

FORMATO INSTITUCIONAL DE CURSOS REGULARES

TITULO DEL CURSO:	PRODUCTIVIDAD DE ECOSISTEMAS FORESTALES		
PROGRAMA DE POSTGRADO:	CIENCIAS FORESTALES		
CURSO:	REGULAR		
PROFESOR TITULAR:	MIGUEL ÁNGEL LÓPEZ LÓPEZ		
CLAVE DE PROFESOR:	X01378		
COLABORADOR (ES):	-		
(ANOTAR NOMBRE Y CLAVE DE CADA PROFESOR	-		
CORREO ELECTRÓNICO:	lopezma@colpos.mx		
TELÉFONO:	5959520200 Ext 1481	EDIFICIO/PLANTA/NÚMERO:	Eduardo Casas Díaz
CLAVE DEL CURSO:	FOR-619	PRE-REQUISITOS:	
TIPO DE CURSO:		PERIODO:	
<input type="checkbox"/> Teórico	<input type="checkbox"/> Primavera	<input type="checkbox"/> Práctico	<input checked="" type="checkbox"/> Verano
<input checked="" type="checkbox"/> Teórico-Práctico	<input type="checkbox"/> Otoño		
SE IMPARTE A :		MODALIDAD:	
<input checked="" type="checkbox"/> Maestría en Ciencias	<input checked="" type="checkbox"/> Presencial	<input type="checkbox"/> No presencial	
<input checked="" type="checkbox"/> Doctorado en Ciencias	<input type="checkbox"/> Mixto		
<input type="checkbox"/> Maestría Tecnológica			
CRÉDITOS:	3		
HORAS TEORÍA:		HORAS PRÁCTICA:	
Presenciales	48	LABORATORIO	30
Extra clase	144	CAMPO	114
Total	192	INVERNADERO	

Nota: Un crédito equivale a 64 horas totales (presenciales y extra clases)

Las horas práctica están consideradas en las horas Extra clase y se reflejan en el total

OBJETIVO GENERAL DEL CURSO:

Que el estudiante identifique los mecanismos de interacción entre los factores que afectan el crecimiento vegetal y la productividad de ecosistemas forestales. Se espera que al final de este curso, el alumno tenga herramientas técnico-científicas para emprender acciones de manejo silvícola tendientes a atenuar efectos negativos de los factores que limitan el crecimiento de masas forestales.

HORAS ESTIMADAS	TEMAS Y SUBTEMAS	OBJETIVOS DE LOS TEMAS
5	GENERALIDADES. CONCEPTOS BÁSICOS; PRODUCTIVIDAD COMPARATIVA DE DIVERSOS BIOMAS; FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD DE ECOSISTEMAS NATURALES	INTRODUCIR AL ESTUDIANTES AL CONOCIMIENTO DEL FUNCIONAMIENTO DE ECOSISTEMAS FORESTALES
4.5	HIPÓTESIS SOBRE LA DECLINACIÓN DEL CRECIMIENTO DURANTE EL DESARROLLO DEL RODAL	ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA DURANTE EL DESARROLLO DE UN RODAL
3	FACTORES CLIMATICOS DE LA PRODUCTIVIDAD. PRECIPITACIÓN PLUVIAL; RADIACIÓN SOLAR; TEMPERATURA	DISCUTIR LOS EFECTOS DEL CLIMA EN LA PRODUCTIVIDAD DE ECOSISTEMAS FORESTALES
21.5	FACTORES EDAFICOS DE LA PRODUCTIVIDAD: HUMEDAD DEL SUELO; NUTRIMENTOS; MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL SITIO; DESCOMPOSICIÓN Y PRODUCTIVIDAD; PRINCIPIOS DE ECOLOGÍA DE SISTEMAS;	ANALIZAR LOS EFECTOS Y POSIBILIDADES DE MANEJO DE FACTORES EDAFICOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE ECOSISTEMAS FORESTALES
4	FUEGO Y PRODUCTIVIDAD DE ECOSISTEMAS: CAMBIOS ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES EN EL ECOSISTEMA DESPUÉS DEL FUEGO; MANEJO NUTRIMENTAL DE RODALES DESPUÉS DEL FUEGO	DISCUTIR LOS EFECTOS DEL FUEGO EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES
5	CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL Y PRODUCTIVIDAD DE ECOSISTEMAS: FUERSAS ANTROPOGÉNICAS DEL CCG; EFECTOS DEL CCG EN ECOSISTEMAS FORESTALES;	COMPRENDER INTEGRALMENTE EL CCG Y SUS EFECTOS EN EL DESARROLLO DE ECOSISTEMAS FORESTALES
5	ALTERACIONES ANTROPOGÉNICAS LOCALES: CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y DECLINACIÓN FORESTAL	DISCUTIR LA RELACIÓN ENTRE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y LA DECLINACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE ECOSISTEMAS FORESTALES

EN CASO DE CURSO TEÓRICO-PRÁCTICO O PRÁCTICO, SE DEBERÁ AGREGAR EL MANUAL DE PRÁCTICAS CORRESPONDIENTE, CUYO FORMATO DE CADA PRÁCTICA, DEBE ESTAR INTEGRADO POR PROTOCOLO, BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA Y EVALUACIÓN. EL PROTOCOLO DE CADA PRÁCTICA DEBE INCLUIR, INTRODUCCIÓN-REVISIÓN DE LITERATURA, MATERIALES Y MÉTODOS, MÁS INDICACIONES PARA LA PRESENTACIÓN DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

LISTA DE PRÁCTICAS

(TÍTULO, OBJETIVOS PUNTUAL, NUM. DE HORAS)

1. Elaboración de modelos matemáticos para estimación de biomasa en especies forestales.
Objetivo: Que el estudiante aprenda técnicas y procedimientos para elaborar modelos de estimación de biomasa aérea de árboles forestales. Tiempo aproximado para el desarrollo de esta práctica: 14 h en campo y 50 laboratorio.
2. Estimación de la productividad primaria neta de rodales de especies de clima templado frío.
Objetivo: que el estudiante aprenda a determinar la productividad primaria neta de un rodal forestal de clima templado frío, mediante métodos de campo. tiempo aproximado para el desarrollo de esta práctica: 14 h. en campo y 34 en laboratorio.
3. Crecimiento de coníferas en presencia de especies fijadoras de nitrógeno. **Objetivo:** que el estudiante identifique la interacción entre las especies fijadoras de nitrógeno y las especies forestales comerciales y la importancia de la mezcla de especies. tiempo aproximado para el desarrollo de esta práctica: 14 h. en campo y 18 h en laboratorio.

