

Modelos Predictivos para la Producción de Productos Forestales No Maderables **HONGOS**



Marisela C. Zamora-Martínez Efraín Velasco Bautista Antonio González Hernández
Cecilia Nieto de Pascual Pola Francisco Moreno Sánchez
Martín Enrique Romero Sánchez Andrés Flores García

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

Dr. Pedro Brajcich Gallegos
Director General

Dr. Salvador Fernández Rivera
Coordinador de Investigaciones, Innovación y Vinculación

Dr. Enrique Astengo López
Coordinador de Planeación y Desarrollo

Lic. Marcial Alfredo García Morteo
Coordinador de Administración y Sistemas

**CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DISCIPLINARIA
EN CONSERVACIÓN Y MEJORAMIENTO DE
ECOSISTEMAS FORESTALES**

Dr. Fabián Islas Gutiérrez
Director

Ing. Ramón Noguez Hernández
Jefe de Operación

Lic. Carlos Gabriel Damián Díaz
Jefe del Departamento Administrativo

**MODELOS PREDICTIVOS PARA LA PRODUCCION DE
PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES:
HONGOS**

CRÉDITOS EDITORIALES

Edición técnica

Ing. Francisco Camacho Morfín

Dr. Fabián Islas Gutiérrez

Dr. Octavio S. Magaña Torres

Cuidado de la Edición

Biól. Marisela C. Zamora-Martínez

Diseño

Graphx, S.A. de C.V.

Fotografía

Biól. Marisela C. Zamora-Martínez

Mapas

M.C. Antonio González Hernández

La cita correcta es:

Zamora-Martínez, M.C., E. Velasco B., A. González H., C. Nieto de Pascual P., F. Moreno S., M.E. Romero S. y A. Flores G. 2009. Modelos Predictivos para la Producción de Productos Forestales No Maderables: Hongos. Manual Técnico Núm. 1. CENID-COMEF. INIFAP, México, D.F. México, 56 p.

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos sin el permiso previo y por escrito a la Institución.

Derechos Reservados © 2009

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Av. Progreso No. 5 Barrio de Santa Catarina, Del. Coyocán

C.P. 04010 México, D.F.

Tel. (0155)36268700 ext. 301

Primera edición 2009

1000 ejemplares

Impreso en Graphx, S.A. de C.V.

ISBN: 978-607-425-220-0

MODELOS PREDICTIVOS PARA LA PRODUCCION DE PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES: HONGOS

Biól. Marisela C. Zamora Martínez

Investigadora Titular. Red Nacional de Investigación e Innovación de Manejo Forestal Sustentable. CENID-COMEF

M.C. Efraín Velasco Bautista

Investigador Titular. Red Nacional de Investigación e Innovación de Modelaje. CENID-COMEF

M.C. Antonio González Hernández

Investigador Titular. Red Nacional de Investigación e Innovación de Modelaje. CENID-COMEF

Dra. Cecilia Nieto de Pascual Pola

Investigadora Titular. Red Nacional de Investigación e Innovación de Manejo Forestal Sustentable. CENID-COMEF

M.C. Francisco Moreno Sánchez

Investigador Titular. Red Nacional de Investigación e Innovación de Modelaje. CENID-COMEF

M.C. Martín Enrique Romero Sánchez

Investigador Asociado. Red Nacional de Investigación e Innovación de Manejo Forestal Sustentable. CENID-COMEF

M.C. Andrés Flores García

Investigador Asociado. Red Nacional de Investigación e Innovación de Plantaciones y Sistemas Agroforestales. CENID-COMEF

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales

CONTENIDO

	Páginas
RESUMEN.....	7
INTRODUCCIÓN.....	9
OBJETIVOS.....	14
MODELO PREDICTIVO.....	14
DEFINICIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO	14
TAMAÑO DE MUESTRA.....	16
OBTENCIÓN DEL PESO FRESCO DE LOS ESPOROMAS E INFORMACIÓN DASOMÉTRICA	17
BASE DE DATOS.....	19
GENERACIÓN DEL MODELO PREDICTIVO.....	28
RESULTADO 1. ANÁLISIS DE VARIANZA.....	31
RESULTADO 2. ESTADÍSTICO DURBIN-WATSON.....	32
RESULTADO 3. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE RESIDUOS.....	33
RESULTADO 4. ESTADÍSTICO DE SHAPIRO-WILK.....	34
RESULTADO 5. GRÁFICAS DE NORMALIDAD	35
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MODELO GENERADO	36
RECOMENDACIONES.....	37
REFERENCIAS.....	37
GLOSARIO.....	40
APÉNDICE 1. ESPECIES DE HONGOS	43

APÉNDICE 2. TABLAS PARA LA PREDICCIÓN DEL PESO FRESCO DE HONGOS	49
--	----

RESUMEN

En la última década los Productos Forestales No Maderables (PFNM) han sido reconsiderados como elementos relevantes del manejo integral de los ecosistemas forestales. En México la Comisión Nacional Forestal, dentro de su Plan Estratégico de Comercialización para los Productos Terminados Maderables y No Maderables de México considera de mayor importancia a los siguientes: resina de pino, palma camedor, candelilla, orégano, lechuguilla, hongos silvestres comestibles, jojoba, chicle, guayule y palmilla.

El aprovechamiento de los hongos silvestres comestibles se practica, principalmente, sobre la base del conocimiento empírico. Un factor adicional que limita el manejo sustentable de sus poblaciones naturales es la falta de métodos que permitan predecir su producción a partir de variables ecológicas, dasonómicas o bien biológicas de fácil medición; de tal manera que los resultados de las evaluaciones sean oportunos y económicos.

Por lo anterior, Investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el contexto del proyecto “Modelos predictivos de producción para productos forestales no maderables de México”, elaboró el presente manual, en el que se describe cómo generar un modelo que permita estimar la producción de hongos comestibles con base en variables fúngicas y dasométricas. Los principios técnicos se ejemplifican con datos reales tomados en dos predios forestales, localizados en el estado de Tlaxcala.

A partir de la ecuación obtenida se hizo una tabla de producción, la cual pretende ser una herramienta práctica para predecir la cantidad total de esporomas (hongos) susceptible de aprovecharse en rodales de *Pinus*.

El propósito de esta obra es apoyar a los profesionistas forestales y técnicos, quienes son los principales usuarios del manual, en la toma de decisiones relacionadas con la evaluación y recolecta de las poblaciones silvestres de hongos comestibles que coadyuven a su manejo sustentable.

INTRODUCCIÓN

Los recursos forestales no maderables (RFNM) se definen como los bienes de origen biológico (plantas y hongos), distintos a la madera, la leña y el carbón vegetal; así como, los servicios brindados por los ecosistemas (Secretarial of the Convention on Biological Diversity, 2001). Representan un potencial relevante como fuente alternativa de ingresos y empleo, a partir de los alimentos, medicinas, fibras, aceites, colorantes, materiales para construcción, entre otros productos que de ellos se obtienen y que son destinados tanto para el autoconsumo, como para su comercialización.

En México se utilizan alrededor de 1,000 productos forestales no maderables (PFNM), cuyo origen son los casi 5,000 taxa de plantas útiles y 240 de hongos que se han identificado en los diferentes ecosistemas presentes en el territorio nacional (Zamora-Martínez *et al.*, 2001). Cifras conservadoras si se considera que en el país existen alrededor de 30,000 especies de fanerógamas y de 120,000 a 140,000 especies de hongos (Rzedowski, 1992; Guzmán, 1995).

En la última década los PFNM han sido reconsiderados como elementos relevantes del manejo integral de los ecosistemas forestales; ya que su recolecta contribuye a disminuir la presión sobre las comunidades arbóreas y en consecuencia son factor importante en la conservación de las mismas. En México la Comisión Nacional Forestal dentro de su Plan Estratégico de Comercialización para los Productos Terminados Maderables y no Maderables de México incluye como PFNM de mayor importancia a los siguientes: resina de pino, palma camedor, candelilla, orégano, lechuguilla, hongos silvestres comestibles, jojoba, chicle, guayule y palmilla (CONAFOR, 2006).

La recolecta de los RFNM de clima templado se ubica a lo largo de las serranías más importantes de México como son: la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre Oriental, el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre de Chiapas. Entre los RFNM con mayor importancia económica sobresalen: la resina de pino con 47.3%; hongos, semillas, hojas, tallos, frutos, musgo y heno con 46.4% de la producción nacional total (Zamora-Martínez *et al.*, 2001).

Las comunidades fúngicas dependen para su desarrollo de las plantas, éstas a su vez se ven afectadas por la presencia o ausencia de los hongos; ya que estos organismos contribuyen a la formación de suelo, al reciclaje de la materia orgánica, la creación y modificación de hábitats para la fauna, participan en la absorción de nutrimentos que normalmente no están disponibles para la planta (hongos micorrizógenos) y, en general, son un componente importante en el mantenimiento del equilibrio ecológico de los bosques (Zamora-Martínez, 2008).

En particular los hongos son un recurso forestal no maderable que constituye una fuente alternativa de ingresos para los habitantes de las zonas boscosas o que viven cerca de ellas, pues complementan la economía familiar a mitad de año, cuando se verifica la emergencia masiva de esporomas (hongos), en los meses de junio a septiembre; aunque la mayor parte del producto obtenido es para el autoconsumo y en menor proporción se comercializa a nivel local o regional (Zamora-Martínez y Nieto de Pascual, 1995; Zamora-Martínez, 1999; Estrada-Martínez, 2002; Ruan *et al.*, 2002).

Los hongos silvestres comestibles sobresalen por su importancia ecológica; ya que aproximadamente 50% de las especies sujetas a recolección son ectomicorizógenas, por lo que su aprovechamiento se restringe al manejo de sus poblaciones silvestres; además, 13 de los hongos con mayor valor comercial se incluyen con alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (SEMARNAT, 2002). En cuanto a su comercialización el ingreso por este concepto, referido a una sola especie (*Tricholoma magnivelare* (Peck) Redhead), es de 5 millones de pesos anuales (Zamora-Martínez y Nieto de Pascual-Pola, 2004); sin embargo, se considera que el mercado está subutilizado por los productores mexicanos; ya que su venta se concentra en pocas especies y sólo a nivel local o regional.

Cabe señalar que el mercado de muchas de las especies fúngicas no se limita al ámbito nacional, sino que son muy cotizadas en el exterior, principalmente, en Europa y Estados Unidos; prueba de ello son las divisas generadas por su comercialización durante el año de 1998 las cuales tuvieron un valor de 2,178,248 dólares (base 1999) y su producción fue de 396,876 kg (total de especies exportadas); mientras que en 1999 la derrama económica, por el mismo concepto, alcanzó 63,699 dólares (base 1999), para un total de 11,095 kg (Zamora-Martínez *et al.*, 2001).

Normatividad

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) establece que para el aprovechamiento de los RFNM únicamente se requerirá de un aviso por escrito dirigido a la autoridad competente (Artículo 97). A su vez, el Reglamento de la LGDFS, en su artículo 53, determina la presentación de un estudio técnico con la siguiente información:

- a) Denominación, ubicación y colindancias del predio o conjunto de predios.
- b) Descripción general de las características físicas, biológicas y ecológicas del predio.
- c) Especies con nombre científico y común y estimaciones de las existencias reales de las especies o de sus partes por aprovechar, las superficies en hectáreas y las cantidades por aprovechar anualmente en metros cúbicos, litros o kilogramos.

- d) Descripción de los criterios para la determinación de la madurez de cosecha; así como, las técnicas de aprovechamiento para cada especie.
- e) Definición y justificación del periodo de recuperación al que quedarán sujetas las áreas intervenidas, de acuerdo con las características de reproducción y desarrollo de las especies bajo aprovechamiento.
- f) Criterios y especificaciones técnicas de aprovechamiento.
- g) Labores de fomento y prácticas de cultivo para garantizar la persistencia del recurso.
- h) En su caso, datos de inscripción en el Registro del prestador de servicios técnicos forestales responsable de elaborar el estudio técnico y de dirigir la ejecución del aprovechamiento.

Además, la regulación del aprovechamiento responde a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-010-RECNAT-1996 (en revisión). En el caso particular de las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (SEMARNAT, 2002), es decir aquellas que tienen alguna categoría de conservación, se deberá considerar la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) y el Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural (1997-2000), en el cual se definen una serie de estrategias entre las que sobresale el Sistema de Unidades para la Conservación de la Vida Silvestre (SUMA), cuyo instrumento básico son las Unidades para la Conservación de Vida Silvestre (UMA). De tal manera que la recolecta de los hongos con algún tipo de estatus de conservación se llevará a cabo bajo el esquema de las UMAs.

