



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

## DIVISIÓN DE AGRONOMÍA DEPARTAMENTO FORESTAL

### PROGRAMA ANALÍTICO

FECHA DE ELABORACIÓN: Septiembre / 1997

FECHA DE ACTUALIZACIÓN: junio / 2015

#### I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Nombre de la materia:	Epidometría
Clave:	FOR-415
Área disciplinaria:	Medición de recursos forestales
Tipo de materia:	Obligatoria
Departamento que la imparte:	Forestal
No. de horas teoría / semana:	3
No. de horas práctica / semana:	2
Créditos:	8
Carreras en las que se imparte:	Ingeniero Forestal
Prerrequisitos:	FOR-413 Dendrometría

#### II. OBJETIVO GENERAL

Cuantificar crecimiento e incremento de árboles individuales y masas forestales usando métodos directos e indirectos.

#### III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer las formas de obtener la edad y diferenciar entre crecimiento e incremento.
- Conocer y aplicar las técnicas para usadas para obtener información para cuantificar crecimiento e incremento de árboles y masas forestales.
- Conocer y aplicar la metodología de análisis troncales para cuantificar crecimiento e incremento en diámetro, altura, área basal y de árboles y masa forestales.
- Aprender las técnicas de regresión lineal y no lineal para ajustar y generar modelos para cuantificar crecimiento e incremento en diámetro, altura, área basal y volumen.
- Construir curvas anamórficas y polimórficas para evaluar el índice de sitio.
- Conocer y aplicar los métodos más comunes para evaluar densidad rodales y evaluar cómo influye ésta en el crecimiento e incremento de árboles y masas forestales.
- Aplicar los métodos más comunes usados para cuantificar incremento volumétrico de masas forestales.

#### IV. TEMARIO

##### 1. INTRODUCCIÓN

- 1.1 Definición y ubicación de la epidometría en la dasonomía
- 1.2 Crecimiento e incremento
- 1.3 Importancia de la epidometría
- 1.4 Nuevas tecnologías en la epidometría

- 1.5 Aplicaciones de la epidimetría
- 2. OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DE CRECIMIENTO E INCREMENTO
  - 2.1 Parcelas temporales
  - 2.2 Parcelas permanentes
  - 2.3 Estimación de la edad en los árboles
    - Por observación*
    - Conteo de los verticilos*
    - Conteo de los anillos de crecimiento*
    - Mediante fórmulas matemáticas*
    - Mediantes análisis troncales*
- 3. CRECIMIENTO E INCREMENTO DE ESPECIES FORESTALES
  - 3.1 Análisis troncales
    - Análisis parcial del tronco*
    - Análisis completo del tronco*
  - 3.2 Métodos para el cálculo de crecimiento
  - 3.3 Métodos indirectos
    - Calculo de crecimiento usando anillos anuales*
    - Mediciones sucesivas de árboles tipo*
  - 3.4 Métodos directos
    - Comparación de inventarios sucesivos*
  - 3.5 Formas y tipos de incrementos
    - Incremento corriente anual*
    - Incremento medio anual*
    - Otros tipos de incremento*
  - 3.6 Tipos de criterios de madurez
    - Definiciones de turnos*
  - 3.7 Estimación de crecimiento e incremento en especies tropicales
    - Uso de dendrocronología*
- 4. ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE Y NO LINEAL
  - 4.1 Tipos de regresión
  - 4.2 Regresión lineal múltiple
    - Ajuste de modelos de volumen: modelos lineales*
    - Generación de modelos de volumen: stepwise*
  - 4.3 Regresión no lineal e inferencia
  - 4.4 Linealización
  - 4.5 Mínimos cuadrados ordinarios y ponderados
  - 4.6 Métodos de estimación de parámetros
    - Usando derivadas*
    - Sin uso de derivadas*
    - Con programación lineal*
  - 4.7 Ajuste de modelos de crecimiento para obtener crecimiento e incremento
- 5. CALIDAD DE SITIO
  - 5.1 Estimación de la calidad de sitio mediante métodos directos
  - 5.2 Estimación de la calidad de sitio mediante métodos indirectos

