para valorar el grado de compromiso de cada estudiante con el logro de los objetivos didácticos. Adicionalmente, los estudiantes podrán usarlas como un mecanismo de autoevaluación que los auxiliará en su preparación para las instancias de evaluación parcial, en particular, y en la valoración de la marcha de su propia formación en la asignatura, en general.

También se planificarán 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 poder 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 rendimiento en todas las instancias de evaluación previstas. El rendimiento será valorado ponderando los resultados de los controles de lectura, de las evaluaciones parciales 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

Luego de la Introducción, en la que se establecerá el contexto para los estudios posteriores, los dos núcleos temáticos siguientes organizan los contenidos de acuerdo con el objeto de estudio y se abordarán secuencialmente. Por su parte, los dos últimos núcleos, además de organizarse por su objeto de estudio, constituyen ejes de integración vertical de conocimientos y serán abordados por partes a lo largo de todo el curso.

Número de orden	Unidad temática/Actividad	Duración (clases)
1	Introducción	1
2	Diámetros y alturas	1
3	Forma del fuste	1
4	Volumen y peso de árboles	1
5	Funciones de volumen y peso	1
6	Crecimiento de árboles	1
7	Trabajo de campo (medición de árboles individuales)	1
8	Inventario forestal e introducción a la teoría del muestreo	2
9	Muestreos con probabilidad constante	7
10	Primera evaluación parcial	1
11	Estructura y densidad de rodales	1
12	Calidad de sitio	1
13	Crecimiento de rodales	1
14	Trabajo de campo (instalación de parcelas de área fija)	1
15	Modelos de crecimiento y producción	1
16	Muestreos con probabilidad variable	6
17	Trabajo de campo (instalación de parcelas de radio variable)	1
18	Muestreos dinámicos	2
19	Segunda evaluación parcial	1

Dentro de las dos semanas posteriores a cada evaluación parcial, en fecha a confirmar y fuera de los horarios de clase, se pautarán las correspondientes recuperaciones. Las recuperaciones flotantes se pautarán dentro de las dos semanas posteriores a cada recuperación. El coloquio final se realizará en la semana correspondiente a la última mesa de exámenes finales de diciembre. Su recuperación se realizará en la semana correspondiente a la mesa de exámenes finales del mes de febrero del año siguiente al de finalización de las clases.