El artículo 40 de la LGVS establece que para el registro de predios como UMA, se debe contar con un Plan de Manejo, entre otros requerimientos. El Reglamento de la Ley General de la Vida Silvestre (RLGVS) en su Artículo 46 determina que los propietarios o poseedores pueden adherirse a un Plan de Manejo Tipo (PMT); además de atender los términos establecidos en el Artículo 30 fracción II del RLGVS.

El factor importante en la normatividad vigente para la extracción de los RFNM, en particular, para los hongos comestibles, se refiere a notificar la cantidad del recurso por extraer en cada predio. Por lo que la estimación de las existencias reales es un parámetro de interés para el seguimiento y control de su aprovechamiento. No obstante, a la fecha se carece de un método estandarizado que le permita al productor conocer el potencial de recolecta y al técnico forestal evaluar el proceso, de manera práctica y confiable.

Las estimaciones se realizan mediante alguna estrategia de muestreo, cuyas unidades son parcelas de área fija; mientras que, los individuos de la especie de interés constituyen las unidades de estudio.

La evaluación de los recursos forestales maderables se efectúa mediante ecuaciones para predecir el volumen a nivel de las unidades de estudio (árboles), a partir de variables fáciles de medir. En este trabajo se parte de la hipótesis que en el caso de los recursos forestales no maderables, es posible utilizar modelos similares con el mismo propósito.

En general, para lograr un manejo forestal sustentable de los RFNM es necesario conocer el ámbito geográfico en donde se distribuye el recurso, su situación actual; además de, su capacidad de producción.

Al respecto, los modelos predictivos considerados en el presente documento se definen como ecuaciones que estiman el valor de una variable dependiente, en función de una o varias independientes y ofrecen las siguientes ventajas en el campo de la biometría forestal:

- Calculan la variable dependiente con base en la medición sencilla de otras, en consecuencia el tiempo requerido para realizar el trabajo de campo disminuye significativamente.
- La estimación se hace “a priori”, es decir, se puede conocer antes del aprovechamiento de la especie objeto de estudio.
- Los modelos o ecuaciones de predicción son de fácil aplicación, únicamente se necesita conocer las variables independientes.
- Dado que es un método no destructivo su impacto ecológico es menor.
- La variable por estimar está altamente correlacionada con otras características del recurso sujeto al aprovechamiento, por lo tanto el valor determinado con un modelo predictivo que considera variables auxiliares resulta más preciso que una simple media aritmética.

Si bien es cierto, que las fórmulas de predicción son comunes en la evaluación de recursos forestales maderables, para los no maderables sólo existen intentos aislados para la generación de este tipo de herramientas dasonómicas. En particular, para los hongos silvestres comestibles hay registros que refieren el uso de diseños experimentales que permiten la identificación del crecimiento del hongo a través de modelos lineales, los cuales la mayoría de las veces tienen niveles muy bajos

de confiabilidad debido a lo complejo de los datos obtenidos (Correa, 2001, citado por Peña y Hernández, 2004).

Ecuaciones predictivas de la producción de esporomas (hongos) que incluyen factores climatológicos, dasométricos, edáficos y el número de especies fúngicas presentes en las unidades de muestreo han generado resultados promisorios (Gómez *et al.*, 2002; Arteaga y Moreno, 2006; Zamora-Martínez y Velasco, 2008).

Otros aspectos considerados para la estimación de la productividad fúngica son las interacciones entre las características morfológicas propias de cada tipo de hongo y su peso fresco. En este sentido, hay referencias sobre la existencia de una relación directa del diámetro del pie (estípite) del “hongo blanco de ocote” [*Tricholoma magnivelare* (Peck) Redhead] (Gómez *et al.*, 2002) y del diámetro del sombrero (píleo) del “duraznillo” (*Cantharellus formosus* Corner) (Pilz *et al.*, 2001), con la producción de sus fructificaciones (hongos).

OBJETIVOS

- Exponer el método para la generación de modelos predictivos del peso fresco de hongos silvestres comestibles, a partir del número de especies de hongos y de las características dasométricas del arbolado presente en rodales de pino (*Pinus rudis* Endl., *Pinus teocote* Schiede ex Schltdl., *Pinus ayacahuite* C. A. Ehrenb.).
- Proporcionar tablas para estimar la producción de hongos silvestres comestibles en rodales de pino.

MODELO PREDICTIVO

Definición del área de trabajo

Etapa muy importante ya que el uso del modelo generado sólo es válido en el área geográfica y ecológica donde se tomen los datos de campo. Su aplicación fuera del ámbito recomendado tiene por consecuencia la sub o sobreestimación del peso fresco de hongos silvestres comestibles.

Por lo anterior, la elaboración del mapa base del área de trabajo es el primer punto a considerar para la generación de cualquier modelo predictivo. Para tal efecto, se utilizan herramientas modernas como las fotografías aéreas digitales y las imágenes satelitales. De no tener acceso a cualquiera de ellas, es posible usar la cartografía de Uso de Suelo y Vegetación SERIE III del INEGI (INEGI, 2005).

Las fotografías aéreas digitales permiten identificar zonas de bosque de pino en escalas relativamente finas. En este caso el usuario realiza la zonificación mediante interpretación directa y en función de ella elabora el mapa base.

Cuando se utilizan las imágenes de satélite, el punto inicial consiste en generar la cartografía de uso de suelo y vegetación, para lo cual se emplean técnicas de percepción remota conocidas como clasificación de imágenes: supervisada y no supervisada. En la primera, se considera el conocimiento previo del área de estudio y trabajo de campo (verificaciones); mientras que, en la segunda se aplica software especializado (p.ej. ERDAS Imagine ®), para obtener agrupaciones de acuerdo a similitudes entre píxeles. En ambas técnicas el principio fundamental son las propiedades ópticas de la vegetación, que permiten al software separarla en tipos. El grado de detalle y la exactitud de la clasificación depende de la clase de sensor y de la resolución del mismo, los que la definen al menos a nivel de género botánico, por ejemplo, bosque de *Pinus* spp.

Si la información disponible es la del INEGI, el punto de partida para la generación del mapa base es la elección de la categoría “bosque de pino”. No obstante que, el detalle de la información es poco fino (1:250,000), tiene la ventaja de que los tipos de vegetación están definidos para todo el país. El manejo de la información vectorial de INEGI se hace con un Sistema de Información Geográfica, como ArcView. Cuando el predio cuente con programa de manejo forestal maderable se utiliza el mapa rodalizado por especies.

Para efectos del presente manual, los bosques de coníferas y de pino-encino son los tipos de vegetación de interés, debido a que el micelio de la mayoría de los hongos comestibles presenta una asociación simbiótica con las raíces de los árboles, misma que es específica en cuanto a la especie de pino y a los componentes del rodal como: edad, estructura, composición, dimensiones del arbolado, etcétera (Estrada-Torres, 2003; Zamora-Martínez, 2008).

Descripción de los Predios

Los datos de campo usados para ejemplificar la generación del modelo predictivo se obtuvieron en dos predios forestales: El Pardo, mpio. Tlaxco y Mazapa, mpio. Nanacamilpa de Mariano Arista, ambos ubicados en el estado de Tlaxcala (Figura 1). La vegetación predominante en las dos localidades corresponde a bosques de *Pinus*, cuyas especies dominantes son: *Pinus rudis*, Endl., *P. teocote* Schiede ex Schltdl con presencia de *Juniperus depeanna* Steud, en El Pardo; en tanto que para Mazapa sobresale la presencia de *Pinus ayacahuite* C.A. Ehrenb. y *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. (Cuadro 1).

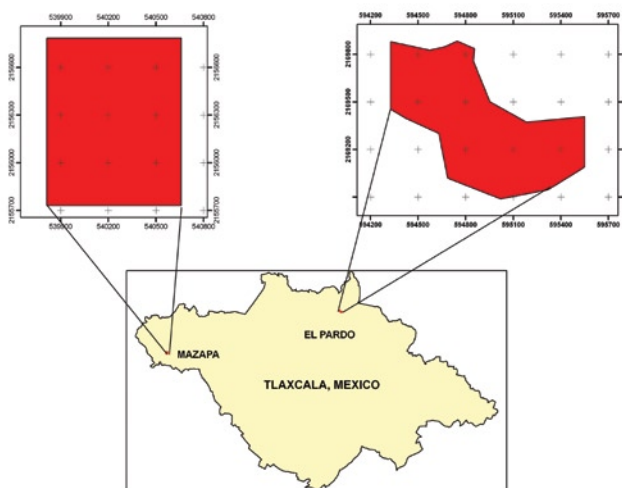


Figura 1. Ubicación geográfica de los predios forestales el Pardo y Mazapa.

Cuadro 1. Descripción topográfica y ecológica de los rodales muestreados para la generación del modelo predictivo de la producción de hongos comestibles.

Vegetación	Altitud (msnm)	Clima	Precipitación total (mm)	Temperatura media anual (°C)	Suelos
El Pardo Bosque de pino y bosque de táscate	2,597-2,909	C(w ₂) Templado subhúmedo lluvias de verano, lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.	665-690	12.4-13.6	Andosol húmico
Mazapa		C(w ₂)			
Bosque de pino, bosque de pino-encino y pastizal	2,831 3,401	Templado subhúmedo con lluvias de verano, lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.	759-826	10.7-12.7	Cambisol eútrico litosol regosol dístico y andosol húmico.

Tamaño de muestra

En virtud de que la normatividad forestal establece, como requerimiento para autorizar la recolecta de los hongos silvestres, determinar el peso fresco por extraer en la superficie susceptible de aprovechamiento, es evidente que la unidad de muestreo para la generación de un modelo que estime dicho valor deberá ser una parcela de área fija. Al respecto, el monitoreo de la producción fúngica en bosques templados realizado en diversos rodales ha permitido definir que las parcelas cuadradas de 33 x 33 m, son las recomendadas para obtener una buena estimación de la abundancia y productividad de los macromicetos (hongos) (Zamora-Martínez *et al.*, 2007).

El número de unidades de muestreo sugerido es de al menos 60 por predio, dicha cantidad garantiza el cumplimiento del supuesto de normalidad de los errores del modelo de regresión (Montgomery *et al.*, 2004). Cada una de ellas es señalada en los puntos extremos y al centro con cintas fosforescentes de abanderamiento (Sunglo Hi-Viz Ben Meadows color amarillo, rosa y naranja) para facilitar su localización; así mismo se marcaran con pintura de aceite, color amarillo, los árboles definidos como señuelo, los cuales se identifican con el número de la parcela (Figura 3).

Diseño de muestreo

Si se parte del supuesto de que las especies de hongos silvestres comestibles se disponen espacialmente al azar, el muestreo aleatorio es equivalente al sistemático

(Scheaffer *et al.*, 1987), en el cual la muestra se distribuye sobre la población completa; por lo tanto se recomienda establecer las unidades de muestreo sistemáticamente a equidistancias mínimas de 100 m. Su localización en campo se facilita mediante el uso de GPS (Geographical position system) de mediana precisión (figuras 2a y 2b).