RECURSOS DIDÁCTICOS:

Se utilizan diapositivas previamente preparadas; artículos científicos de discusión, instrumentos de medición dasométrica y equipos básicos de laboratorio.

NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN
<p>Normas de evaluación</p> <p>Los procedimientos de evaluación se discuten al inicio del curso para definir los conceptos a evaluar así como su aportación a la calificación final del curso.</p>
<p>Procedimiento de evaluación</p> <p>Se aplica dos exámenes de conocimientos (25 y 20 % el de medio cuatrimestre y el final, respectivamente), varias tareas (10 %), análisis y presentación de artículos científicos (3 %), participación en clase (2 %), participación y reporte de prácticas (30 %) y presentación de trabajo final de investigación (10 %).</p>

BIBLIOGRAFÍA IMPRESA O ELECTRÓNICA (AUTOR, AÑO, TÍTULO, EDITORIAL, FECHA, EDICIÓN)

Tema 1

- Aber, J. D., and J. M. Melillo. 1991. Terrestrial ecosystems. Saunders College Publishing. Orlando. 429 p.
- Binkley, D. y M. G. Ryan. 1998. Net primary production and nutrient cycling in replicated stands of *Eucalyptus saligna* and *Albizia falcataria*. For. Ecol. Manag. 112:79-85
- Clark et al. 2001. Measuring net primary production in forests: concepts and field methods. *Ecological Applications*. 11:356-370
- Flores N. P., M. A. López L. G. Ángeles P. M. L. de la Isla S. y G. Vázquez C. 2011. Modelos para estimación y distribución de biomasa de *Abies religiosa* (Kunth.) Schltdl. et Cham. En proceso de declinación. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 2(8):9-20.
- Navarro-Martínez, J., F. Godínez-Jaimes, M. Á. López-López, J. L. Rosas-Acevedo, A. L. Juárez-López y M. Reyes-Umaña. 2020. Ajuste de ecuaciones alométricas para estimar biomasa aérea en *Pinus oocarpa* y *Quercus resinosa* en Guerrero, México. Madera y Bosques 26(1): 1-11. doi: 10.21829/myb.2020.2611964
- Keyes, R.M. y C.C. Grier. 1981. Above- and below-ground net production in 40-years-old Douglas-fir stands on low and high productivity sites. *Can. J. For. Res.* 11:599-605.
- Larcher, W. 1995. Physiological plant ecology. (3rd edition). Springer. Germany. 506 p.
- Manzano M. D., M. A. López L., F. Manzano M. y E, Pineda H. 2007. Productividad primaria neta de una plantación de recuperación de suelos. VIII Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Morelia, Mich.
- Waring, R. H. and W. H. Schlesinger. 1985. Forest ecosystems: Concepts and management. Academic Press. New York. 325 p.

Tema 2

Binkley, D., F. W. Smith, and Y. Son. 1995. Nutrient supply and declines in leaf area and production in lodgepole pine. *Can. J. F. Res.* 252: 621-628.

Landsberg, J. J., and S. T. Gower. 1997. Applications of physiological ecology to forest management. Academic Press. San Diego. 354 p.

Olsson, U., D. Binkley, and F. W. Smith. 1998. Nitrogen supply, nitrogen use, and production in an age sequence of lodgepole pine. *For. Sci.* 44: 454-457.

Ryan, M. G., D. Binkley, J. H. Fownes, C. P. Giardina, and R. S. Senock. 2004. An experimental test of the causes of forest growth decline with stand age. *Ecological Monographs* 74(3): 393-414

Voelker, S. L., R. M. Muzika, and R. P. Guyette. 2008. Individual Tree and Stand Level Influences on the Growth, Vigor, and Decline of Red Oaks in the Ozarks. *Forest Science* 54(1): 8-20.

Tema 3

Landsberg, J. J., and S. T. Gower. 1997. Applications of physiological ecology to forest management. Academic Press. San Diego. 354 p.

Schlesinger, W. H. 1997. Biogeochemistry: An analysis of global change. 2nd Ed. Academic press. U. S. A. 588 P.

Pineda-Herrera, E., J. I. Valdez-Hernández, M. A. López-López, F. Manzano-Méndez e I. H. Salgado-Ugarte. 2015. Incremento en diámetro y periodicidad de anillos de crecimiento de dos especies arbóreas en una selva húmeda del norte de Oaxaca, México. *Madera y Bosques* 21(3):55-68.
<http://www1.inecol.edu.mx/myb/resumeness/21.3/myb213055068.pdf> }

Manzano M. F., J. I. Valdez H., M. A. López L. y E. Pineda H. 2016. Biomasa aérea de *Zanthoxylum kellermanii* P. Wilson en una selva perennifolia del norte de Oaxaca. *Rev. Mex. de Ciencias Forestales*. 7(33): 4-51.

Tema 4

Brady, N.C. and R. R. Weil. 2000. Elements of the nature and properties of soils. 12th ed. Prentice Hall. New Jersey. 559 p.

De La Cruz-Landero, N., V.E. Hernandez, E. Guevara, M.A. Lopez-Lopez, A.T. Santos, E. Ojeda-Trejo and A. Alderete-Chavez, 2010. *Lupinus versicolor* response in soils contaminated with heavy metals from a petroleum extraction field. J. Applied Sci., 10: 694-698.

Hillel, D. 1998. Environmental soil physics. Academic Press. San Diego. 771 p.

Landsberg, J. J., and S. T. Gower. 1997. Applications of physiological ecology to forest management. Academic Press. San Diego. 354 p.

Lopez-Lopez, M. A. 2004. Growth, nutrient, and water status of Montezumae pine as affected by alder in the state of Hidalgo, Mexico. P.H.D. Thesis. Colorado State University. 118 p.

López-López M. A., C. Aguirre-Bravo y R. Reich. 2006. Montezuma pine nutrient status as affected by alder density and nitrogen fertilization. J, Plant Nutrition and Soil Science, 169: 833-840.