### 5.3 Construcción de curvas anamórficas y polimórficas de índice de sitio

## 6. DENSIDAD DE RODALES

### 6.1 El concepto de densidad

### 6.2 Índices de densidad

*Número de árboles*

*Número de árboles y dap*

*Número de árboles y altura*

*Número de árboles, dap y altura*

### 6.3 Métodos para estimar densidad promedio, incluida densidad de rodales

*Métodos para estimar densidad puntual*

## 7. CRECIMIENTO E INCREMENTO DE RODALES

### 7.1 Masas regulares de clima templado frío

### 7.2 Masas irregulares de clima templado frío

### 7.3 Masas tropicales de clima cálido húmedo

### 7.4 Métodos de estimación de incrementos volumétricos en masa forestales

*Método de Hufnagl*

*Método diferencial de Meyer*

*Método de Meyer del incremento en porciento*

*Método general del tiempo de paso*

*Otros métodos*

### 7.5 Funciones estáticas de crecimiento e incremento

### 7.6 Modelos de árbol independiente de la distancia basados en ecuaciones diferenciales

## 8. PREDICCIÓN DEL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCIÓN

### 8.1 Predicción de la producción actual

### 8.2 Predicción de la producción futura

### 8.3 Desarrollo de modelos de crecimiento y producción



## **V. METODOLOGIA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE**

El curso se desarrollará en forma de exposición por parte del facilitador, así mismo se tienen contempladas al menos dos exposiciones por parte de los alumnos. En el aula se realizarán ejercicios prácticos por parte del facilitador. En campo el facilitador apoya a los alumnos para obtener información para su análisis.

1. Motivación, enseñanza, aclaración, evaluación y rectificación, individual y en grupo.
2. Tareas individual y grupal para reafirmar temas a través de ejercicios teóricos
3. Consultas bibliográficas de temas de interés
4. Prácticas de campo para aplicar los principios teóricos vistos en clase
5. Informes de prácticas de campo
6. Exposición oral de maestro y alumno
7. Lectura y discusión de artículos científicos

Apoyos didácticos: cañón, pizarrón digital touch, equipo de inventario forestal de última generación: vertex, hipsómetros, distanciómetros, forcímulas gator eyes. Equipo velmex. Todo el curso está diseñado en línea. Tareas y recursos didácticos son manipulados en línea.

## **VI. EVALUACIÓN**

Debido a que el curso está diseñado para impartirse en línea, todas las evaluaciones (diagnóstica, formativa y sumativa) son realizadas también en línea, en la que los alumnos son calificados al momento de enviar su examen. Las tareas son calificadas también en línea.

### **Diagnóstica**

Identificar conocimientos previos y experiencias en relación con cada uno de los temas.

### **Formativa**

Puntualidad y responsabilidad. De acuerdo con el Reglamento Académico, el alumno deberá tener un 85% de asistencias para tener derecho a examen ordinario y 80% para extraordinario.

Participación en clase, entrega de tareas y elaboración de informes de prácticas de campo.

Procedimiento continuo para determinar capacidad individual para resolver problemas, mejorar y reajustar proceso de aprendizaje.

### **Sumativa**

Los alumnos elaborarán ensayos, resúmenes y/o mapas mentales sobre temas vistos en clase para identificar avances de aprendizaje.

Para el reporte de la nota de evaluación de los conocimientos adquiridos por los alumnos, se considerará lo siguiente: tres exámenes parciales, dos presentaciones orales en clase, reportes de prácticas, consultas bibliográficas y tareas. El valor porcentual de éstas es el siguiente:

Promedio de exámenes parciales	50 %
--------------------------------	------

Consultas bibliográficas y tareas	10 %
Exposición y seminarios	10 %
Prácticas de campo	30 %

Se obtendrá un promedio general, cuando éste sea igual o mayor a 9.0 el alumno tendrá aprobado el curso sin presentar examen ordinario. Con promedio menor a 9.0 y mayor o igual a 5.0 tendrá derecho al examen ordinario. Cuando la calificación sea menor a 5.0 perderá el derecho a examen ordinario. El examen ordinario tendrá un valor de 80 % y el examen extraordinario de 90 %, el complemento (20 % y 10 %, respectivamente) será el promedio de las consultas bibliográficas, exposiciones y prácticas de campo.