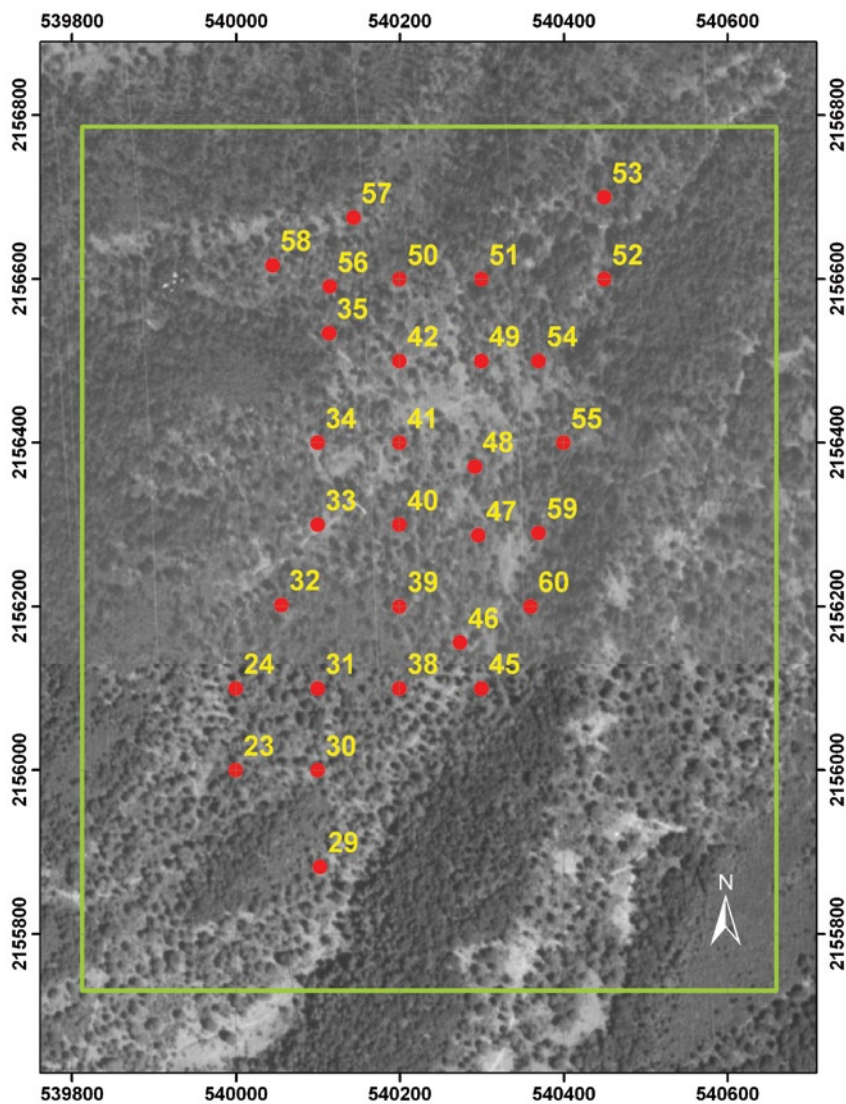


Figura 2a. Unidades de muestreo con distribución sistemática en el predio forestal El Pardo.

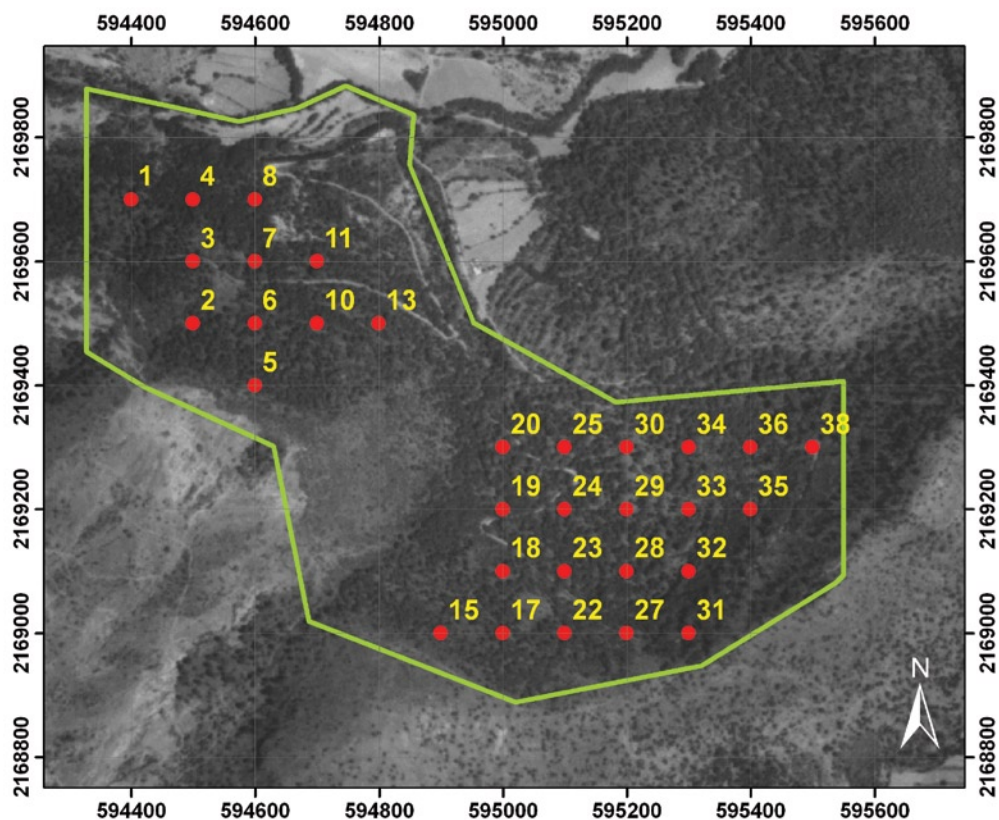


Figura 2b. Unidades de muestreo con distribución sistemática en el predio forestal Mazapa.

Obtención del peso fresco de los esporomas e información dasométrica

Además de cuantificar por especie (tipo) el número de esporomas (hongo) y su peso fresco en gramos, se recomienda emplear una báscula portátil digital, a los árboles de pino cuyo diámetro normal sea mayor de 7.5 cm, se les mide la altura total en metros (Pistola Haga®), el diámetro normal en centímetros (cinta diamétrica Forestry Suppliers, Jackson, MS®); así como el diámetro mayor y menor de la copa (cinta métrica). La recolecta de hongos en las unidades de muestreo se realiza a partir de recorridos que siguen transectos en zig-zag, que inician en una de sus cuatro esquinas (Figura 3).

El análisis de las variables dasométricas responde a que la combinación de ellas es un indicador del tamaño medio de los árboles de pino presentes, en consecuencia son valores útiles para la predicción del peso fresco de los hongos, por unidad de muestreo. En virtud de que el crecimiento de los árboles no varía significativamente en periodos tan cortos la evaluación dasométrica se efectúa en una sola ocasión sin importar que ello tenga lugar antes de la temporada húmeda o bien al finalizar ésta (diciembre-abril).

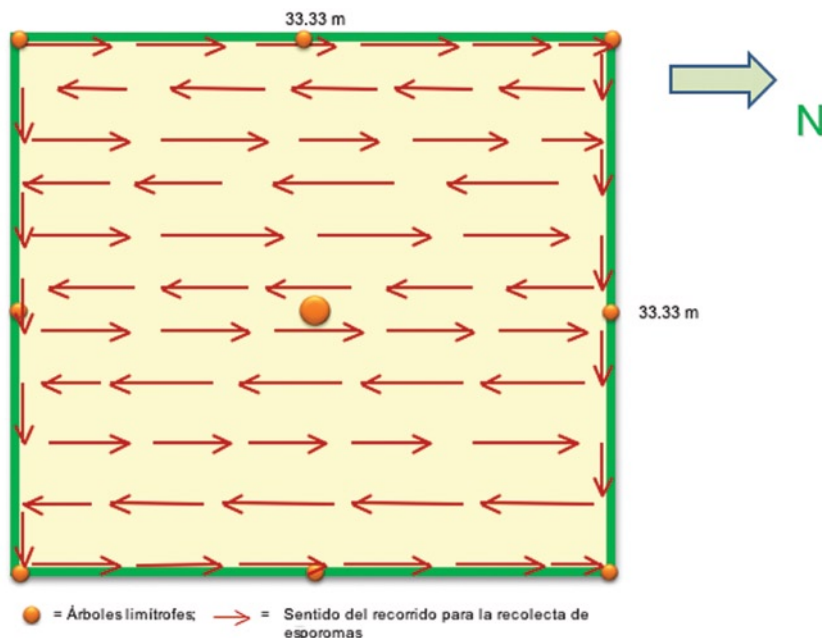


Figura 3. Unidad de muestreo de esporomas.

El peso fresco de los hongos silvestres comestibles debe registrarse una vez por semana durante la época de lluvias, ya que las condiciones de humedad del sotobosque propician el desarrollo de los esporomas. Con base en lo propuesto por Villarreal y Guzmán (1985), Villarreal (1994) y Zamora-Martínez y Nieto de Pascual (1995) esta actividad debe realizarse durante los meses de junio a noviembre.

Base de datos

La información de campo se ordena en un cuadro, para lo cual se sugiere utilizar un programa de cómputo (Excel, SAS, entre otros), en el que el número de esporomas (hongos) y su peso fresco (gramos) en las diferentes fechas de medición constituyen los campos (columnas); mientras que los registros (filas) están definidos por las especies (tipos) de hongos, presentes en cada una de las unidades de muestreo (Cuadro 2).

Una segunda base de datos se integra con la información relacionada con el arbolado presente en la unidad de muestreo e incluye las siguientes variables: diámetro normal (cm), altura total (m), diámetro menor y mayor de copa (m), valores que se anotarán en las columnas y las filas corresponderán a las diferentes especies de pino, existentes por sitio (Cuadro 3).

Es importante cuantificar el número total de especies (tipos) fúngicas y esporomas (hongos); así como, el peso fresco total para los meses de evaluación, correspondientes a cada unidad de muestreo. Además, se determinará el promedio del diámetro normal, la altura total y el área de copa, para ésta última se considera el promedio del diámetro menor y mayor de la copa.

Cuadro 2. Formato para la integración de la base de datos fúngicos de campo.

UM	Fecha 1		Fecha 2	
	Esporomas (Núm)	Peso fresco (g)	Esporomas (Núm)	Peso fresco (g)
Predio 1				
Especie 1				
Especie 2				
Especie n				
Predio 2				
Especie 1				
Especie 2				
Especie n				

UM= Unidad de muestreo

Una vez reunida la información por unidad de muestreo, es posible generar el modelo de regresión múltiple, en el que la variable dependiente es el peso fresco y las independientes son las indicadas en el Cuadro 4.

Cuadro 3. Formato para la integración de la base de datos dasométricos de los ejemplares de *Pinus* spp.

UM	Diámetro normal (cm)	Altura total (m)	Diámetro menor copa (m)	Diámetro mayor copa (m)
Predio 1				
Especie de <i>Pinus</i> 1				
Especie de <i>Pinus</i> 2				
Especie de <i>Pinus</i> n				
Predio 2				
Especie de <i>Pinus</i> 1				
Especie de <i>Punis</i> 2				
Especie de <i>Pinus</i> n				
UM = Unidad de muestreo				

Cuadro 4. Variables consideradas para la generación del modelo de regresión.

Tipo de variable	Clave	Descripción
Dependiente	PESOFRTO	Peso fresco total de hongos silvestres comestibles (g).
Independiente	ESPOROTO	Número total de esporomas
Independiente	ESPE	Número de especies de hongos
Independiente	MEDALTUPP	Altura media (m)
Independiente	MEDIAMNOPM	Diámetro normal medio (m)
Independiente	MEDCOPAPP	Área de copa media (m ²)
Independiente	VOLPINO*	(MEDIAMNOPM)(MEDIAMNOPM)(MEDALTUPP)

*Volumen del pino, variable indicadora del tamaño de los árboles.

SAS - [HONGOS4junio-erb]

Archivo Edición Ver Herramientas Ejecutar Soluciones Ventana Ayuda

✓

</

Figura 5. Base de datos de las variables fúngicas procedentes del predio Mazapa, Nanacamilpa de Mariano Arista, Tlax.

El siguiente comando permite unir de manera vertical las bases de datos: **DATA** HONGO0; SET PARDO MAZAP. El nuevo archivo se denomina HONGO0 (Figura 6). Para el caso que nos ocupa y para fines demostrativos, se emplean los datos de campo de dos predios, en la práctica la recomendación es en el sentido de establecer las 60 unidades de muestreo por predio.

Con el fin de simplificar la programación, las variables número de esporomas (hongos) y peso fresco se renombran, las resultantes se utilizan para obtener los totales durante la temporada de evaluación. El archivo que los contiene se llama HONGO1.

```

----
1016 TITLE 'HONGOS TOTAL ACUMULADO POR PREDIO PARCELA POR ESPECIE PESO Y ESPOROMA';
1017 DATA HONGO1; SET HONGO0;
1018 EF2=ESPOROF2a+ESPOROF2b;
1019 PF2=PFRESCF2a+PFRESCF2b;
1020 EF3=ESPOROF3a+ESPOROF3b;
1021 PF3=PFRESCF3a+PFRESCF3b;
1022 EF4=ESPOROF4a+ESPOROF4b;
1023 PF4=PFRESCF4a+PFRESCF4b;
1024 EF5=ESPOROF5a+ESPOROF5b;
1025 PF5=PFRESCF5a+PFRESCF5b;
1026 EF6=ESPOROF6a;
1027 PF6=PFRESCF6a;
1028 EF7=ESPOROF7a+ESPOROF7b;
1029 PF7=PFRESCF7a+PFRESCF7b;
1030 EF8=ESPOROF8a+ESPOROF8b;
1031 PF8=PFRESCF8a+PFRESCF8b;
1032 EF9=ESPOROF9a+ESPOROF9b;
1033 PF9=PFRESCF9a+PFRESCF9b;
1034 EF10=ESPOROF10a+ESPOROF10b;
1035 PF10=PFRESCF10a+PFRESCF10b;
1036 EF11=ESPOROF11a+ESPOROF11b;
1037 PF11=PFRESCF11a+PFRESCF11b;
1038 EF12=ESPOROF12a+ESPOROF12b;
1039 PF12=PFRESCF12a+PFRESCF12b;
1040 EF13=ESPOROF13a+ESPOROF13b;
1041 PF13=PFRESCF13a+PFRESCF13b;
1042 EF14=ESPOROF14a+ESPOROF14b;
1043 PF14=PFRESCF14a+PFRESCF14b;
1044 ESPOROMA=EF2+EF3+EF4+EF5+EF6+EF7+EF8+EF9+EF10+EF11+EF12+EF13+EF14;
1045 PESOFRES=PF2+PF3+PF4+PF5+PF6+PF7+PF8+PF9+PF10+PF11+PF12+PF13+PF14;
1046 PROC PRINT;
1047 VAR PREDIO UMUESTRA ESPECIE
1048 ESPOROMA PESOFRES; RUN;

```

Figura 6. Vista del archivo HONGO0 en SAS.