Pritchett, W. L. 1986. Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento. Translation from English by Jose Hurtado Vega. Limusa. México. 634 p.

Montero-Solís, F. M., J. Álvarez-Muñoz y M. Á. López López. 2019. Potencial productivo de *Cedrela odorata* L.: estimación mediante el modelo 3-PG. Madera y Bosques 25(2): 1-15. doi: 10.21829/myb.2019.2521641.

Parra-Piedra, L. A., M. Á. López-López, A. Gómez-Guerrero y V. M. Ordaz-Chaparro. 2020. Concentraciones críticas nutrimentales y normas DRIS para árboles de medio turno de *Cedrela odorata* L. Revista Mexicanas de Ciencias Forestales. 11(58): 69-91. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i58.594>

Tema 5

Aber, J. D., and J. M. Melillo. 1991. Terrestrial Ecosystems. Saunders Collage Publishing. Orlando. 429 p.

Fisher, R. y D. Binkley. 2000. Ecology and management of forest soils. Wiley, New York. 489 p.

Zavala, L. M., R. de Celis y A. Jordán. 2014. How wildfires affect soil properties: a brief review. Cuadernos de Investigación Geográfica 40(2): 311-331.

Juárez-Orozco, S. M., C. Siebe y D. Fernández F. 2017. Causes and effects of forest fires in tropical rainforests: A bibliometric approach. Tropical Conservation Science 10: 1-14.

Tema 6

- Gay G. C. (Compilador) (2000). *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, US Country Studies Program. México, 220 p. ISBN 968-36-7562-X
- Larcher, W. 1995. *Physiological plant ecology*. (3rd edition). Springer. Germany. 506 p.
- Schlesinger, W. H. 1997. *Biogeochemistry: An analysis of global change*. 2nd Ed. Academic press. U. S. A. 588 P.
- U.S. Global Change Research Program.
<http://downloads.globalchange.gov/usimpacts/pdfs/Global.pdf>
- Morin, X., L. Fahse, H. Jactel, M. Scherer-Lorenzen, R. García V. y H. Bugmann. 2018. Long-term response of forest productivity to climate change is mostly driven by change in tree species composition. *Scientific Reports* 8:5627. DOI:10.1038/s41598-018-23763-y.
- Ding, Y. S. Liang, y S. Peng. 2019. Climate change affects forest productivity in a typical climate transition region of China. *Sustainability* 11: 1-14. doi:10.3390/su11102856.

Tema 7

- Aber, J. D., and J. M. Melillo. 1991. *Terrestrial Ecosystems*. Saunders College Publishing. Orlando. 429 p.
- Alvarado R. D. 1989. Declinación y muerte del bosque de oyamel (*Abies religiosa*) en el sur del Valle de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 78 p.
- Flores N. P., M. A. López L. G. Ángeles P. M. L. de la Isla S. y G. Vázquez C. 2011. Modelos para estimación y distribución de biomasa de *Abies religiosa* (Kunth.) Schltld. et Cham. En proceso de declinación. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2(8):9-20.
- López L. M. A. 1993. Evaluación nutrimental de *Abies religiosa* en el Desierto de los Leones, D.F. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa Forestal, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. 101 p.
- Nowak, D. J., y G. M. Heisler. 2010. *Air quality effects of urban trees and parks*. National Recreation and Park Association. Ashburn, VA. 48 p.

EN CASO DE CURSO TEÓRICO-PRÁCTICO O PRÁCTICO, SE DEBERÁ AGREGAR EL MANUAL DE PRÁCTICAS CORRESPONDIENTE, CUYO FORMATO DE CADA PRÁCTICA, DEBE ESTAR INTEGRADO POR PROTOCOLO, BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA Y EVALUACIÓN. EL PROTOCOLO DE CADA PRÁCTICA DEBE INCLUIR, INTRODUCCIÓN-REVISIÓN DE LITERATURA, MATERIALES Y MÉTODOS, MÁS INDICACIONES PARA LA PRESENTACIÓN DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

MANUAL DE PRÁCTICAS DEL CURSO

PRACTICA No. 1

ELABORACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA ESTIMACIÓN DE BIOMASA EN ESPECIES FORESTALES

PROTOCOLO

Introducción:

La estimación de la productividad primaria neta y tasas de captura de carbono en bosques por métodos directos de campo, requiere de la existencia de modelos matemáticos simples que permitan estimar con una precisión razonable, la biomasa de cada una de las especies vegetales de interés. En México, se carece de la existencia de modelos para estimar biomasa de la mayoría de nuestras especies forestales. Más aun, existen modelos para estimación de biomasa de algunas especies; sin embargo, la distribución de la biomasa entre los diferentes compartimientos del árbol puede variar debido a las condiciones climáticas, de suelo y de manejo. Por consiguiente, es deseable contar con modelos regionales para estimación de biomasa de las diversas especies forestales.

En el caso de *Pinus patula*, existen varios modelos para estimación de biomasa desarrollados en México. No obstante, se carece de modelos para estimar biomasa de los diversos compartimientos del árbol en etapas iniciales de desarrollo como son la de brinjal y la de latizal.

Objetivo

Que el estudiante aprenda técnicas y procedimientos para elaborar modelos de estimación de biomasa aérea de árboles forestales.

Materiales y métodos

Materiales

Motosierra
Tijeras de podar ramas
Cinta diamétrica
Vernier digital
Bolsas nylon
Recipiente para pesar material (cubetas)
Báscula de 100 Kg
Balanza de 8 Kg
Marcadores
Formatos de registro de datos
Lonas para depósito de materiales separados (follaje, madera, etc)
Longímetro
Estufas de secado

Métodos

La práctica se llevará a cabo en el ejido Palo Bendito, Mpio. de Huayacocotla, Ver. En un sitio donde existan árboles en las etapas de brinzal y latizal se seleccionará árboles de dimensiones variadas. Cada estudiante del curso seleccionará un árbol de acuerdo con la tabla de abajo:

Estudiante	Est. A	Est. B	Est. C	Est. D	Est. E	Est. F	Est. G	Est. H	Est. I
DAP (cm)							

DAP: Diámetro a la altura del pecho (1.30 m)

Cada árbol será seccionado en sus diferentes compartimientos: fuste, madera de ramas y follaje. La masa húmeda de cada compartimiento se pesará en una báscula apropiada y posteriormente, se tomará cinco unidades de muestreo de masa de cada compartimiento (mayor número de unidades de muestreo pueden mejorar la precisión de la estimación), con el fin de estimar el contenido de agua de cada uno de ellos. Si la masa húmeda de un compartimiento es pequeña, es posible secar todo el compartimiento y evitar el procedimiento de muestreo.