Se presentarán tres exámenes parciales, cada uno de ellos comprenderá los capítulos que se indican en el siguiente cuadro.

Evaluación	Capítulos del temario
Primer examen parcial	1, 2 y 3
Segundo examen parcial	4 y 5
Tercer examen parcial	6, 7 y 8

## VII. RECURSOS NECESARIOS

### Infraestructura

Para la clase se necesita aula equipada con pizarrones (si es electrónico mejor) y butacas, pantalla para proyección con computadora, así como las condiciones necesarias para la proyección (cortinas, contactos eléctricos, extensiones eléctricas, etc.).

Las prácticas se realizarán en el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA) de la Universidad localizado en Los Lirios, Arteaga, Coah., así como en bosques de la Sierra de Arteaga, por lo que se requiere un autobús con capacidad de hasta 30 personas así como alimentos para los estudiantes.

### Equipo

Se necesitan equipos de medición forestal: cintas diamétricas, vertex, hipsómetros, distanciómetros, forcípulas gator eyes, taladros de Preessler. Equipo velmex para medición de anillos anuales. Vernier, reglas graduadas al milímetro. Software de SIG. Microsoft office. Software de estadística versión libre.

## VIII. INDICACIONES ESPECIALES

### Ejes transversales

En el desarrollo del curso se fomentará que los conocimientos relacionados con el manejo del ecosistema forestal deberán apegarse a la normatividad vigente. Asimismo, que las acciones para el cumplimiento del programa analítico estén apegadas al código de ética del Programa Docente de la Carrera de Ingeniero Forestal para que en un futuro el egresado se desempeñe

en su desarrollo profesional con dicho código. Además, en el desarrollo del curso, la sustentabilidad de los ecosistemas forestales, la responsabilidad social y la educación ambiental son los pilares ineludibles al abordar los temas del curso. Durante el curso se estimulará la creatividad y la innovación en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, de manera que se logre una actitud emprendedora que le permita en su ejercicio profesional incrementar la productividad de los ecosistemas forestales y el bienestar de la sociedad.

### **Presentaciones orales**

La presentación oral es para la formación del alumno en la preparación, exposición y sustentación de información y experiencias técnico-científicas con el propósito de dirigirse a diversas audiencias. El alumno será libre de preparar y usar diversos materiales y medios para la exposición y sustentación de la información. Las presentaciones orales se elaborarán con base en las siguientes elecciones: a) un tema del programa analítico, b) un artículo técnico-científico del tema y c) una revisión bibliográfica de un tema de interés del alumno. Las presentaciones orales deberán organizarse para que cada una de ellas sea presentada en 15 minutos.

### **Laboratorios, lecturas y resúmenes**

Los laboratorios comprenden trabajos de ejercitación sobre algún tema además de lecturas que se encargarán durante el curso. Los resúmenes tanto de las lecturas como de las presentaciones orales deberán presentarse en dos cuartillas, con 1.5 de espacio interlineado, con tipo de letra Arial a 12 puntos y deberán contener las siguientes dos secciones: a) un resumen de los principales temas de la lectura y b) una discusión sobre lo que se piensa acerca de la lectura. Para la parte (b) se deberán considerar las siguientes preguntas: 1. Se encontró algún tema interesante o sorprendente en la lectura. 2. Qué te gustó o qué no te gustó de la lectura. 3. En qué estás de acuerdo o en desacuerdo. 4. Qué es lo que no se entendió de la lectura. 5. Cómo se relaciona la lectura a otras que se han leído en este curso o que no se han leído en este curso. Dichas secciones deberán estar redactadas de por el alumno donde se refleje su manera de pensar y de reflexionar.

Los resúmenes se calificarán con base en la siguiente escala: 0= no entregó el resumen; 25= regular; 50=adecuado; 75=bueno; 100=excelente. El total de puntos acumulados por los resúmenes se ponderarán considerando el valor de este apartado en la evaluación final.

### **Asistencia**

El pase de lista es obligatorio y todos los alumnos deberán llegar puntualmente tanto a las sesiones de clase como a los puntos de salida para las prácticas. El pase de lista consiste en que cada alumno firme la lista de asistencia.