Otra opción de trabajo consiste primero en calcular los totales mensuales y luego sumarlos. En la Figura 7 se ilustra este procedimiento; además, se ejemplifica la determinación de los totales por unidad de muestreo, tanto en El Pardo como en Mazapa. Las nuevas variables que se refieren al total del número de esporomas (hongos) y del peso fresco son ESPOROTO y PESOFRTO, respectivamente. La variable ESPE corresponde al número de especies de hongos. Con PROC MEANS SUM; var ESPOROTO PESOFRTO ESPE; BY PREDIO UMUESTRA se generan los totales durante la época de estudio para ESPOROTO PESOFRTO y ESPE. El archivo que incluye todos los valores se nombra como TOTALEP.

```

1066
1067
1068 TITLE 'HONGOS ACUMULADO AL MES POR PREDIO POR UNIDAD DE MUESTREO PESO Y ESPOROMA';
1069 DATA HONGO3; SET HONGO1;
1070 AGOE=EF2+EF3+EF4+EF5;
1071 AGOP=PF2+PF3+PF4+PF5;
1072 SEPE=EF6+EF7+EF8+EF9;
1073 SEPP=PF6+PF7+PF8+PF9;
1074 OCTE=EF10+EF11+EF12+EF13+EF14;
1075 OCTP=PF10+PF11+PF12+PF13+PF14;
1076 ESPOROTO=AGOE+SEPE+OCTE;
1077 PESOFRTO=AGOP+SEPP+OCTP;
1078 IF ESPOROTO>0 THEN ESPE=1;
1079 PROC SORT; BY PREDIO UMUESTRA;
1080 PROC MEANS SUM NOPRINT; VAR AGOE AGOP SEPE SEPP OCTE OCTP ESPOROTO PESOFRTO ESPE; BY PREDIO UMUESTRA;
1081 OUTPUT OUT=TOTALEP SUM=AGOE AGOP SEPE SEPP OCTE OCTP ESPOROTO PESOFRTO ESPE; PROC PRINT;
1082 VAR PREDIO UMUESTRA AGOE AGOP SEPE SEPP OCTE OCTP ESPOROTO PESOFRTO ESPE; RUN;
1083
1084

```

Figura 7. Ventana que muestra el proceso para obtener el archivo TOTALEP.

El análisis de los datos dasométricos es similar al de los fúngicos. A continuación se describe la elaboración de la base de datos correspondiente al predio El Pardo. La variable TIPO indica si en la unidad de muestreo existe una conífera o latilofoliada, GENERO se refiere a la categoría taxonómica; mientras que DIAMNORM, ALTUTOTA, DCOPAMEN y DCOPAMAY representan el diámetro normal (cm), la altura total (m) y los diámetros menor y mayor de copa (m), respectivamente. El archivo generado se denomina DASOS0 (Figura 8).

```

1416 TITLE "DATOS ORIGINALES ARBOLES";
1417 DATA DASOS0;
1418 INPUT PREDIO $ UMUESTRA NUMARBOL TIPO $ GENERO $ DIAMNORM ALTUTOTA DCOPIAMEN DCOPIAMAY;
1419 CARDS;
1420 PARDO 1 1 Conifera Pinus 42.40 17.00 10.20 7.90
1421 PARDO 1 2 Conifera Pinus 31.30 18.00 5.20 6.20
1422 PARDO 1 3 Conifera Pinus 31.40 7.50 4.20 5.60
1423 PARDO 1 4 Conifera Junip 10.80 3.50 2.60 2.80
1424 PARDO 1 5 Conifera Pinus 34.30 16.00 7.00 10.40
1425 PARDO 1 6 Conifera Pinus 26.80 17.00 4.30 5.80
1426 PARDO 1 7 Conifera Pinus 26.60 15.50 4.10 3.50
1427 PARDO 1 8 Conifera Pinus 45.40 20.00 10.10 11.70
1428 PARDO 1 9 Conifera Junip 14.30 6.00 2.60 4.40
1429 PARDO 1 10 Conifera Pinus 22.00 10.00 4.70 4.00
1430 PARDO 1 11 Conifera Junip 19.20 7.00 3.90 7.30
1431 PARDO 1 12 Conifera Junip 12.00 6.50 4.60 4.30
1432 PARDO 1 13 Conifera Junip 27.80 8.00 5.70 5.50
1433 PARDO 1 14 Conifera Junip 9.30 2.00 1.80 5.10
1434 PARDO 1 15 Conifera Junip 19.90 6.00 4.70 4.10
1435 PARDO 1 16 Conifera Junip 16.10 5.50 3.10 4.15
1436 PARDO 1 17 Conifera Junip 16.80 5.00 4.39 4.43

```

Figura 8. Archivo con la información dasométrica del predio El Pardo, Tlaxco, Tlax.

A partir de la información contenida en DASOS0 se obtienen las variables DIAMCOPA y AREACOPA, que equivalen al diámetro de copa y al área de copa (metros cuadrados). El archivo resultante es DASOS1 (Figura 9).

Dado que el archivo DASOS1 contiene los datos de todas las especies arbóreas presentes en la unidad de muestreo y las de interés son las de *Pinus*, es conveniente generar un archivo que considere sólo los individuos de este género. El comando condicional indicado en la Figura 10 permite filtrar en DASOS1 los valores de interés para el caso del predio El Pardo. De igual manera se procede para el caso de Mazapa.

```

SAS -[HONGOS:juno-evb_manual]
Archivo Edición Herramientas Ejecutar Soluciones Ventana Ayuda
✓
4702
4703
4704 TITLE "DATOS DEPURADOS";
4705 DATA DASOS1; SET DASOS0;
4706
4707 DIAMCOPA=(DCOPIAMEN+DCOPIAMAY)/2; /*EN METROS*/;
4708 AREACOPA=(3.1416*(DIAMCOPA**2))/4; /*EN METROS CUADRADOS*/;
4709

```

Figura 9. Archivo con los datos dasométricos depurados (DASOS1).

Los promedios por unidad de muestreo para las variables ALTUTOTA, DIAMNORM y AREACOPA correspondientes a El PARDO se determinan a partir de DASOS2 mediante PROC MEANS MEAN. Estos valores se identifican como MEDALTUPP, MEDIAMNOPP y MEDCOPAPP. La información se guarda en el archivo MEDIAPIN, que a su vez se despliega en JUNTAPAR (Figura 11).

El archivo JUNTAMAZ para el predio de Mazapa se obtiene de manera similar. El denominado JUNTAPARMAZ integra la información dasométrica de los dos predios mediante el comando SET.



Figura 10. Ventana con el comando para seleccionar la información referente al género *Pinus*.

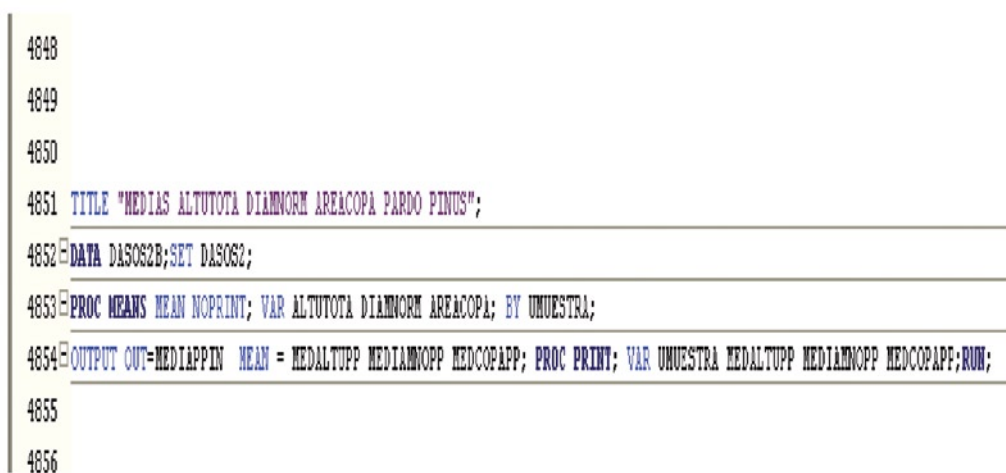


Figura 11. Ventana con las instrucciones para generar el archivo MEDIAPIN.

Generación del modelo predictivo

Una vez reunida la información por unidad de muestreo, es posible generar el modelo de regresión múltiple (1), en el que la variable dependiente es el peso fresco y las independientes son las indicadas en el Cuadro 4.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (1)$$

Donde:

y = variable de interés (peso fresco de los hongos).

$x_{1 \text{ a } k}$ = variables independientes (Cuadro 4).

ε = variables aleatorias normales e independientes con media 0 y varianza desconocida, pero constante.

Las características de las variables aleatorias (ε), antes indicadas, representan los supuestos del modelo, cuyo cumplimiento deberá verificarse. En todo momento debe tenerse presente que el nivel de estimación es la unidad de muestreo, con un tamaño de 1,110 m².

En cualquier programa estadístico que contenga el módulo de regresión es posible estimar los parámetros del modelo (1); sin embargo, dada su popularidad en la estadística aplicada y la facilidad con que se calculan los totales y promedios de las variables fúngicas y dasométricas, se sugiere el uso de Statistical Analysis System (SAS®); así como la revisión de Herrera y Barrera (2001); Der y Everitt (2002) y Valls y Badiella (s/f) para consultar la sintaxis que utiliza dicho programa.

Previo a la estimación de los parámetros del modelo (1) se deberá crear un archivo (TODOS) que integre los totales de la variables fúngicas y las medias de las dasométricas. (Figura 12) (Cuadro5). Para ello se ejecutan las siguientes órdenes en el programa:

DATA TODOS; **MERGE** TOTALES JUNTAPARMAZ; **PROC PRINT**; **RUN**. El comando **MERGE** permite colocar una base datos al lado de la otra.

Con el fin de generar la variable indicadora del tamaño del árbol, el diámetro normal se convierte en metros. Hasta el momento se tiene lista la información requerida para estimar los parámetros del modelo de regresión y obtener estadísticos para evaluar su eficacia (Figura 12, Cuadro 5).

```

5646
5647 TITLE "MODELOS HAZAPA Y PARDO";
5648 DATA MODELOSSE; SET TODOS;
5649 MEDIAMNOPM=MEDIAMNOPP/100;
5650 VOLPINO=(MEDIAMNOPM*MEDIAMNOPM*MEDALTUPP);
5651 PROC REG; MODEL PESOFRTO= ESPOROTO ESPE VOLPINO MEDCOPAPP
5652 /NOINT DW P R; RUN;
5653 OUTPUT OUT=RESMAZPAR F=PREDICHO R=RESIDUAL;
5654 PROC PLOT; PLOT RESIDUAL*PREDICHO='.'; RUN;
5655 PROC UNIVARIATE NORMAL; VAR RESIDUAL; RUN;
5656 PROC CAPABILITY DATA=RESMAZPAR NORMALTEST GRAPHICS; VAR RESIDUAL; HISTOGRAM RESIDUAL/NORMAL; RUN;
5657 PROC CAPABILITY DATA=RESMAZPAR; VAR RESIDUAL; PPLOT RESIDUAL/NORMAL (COLOR=GREEN); RUN;
5658
5659

```

Figura 12. Instrucciones para realizar el análisis de regresión.

En cualquier análisis de regresión no basta con estimar los parámetros del modelo, es necesario comprobar el cumplimiento de los supuestos en que se basa.

