



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

## DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

### PROGRAMA ANALÍTICO

FECHA DE ELABORACIÓN: Enero / 2001

FECHA DE ACTUALIZACIÓN: Septiembre / 2005

#### I.- DATOS DE IDENTIFICACIÓN.

Nombre de la materia: Ecofisiología Forestal

Clave: FOR-473

Tipo de materia: Curricular Optativa

Departamento que la imparte: Forestal

Número de horas de teoría por semana: 3

Número de horas de práctica por semana: 2

Número de créditos: 8

Carrera que se imparte: Ingeniero Forestal

Prerequisito: AGM-409 Agrometeorología, BOT-408 Botánica Forestal, BOT-422 Ecología General, BOT-424 Fisiología Vegetal, FOR-405 Ecología Forestal y FOR-421 Suelos Forestales.

#### II.- OBJETIVO GENERAL.

Que el alumno conozca aspectos relacionados con los factores tanto ambientales como fisiológicos para el conocimiento y entendimiento de las relaciones que determinan la presencia de especies forestales en un sitio dado. El entendimiento de dichas relaciones tiene una amplia aplicación en el manejo de bosques naturales, en el establecimiento de plantaciones comerciales y en la producción de plantas en invernadero y vivero. En este curso el alumno integrará conocimientos adquiridos en cursos previos como AGM-409 Agrometeorología, BOT-408 Botánica Forestal, BOT-422 Ecología General, BOT-424 Fisiología Vegetal, FOR-405 Ecología Forestal y FOR-421 Suelos Forestales entre otros, con la finalidad de manipular ambientes naturales y / o artificiales para propiciar el establecimiento y desarrollo de especies forestales deseadas.

El curso comprende las relaciones hídricas en las plantas, dichas relaciones son estudiadas en un contexto dinámico asociado a diversos aspectos y mecanismos como al sistema suelo-planta-atmósfera, al balance de radiación solar y temperatura, al balance de carbono, la absorción de nutrientes, así como a los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas.

#### III.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Analizar y describir los procesos fisiológicos de las plantas, particularmente las especies forestales, sus bases bioquímicas y su impacto ecológico.
2. Analizar y describir los efectos ambientales sobre los procesos fisiológicos de

especies forestales, así como de las adaptaciones de éstas a las condiciones de estrés.

#### **IV.- TEMARIO.**

##### **1. Introducción**

- 1.1 Concepto de ecofisiología y la importancia de ésta en el manejo del bosque.
- 1.2 La sucesión forestal y su relación con la ecofisiología.
- 1.3 La modificación de la fisiología y la morfología de plántulas de árboles para la producción de plántulas de calidad en vivero
- 1.3 Metodología para la investigación ecofisiológica.

##### **2. Relaciones Hídricas**

- 2.1 Fundamentos de termodinámica.
- 2.2 Absorción de agua por el sistema radical
- 2.3 Transporte de agua a través del sistema suelo-planta-atmósfera
- 2.4 Regulación del transporte de agua en la planta; conducta estomatal
- 2.5 Índices de eficiencia en el uso de agua
- 2.6 Respuestas fisiológicas y morfológicas al estrés hídrico

##### **3. Relaciones Energéticas**

- 3.1 Conceptos básicos sobre la transferencia de energía
- 3.2 Balance de energía en hoja, planta y bosque
- 3.3 Respuestas fisiológicas y morfológicas al estrés de luz y temperatura

##### **4. Balance de Carbono**

- 4.1 Ganancia de carbono
  - 4.1.1 Reacciones fotoquímicas y reacciones de asimilación de Carbono
  - 4.1.2 Consecuencias ecológicas de las diferentes vías de asimilación de Carbono
  - 4.1.3 Eficiencia fotosintética
- 4.2 Utilización de Carbono
  - 4.2.1 Bioquímica de la respiración en especies forestales
  - 4.2.2 Respiración de crecimiento y respiración de mantenimiento
- 4.3 Partición de Carbono
  - 4.3.1 Translocación
  - 4.3.2 Relación fuente-demanda
- 4.4 Efectos ambientales sobre el balance de Carbono
- 4.5 El balance de Carbono y la productividad forestal