Las muestras de material serán colocadas en bolsas nylon perfectamente etiquetadas (estudiante, compartimiento y número de muestra) y transportadas al laboratorio donde

se determinará el peso seco. El peso seco de las muestras de biomasa se obtendrá pesando las muestras en estufa de secado a 70 °C hasta peso constante, lo cual se logra aproximadamente en 48 h.

Cada estudiante registrará sus datos en una tabla como la siguiente:

PRÁCTICA 1

Formato 1 de registro de datos

Estudiante:

fecha:

DAP (cm)	ALT TOT (m)	CPMTO	PH CPMTO (Kg)	MUES TRA No.	PH MUES TRA (Kg)	PS MUES TRA (Kg)	CH MUESTRA (%) =(PH-PS)*100/PH	PS CPMTO (Kg) =PHCMTO*(100-CHPROM)/100		
		Fuste		1						
				2						
				3						
				4						
				5						
							CHPROM:			
		Madera de ramas				1				
						2				
						3				
						4				
						5				
									CHPROM:	
		Follaje				1				
						2				
						3				
						4				
5										
							CHPROM:			

DAP: Diámetro a la altura del pecho (1.30 m); ALT TOT: Altura total; CPMTO: Compartimiento; PH CPMTO: Peso húmedo del compartimiento; PH: Peso húmedo de muestra; PS: Peso seco de muestra; CH: Contenido de humedad de muestra; PS CPMTO: Peso seco del compartimiento; CHPROM: Contenido de humedad promedio de la muestra. La altura total se mide desde la base del árbol hasta el ápice del brote principal.

Obtenida la información del cuadro de arriba, conjuntar la información correspondiente a cada uno de los árboles en una tabla como la siguiente:

PRÁCTICA 1

Formato 2. Integración de datos de todos los árboles
fecha:

Estudiante/árbol No.	DAP (cm)	ALT TOT (m)	BIOMASA (Kg)		
			FUSTE	MADRAM	FOLLAJE

DAP: Diámetro a la altura del pecho (1.30 m); ALT TOT: Altura total; MADRAM: Biomasa de madera de ramas

A esta tabla se agregará una serie de datos levantados en años anteriores en el mismo sitio y especie forestal.

Elaboración de los modelos

Se elaborará un modelo de regresión para estimar biomasa de fuste a partir del DAP; uno para madera de ramas y uno más para follaje. Para tal efecto es posible utilizar Excel, buscando los modelos, dentro de los disponibles en Excel, a los que mejor se ajusten los datos obtenidos (p.e. Figura 1).

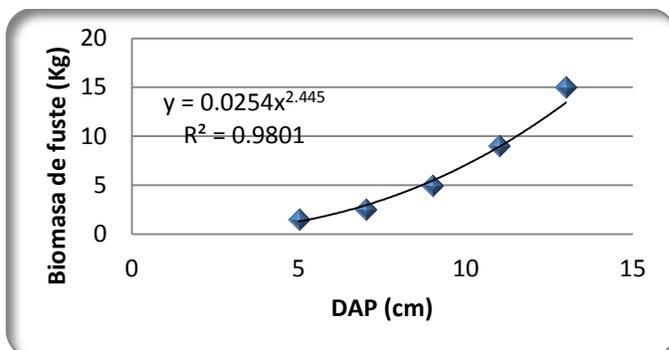


Figura 1. Modelo hipotético de estimación de biomasa de fuste de árboles de *Pinus patula* de 5 a 15 cm de DAP.

Reporte de la práctica

El reporte de la práctica incluirá los apartados que comúnmente tiene un artículo científico, excepto el resumen y palabras clave. En la sección de resultados y discusión deberá describirse los resultados obtenidos (hablar del tipo de modelo utilizado, el valor de R^2 , etc.) y posteriormente, discutir los resultados; es decir, contrastar el modelo con otros existentes para la especie o especies afines. Si se detectan discrepancias fuertes entre el modelo generado y otros, tratar de explicar las causas de esas diferencias.

Para fines de elaboración del reporte de la práctica, se integrará dos equipos (o más) de trabajo de tres miembros cada uno. El reporte deberá indicar, en la carátula, el porcentaje (de 0 a 100 %) de participación de cada uno de los miembros del equipo de trabajo.

Evaluación

Los aspectos a evaluar en esta práctica serán:

Comprensión de las metodologías	30%
Profundidad de la discusión	40%
Presentación del reporte	20%
Especificación de la participación de miembros del equipo	10 %

Literatura de apoyo

Avendaño H. D. M. M. Acosta M. F. Carrillo A. y J. D. Etchevers B. 2009. Estimación de biomasa y carbono en un bosque de *Abies religiosa*. *Revista Fitotecnia Mexicana* . 32(3): 233-238 Disponible en Internet: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=61011739008>. ISSN 0187-7380.

- Castellanos J. F., A. Velázquez M. J. J. Vargas H., C. Rodríguez F. y A. M. Fierros G. 1996. Producción de biomasa en un rodal de *Pinus patula* Schl. et Cham. *Agrociencia* 30:123-128
- Chaudhuri, D ., Vinod, KK, Potty, S.N., Sethuraj, M.R., Pothen, J. and Reddy, Y.A.N. 1995 . Estimation of biomass in *Hevea* clones by regression method : Relation between girth and biomass. *Indian Journal of Natural Rubber Research.*, 8(2) : 113-116.
- Díaz-Franco R., M. Acosta-Mireles, F. Carrillo-Anzures, E. Buendía-Rodríguez, E. Flores-Ayala y J. D. Etchevers-Barra. 2007. Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus patula* Schl. et Cham. *Madera y bosques* 13(1):25-34.
- Flores N. P., M. A. López L. G. Ángeles P. M. L. de la Isla S. y G. Vázquez C. 2011. Modelos para estimación y distribución de biomasa de *Abies religiosa* (Kunth.) Schltl. et Cham. en proceso de declinación. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2(8):9-20.