Cuadro 5. Programa SAS para estimar los parámetros del modelo (1).

Comando	Significado
DATA MODELOSSE;	Se indica al sistema que se creará un nuevo conjunto de datos cuyo nombre es "MODELOSSE".
SET TODOS;	El conjunto de datos "MODELOSSE" tendrá las mismas variables que el conjunto de datos TODOS, previamente creado y el cual contiene las variables: PESOFRTO: Peso fresco de hongos (g) ESPOROTO: Número de esporomas ESPE: Número de especies de hongos MEDALTUPP: Altura media (m) MEDIAMNOPP: Diámetro normal medio (m) MEDCOPAPP: Área de copa media (m ²)
MEDIAMNOPM=MEDIAMNOP P/100;	Se crea la variable MEDIAMNOPM que contiene el diámetro normal en metros
VOLPINO=(MEDIAMNOPM* MEDIAMNOPM*MEDALTUPP);	Se crea la variable VOLPINO que considera DIAMNOPM al cuadrado por la MEDALTUPP. En estas condiciones VOLPINO es una indicadora del tamaño medio del árbol

continúa Cuadro 5...

PROC REG; MODEL PESOFRTO= ESPOROTO ESPE VOLPINO MEDCOPAPP /NOINT DW P R; RUN;	Se obtiene el Análisis de Varianza y la R^2. Se estiman los parámetros del modelo (1). Se considera "PESOFRTO" como la variable dependiente y "ESPOROTO", "ESPE" "VOLPINO" "MEDCOPAPP" como las variables independientes Con NOINT se indica que el modelo no considere la ordenada la origen, con DW se obtiene el estadístico de Durbin-Watson, con P los valores predichos y con R los residuales
RUN;	Indica que el programa se ejecute
OUTPUT OUT=RESMAZPAR P=PREDICHO R=RESIDUAL;	Se genera un archivo que se llama "RESMAZPAR" y renombran las variables "P" y "R"
PROC PLOT; PLOT RESIDUAL*PREDICHO = ' '; RUN;	Se genera una gráfica bidimensional con las variables "RESIDUAL" (eje de las Y) y "PREDICHO" (eje de las X)
PROC UNIVARIATE NORMAL; VAR RESIDUAL; RUN	Se hace la prueba de normalidad para los residuales
PROC CAPABILITY DATA= RESMAZPAR NORMAL TEST GRAPHICS; VAR RESIDUAL; HISTOGRAM RESIDUAL/NORMAL; RUN;	Se hace un histograma de los residuales y una gráfica de distribución normal
PROC CAPABILITY DATA=RESMAZPAR; VAR RESIDUAL; PPLOT RESIDUAL/NORMAL(COLOR =GREEN); RUN;	Se crea una gráfica que compara la función de distribución acumulativa empírica de los residuales con la función de distribución acumulativa teórica de la normal

A continuación se presentan los resultados proporcionados por el programa, así como su interpretación.

Resultado 1. Análisis de varianza, R^2 y coeficientes de regresión estimados.

Procedimiento REG Modelo: MODEL1 Variable dependiente: PESOFRTO NOTA: No intercept in model. R-Square is redefined.					
Analysis of Variance					
Fuente	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	52125711	13031428	122.14	<.0001
Error	50	5334434	106689		
Total no corregid	54	57460145			
Root MSE		326.63234	R-cuadrado	0.9072	
Media dependiente		937.64815	Adj R-Sq	0.8997	
Coeff Var		34.83528			
Parámetros estimados					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	Valor t	Pr > t
ESPORTOe	1	2.21490	0.72151	3.07	0.0035
ESPE	1	23.81507	7.85876	3.03	0.0039
VOLPINO	1	-128.00339	40.50026	-3.16	0.0027
MEDCOPAPP	1	15.74437	4.15195	3.79	0.0004

En virtud de que el valor de p correspondiente a la prueba de F es menor a 0.05 se concluye que existe una relación lineal entre el peso fresco de los hongos y cualquiera de la variables regresoras (Montgomery *et al.*, 2004). Así mismo, todos los valores de las pruebas de t son menores a 0.05 lo que implica que cada una de las variables independientes consideradas contribuyen en forma significativa al modelo, cuando el resto de ellas se consideran en el modelo.

La $R^2=0.8997$ indica que 89.97% de la variabilidad de “PESOFRTO” (peso fresco total) es explicada por el modelo de regresión.

Los coeficientes de regresión estimados son:

$$\hat{\beta}_1 = 2.21490, \hat{\beta}_2 = 23.815017, \hat{\beta}_3 = -128.00339 \text{ y } \hat{\beta}_4 = 15.74437$$

En estas condiciones, el modelo de regresión para estimar el peso fresco de hongos silvestres comestibles en los predios forestales El Pardo y Mazapa, Tlaxcala, queda de la siguiente manera:

$$\hat{y} = 2.21x_1 + 23.82x_2 - 128x_3 + 15.74x_4$$

Donde:

- $\hat{y}$: Peso fresco estimado de hongos (g) por unidad de muestreo.
 x_1 : Número total de esporomas por unidad de muestreo.
 x_2 : Número total de especies fúngicas por unidad de muestreo.
 x_3 : Indica el tamaño medio del fuste de los árboles de pino por unidad de muestreo. Se obtiene como el producto del diámetro normal medio (m) al cuadrado por la altura total media (m).
 x_4 : Área media de copa (m^2) en la parcela.

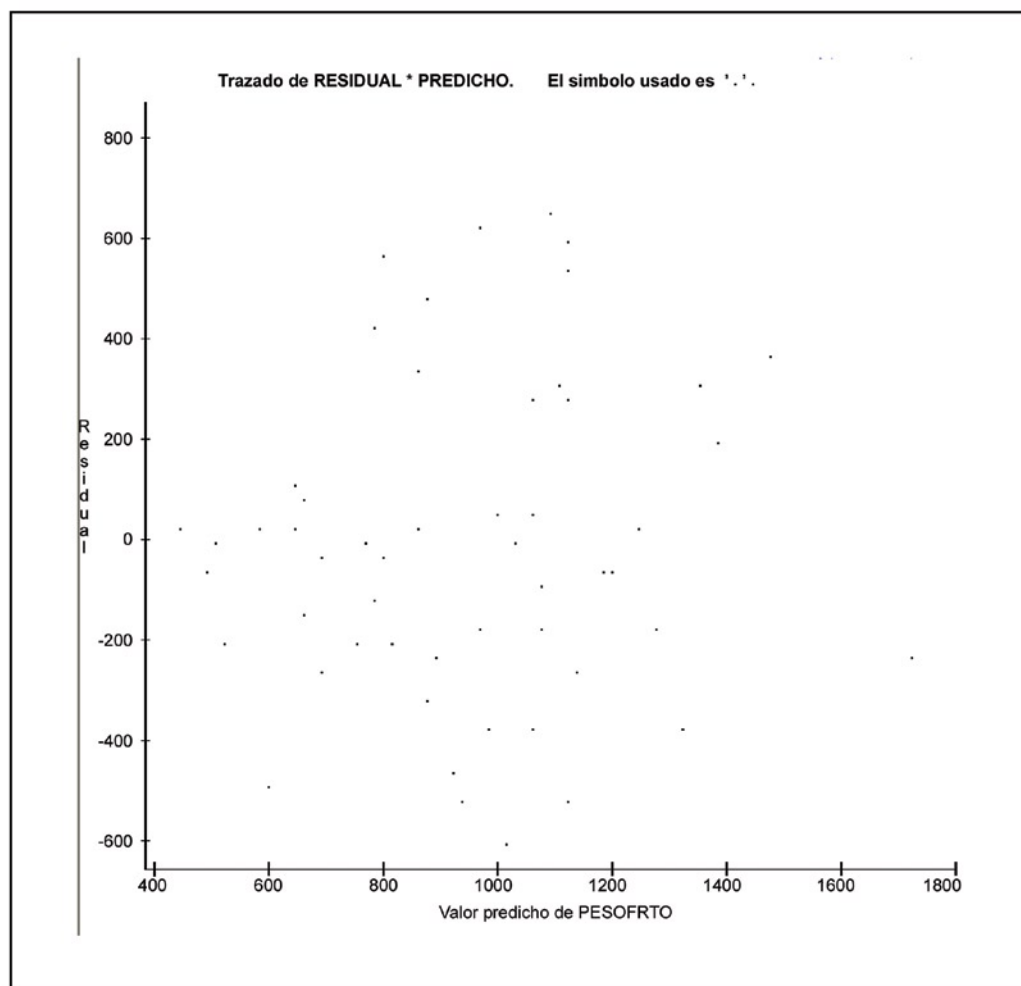
Resultado 2. Estadístico de Durbin-Watson.

15	
rocedimiento REG	
Modelo: MODEL1	
Variable dependiente: PESOFRT0	
Durbin-Watson D	2.162
Número de observaciones	54
1st Autocorrelación de orden	-0.085

El estadístico DW=2.162 indica la falta de autocorrelación en los errores.

Valores relativamente cercanos a 2 son deseables (Pérez, 2003).

Resultado 3. Gráfica de dispersión de residuales.



La gráfica indica que el supuesto de la varianza constante se cumple, ya que la dispersión de los residuales es aleatoria. Cualquier otro patrón implica la violación a dicha premisa.

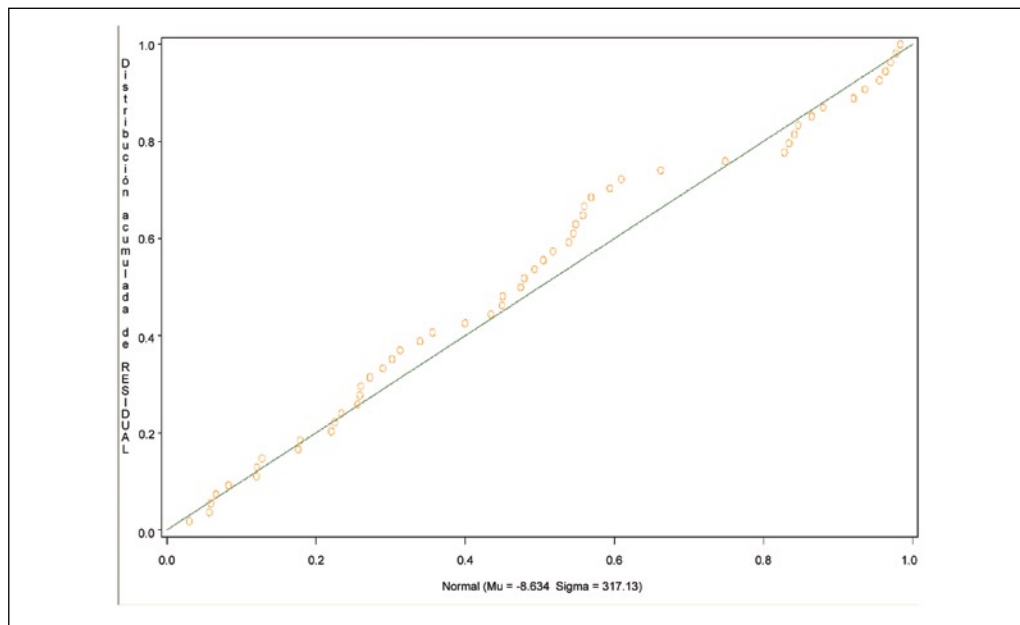
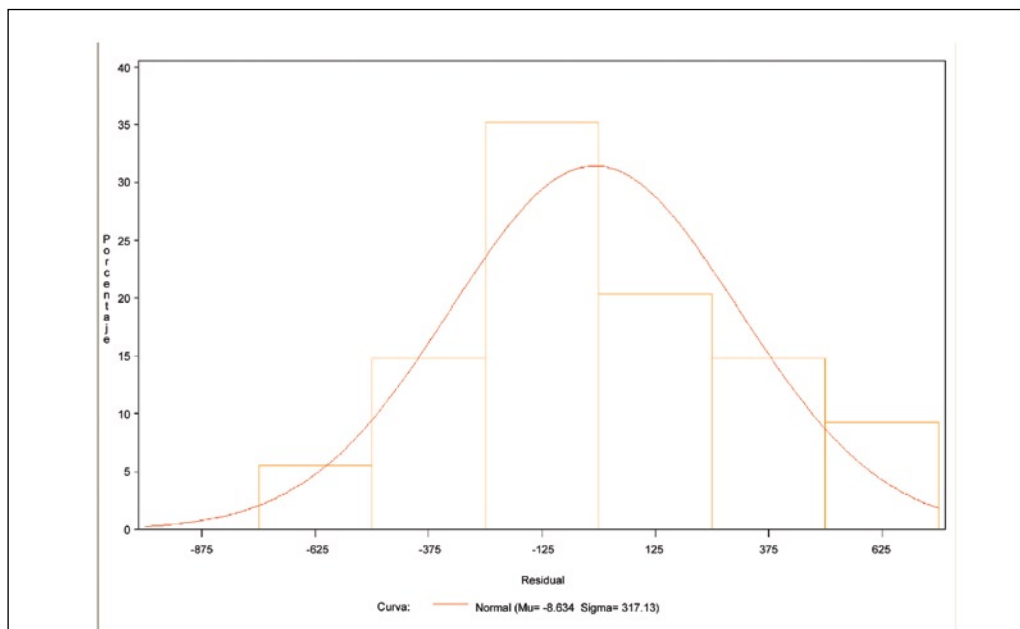
Resultado 4. Estadístico de Shapiro-Wilk