##### **5. Nutrición**

- 5.1 Efectos ambientales sobre el crecimiento y la fisiología del sistema radical
- 5.2 Absorción y transporte de nutrientes
- 5.3 Forma disponible y papel fisiológico de macro y microelementos
- 5.4 Respuestas fisiológicas y adaptaciones al estrés nutricional
- 5.5 Nutrición y productividad

##### **6. Crecimiento**

- 6.1 Concepto ecofisiológico de crecimiento

- 6.2 Análisis matemático y funcional del crecimiento en especies forestales
- 6.3 Crecimiento y productividad de especies forestales

## **7. Desarrollo**

- 7.1 Sistema regulatorio de la planta
- 7.2 Ecofisiología de la germinación y del crecimiento de la plántula
  - 7.2.1 Metabolismo y morfología durante la germinación y el establecimiento de la plántula
  - 7.2.2 Germinación y estrategia reproductiva
  - 7.2.3 Efectos ambientales sobre la germinación y el establecimiento
- 7.3 Ecofisiología del desarrollo ulterior
  - 7.3.1 Morfogénesis, floración, fructificación y senescencia
- 7.4 Efectos ambientales sobre el desarrollo

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

- Motivación-enseñanza-aclaración-evaluación-rectificación, individual y en grupo.
  - Relacionar estrechamente la teoría con la práctica
  - Consultas bibliográficas (tareas dirigidas)
  - Exposición oral de maestro y alumno
  - Discusión de artículos científicos
- Apoyos didácticos: pizarrón, proyector de diapositivas y de acetatos, prácticas aplicadas y de investigación en laboratorio y en campo.

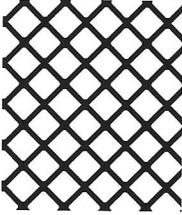
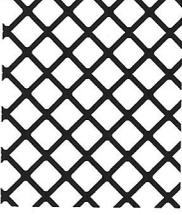
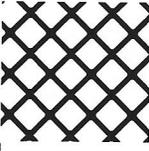
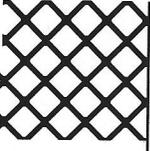
## **VI. - EVALUACIÓN.**

### **Sumativa**

Para la evaluación de los conocimientos adquiridos por los alumnos, se considerarán tres exámenes parciales, presentaciones orales en clase, y reportes de laboratorios y de prácticas. Cada una de las actividades tiene un valor de entre 12.5 y 25%. El porcentaje alcanzado en cada una de ellas se promediará para determinar, por un lado la exención del examen ordinario, misma que se otorgará con un promedio de 9.0. Por el otro, el derecho al examen ordinario se otorgará cuando el promedio sea mayor o igual a 5.0. Lo anterior es en apego al artículo 44° del reglamento académico para alumnos de nivel de licenciatura aprobado en junio de 1999 por el H. Consejo Universitario. Con relación a la presentación de los exámenes escritos, se recogerá el examen escrito y la calificación será cero (0), cuando se encuentre al alumno cometiendo fraude (conversando con otro compañero, volteando a ver al examen de su compañero, cualquier forma o estrategia de copiar), la misma falta será para el alumno que permita ser copiado por otro compañero (artículo 12°. del reglamento académico para alumnos de nivel licenciatura).

**CRONOGRAMA DE TEMAS**

Semana

Temas (horas)	Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1. Introducción (5)	Definir la ecofisiología y revisar sus implicaciones en la regeneración de bosques																	
2. Relaciones Hídricas (15)	Entender y estudiar los procesos hídricos que condicionan la apertura y cierre de estomas y sus implicaciones en el proceso de la fotosíntesis																	
3. Relaciones Energéticas (15)	Estudiar y revisar los procesos energéticos asociados a las adaptaciones morfológicas de los árboles																	
4. Balance de Carbono (15)	Estudiar la fotosíntesis con enfoque a especies forestales y sus limitaciones ambientales																	
5. Nutrición (15)	Revisar los procesos de absorción y transporte de nutrientes así como revisar la fertilización en la producción de plantas en vivero																	
6. Crecimiento (8)	Revisar los principios ecofisiológicos del crecimiento así como su estimación matemática																	
7. Desarrollo (8)	Identificar las etapas de desarrollo de un árbol y los efectos ambientales en las mismas																	

Las actividades con sus porcentajes para obtener los promedios del curso son las siguientes:

Tres exámenes parciales	25.0%
Una presentación oral	12.5%
Un proyecto semestral	12.5%
Tres reportes de laboratorio y tareas	25.0%
Dos reportes de prácticas de campo	<u>25.0%</u>
	100%

### Formativa

- Puntualidad y responsabilidad. De acuerdo con las disposiciones de orden académico, el porcentaje de asistencias que el alumno deberá tener es de un 85% para tener derecho a examen ordinario y 80% para extraordinario.
- Procedimiento continuo de formación (determinar capacidad individual para resolver problemas, mejorar y reajustar proceso de enseñanza: motivación-enseñanza-evaluación-rectificación).

La distribución de los temas para cada uno de los exámenes parciales, es de la siguiente manera:

Examen	Temas
1o	Introducción, Relaciones Hídricas y Relaciones energéticas
2 <sup>nd</sup>	Balance de Carbono y Nutrición
3o	Crecimiento y Desarrollo

## VII. RECURSOS NECESARIOS.

### Infraestructura

Se necesita aula equipada con pizarrones y butacas, pantalla para proyección con acetatos o de computadora, así como las condiciones necesarias para la proyección (cortinas, contactos eléctricos, extensiones eléctricas, etc.). Las prácticas se realizan en los ecosistemas forestales que se ubican fuera del campus de la Universidad, por lo que se requiere un autobús con capacidad de hasta 20 personas así como alimentos para los estudiantes. Además se necesita un invernadero, con ambiente controlado, para evaluar las tasas de crecimiento así como las variables fisiológicas (potencial hídrico, fotosíntesis, cavitación, etc.).

### Equipo

Se necesitan taladros de Pressler, brújulas, altímetros, pistolas Haga, cintas diamétricas, clinómetros, longímetros de 30 m, flexómetros de 5 m y cuerdas compensadas a cada 5% de pendiente. Con respecto a las practicas para determinar el potencial hídrico, la cavitación y la fotosíntesis de las plantas se necesita un cilindro de 9 m<sup>3</sup> con nitrógeno de alta pureza, una cámara de presión para potencial hídrico y otra para cavitación, y un LICOR-6400 para determinar la fotosíntesis.

## VIII. INDICACIONES ESPECIALES.

### **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. La presentación oral se elaborarán con base en las siguientes elecciones: a) un tema del programa analítico, b) un artículo técnico-científico de interés epidemológico y c) una revisión bibliográfica de un tema de interés epidemológico. Las presentaciones orales deberán organizarse para que en 30 minutos se presenten los principales temas que aborda la lectura seleccionada.

### **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 sorprendete en la lectura?. 2. Qué te gustó o qué no te gustó de la lectura?. 3. En qué estas 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 manera pensativa y reflexiva.

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. 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 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. Solo se justificará el alumno que con tres días de anticipación comunique al profesor-investigador su ausencia por participación en eventos académicos de la Universidad.

### **Proyecto semestral**

Los alumnos se integrarán en equipos de trabajo para desarrollar un proyecto semestral el cual deberá contemplar alguno de los temas del programa analítico. El proyecto se desarrollará con base en una hipótesis o pregunta técnico-científica, dicha hipótesis o pregunta se evaluará en conjunto con los otros equipos para su aprobación. Cada equipo preparará un reporte por escrito y una presentación oral. La estructura del reporte escrito se apegará al siguiente formato:

#### 1. Introducción

2. Revisión de literatura
3. Materiales y métodos
4. Resultados y discusión
5. Conclusiones
6. Recomendaciones
7. Literatura citada

Cada equipo será libre de preparar los materiales y medios para la exposición y sustentación de su proyecto semestral. La evaluación del proyecto semestral será con base en el reporte escrito, entregado en tiempo y forma (6.25%), y en la presentación oral (6.25%). En la presentación oral se evaluará la participación de cada uno de los integrantes de los equipos.