PRACTICA No. 2

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA NETA DE RODALES DE ESPECIES DE CLIMA TEMPLADO FRÍO

PROTOCOLO

Introducción

La correcta planeación de las estrategias de manejo de ecosistemas forestales requiere de la existencia de antecedentes precisos sobre la situación de los mismos. La presión actual sobre los recursos forestales precisa de un conocimiento profundo del funcionamiento de nuestros ecosistemas antes de ser intervenidos, para asegurar un esquema de manejo sustentable. Ya no es posible basar el manejo forestal solamente en información sobre tasas de crecimiento de fuste (madera) como se hizo en el pasado. El manejo forestal debe ser integral ahora y considerar, además del desarrollo de fustes, el de las copas de los árboles y las coberturas herbácea y arbustiva. Estos componentes, todos ellos integrados en el concepto de productividad primaria neta aérea (Waring y Schlesinger, 1985; Landsberg y Gower, 1997), son altamente responsables de la recirculación de nutrimentos, agua y carbono en el ecosistema y, por tanto, la evaluación de sus patrones de desarrollo permite tomar decisiones de manejo científicamente sustentadas, capaces de conducir a un manejo sustentable de los bosques.

Objetivo

Que el estudiante aprenda a determinar la productividad primaria neta de un rodal forestal de clima templado frío, mediante métodos de campo.

Que el alumno afiance los conocimientos teóricos relativos a la determinación de la productividad primaria neta en ecosistemas forestales y aprenda a resolver los problemas que se presentan en la práctica de este tipo de estudios.

Materiales y Métodos

La práctica se llevará a cabo en una plantación de *Pinus patula* Schl. et Cham., ubicada en la Sierra Norte de Puebla. Se determinará la PPNa de los componentes aéreos de *P. patula*.

El grupo se dividirá en equipos de trabajo. Cada equipo evaluará un sitio de muestreo de 1000 m².

En cada sitio de muestreo se hará lo siguiente:

1. Medición del diámetro a la altura del pecho (1.30 m) de cada uno de los árboles dentro del sitio.
2. Dentro de sitio se encuentra algunos árboles marcados a la altura del pecho, con pintura roja. Esos árboles fueron medidos en 2014 y se cuenta con esos datos. Por diferencia de diámetros entre 2019 y 2014 se puede obtener el incremento anual de diámetro. Para fines de esta práctica, se aplicará el incremento anual de diámetro determinado mediante estos árboles, a la totalidad de árboles de sitio.
3. Recolecta de cinco ramillas de *P. patula*, incluyendo todos los interverticilos que tengan follaje. A éstas se les retirará el follaje clasificándolo por edad. Determinar la biomasa de follaje por ramilla y por edad. Considerar que cada tres meses se forma un nuevo interverticilo en *P. patula*; por tanto, el primero tendrá una edad de 2 o tres meses, el segundo cinco meses, el tercero 8 meses y así sucesivamente.

Obtención de datos y procedimientos de cálculo:

La fórmula general de la productividad primaria neta aérea es:

$$PPNA = \Delta Ba\acute{e}rea + MF + H + \text{otras p\acute{e}rdidas}$$

Donde

PPNA: Productividad Primaria Neta Aérea (Kg biomasa ha⁻¹ año⁻¹)

$\Delta Ba\acute{e}rea$: Incremento de biomasa aérea (Kg biomasa ha⁻¹ año⁻¹)

MF: Mortalidad de follaje (Kg biomasa ha⁻¹ año⁻¹)

H: Herbivoría (Kg biomasa ha⁻¹ año⁻¹)

Para efectos de esta práctica no se determinará herbivoría ni otras pérdidas.

1) Incremento de biomasa aérea (Kg ha⁻¹ año⁻¹)

1.1. Incremento de biomasa de fuste ΔBF

Se estimará a partir de los diámetros de los árboles medidos en 2014 y los diámetros recabados por el equipo de trabajo (2019). Los datos del 2014 serán proporcionados por el profesor. Las biomásas de fuste para cada árbol serán estimadas a partir del modelo desarrollado por Castellanos et al. (1988, ecuación 1).

Primero que nada, estimar los DAP 2018 de cada árbol, restando el incremento anual de diámetro al diámetro 2019.

$$\text{LnBF} = -2.061 + 2.3 (\text{Ln DAP}) \dots\dots\dots 1$$

$$\Delta BF = BF_{2019} - BF_{2018}$$

Donde:

BF = Biomasa de fuste (Kg)

1.2. Incremento de biomasa de ramas ΔBR

Partiendo de los diámetros 2019 y 2018 y utilizando el modelo desarrollado por Castellanos et al. (1988) para biomasa de ramas de *P. patula*, estimar, de manera análoga al procedimiento seguido para fustes, el incremento de biomasa de ramas.

$$\ln BR = -4.456 + 2.332 (\ln DAP) \dots\dots\dots 2$$

$$\Delta BR = BR_{2019} - BR_{2018}$$

Donde: BR = Biomasa de ramas (Kg)

1.3. Incremento de biomasa de acículas ΔBA

A partir de los diámetros 2019 y 2018 y utilizando el modelo desarrollado por Castellanos et al. (1988) para biomasa de acículas de *P. patula*, estimar, de manera análoga a los procedimientos seguidos para fustes y ramas, el incremento de biomasa de acículas.

$$\ln BA = -3.75 + 1.738 (\ln DAP) \dots\dots\dots 3$$

$$\Delta BA = BA_{2019} - BA_{2018}$$

Donde: BA = Biomasa de acículas (Kg)

Finalmente,

$$\Delta Ba\acute{e}rea = \Delta BF + \Delta BR + \Delta BA$$

2) Mortalidad de follaje (MF)

Comúnmente esta variable se determina capturando en varios puntos del bosque, durante un período largo (frecuentemente más de un año), el follaje que cae en recipientes de área conocida. Sin embargo, esta metodología no puede implementarse para los fines de esta práctica por razones obvias. Por lo tanto, se usará el siguiente procedimiento:

2.1. Determinar el tiempo medio de residencia (longevidad o tiempo de retención) del follaje de *Pinus patula* en el área.