Procedimiento CAPABILITY			
Variable: RESIDUAL (Residual)			
Momentos			
N	54	Sumar pesos	54
Media	-8.6340902	Sumar observaciones	-466.24087
Desviación estándar	317.133645	Varianza	100573.749
Asimetría	0.38245752	Kurtosis	-0.469293
SS no corregida	5334434.26	SS corregida	5330408.69
Variación de Coeff	-3673.0407	Media de error estándar	43.1564228
Medidas estadísticas básicas			
Posición		Variabilidad	
Media	-8.6341	Desviación estándar	317.13365
Mediana	-26.7336	Varianza	100574
Moda	.	Rango	1274
		Rango intercuantil	420.97522
Tests de posición: $\mu_0=0$			
Test	-Estadístico-	-----p valor-----	
T de student	t -0.20007	Pr > t	0.8422
Signo	M -3	Pr >= M	0.4966
Puntuación con signo	S -58.5	Pr >= S	0.6190
Tests para normalidad			
Test	-Estadístico--	-----p valor-----	
Shapiro-Wilk	W 0.967466	Pr < W	0.149
Kolmogorov-Smirnov	D 0.116101	Pr > D	0.069
Cramer-von Mises	W-Sq 0.099820	Pr > W-Sq	0.113
Anderson-Darling	A-Sq 0.582004	Pr > A-Sq	0.129

valor mayor de
0.05

El supuesto de normalidad de los errores se cumple, puesto que el valor de $p=0.149$ correspondiente a la prueba de Shapiro-Wilk es mayor a 0.05.

Resultado 5. Gráficas de normalidad



En las dos gráficas anteriores se observa de nuevo el cumplimiento del supuesto de normalidad en los errores. En la primera, los residuales se ajustan a una campana de Gauss y en la segunda los puntos se distribuyen, en general, sobre una línea recta que pasa por el origen y que tiene pendiente = 1.

Ventajas y desventajas del modelo generado

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el programa SAS, se considera que es factible predecir el peso fresco de los hongos silvestres comestibles a partir de información fúngica y dasométrica de uso convencional en los inventarios forestales.

Se trata de un modelo de regresión múltiple cuya aplicación resulta sencilla cuando se conocen el número total de especies y de esporomas; el diámetro, la altura media y el área media de copa por unidad de muestreo.

Si bien es cierto, que algunos investigadores han intentado modelar la producción de hongos silvestres comestibles, la ecuación generada es novedosa porque incorpora tres características del arbolado que inciden en la emergencia de los esporomas. Dos de ellas (altura y diámetro) de manera indirecta se refieren a la edad de los componentes arbóreos, características citadas por diversos autores como factor determinante en la formación de los carpóforos de los macromicetos (Villarreal, 1994). Respecto al área media de la copa, ésta incide en la captura y retención de humedad, elemento de gran impacto en el desarrollo de los hongos (Cifuentes *et al.*, 1993; Córdova, 2004). Tales variables dasométricas han sido multicitadas como determinantes para la formación de los esporomas (Villarreal, 1994; Córdova, 2004).

Las variables fúngicas (número de especies y de esporomas) son importantes en la estimación de la producción total porque cada especie tiene un peso y dimensiones morfológicas definida por su biología; así, por ejemplo, *Cantharellus cibarius* (duraznillo) es de talla y peso reducidos, a diferencia de *Amanita caesarea* (yema, tecomate) cuyos esporomas alcanzan diámetros de 20 cm con 200 g de peso.

No obstante, el modelo generado tiene la limitante que su aplicación espacial se restringe a rodales con las condiciones ecológicas y silvícolas descritas en el presente documento. Variables como la edad y la densidad puede ser significativas en otras condiciones. Además, el modelo sólo considera un periodo de evaluación, que para el caso de los hongos es restrictivo, pues la riqueza de especies, su abundancia y frecuencia varían año con año. Así, en los climas templados el periodo mínimo necesario de monitoreo para tener una representación razonable de la estructura de la comunidad fúngica varía de tres a ocho años lo que implica efectuar muestreos al menos durante tres o cinco años consecutivos (Taylor y Bruns, 1999; Zamora-Martínez *et al.*, 2007).

En el apéndice 2 se presenta el modelo en forma tabular. Para alguna aplicación en particular, basta con alimentar la ecuación con los datos de las variables independientes (regresoras) en una hoja de cálculo, o bien generar una variable adicional en SAS.

RECOMENDACIONES

El método mostrado para la elaboración del modelo predictivo es recomendable que se aplique mediante el uso de datos de campo obtenidos en por lo menos tres temporadas de lluvias, lo cual dará mayor precisión a la estimación de la producción fúngica anual.

Se sugiere considerar otras variables independientes tales como: la composición, la estructura, el área basal, el número de árboles por parcela y la edad del arbolado (Peterson *et al.*, 2000). Respecto a las condiciones del microhábit, susceptibles de incorporarse al modelo, se pueden mencionar: el pH, contenido de humedad y temperatura del suelo. Todas ellas constituyen factores determinantes para la emergencia de los esporomas (Méndez, 2002; Jonathan y Fasidi, 2003); sin embargo su medición requiere de equipo especializado y el monitoreo durante períodos de tres a cinco años.

Cabe señalar que con el uso de las opciones “Forward” y “Backward” del PROC REG de SAS es posible evaluar una gran cantidad de variables independientes, tantas como el usuario considere que contribuyen al modelo.

REFERENCIAS

- Arteaga M., B., y C. Moreno Z. 2006. Los hongos silvestres comestibles de Santa Catarina de Monte, Estado de México. *Revista Chapingo. Serie: Ciencias forestales y del ambiente*. 12(2):125-131.
- Cifuentes J., M. Villegas-Ríos y L. Pérez-Ramírez. 1993. Hongos macroscópicos. *In*: Luna-Vega, I. y J. Llorente (ed.). *Historia natural del parque ecológico estatal Omiltemi, Chilpancingo, Gro. México*. Universidad Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. México. pp. 59-126.
- Córdova, J. 2004. Producción natural de hongos silvestres comestibles del bosque de Pino-Encino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Tesis de Maestría. ENCB, IPN. México, D. F. México. 104 p.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2006. Plan Estratégico de Comercialización Para los Productos Terminados Maderables y no Maderables de México <http://148.223.105.188:8081/planestrategico/planestrategico.asp?codigo=2340> <<http://148.223.105.188:8081/%20planestrategico/planestrategico.asp?codigo=2340>>(enero de 2009).
- Der, G. and B.S. Everitt. 2002. *A Handbook of Statistical Analyses using SAS*. Second Edition. CHAPMAN & HALL/CROC. Boca Raton London New York Washington, D.C. USA. 351 p.

- Estrada-Martínez, E. 2002. Etnomicología en torno a los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl. In: Guzmán, G. y G. Mata (Eds.). 2002. Estudio sobre los hongos latinoamericanos. Nanacatepec, Xalapa, Ver. p. 541.
- Estrada-Torres, A. 2003. Ecología de los hongos ectomicorrizógenos. In: Estrada-Torres A. y M.G. Santiago-Martínez. (Eds.). Avances en el estudio de la ectomicorriza en el estado de Tlaxcala, México. Universidad Autónoma de Tlaxcala/Sistema de Investigación Zaragoza. Tlaxcala, Tlax. México. pp. 26-34.
- Gómez T., M., F. Castellanos B., M.C. Zamora-Martínez, M. Cano G., M. Valdés, E. Bravo M., C. N. Méndez C., H. León A. y M. A. Vázquez D. 2002. Factores limitantes para la conservación del hongo blanco de ocote en Oaxaca. In: Memorias del 7º Foro Estatal de Investigación Científica y Tecnológica. 28-29 de noviembre de 2002. Oaxaca. CONACYT-SIBEJ. Oaxaca, Oax. México. pp. 173-177.
- Herrera H., J.G. y A. Barrera S. 2001. Manual de procedimientos. Análisis estadístico de experimentos pecuarios (utilizando el programa SAS). Colegio de Postgraduados. Texcoco, Edo. de Méx. México. 119 p.
- Jonathan, S.C. and I.O. Fasidi. 2003. Studies in *Psathyrella atroumbonata* Pegler, a Nigerian edible fungus. Food Chemistry, Vol. 81(4): 481-484.
- Méndez C., C.N. 2002. Influencia de la humedad edáfica en la producción de *Tricholoma magnivelare* (Peck) Redhead (Fungi), en Ixtlán, Oaxaca. Tesis de Licenciatura en el Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca No. 23. Ex-Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oax. México. 75 p.
- Montgomery, D.C., E. A. Peck y G.G. Vining. 2004. Introducción al análisis de regresión lineal. Trad. por V. González P. Compañía Editorial Continental. Primera reimpresión. México. D. F. México. 588 p.
- Peña P., A. y J. A. Hernández R. 2004. Emulación del crecimiento de hongos comestibles y medicinales utilizando un algoritmo evolutivo con un operador genético de tipo cilíndrico. Revista Colombiana de Computación. Vol. 5 (2). Diciembre. 15 p. <http://www2.unab.edu.co/editorial/unab/revistas/rec/rev52.htm>
- Pérez L., C. 2003. Estadística. Problemas resueltos y aplicaciones. Pearson Prentice Hall. Madrid, España. 485 p.
- Peterson, M.J., R. Outerbridge and J. Dennis. 2000. *Chanterelle* productivity on burned and unburned regeneration sites in the vicinity of Skidegate Lako on Moresby Island. Final report to the Moresby Forest Replacement Account. British Columbia, Canada. 37 p.
- Pilz, D., R. Molina, E. Danell, R. Waring, C. Rose, S. Alexander, D. Luoma, K. Cromack and C. Lefevre. 2001. SilviShrooms: Predicting edible mushroom productivity using forest carbon allocation modelling and immunoassays of ectomycorrhizae. Edible mycorrhizal mushrooms and their cultivation. In: Proceedings of the Second International Conference on Edible Mycorrhizal Mushrooms. July 3-6. Christchurch, New Zealand. pp. 1-10.
- Ruan, F., R Garibay-Orijel y J Cifuentes. 2002. Aproximación al conocimiento micológico tradicional en tres regiones del sureste mexicano, a través de un estudio en

- mercados. *In*: Guzmán, G. y G. Mata (Ed.). 2002. Estudio sobre los hongos latinoamericanos. Nanacatepec. Xalapa, Ver., México. pp. 549.
- Scheaffer, R. L., W. Mendenhall y L. Ott. 1987. Elementos de muestreo. Trad. por Rendón S., G. y J. R. Gómez A. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D. F. México. 321 p
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) 2008. Ley general de desarrollo forestal sustentable. Reforma Publicada DOF. 24-11-2008. México, D. F. México. 70 p.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 2001. Sustainable management of non timber forest resources. Montreal SCBO. CBO Technical series No. 6. 30 p.
- Taylor D. L. and T. D. Bruns. 1999. Community structure of ectomycorrhizal fungi in a *Pinus muricata* forest: minimal overlap between the mature forest and resistant propagule communities. *Molecular Ecology*. 8: 1837-1850.
- Valls, J. y L. Badiella. s/f. INTRODUCCIÓN AL SAS ®. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España. 50 p.
- Villarreal, L. 1994. Análisis ecológico-silvícola de la productividad natural de hongos comestibles silvestres en los bosques del Cofre de Perote, Ver. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de postgraduados. Montecillos. Edo. de Méx. México. 158 pp.
- Villarreal, L. y G. Guzmán. 1985. Producción de los hongos silvestres comestibles en los bosques de México (Parte 1). *Rev. Mex. Mic.* 1:51-90.
- Zamora-Martínez, M. C. 1999. Hongos Comestibles de México. *In*: Ciclo de Conferencias. "La Investigación y Educación Forestal en México" Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. Subsecretaría de Recursos Naturales, Dirección General Forestal. 6 de abril al 29 de junio de 1999. México, D. F. México. pp. 87-104.
- Zamora-Martínez, M. C. 2008. Los hongos silvestres comestibles. *In*: Guerra de la C., V y C. Mallén R. (Comp.). Tlaxcala sus recursos forestales: conservación, aprovechamiento y bases para su manejo. INIFAP/CENID-COMEF.CONACYT. México, D. F. México. Libro Técnico Núm. 4. pp. 151-168.
- Zamora-Martínez, M. C. and C. Nieto de Pascual-Pola. 1995. Natural production of wild edible mushrooms in the southwestern rural territory of Mexico City, Mexico. *Forest Ecology and Management* 72:13-20.
- Zamora-Martínez, M. C., J.M. Torres, R. y L. I. Zamora-Martínez. 2001. Análisis de la información sobre productos forestales no madereros en México. <http://www.rlc.fao.org/proyecto/rlc133ec>. 125 p.
- Zamora-Martínez, M. C., A. Montoya, C. Nieto de Pascual-Pola, A. Kong, A. González H. y J. I. Martínez-Valdez. 2007. Hongos silvestres comestibles de Tlaxcala II. INIFAP/ CENID-COMEF/ Universidad Autónoma de Tlaxcala. México, D. F. México. Libro Técnico No. 3. 59 p.
- Zamora-Martínez, M. C. y E. Velasco B. 2008. Ecuación para estimar la producción de hongos silvestres comestibles a partir de variables dasométricas. *In*: Reporte anual

de investigación e innovación tecnológica. 2007. SAGARPA. INIFAP. México, D.F. México, pp. 99-100.