## VII.- BIBLIOGRAFÍA BÁSICA.

- Bidwell, R. G. S. 1990. Fisiología vegetal. AGT. México. 784 p. **QK 710.B52 1990**
- Daniel, P. W., Helms, U. E., y Baker, F. S. 1982. Principios de silvicultura. McGraw-Hill. 492 p. **SD391.D3618 1982**
- Daubenmire, R. F. 1990. Ecología vegetal. Tratado de autoecología de plantas. Limusa. México. 496 p.
- Fitter, A. H. 1981. Environmental physiology of plants. Academic Press. USA. 355 p. **QK 711.2.F57 1981**
- Grossnickle, S. C. 2000. Ecophysiology of northern spruce species: The performance of planted seedlings. NRC. Canada. 407 p.
- Jones, H.G. 1992. Plants and microclimate. A quantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge University Press. USA. 428 p.
- Kozlowski, T., Kramer, P. J., y Pallardy, S. G. 1991. The Physiological ecology of woody plants. Academic Press. USA. 657 p. **QK 905.K69 1991**
- Larcher, W. 1977. Ecofisiología vegetal. Omega. España. 305 p. **QK 901.L37 1977**
- Lira, S. R. 1994. Fisiología vegetal. Trillas. México. 237 p. **SB 128.L57 1994**
- Medina, E. 1977. Introducción a la ecofisiología vegetal. OEA. 102 p. **QK 901.M42 1977**
- Nobel, P. S. 1991. Physiochemical and environmental plant physiology. Academic Press. USA. 635 p. **QK 711.2.N62 1991**
- Osmond, C. B. 1980. Physiological processes in plant ecology. USA. 468 p. **QK 495.O75 1980**
- Pearcy, R. W., Ehleringer, J., Mooney, H. A. y Rundel, P. W. 1994. Plant physiological ecology.

Field methods and instrumentation. Chapman & Hall. USA. 457 p.

Richter, G. 1972. Fisiología del metabolismo de las plantas. CECSA. México 417 p.  
**QK 881.R62 1972**

Rojas, G. M. 1972. Fisiología vegetal aplicada. Interamericana-McGraw-Hill. México. 252 p.  
**QK 711.R64 1972**

Smith, W. K. y Hinckley, T. M. 1995. Ecophysiology of coniferous forests. Academic Press. USA.  
 338 p.  
**QK 494.E26 1995**

Unesco. 1965. Methodology of plant ecophysiology. Unesco. USA. 531 p **SB 185.5.M47 1965**

Zimmermann, M., Brown, C. L., y Tyree, M. T. 1977. Trees. Structure and function. Springer-Verlag.  
 USA. 336 p.  
**QK 475.Z55 1980**

### **VIII.- BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA.**

Bazzaz, F. A. 1996. Plants in changing environments. Linking physiological, population, and community ecology. Cambridge University Press. USA. 320 p.

Harper, J. L. 1994. Population biology of plants. Academic Press. USA. 892 p.

Lambers, H., Chapin III, F. S., y Pons, T. L. 1998. Plant physiological ecology. Springer-Verlag.  
 USA. 540 p.

Larcher, W. 1995. Physiological plant ecology. Ecophysiology and stress physiology of functional groups. Springer-Verlag. USA. 506 p.

Rundel, P. W. and Yoder, B. J. 1998. Ecophysiology of *Pinus*. In: Richardson, D. M. (editor). Ecology and biogeography of *Pinus*. Cambridge. pp. 296-323.

Smith, W. K. y Hinckley, T. M. 1995. Resource physiology of conifers. Acquisition, allocation and utilization. Academic Press. USA. 396 p.

Spurr, S. H. y Barnes, B. V. 1973 Forest ecology. Ronald Press. USA. 571 p.

Waring, R. H. y Schlesinger, W. H. 1985. Forest ecosystems. Concepts and Management. Academic Press. USA. 340 p.

### **IX.- ARTÍCULOS PARA LECTURA Y DISCUSIÓN.**

Barton, A. M. 1993. Factors controlling plant distribution: drought, competition, and fire in montane pines in Arizona. Ecol. Monogr. 63:367-397.

Barton, A. M. and Teeri, J. A. 1993. The ecology of elevational position in plants: drought resistance in five montane pine species in southeastern Arizona. Am. J. of Bot. 80:15-25.

- Bazzaz, F. A. 1979. The physiological ecology of plant succession. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 10:351-371.
- Becker, C. A., Mroz, G. D., and Fuller, L. G. 1987. The effects of plant moisture stress on red pine (*Pinus resinosa*) seedling growth and establishment. *Can. J. For. Res.* 17:813-820.
- Carter, G. A., Miller, J. H., Davis, D. E. and Patterson, R. M. 1984. Effect of vegetative competition on the moisture and nutrient status of loblolly pine. *Can. J. For. Res.* 14:1-19.
- Cornejo O., E. H. y Benavides M. A. 2002. Respuestas estomáticas. 83-87 pp. En: El estrés desde el punto de vista fisiológico. *Ecofisiología y bioquímica del estrés en plantas*. Benavides M. A (editor). Dpto. de Horticultura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 220 p.
- Cornejo O., E. H. 2002. Adaptaciones morfológicas y anatómicas que aumentan la tolerancia al estrés. 191-192 pp. En: Efectos del estrés sobre la morfología, anatomía y composición química de las plantas. *Ecofisiología y bioquímica del estrés en plantas*. Benavides M. A (editor). Dpto. de Horticultura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 220 p.
- Cornejo-Oviedo, E. H. and Emmingham, W. 2003. Effects of water stress on seedling growth, water potential and stomatal conductance of four *Pinus* species. *Crop Research* 25(1):159-190.
- Day, R. J. and Walsh, S. J. 1980. A manual for using the pressure chamber in nurseries and plantations. *Silviculture Report*. 1980-2. Lakehead University. School of Forestry. Thunder Bay, Ontario.
- Drew, A. P., Drew, L. G., and Fritts, H. C. 1972. Environmental control of stomatal activity in mature semiarid site ponderosa pine. *J. Ariz. Aca. Sci.* 7:85-93.
- Farquhar, G. D. and Sharkey, T. D. 1982. Stomatal conductance and photosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 33:317-345.
- Grantz, D. A. 1990. Plant response to atmospheric humidity. *Plant Cell Environ.* 13:667-679.
- Grossnickle, S. C., Arnott, J. T., Major, J. E., and Tschaplinski, T. J. 1991. Influence of dormancy induction treatments on western hemlock seedlings. I. Seedling development and stock quality assessment. *Can. J. For. Res.* 21:164-174.
- Helms, J. A. and Rutter, M. R. 1979. Tree physiology as a basis for better silviculture. *Calif. Agric.* 33:12-13.
- Hinckley, T. M., Lassoie, J. P., and Running, S. W. 1978. Temporal and spatial variations in the water status of forest trees. *For. Sci. Monogr.* 20.
- Jardel-Peláez, E. and Sánchez-Velásquez, L. R. 1989. La Sucesión forestal: fundamento ecológico de la silvicultura. *Cienc. Desarro.* XIV:33-43.
- Johnson, N. E. and Nielsen, D. G. 1969. Pressure chamber measurements of water stress in

individual pine fascicles. For. Sci. 15:452-453.

Kaufmann, M. R. 1982. Evaluation of season, temperature, and water stress effect on stomata using a leaf conductance model. Plant Physiol. 69:1023-1026.

Khan, R. S., Rose, R., Haase, D. L., and Sabin, T. E. 1996. Soil water stress: Its effects on phenology, physiology, and morphology of containerized Douglas-fir seedlings. New Forests. 12:19-39.

Lopushinsky, W. 1969. Stomatal closure in conifer seedling in response to leaf moisture stress. Bot. Gaz. 130:258-263.

Margolis, H. A. and Brand, D. G. 1990. An ecophysiological basis for understanding plantation establishment. Can. J. For. Res. 20:375-390.

Monson, R. K. and Grant, M.C. 1989. Experimental studies of ponderosa pine. III. Differences in photosynthesis, stomatal conductance, and water-use efficiency between two genetic lines. Amer. J. Bot. 76:1041-1047.

Poorter, H. and Garnier, E. 1996. Plant growth analysis: an evaluation of experimental design and computational methods. J. Expri. Bot. 47:1343-1351.

Ritchie, G. A. and Hinckley, T. A. 1975. The pressure chamber as an instrument for ecological research. Adv. Ecol. Res. 9:165-254.

Spittlehouse, D. L. and Stathers, R. J. 1990. Seedling microclimate. Land Management Report. No. 65. B. C. Min. For. Victoria, B. C.

Vargas H., J. J. y Muñoz O., A. 1991. Potencial hídrico, transpiración y resistencia estomatal en plántulas de cuatro especies de *Pinus*. Agrociencia serie Recursos Naturales Renovables. 1:25-38.

**X.- PROGRAMA ELABORADO POR:** Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo

**XI.- PROGRAMA ACTUALIZADO POR:** Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo

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



Dr. Miguel A. Capó Arteaga  
Coordinador de la Academia  
del Departamento Forestal

Fecha: Septiembre 1, 2005



DEPARTAMENTO FORESTAL