Esto se hará recolectando tres ramillas de *P. patula* por equipo de trabajo. Las ramillas deben contener todos los verticilos e interverticilos que tengan follaje vivo. A cada interverticilo se le cuantificará el No. total (original) de fascículos y el No. actual de fascículos vivos y se registrará los siguientes datos:

Ramilla	Interverticilo	Edad del Interverticilo (meses)	Fascículos originales (No.)	Fascículos actuales vivos (No.)	% de fasc. sobrevivientes	TMRf de ramilla = $C1 * F1 + (C2 * F2) + (C3 * F3) \dots / (F1 + F2 + F3)$ &
Col A	Col B	Col C	Col D	Col E	Col F = E/D	Col. G
1	1	2	90	90	90/90=1	
	2	5	100	90	=90/100=0.90	
	3	8	80	4	=4/80=.05	
	4					
2	1					
	2					
	3					
	4					
3	1					
	2					
	3					
	4					

& Esta operación aplica para los interverticilos de una ramilla, a los que les falten fascículos y que aun mantengan algún porcentaje de fascículos. Quedan excluidos los interverticilos que tengan 100 % de fascículos y los que tengan 0 % de fascículos.

A partir de estos datos y con la ecuación indicada en el cuadro, se estimará el tiempo medio de retención del follaje o tiempo medio de residencia del follaje (TMRf) de cada ramilla (longevidad media de los fascículos, ponderada por el % de fascículos vivos con respecto a los fascículos originales de los interverticilos que tengan más de cero y menos

de 100 % del follaje original). El TMRf para la especie en esa región es la media de los TMRf de todas las ramillas

2.2. Estimación de la mortalidad

Para estimar la mortalidad de follaje en el sitio bajo estudio, se utilizará el concepto de tiempo medio de residencia del follaje (TMRf); el cual es la longevidad promedio del follaje, desde que se forma hasta que se desprende de la ramilla.

En ecología de sistemas, el $TMRf = Rf / Mf$,

Donde: Rf = reservorio de follaje en el bosque (Mg/ha) y Mf = Mortalidad de follaje (Mg/ha)

Suponiendo un $TMRf=0.3$ años (determinado a partir de las ramillas recolectadas), si mi bosque o plantación tiene, por ejemplo, una biomasa foliar (Rf) de 1700 Kg ha^{-1} y ahora se sabe que el $TMRf = 0.3$ años para *P. patula*, entonces:

$$Rf = 1700 \text{ Kg ha}^{-1}$$

$$TMRf = 0.3 \text{ años}$$

y

$$TMRf = Rf / Mf \dots\dots\dots 4$$

Mf = Mortalidad de follaje = formación de follaje (en un bosque en equilibrio o stady state).

Sustituyendo valores en la ecuación 4 y despejando Mf (mortalidad de follaje) obtenemos:

$$Mf = Rf/TMRf = 1700 \text{ Kg ha}^{-1} / 0.3 \text{ años}$$

$$Mf = 5997 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$$

Materiales

- Machete
- Cinta diamétrica
- Tijeras de podar pasto y ramas
- Bolsas nylon

Balanza
Cámara fotográfica
Gps

3) Resultados y discusión

El reporte de resultados se hará por equipos de trabajo. Después de la toma de datos en campo, los estudiantes procederán a analizar la información en gabinete, usando para ello una hoja de cálculo de EXCEL.

Los resultados incluirán:

- a) Determinación de incrementos de biomasa aérea de pino (fuste, follaje y madera de ramas)
- b) Determinación de tasas de mortalidad de follaje de pino
- c) Estimación de la productividad primaria neta aérea para el sitio

El equipo de trabajo contrastará los resultados obtenidos con los de otros estudios y discutirá los resultados obtenidos en relación a los posibles factores que pueden estar limitando la productividad en ese sitio.

4) Conclusiones

Cada equipo de trabajo derivará sus propias conclusiones sobre los niveles de productividad del sitio, así como de los posibles factores limitantes del crecimiento y productividad.

5) Bibliografía de consulta

Aber, J. D., and J. M. Melillo. 1991. Terrestrial ecosystems. Saunders College Publishing. Orlando. 429 p.

Keyes, R.M. y C.C. Grier. 1981. Above- and below-ground net production in 40-years-old Douglas-fir stands on low and high productivity sites. *Can. J. For. Res.* 11:599-605.

Landsberg, J. J., and S.T. Gower. 1997. Applications of physiological ecology to forest management. Academic Press. San Diego. 354 p.

Manzano M. D., M. A. López L., F. Manzano M. y E. Pineda H. 2008. Productividad primaria neta de una plantación de recuperación de suelos. VIII Congreso Mexicano de Recursos Forestales. 28-31 octubre 2008. Morelia Mich. Resumen y artículo en extenso.

Schlesinger, W. H. 1997. Biogeochemistry: An analysis of global change. 2nd Ed. Academic Press. U.S.A. 588 p.

Vásquez G. I. 2015. Aclareo y fertilización en la productividad primaria neta y recirculación nutrimental en plantaciones de pino. Tesis de Doctorado en Ciencias. Postgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados. 53 p.

Waring, R. H. and W. H. Schlesinger. 1985. Forest ecosystems: Concepts and management. Academic Press. New York. 325 p.

6) Evaluación

En esta práctica se calificarán los siguientes aspectos:

Concepto	Valor
Claridad del estudiante (equipo) en cuanto a las metodologías	40
Profundidad de la discusión de resultados	40
Presentación del trabajo	10
Base de datos de diámetros a nivel de árbol individual	5
Señalamiento del grado de participación de miembros del equipo	5

La fecha de entrega del reporte es el 15 de julio del año en curso

FORMATO 1: REGISTRO DEL DIÁMETRO A LA ALTURA DEL PECHO (cm)

Sitio # 1 (oeste) Equipo de trabajo (Nombres):

Fecha:

Árbol	DAP (cm)		Árbol	DAP (cm)		Árbol	DAP (cm)	
	2018	2019		2018	2019		2018	2019
1			41			81		
2			42			82		
3			43			83		
4			44			84		
5			45			85		
6			46			86		
7			47			87		
8			48			88		
9			49			89		
10			50			90		
11			51			91		
12			52			92		
13			53			93		
14			54			94		
15			55			95		
16			56			96		
17			57			97		
18			58			98		
19			59			99		
20			60			100		
21			61			101		
22			62			102		
23			63			103		
24			64			104		
25			65			105		
26			66			106		
27			67			107		
28			68			108		
29			69			109		
30			70			110		
31			71			111		
32			72			112		
33			73			113		
34			74			114		
35			75			115		
36			76			116		
37			77			117		
38			78			118		

39			79			119		
40			80			120		

FORMATO 2. REGISTRO DE DATOS DE RAMILLAS.

Ramilla	Interventículo	Edad del Intervent (meses)	Fascículos originales (No.)	Fascículos actuales vivos (No.)	% de fasc. sobrevivientes	TMRf
Col A	Col B	Col C	Col D	Col E	Col F=E/D	Col. $G = ((C_1 * F_1) + (C_2 * F_2) + (C_3 * F_3) \dots) / (F_1 + F_2 + F_3 \dots)$ &
1	1					
	2					
	3					
	4					
2	1					
	2					
	3					
	4					
3	1					
	2					
	3					
	4					
4	1					
	2					
	3					
	4					
5	1					
	2					
	3					
	4					
6	1					
	2					
	3					
	4					
TMRf en la región						

& Esta operación aplica para los intervertículos de una ramilla, a los que les falten fascículos y que aun mantengan algún porcentaje de fascículos. Quedan excluidos los intervertículos que tengan 100 % de fascículos y los que tengan 0 % de fascículos.

PRÁCTICA 3

CRECIMIENTO DE CONÍFERAS EN PRESENCIA DE ESPECIES FIJADORAS DE NITRÓGENO PROTOCOLO

Introducción

En el Noroeste del estado de Veracruz y Sureste del estado de Hidalgo, las poblaciones de aile (*Alnus* sp.) son abundantes y muy frecuentemente invaden las áreas de regeneración de bosques de coníferas, razón por la cual son consideradas como malezas dentro del bosque. No obstante, por lo general la mayor presencia de fijadoras de nitrógeno se relaciona con deficiencias generalizadas de este nutrimento en los sitios (Pritchett, 1986), debido a que éstas presentan ventajas competitivas con respecto a cualquier otra especie no fijadora de nitrógeno. Si se considera que los terrenos ocupados por fijadoras de nitrógeno son pobres en este nutrimento, entonces es probable que esas especies introduzcan nitrógeno al ecosistema, mejorando el crecimiento de las especies que cohabitan el sitio, incluyendo las especies de interés comercial. A pesar de esta posibilidad, los productores forestales contemplan dentro de sus actividades silvícolas, la eliminación periódica de los ailes, sin considerar los posibles efectos negativos tanto financieros como ecológicos de tal práctica.

Objetivos

Que el estudiante identifique la interacción entre las especies fijadoras de nitrógeno y las especies forestales comerciales y la importancia de la mezcla de especies.

Materiales y métodos

La práctica se llevará a cabo en el ejido Palo Bendito, municipio de Huayacocotla, Ver., donde las especies forestales comerciales principales naturales son *Pinus pseudostrobus*, y *P. montezumae*, mismas que están siendo sustituidas en muchas áreas de regeneración por *Pinus patula* a través de plantaciones con esta última especie. En este ejido se distribuye de manera abundante *Alnus firmifolia*, en mezcla con los pinos plantados o establecidos en forma natural, principalmente en áreas que han sido perturbadas por cortas de regeneración, incendios o aclareos.

Por otro lado, a cada árbol de *P. patula* se le tomará una muestra de follaje con fines de determinación del estado nutrimental. El follaje a recolectar deberá ser completamente maduro pero no senescente (hacer lo mejor posible aun cuando no es la época más adecuada para este muestreo). La muestra foliar deberá tomarse del tercio superior de la copa. El árbol deberá estar libre de plagas/enfermedades y de malformaciones físicas o daños mecánicos. A cada árbol se le tomará aproximadamente unos 200 fascículos. Las muestras de follaje se colocarán en bolsas nylon con la correspondiente etiqueta y se pondrán en una hielera para su transporte al laboratorio.

En el laboratorio, con las muestras simples aún en húmedo, tomar igual cantidad de cada una de ellas para conformar tres muestras compuestas de cada equipo de trabajo, de acuerdo con el diagrama de abajo.

Enviar cada una de las muestras compuestas al laboratorio de Nutrición Vegetal del COLPOS para hacer determinaciones de N, P y K. Con el reporte de laboratorio, determinar el estado nutrimental de los árboles.

Reporte de la práctica

Los equipos de trabajo deberán intercambiar sus datos de crecimiento y análisis foliares. Cada equipo de trabajo elaborará un informe de la práctica considerando los 20 árboles. El objeto principal de la práctica es detectar efectos de la presencia de aile sobre las variables de crecimiento de *Pinus patula* y también sobre el estado nutrimental de esta especie. Se sugiere hacer comparaciones estadísticas (pruebas de t) entre los dos grupos de árboles en lo relativo a las variables de crecimiento. En cuanto a las variables nutricionales (concentraciones foliares de N, P y K), se sugiere determinar, para cada muestra compuesta, o grupo de ellas, el estado que guardan las concentraciones en relación a las concentraciones críticas para la especie (Consultar tesis de MC. de Agustina Sánchez Parada, 2013). También es aconsejable utilizar el método gráfico de vectores para estudiar el estado nutrimental de las muestras compuestas. Si se decide esta opción adicional, será necesario determinar, en balanza analítica, el peso seco de un número fijo de acículas (p.e. 100 acículas) de cada muestra compuesta.

En la medida de lo posible, tratar de identificar, con base en las claves y fotografías de abajo, posibles deficiencias nutrimentales en los árboles seleccionados.

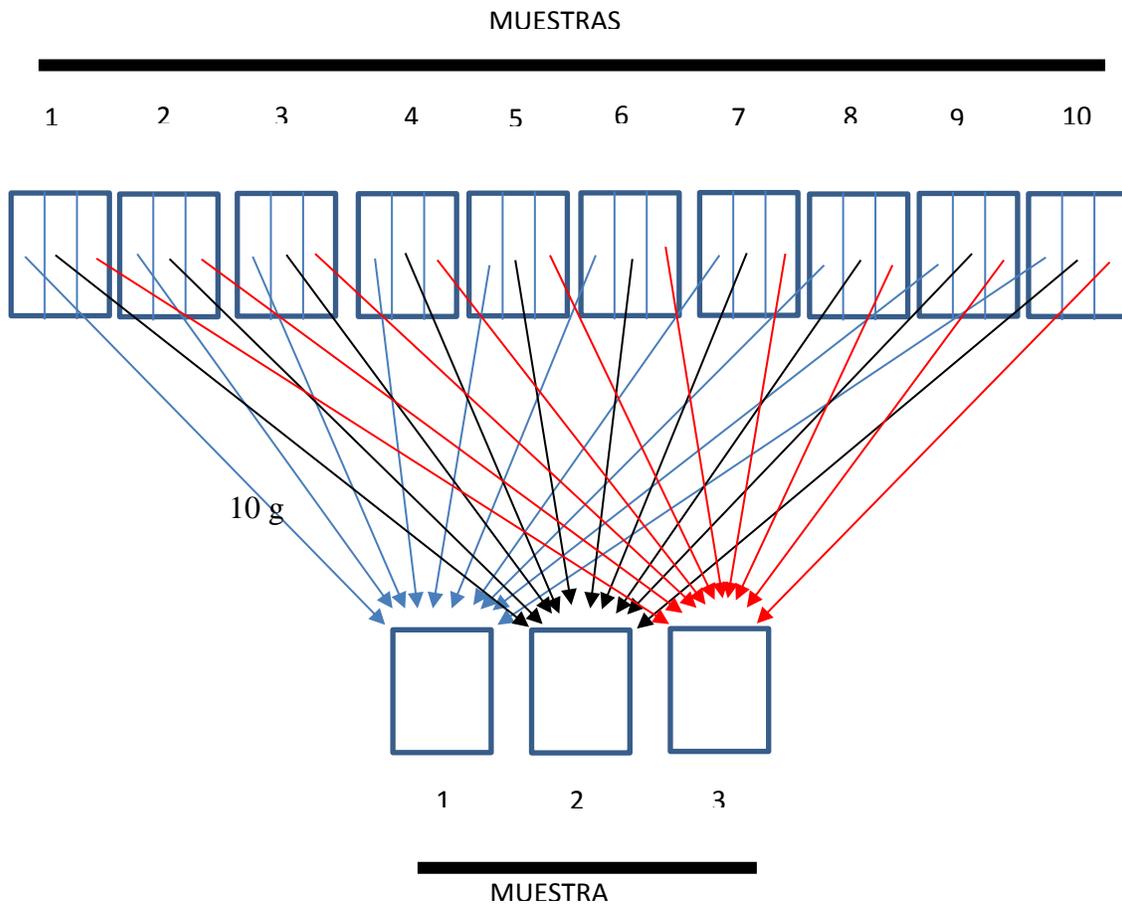
Aspectos a calificar

ASPECTOS A CALIFICAR	PORCENTAJE DE LA CALIFICACIÓN DE LA PRÁCTICA
Comprensión de la práctica	20
Calidad de la discusión	50
Presentación del reporte	20

% de participación de cada miembro del equipo de trabajo	10
--	----

Materiales

2 Cuerdas de 2.5 m; 2 Regla telescópica para alturas; 2 Vernier; Formatos; 20 Bolsas nylon; 2 Marcadores permanentes; Hielera



Síntomas de deficiencias en coníferas

N	Clorosis general y acortamiento de acículas incrementando con la severidad de la deficiencia. En casos muy severos, agujas cortas, amarillas amarillentas a amarillas. En algunos casos se presentan puntas púrpuras seguidas de necrosis de la acícula al final de la estación de crecimiento
P	Agujas más jóvenes amarillas o verde amarillentas. Agujas viejas matizadas de púrpura y tiesas. El color púrpura se profundiza con la severidad de la deficiencia. En casos de deficiencia severa, todas las acículas se tornan púrpuras.
K	Usualmente agujas cortas, cloróticas con poco color verde en la base. En algunos casos severos, muerte de puntas de acículas o escasa o nula clorosis, pero con presencia de coloración púrpura o café o necrosis.
Ca	Clorosis general seguida de necrosis de acículas, especialmente en las puntas de las ramas. En casos severos, muerte de yemas terminales y muerte regresiva de la punta del árbol. Exudación de resina.
Mg	Amarillamiento de puntas de las agujas nuevas, seguido de necrosis de puntas de agujas en casos severos.
S	Clorosis general del follaje, seguido de necrosis en casos severos

De: van Den Driessche, 1984. In: Duryea, M. y T. D. Landis. Martinus Nijhoff, p. 66

Continuación...

Fe	Clorosis más o menos difusa, confinada, en casos leves, a agujas jóvenes. En casos severos, decoloración amarillo-brillante sin desarrollo de yemas.
Zn	Achaparramiento extremo de los árboles con acortamiento de ramas. Hojas amarillas, cortas, amontonadas en el entrenudo. En ocasiones, puntas bronceadas o cobrizas. Las agujas viejas se desprenden pronto quedando sólo mechones de acículas. En casos severos hay arrosamiento de árboles con muerte regresiva de puntas
Mn	Agujas ligeramente cloróticas. En casos severos, necrosis de agujas.
B	Muerte regresiva de árboles al final de la estación de crecimiento asociada con follaje clorótico o necrótico. Brote líder encorvado.
Cu	Agujas retorcidas en espiral, amarillas o bronceadas. Puntas de acículas quemadas o necrosadas. En casos severos, los brotes jóvenes crecen torcidos o encorvados.
Mo	Clorosis de agujas seguida por necrosis, iniciando en la punta y cubriendo eventualmente toda la acícula

De: van Den Driessche, 1984. In: Duryea, M. y T. D. Landis. Martinus Nijhoff, p. 66

Síntomas de deficiencias nutrimentales



Continuación...



Continuación...



Deficiencia Zn, *Pinus radiata*



Deficiencia B, *Pinus pinaster*



Deficiencia Cu, *Pinus radiata*



Deficiencia P, *Pinus elliottii*



Deficiencia B, *Pinus elliottii*



Deficiencia Cu, *Pinus sp.*