GLOSARIO.

Coefficiente de determinación R^2 . Proporción de la variación explicada por el modelo de regresión. Se calcula mediante:

$$R^2 = \frac{SC_R}{SC_T} = 1 - \frac{SC_{Res}}{SC_T}$$

Esta cantidad varía entre cero y uno, es decir, $0 \leq R^2 \leq 1$. Los valores cercanos a 1 implican que la mayor parte de la variabilidad de la variable respuesta se explica por el modelo de regresión.

Cuadrado medio del error o de los residuales. Cociente entre suma de cuadrados de los residuales y $n-k-1$, donde n es el número de observaciones y k el número de regresores.

Cuadrado medio de la regresión. Cociente entre suma de cuadrados de la regresión y k , donde k el número de regresores.

Esporoma. Estructura reproductiva de los hongos donde se producen las esporas procedentes de la reproducción sexual. En general se le conoce como “hongo”; sin embargo, este término incluye al micelio y al esporoma, propiamente dicho.

F calculada. Cociente entre el cuadrado medio de la regresión y el cuadrado medio del error.

Método de mínimos cuadrados. Procedimiento para estimar los parámetros de un modelo de regresión, que minimiza los errores de ajuste del modelo.

Modelo de regresión lineal múltiple. Modelo con k regresores $x_1, x_2, \dots, x_k$ (variables independientes) que tienen una relación lineal con una respuesta (variable dependiente). Su expresión matemática es la siguiente:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_k x_k + \varepsilon$$

A las constantes $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ se les conoce como **Coefficientes de Regresión**. El parámetro β_j representa el cambio esperado en la respuesta y por una variación unitaria en x_j cuando todas las demás variables regresoras se mantienen constantes. ε es un componente aleatorio de error. Los coeficientes de regresión se estiman por el método de mínimos cuadrados.

Residual. Diferencia entre el valor observado y_i y el valor ajustado correspondiente y_i . Matemáticamente, el i -ésimo residual es:

$$e_i = y_i - \hat{y}_i = y_i - (\beta_0 + \beta_1 x_{i1}), i = 1, 2, \dots, n$$

n es el número de observaciones,

Taxa. Especies.

Variables regresoras. Son las variables independientes en un modelo de regresión.

Por ejemplo, si el volumen es función del diámetro normal y la altura, éstas últimas son las regresoras.

A P É N D I C E 1

ESPECIES IDENTIFICADAS EN LOS PREDIOS EL PARDO Y MAZAPA

Agaricus augustus Fr.
Agaricus silvaticus Schaeff.
Agaricus silvícola (Vittad.) Peck
Agaricus sp.
Amanita caesarea sensu Guzmán y Ramírez-Guillén (2001)
Amanita aff. Franchetti (Boud.) Fayod
Amanita fulva (Schaeff.) Fr.
Amanita gemmata (Fr.) Bertill.
Amanita rubescens Pers.
Amanita vaginata(Bull.) Lam.
Auricularia auricula(Hook. f.) Underw.
Boletus edulis Bull.: Fr.
Boletus pinophilus Pilát & Dermek
Boletus sp.
Cantharellus cibarius Fr.
Clavulina cristata (Holmsk.) J. Schröt.
Clavulina rugosa (Bull.) J. Schröt.
Clitocybe fragans Sowerby
Clitocybe gibba(Pers.) P. Kumm.
Clitocybe odora (Bull.) P. Kumm.
Clitocybe sp.
Collybia dryophilla (Fr.) Kumm.
Collybia sp.
Cratherellus sp.
Entoloma aff.porphyrphaeum (Fr.) P. Karst.
Hebeloma aff. mesophaeum (Pers.) Quél.
Hebeloma crustuliniforme (Bull.) Quél.
Hebeloma fastibile (Pers.) P. Kumm.
Helvella crispa (Scop.) Fr.
Helvella lacunosa Afzel.
Hydnum sp

Hygrophoropsis aurantiaca (Wulfen) Maire
Hygrophorus chrysodon (Batsch) Fr.
Hygrophorus russula (Schaeff.) Kauffman
Hypomyces lactiflorum (Schwein.) Tul. & C. Tul.
Hypomyces macrosporus Seaver.
Laccaria amethystina Cooke
Laccaria laccata (Scop.) Cooke
Lactarius deliciosus (L.) Gray
Lactarius indigo (Schwein.) Fr.
Lactarius salmonicolor R. Heim et Leclair
Lactarius scrobiculatus (Scop.) Fr.
Lactarius sp.
Lactarius subdulcis (Pers.) Gray
Lepiota clypeolaria (Bull.) P. Kumm.
Leucopaxillus gentianeus (Qué.) Kotl.
Lycoperdon perlatum Pers.
Lycoperdon pyriforme Schaeff.
Lycoperdon sp.
Lycoperdon umbrinum Pers.
Lyophyllum sp.
Melanoleuca melaleuca (Pers.) Murrill
Mycena pura (Pers.) P. Kumm.
Pholiota lenta (Pers.) Sing.
Pleurotus spp.
Pluteus sp.
Psathyrella spadicea (Schaeff.) Sing.
Ramaria abietina (Pers.) Qué.
Ramaria apiculata (Fr.) Donk
Ramaria flava (Schaeff.) Qué.
Ramaria stricta (Pers.) Qué.
Russula gracilis (Pers.) Qué.
Russula americana Singer
Russula brevipes Peck
Russula cyanoxantha (Schaeff.) Fr

Russula delica Fr.
Russula fragilis Fr.
Russula nigricans (Bull.) Fr.
Russula olivacea (Schaeff.) Fr.
Russula sp.
Russula xerampelina (Schaeff.) Fr.
Suillus brevipes (Peck.) Kuntze
Suillus granulatus (L.) Roussel
Suillus luteus (L.) Roussel
Suillus sp.
Tricholoma equestre (L.) P. Kumm.
Tricholoma sp.
Xerocomus chrysenteron Bull.) Quél.



Amanita caesarea sensu Guzmán y Ramírez-Guillén (2001), tecomante, yema, pananaca



Cantharellus cibarius Fr. Tecosa, tecosita, duraznillo

A P É N D I C E 2

Peso fresco estimado de hongos (g) por unidad de muestreo.

Número total de esporomas	Número total de especies fúngicas	Diámetro normal medio (cm)	Altura total media (m)	Área media de copa (m ²)															
				10	20	30	40	50	60	70	80	90							
50	15	15	10	596.4	753.8	911.2	1068.6	1226	1383.4	1540.8	1698.2	1855.6							
50	15	15	20	567.6	725	882.4	1039.8	1197.2	1354.6	1512	1669.4	1826.8							
50	15	25	10	545.2	702.6	860	1017.4	1174.8	1332.2	1489.6	1647	1804.4							
50	15	25	20	465.2	622.6	780	937.4	1094.8	1252.2	1409.6	1567	1724.4							
50	15	35	10	468.4	625.8	783.2	940.6	1098	1255.4	1412.8	1570.2	1727.6							
50	15	35	20	311.6	469	626.4	783.8	941.2	1098.6	1256	1413.4	1570.8							
50	15	45	10	366	523.4	680.8	838.2	995.6	1153	1310.4	1467.8	1625.2							
50	15	45	20	106.8	264.2	421.6	579	736.4	893.8	1051.2	1208.6	1366							
50	15	55	10	238	395.4	552.8	710.2	867.6	1025	1182.4	1339.8	1497.2							
50	15	55	20	.	.	165.6	323	480.4	637.8	795.2	952.6	1110							
50	25	15	10	834.6	992	1149.4	1306.8	1464.2	1621.6	1779	1936.4	2093.8							
50	25	15	20	805.8	963.2	1120.6	1278	1435.4	1592.8	1750.2	1907.6	2065							
50	25	25	10	783.4	940.8	1098.2	1255.6	1413	1570.4	1727.8	1885.2	2042.6							
50	25	25	20	703.4	860.8	1018.2	1175.6	1333	1490.4	1647.8	1805.2	1962.6							
50	25	35	10	706.6	864	1021.4	1178.8	1336.2	1493.6	1651	1808.4	1965.8							
50	25	35	20	549.8	707.2	864.6	1022	1179.4	1336.8	1494.2	1651.6	1809							
50	25	45	10	604.2	761.6	919	1076.4	1233.8	1391.2	1548.6	1706	1863.4							
50	25	45	20	345	502.4	659.8	817.2	974.6	1132	1289.4	1446.8	1604.2							
50	25	55	10	476.2	633.6	791	948.4	1105.8	1263.2	1420.6	1578	1735.4							
50	25	55	20	89	246.4	403.8	561.2	718.6	876	1033.4	1190.8	1348.2							
100	15	15	10	706.9	864.3	1021.7	1179.1	1336.5	1493.9	1651.3	1808.7	1966.1							
100	15	15	20	678.1	835.5	992.9	1150.3	1307.7	1465.1	1622.5	1779.9	1937.3							
100	15	25	10	655.7	813.1	970.5	1127.9	1285.3	1442.7	1600.1	1757.5	1914.9							

Peso fresco estimado de hongos (g) por unidad de muestreo.

Número total de esporomas	Número total de especies fúngicas	Diámetro normal medio (cm)	Altura total media (m)	Área media de copa (m²)								
				10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	15	25	20	575.7	733.1	890.5	1047.9	1205.3	1362.7	1520.1	1677.5	1834.9
100	15	35	10	578.9	736.3	893.7	1051.1	1208.5	1365.9	1523.3	1680.7	1838.1
100	15	35	20	422.1	579.5	736.9	894.3	1051.7	1209.1	1366.5	1523.9	1681.3
100	15	45	10	476.5	633.9	791.3	948.7	1106.1	1263.5	1420.9	1578.3	1735.7
100	15	45	20	217.3	374.7	532.1	689.5	846.9	1004.3	1161.7	1319.1	1476.5
100	15	55	10	348.5	505.9	663.3	820.7	978.1	1135.5	1292.9	1450.3	1607.7
100	15	55	20	.	118.7	276.1	433.5	590.9	748.3	905.7	1063.1	1220.5
100	25	15	10	945.1	1102.5	1259.9	1417.3	1574.7	1732.1	1889.5	2046.9	2204.3
100	25	15	20	916.3	1073.7	1231.1	1388.5	1545.9	1703.3	1860.7	2018.1	2175.5
100	25	25	10	893.9	1051.3	1208.7	1366.1	1523.5	1680.9	1838.3	1995.7	2153.1
100	25	25	20	813.9	971.3	1128.7	1286.1	1443.5	1600.9	1758.3	1915.7	2073.1
100	25	35	10	817.1	974.5	1131.9	1289.3	1446.7	1604.1	1761.5	1918.9	2076.3
100	25	35	20	660.3	817.7	975.1	1132.5	1289.9	1447.3	1604.7	1762.1	1919.5
100	25	45	10	714.7	872.1	1029.5	1186.9	1344.3	1501.7	1659.1	1816.5	1973.9
100	25	45	20	455.5	612.9	770.3	927.7	1085.1	1242.5	1399.9	1557.3	1714.7
100	25	55	10	586.7	744.1	901.5	1058.9	1216.3	1373.7	1531.1	1688.5	1845.9
100	25	55	20	199.5	356.9	514.3	671.7	829.1	986.5	1143.9	1301.3	1458.7
150	15	15	10	817.4	974.8	1132.2	1289.6	1447	1604.4	1761.8	1919.2	2076.6
150	15	15	20	788.6	946	1103.4	1260.8	1418.2	1575.6	1733	1890.4	2047.8
150	15	25	10	766.2	923.6	1081	1238.4	1395.8	1553.2	1710.6	1868	2025.4
150	15	25	20	686.2	843.6	1001	1158.4	1315.8	1473.2	1630.6	1788	1945.4
150	15	35	10	689.4	846.8	1004.2	1161.6	1319	1476.4	1633.8	1791.2	1948.6
150	15	35	20	532.6	690	847.4	1004.8	1162.2	1319.6	1477	1634.4	1791.8

Peso fresco estimado de hongos (g) por unidad de muestreo.