Cada sesión de clases (de una hora o dos horas) será considerada sólo como una asistencia. Solo se rectificarán las inasistencias para los alumnos que hayan tenido alguna enfermedad o participación en eventos académicos de la Universidad, presentando la justificación por escrito de parte del departamento de Control escolar en un lapso de tres días después de su inasistencia. Con respecto a las prácticas de campo, el alumno que falte a alguna de las prácticas tendrá dos inasistencias y no tendrá derecho a ser considerado en el reporte de esta práctica. Sólo se justificará el alumno que con anticipación comunique al profesor-investigador su ausencia por participación en eventos académicos de la Universidad.

### **Reportes de prácticas**

Los alumnos podrán obtener una copia del manual de prácticas, donde se presentan las indicaciones sobre la forma de realizar la misma, así como el modo de elaborar el reporte correspondiente.

## **IX. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA Y COMPLEMENTARIA**

### **Básica**

- Alder, D. & T. J. Synnott. 1992. Permanent sample plot techniques for mixed tropical forest.
- Avery, T. E. 1967. Forest measurement. MacGraw-Hill, New York. 290 p.
- BOLFOR/PROMABOSQUE, 1999. Guía para la Instalación y Evaluación de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPMs). 47 páginas.
- Bormann, F.H. y G. Berlín. Edad y tasa de crecimiento de los árboles tropicales. Compañía Editorial Continental, S.A. México. 1983.
- Brack, C. 2005. Forest measurement and modelling: Techniques for measuring height of a standing tree. URL: <http://sres.anu.edu.au/associated/mensuration/totalhgt.htm>
- Dawkins, H. 1963: Crown diameters: their relation to bole diameter in tropical forest trees. Commonwealth Forestry Review 42: 318-333.
- Herben, T. 1996. Permanent plots as tools for plant community ecology. Journal of Vegetation Science 7:195-202.
- Husch, B., Miller, C. and Beers, T. 1993. Forest Mensuration. Krieger Publishing Company, Third Edition Malabar, Florida.
- Imaña, J. & Encinas, O., 2008.- Epidometria Forestal. Universidad de Brasilia, Departamento de Engenharia Florestal. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. Brasilia, Mérida. 66 p.
- Klepac D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Segunda edición. 297 p.
- López, A., 1993. Modelos Matemáticos para describir el crecimiento de un bosque primario en el Bajo Calima. Universidad Javeriana. Cali.
- Mas-Porras, J. 1970. Instructivo para realizar análisis troncales. Bol. Téc. Inst. Nal. Invest For. México.
- Oxford University Press, Oxford. 124 p. (Tropical Forestry Papers; no. 25).
- Pinelo, G. 2000. Manual para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en la Reserva de Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Manual Técnico No. 40. Turrialba, Costa Rica, CATIE 52 pág.
- Vallejo-Joyas M.I., Londoño-Vega A.C. López-Camacho R., Galeano G., Álvarez-Dávila E. y Devia-Álvarez W. 2005. Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 310 p. (Serie: Métodos para estudios ecológicos a largo plazo; No. 1).
- Vanclay, J. 1994. Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests. CAB International. Oxford. 336 p.
- Winsor C. P. 1932.-The Gompertz curve as a growth curve. Proceedings of the National Academy of Sciences, 18 (1): 1-7.

## Complementaria

- Brienen, R. J., & Zuidema, P. A. (2005). Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis. *Oecologia*, 146(1), 1-12.
- Brienen, R. J., LEBRIJA-TREJOS, E. D. W. I. N., Zuidema, P. A., & Martínez-Ramos, M. (2010). Climate-growth analysis for a Mexican dry forest tree shows strong impact of sea surface temperatures and predicts future growth declines. *Global Change Biology*, 16(7), 2001-2012.
- Camacho, P., & Murillo, O. (1986). Algunos resultados preliminares de la epidometría del jaúl *Alnus acuminata* (HBK) O. Kundze. Departamento de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. pi.
- Del Valle-Arango, J. (1995). Evaluación del crecimiento diamétrico de árboles de humedales forestales del Pacífico Colombiano. *Interciencia*, 20, 273-282.
- Giménez, A. M., Ríos, N., Moglia, G., Hernández, P., & Bravo, S. (2001). Estudio de magnitudes dendrométricas en función de la edad en *Prosopis alba* Griseb., Algarrobo blanco, Mimosaceae. *Revista Forestal Venezolana*, 45(2), 175-183.
- Hernández, L. & castellanos, H., 2006.- Crecimiento diamétrico arbóreo en bosques de Sierra de Lema. *Guayana venezolana: primeras evaluaciones*, 31(11): 787-793.
- León-Peláez, J.D. & Giraldo, E., 2000.- Crecimiento diamétrico en robledales del norte y centro de Antioquia. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente*, 15:119-138.
- Lozano, B., Alfredo, L., Franco, O., Bonilla, V., & Lorena, J. (2012). Estimate of diametric growth of *anacardium excelsum* (kunth) skeels through non-linear models in natural forest from the department of tolima. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 16(1), 19-32.
- Tavira, S. C., García, A. R., & Oar, B. A. 2005. Epidometría, basada en análisis de imagen y apoyada en un SIG. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (19).

## Diversas tesis profesionales (UAAAN):

- Domingo López López. 2009. Crecimiento de picea mexicana Martinez en las poblaciones naturales de Mexico. Tesis Profesional Licenciatura UAAAN.
- González, L. HD 1997. Calidad de sitio, crecimiento e incremento de la regeneración de *Pinus rudis* Endl. De la región de San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Tesis profesional. UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- González, L. HD 2001. Calidad de sitio mediante análisis troncal y crecimiento entre verticilos en regeneración de *Pinus rudis* Endl. Tesis Maestría en Ciencias. UAAAN Buenavista, Saltillo, México.
- Guerrero Silva, I. P. Cuantificación de biomasa, carbono y producción de oxígeno en (*Pinus cembroides* zucc). En Mazapil, zacatecas, México. Tesis Profesional Licenciatura UAAAN.
- Hernández Ramos, A. 2014. Determinación de turno e índice de sitio para (*Pinus montezumae* lamb). En el sureste del estado de hidalgo. Tesis Profesional Licenciatura UAAAN.
- Jaime Petronilo Cortés Martínez 2010. Crecimiento de diámetro y altura para tres plantaciones de pinos en Miahuatlán, Oaxaca. Tesis Profesional Licenciatura UAAAN.
- José Luis De La Cruz García 2014. Cuantificación de Carbono y Producción de Oxígeno en una Plantación de Tres Procedencias de *Pinus cembroides* Zucc., en Arteaga, Coahuila, México.

Maria Antonia de la Cruz Flores. 2010. Estudio epidemico en una plantación de *Pinus greggii* engelm., en el CAESA, los Lirios Arteaga, Coahuila. Tesis Profesional Licenciatura UAAAN.

Migdalia Yerandi Barrios Guzmán 2015. Evaluación de la Producción de Oxígeno en Cinco especies de Coníferas en Plantaciones Forestales. Tesis Profesional Licenciatura UAAAN.

Osvaldo Augusto Turlan Medina 2011. Ecuaciones alométricas para cuantificar biomasa aérea en siete poblaciones de *Prosopis* spp. En el norte-centro de México. Tesis Profesional Licenciatura UAAAN.

Rosas López, F. 2014. Crecimiento e incremento en diámetro y altura de (*Pinus rudis* ende). En respuesta a preclareos en san José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Tesis Profesional Licenciatura UAAAN.

Sergio Luis Luckie Navarrete 2010. Biomasa aérea y captura de carbono en una plantación de *Pinus michoacana* mart. y *Pinus pseudostrobus* lindl., en Jerécuaro, Guanajuato. Tesis Profesional Licenciatura UAAAN.

**X. PROGRAMA ELABORADO POR:** Dr. Jorge Méndez González  
M.C. Salvador Valencia Manzo  
Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo  
M.C. Celestino Flores López

**XI. PROGRAMA ACTUALIZADO POR:** Dr. Jorge Méndez González  
M.C. Salvador Valencia Manzo  
Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo  
M.C. Celestino Flores López

**XII. PROGRAMA APROBADO POR LA ACADEMIA DEL DEPARTAMENTO FORESTAL**

Dr. Celestino Flores López  
Jefe del Departamento Forestal