Número total de esporomas	Número total de especies fúngicas	Diámetro normal medio (cm)	Altura total media (m)	Área media de copa (m ²)									
				10	20	30	40	50	60	70	80	90	
150	15	45	10	587	744.4	901.8	1059.2	1216.6	1374	1531.4	1688.8	1846.2	
150	15	45	20	327.8	485.2	642.6	800	957.4	1114.8	1272.2	1429.6	1587	
150	15	55	10	459	616.4	773.8	931.2	1088.6	1246	1403.4	1560.8	1718.2	
150	15	55	20	71.8	229.2	386.6	544	701.4	858.8	1016.2	1173.6	1331	
150	25	15	10	1055.6	1213	1370.4	1527.8	1685.2	1842.6	2000	2157.4	2314.8	
150	25	15	20	1026.8	1184.2	1341.6	1499	1656.4	1813.8	1971.2	2128.6	2286	
150	25	25	10	1004.4	1161.8	1319.2	1476.6	1634	1791.4	1948.8	2106.2	2263.6	
150	25	25	20	924.4	1081.8	1239.2	1396.6	1554	1711.4	1868.8	2026.2	2183.6	
150	25	35	10	927.6	1085	1242.4	1399.8	1557.2	1714.6	1872	2029.4	2186.8	
150	25	35	20	770.8	928.2	1085.6	1243	1400.4	1557.8	1715.2	1872.6	2030	
150	25	45	10	825.2	982.6	1140	1297.4	1454.8	1612.2	1769.6	1927	2084.4	
150	25	45	20	566	723.4	880.8	1038.2	1195.6	1353	1510.4	1667.8	1825.2	
150	25	55	10	697.2	854.6	1012	1169.4	1326.8	1484.2	1641.6	1799	1956.4	
150	25	55	20	310	467.4	624.8	782.2	939.6	1097	1254.4	1411.8	1569.2	

Peso fresco estimado de hongos (g) por unidad de muestreo.

Número total de esporomas	Número total de especies fúngicas	Diámetro normal medio (cm)	Altura total media (m)	Área media de copa (m ²)																
				10	20	30	40	50	60	70	80	90								
200	15	15	10	927.9	1085.3	1242.7	1400.1	1557.5	1714.9	1872.3	2029.7	2187.1								
200	15	15	20	899.1	1056.5	1213.9	1371.3	1528.7	1686.1	1843.5	2000.9	2158.3								
200	15	25	10	876.7	1034.1	1191.5	1348.9	1506.3	1663.7	1821.1	1978.5	2135.9								
200	15	25	20	796.7	954.1	1111.5	1268.9	1426.3	1583.7	1741.1	1898.5	2055.9								
200	15	35	10	799.9	957.3	1114.7	1272.1	1429.5	1586.9	1744.3	1901.7	2059.1								
200	15	35	20	643.1	800.5	957.9	1115.3	1272.7	1430.1	1587.5	1744.9	1902.3								
200	15	45	10	697.5	854.9	1012.3	1169.7	1327.1	1484.5	1641.9	1799.3	1956.7								
200	15	45	20	438.3	595.7	753.1	910.5	1067.9	1225.3	1382.7	1540.1	1697.5								
200	15	55	10	569.5	726.9	884.3	1041.7	1199.1	1356.5	1513.9	1671.3	1828.7								
200	15	55	20	182.3	339.7	497.1	654.5	811.9	969.3	1126.7	1284.1	1441.5								
200	25	15	10	1166.1	1323.5	1480.9	1638.3	1795.7	1953.1	2110.5	2267.9	2425.3								
200	25	15	20	1137.3	1294.7	1452.1	1609.5	1766.9	1924.3	2081.7	2239.1	2396.5								
200	25	25	10	1114.9	1272.3	1429.7	1587.1	1744.5	1901.9	2059.3	2216.7	2374.1								
200	25	25	20	1034.9	1192.3	1349.7	1507.1	1664.5	1821.9	1979.3	2136.7	2294.1								
200	25	35	10	1038.1	1195.5	1352.9	1510.3	1667.7	1825.1	1982.5	2139.9	2297.3								
200	25	35	20	881.3	1038.7	1196.1	1353.5	1510.9	1668.3	1825.7	1983.1	2140.5								
200	25	45	10	935.7	1093.1	1250.5	1407.9	1565.3	1722.7	1880.1	2037.5	2194.9								
200	25	45	20	676.5	833.9	991.3	1148.7	1306.1	1463.5	1620.9	1778.3	1935.7								
200	25	55	10	807.7	965.1	1122.5	1279.9	1437.3	1594.7	1752.1	1909.5	2066.9								
200	25	55	20	420.5	577.9	735.3	892.7	1050.1	1207.5	1364.9	1522.3	1679.7								
250	15	15	10	1038.4	1195.8	1353.2	1510.6	1668	1825.4	1982.8	2140.2	2297.6								
250	15	15	20	1009.6	1167	1324.4	1481.8	1639.2	1796.6	1954	2111.4	2268.8								
250	15	25	10	987.2	1144.6	1302	1459.4	1616.8	1774.2	1931.6	2089	2246.4								
250	15	25	20	907.2	1064.6	1222	1379.4	1536.8	1694.2	1851.6	2009	2166.4								

Peso fresco estimado de hongos (g) por unidad de muestreo.

Número total de esporomas	Número total de especies fúngicas	Diámetro normal medio (cm)	Altura total media (m)	Área media de copa (m ²)									
				10	20	30	40	50	60	70	80	90	
250	15	35	10	910.4	1067.8	1225.2	1382.6	1540	1697.4	1854.8	2012.2	2169.6	
250	15	35	20	753.6	911	1068.4	1225.8	1383.2	1540.6	1698	1855.4	2012.8	
250	15	45	10	808	965.4	1122.8	1280.2	1437.6	1595	1752.4	1909.8	2067.2	
250	15	45	20	548.8	706.2	863.6	1021	1178.4	1335.8	1493.2	1650.6	1808	
250	15	55	10	680	837.4	994.8	1152.2	1309.6	1467	1624.4	1781.8	1939.2	
250	15	55	20	292.8	450.2	607.6	765	922.4	1079.8	1237.2	1394.6	1552	
250	25	15	10	1276.6	1434	1591.4	1748.8	1906.2	2063.6	2221	2378.4	2535.8	
250	25	15	20	1247.8	1405.2	1562.6	1720	1877.4	2034.8	2192.2	2349.6	2507	
250	25	25	10	1225.4	1382.8	1540.2	1697.6	1855	2012.4	2169.8	2327.2	2484.6	
250	25	25	20	1145.4	1302.8	1460.2	1617.6	1775	1932.4	2089.8	2247.2	2404.6	
250	25	35	10	1148.6	1306	1463.4	1620.8	1778.2	1935.6	2093	2250.4	2407.8	
250	25	35	20	991.8	1149.2	1306.6	1464	1621.4	1778.8	1936.2	2093.6	2251	
250	25	45	10	1046.2	1203.6	1361	1518.4	1675.8	1833.2	1990.6	2148	2305.4	
250	25	45	20	787	944.4	1101.8	1259.2	1416.6	1574	1731.4	1888.8	2046.2	
250	25	55	10	918.2	1075.6	1233	1390.4	1547.8	1705.2	1862.6	2020	2177.4	
250	25	55	20	531	688.4	845.8	1003.2	1160.6	1318	1475.4	1632.8	1790.2	
300	15	15	10	1148.9	1306.3	1463.7	1621.1	1778.5	1935.9	2093.3	2250.7	2408.1	
300	15	15	20	1120.1	1277.5	1434.9	1592.3	1749.7	1907.1	2064.5	2221.9	2379.3	
300	15	25	10	1097.7	1255.1	1412.5	1569.9	1727.3	1884.7	2042.1	2199.5	2356.9	
300	15	25	20	1017.7	1175.1	1332.5	1489.9	1647.3	1804.7	1962.1	2119.5	2276.9	
300	15	35	10	1020.9	1178.3	1335.7	1493.1	1650.5	1807.9	1965.3	2122.7	2280.1	
300	15	35	20	864.1	1021.5	1178.9	1336.3	1493.7	1651.1	1808.5	1965.9	2123.3	
300	15	45	10	918.5	1075.9	1233.3	1390.7	1548.1	1705.5	1862.9	2020.3	2177.7	
300	15	45	20	659.3	816.7	974.1	1131.5	1288.9	1446.3	1603.7	1761.1	1918.5	

Peso fresco estimado de hongos (g) por unidad de muestreo.

Número total de esporomas	Número total de especies fúngicas	Diámetro		Altura total media (m)	Área media de copa (m ²)									
		normal	medio											
					10	20	30	40	50	60	70	80	90	
300	15	55	10	790.5	947.9	1105.3	1262.7	1420.1	1577.5	1734.9	1892.3	2049.7		
300	15	55	20	403.3	560.7	718.1	875.5	1032.9	1190.3	1347.7	1505.1	1662.5		
300	25	15	10	1387.1	1544.5	1701.9	1859.3	2016.7	2174.1	2331.5	2488.9	2646.3		
300	25	15	20	1358.3	1515.7	1673.1	1830.5	1987.9	2145.3	2302.7	2460.1	2617.5		
300	25	25	10	1335.9	1493.3	1650.7	1808.1	1965.5	2122.9	2280.3	2437.7	2595.1		
300	25	25	20	1255.9	1413.3	1570.7	1728.1	1885.5	2042.9	2200.3	2357.7	2515.1		
300	25	35	10	1259.1	1416.5	1573.9	1731.3	1888.7	2046.1	2203.5	2360.9	2518.3		
300	25	35	20	1102.3	1259.7	1417.1	1574.5	1731.9	1889.3	2046.7	2204.1	2361.5		
300	25	45	10	1156.7	1314.1	1471.5	1628.9	1786.3	1943.7	2101.1	2258.5	2415.9		
300	25	45	20	897.5	1054.9	1212.3	1369.7	1527.1	1684.5	1841.9	1999.3	2156.7		
300	25	55	10	1028.7	1186.1	1343.5	1500.9	1658.3	1815.7	1973.1	2130.5	2287.9		
300	25	55	20	641.5	798.9	956.3	1113.7	1271.1	1428.5	1585.9	1743.3	1900.7		

COMITE EDITORIAL DEL CENID-COMEF

Dr. Fabián Islas Gutiérrez

Presidente

M.C. Tomás Hernández Tejeda

Secretario Técnico

Ing. Francisco Camacho Morfín

Biól. José Francisco Reséndiz Martínez

Biól. Marisela C. Zamora Martínez

Vocales

Toda correspondencia relacionada a esta publicación, favor de dirigirla a:

Biól. Marisela C. Zamora Martínez

Av. Progreso No. 5

Barrio de Santa Catarina

C.P. 04010 México, D.F.

Correo-e: zamora.marisela@inifap.gob.mx

Tel. (0155)36268700 ext. 301 y 302

M.C. Efraín Velasco Bautista

Av. Progreso No. 5

Barrio de Santa Catarina

C.P. 04010 México, D.F.

Correo-e: velasco.efrain@inifap.gob.mx

Tel. (0155)36268700 ext. 406



CENID-COMEF
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACION DISCIPLINARIA
EN CONSERVACION Y MEJORAMIENTO DE
ECOSISTEMAS FORESTALES

iniap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias