



INFORME

Informe del Mapa de contenido de biomasa leñosa por hectárea año 2007 (Shape en CD)

Villahermosa, 26 de octubre de 2009

Como compromiso parcial del Segundo acuerdo “Preparación del plan de acción para el diseño de una estrategia para la reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal y el otorgamiento de asistencia técnica y científica para atender el compromiso de la alianza México-Canadá, relativa a la modelación y dinámica de carbono en el sector forestal mexicano”, firmado el día 25 de enero de 2008, en el marco del convenio general entre Conafor y Ecosur”.

**Bernardus H-J. de Jong, Marcela Olguín, Fabiola Rojas, Vanessa Maldonado, Verónica de la Cruz,
Filiberto Leyva**

Cita: de Jong, B., Olgúin, M., Rojas, F., Maldonado, V., de la Cruz, V., Leyva, F. (2009). "Contenido de biomasa leñosa por hectárea (t MS/ha), año 2007". Mapa no publicado; Copyright El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), México.

Para mayor información contactar a:

Bernardus de Jong, Ecosur-Villahermosa (bjong@ecosur.mx)

Marcela Olgúin Álvarez, Ecosur-Villahermosa (molguin@ecosur.mx)

Resumen:

El presente documento describe el método empleado en la elaboración del mapa nacional sobre contenido de biomasa leñosa por hectárea, correspondiente al año 2007. Los insumos básicos para su realización fueron: información dasométrica de más de un millón de registros de la base de conglomerados del Inventario Nacional Forestal y Suelos de 2004-2008 (INFyS), base de datos con información de 300 ecuaciones alométricas de biomasa publicadas en la literatura y desarrolladas en este estudio, carta de uso de suelo y vegetación de INEGI (Serie IV) y carta de precipitación media anual nacional (mapa no publicado, elaborado por COLPOS-INEGI). El contenido de biomasa leñosa incluye a los árboles, arbustos y renuevos presentes en el INFyS, calculada a partir de ecuaciones alométricas y del análisis de los conglomerados del INFyS según clases de precipitación y tipos de vegetación. Finalmente, la densidad de biomasa promedio se representa según las siguientes categorías a escala nacional: a) mayor a 100 t ms ha^{-1} ; b) $100 \text{ a } 50 \text{ t ms ha}^{-1}$; c) $50 \text{ a } 10 \text{ t ms ha}^{-1}$; y menor a 10 t ms ha^{-1} .

Objetivo: Generar un mapa sobre biomasa aérea y subterránea asociado a los principales tipos de cobertura vegetal leñosa del país en el año 2007.

Método:**1) Definición de las clases de vegetación**

Las coberturas presentes en el mapa de vegetación y uso de suelo de 2007 de INEGI, escala 1:250,000, fueron agrupadas según la clasificación de CONAFOR en: bosques, otras tierras boscosas y otras tierras (Cuadro 1). De tal manera que las densidades de biomasa vegetal fueron estimadas únicamente para las dos primeras categorías. En cada una de las clases de vegetación se distinguió una fase primaria, de una fase secundaria arbórea, arbustiva y herbácea (Cuadro 2). Por último, a cada clase de vegetación le correspondió una categoría de precipitación (Figura 1). Lo anterior debido a que la acumulación de biomasa en cada tipo de vegetación puede diferir a lo largo de un gradiente de precipitación.

Cuadro 1. Homologación de las clases de vegetación de INEGI y CONAFOR para el análisis de la densidad de biomasa promedio por cobertura de vegetación.

| CONAFOR | | INEGI |
|---------|----------------------------|-------------------------------------|
| Bosque | Bosque cultivado | Plantación forestal |
| Bosque | Bosque de coníferas | Bosque de ayarín |
| Bosque | Bosque de coníferas | Bosque de cedro |
| Bosque | Bosque de coníferas | Bosque de oyamel |
| Bosque | Bosque de coníferas | Bosque de pino |
| Bosque | Bosque de coníferas | Bosque de táscate |
| Bosque | Bosque de coníferas | Bosque de pino-encino |
| Bosque | Bosque de encino | Bosque de encino-pino |
| Bosque | Bosque de encino | Bosque de encino |
| Bosque | Bosque mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña |
| Bosque | Selva perennifolia | Selva alta perennifolia |
| Bosque | Selva perennifolia | Selva alta subperennifolia |
| Bosque | Selva perennifolia | Selva mediana perennifolia |
| Bosque | Selva perennifolia | Selva mediana subperennifolia |
| Bosque | Selva perennifolia | Selva baja perennifolia |
| Bosque | Selva perennifolia | Selva baja subperennifolia |
| Bosque | Selva caducifolia | Selva mediana caducifolia |
| Bosque | Selva caducifolia | Selva baja caducifolia |
| Bosque | Selva subcaducifolia | Selva mediana subcaducifolia |
| Bosque | Selva subcaducifolia | Selva baja subcaducifolia |
| Bosque | Selva espinosa | Mezquital tropical |
| Bosque | Selva espinosa | Selva baja espinosa subperennifolia |
| Bosque | Selva espinosa | Selva baja espinosa caducifolia |
| Bosque | Especial (otros tipos) | Bosque de mezquite |
| Bosque | Especial (otros tipos) | Palmar natural |
| Bosque | Vegetación hidrófila | Manglar |
| Bosque | Vegetación hidrófila | Bosque de galería |
| Bosque | Vegetación hidrófila | Selva de galería |
| Bosque | Vegetación hidrófila | Vegetación de petén |
| Bosque | Vegetación | Bosque inducido |

| | | |
|------------------------|------------------------|---|
| | inducida | |
| Otras tierras boscosas | Bosque de coníferas | Matorral de coníferas |
| Otras tierras boscosas | Selva caducifolia | Matorral subtropical |
| Otras tierras boscosas | Matorral xerófilo | Matorral submontano |
| Otras tierras boscosas | Matorral xerófilo | Chaparral |
| Otras tierras boscosas | Matorral xerófilo | Matorral espinoso tamaulipeco |
| Otras tierras boscosas | Matorral xerófilo | Matorral sarcocaulé |
| Otras tierras boscosas | Matorral xerófilo | Matorral sarco-crasicaulé |
| Otras tierras boscosas | Matorral xerófilo | Matorral sarco-crasicaulé de neblina |
| Otras tierras boscosas | Matorral xerófilo | Mezquital desértico |
| Otras tierras | Matorral xerófilo | Matorral crasicaulé |
| Otras tierras | Matorral xerófilo | Matorral desértico microfilo |
| Otras tierras | Matorral xerófilo | Matorral desértico roseto-filo |
| Otras tierras | Matorral xerófilo | Matorral roseto-filo costero |
| Otras tierras | Matorral xerófilo | Vegetación de desiertos arenosos |
| Otras tierras | Matorral xerófilo | Vegetación gipsófila |
| Otras tierras | Matorral xerófilo | Vegetación halofila xerofila |
| Otras tierras | Pastizal | Pastizal gipsófilo |
| Otras tierras | Pastizal | Pastizal halofilo |
| Otras tierras | Pastizal | Pastizal natural |
| Otras tierras | Pastizal | Pradera de alta montaña |
| Otras tierras | Pastizal | Sabana |
| Otras tierras | Pecuario | Pastizal cultivado |
| Otras tierras | Vegetación inducida | Pastizal inducido |
| Otras tierras | Vegetación inducida | Sabanoide |
| Otras tierras | Vegetación hidrofila | Popal |
| Otras tierras | Vegetación hidrofila | Tular |
| Otras tierras | Vegetación hidrofila | Vegetación de galería |
| Otras tierras | Vegetación hidrofila | Vegetación halofila hidrofila |
| Otras tierras | Vegetación inducida | Palmar inducido |
| Otras tierras | Especial (otros tipos) | Vegetación de dunas costeras |
| Otras tierras | Acuícola | Acuícola |
| Otras tierras | Agrícola | Agricultura de humedad anual |
| Otras tierras | Agrícola | Agricultura de humedad anual permanente |
| Otras tierras | Agrícola | Agricultura de humedad anual semipermanente |

| | | |
|---------------|-----------------|--|
| Otras tierras | Agrícola | Agricultura de humedad plantacion agrícola permanente |
| Otras tierras | Agrícola | Agricultura de humedad semipermanente |
| Otras tierras | Agrícola | Agricultura de humedad semipermanente permanente |
| Otras tierras | Agrícola | Agricultura de riego anual |
| Otras tierras | Agrícola | Agricultura de riego anual permanente |
| Otras tierras | Agrícola | Agricultura de riego anual semipermanente |
| Otras tierras | Agrícola | Agricultura de riego plantacion agrícola permanente |
| Otras tierras | Agrícola | Agricultura de riego semipermanente |
| Otras tierras | Agrícola | Agricultura de riego semipermanente permanente |
| Otras tierras | Agrícola | Agricultura de temporal anual |
| Otras tierras | Agrícola | Agricultura de temporal anual permanente |
| Otras tierras | Agrícola | Agricultura de temporal anual semipermanente |
| Otras tierras | Agrícola | Agricultura de temporal plantacion agrícola permanente |
| Otras tierras | Agrícola | Agricultura de temporal semipermanente |
| Otras tierras | Agrícola | Agricultura de temporal semipermanente permanente |
| Otras tierras | Otros conceptos | Sin vegetación aparente |
| Otras tierras | Otros conceptos | Desprovisto de vegetación |
| Otras tierras | Otros conceptos | Asentamientos humanos |
| Otras tierras | Otros conceptos | Zona urbana |

Cuadro 3. Fases sucesionales de la vegetación.

| Fase sucesional | INEGEI-2006 | INEGEI-2009 |
|---------------------------|--------------------|------------------------|
| Veg. Primaria | Primaria | Primaria (intacto) |
| Veg. Secundaria arbórea | Primaria | Secundaria (degradado) |
| Veg. Secundaria arbustiva | Secundaria | Secundaria (degradado) |
| Veg. Secundaria herbácea | Secundaria | Secundaria (degradado) |

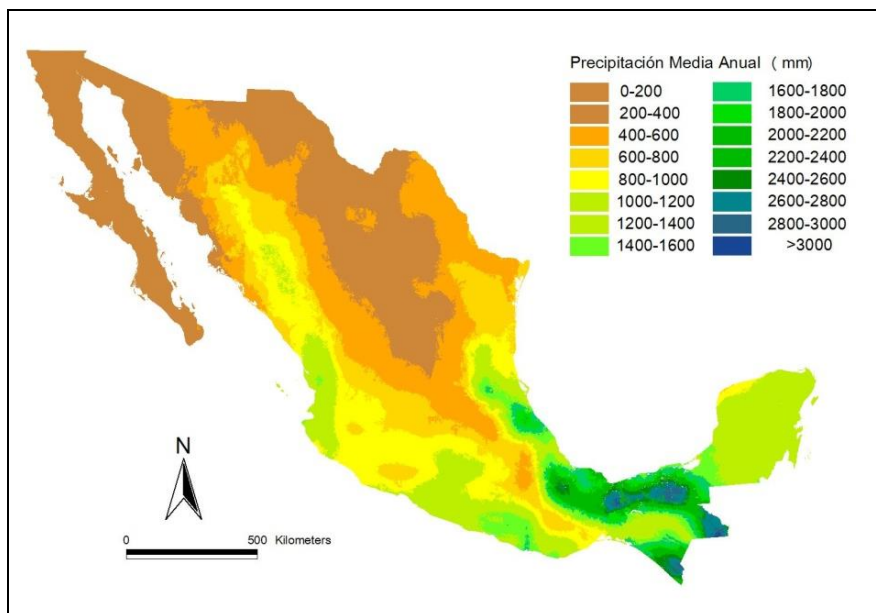


Figura 1. Mapa de precipitación media anual (INEGI-COLPOS no publicado).

2) Selección de ecuaciones alométricas de biomasa

Se hizo la revisión de 290 trabajos nacionales y extranjeros para recopilar las ecuaciones alométricas de biomasa desarrolladas para especies o géneros con distribución en México. Se elaboró una base de datos con las ecuaciones alométricas, registrando la especie o el género, la ubicación, el tipo de vegetación y las características del sitio de estudio (edad del arbolado, temperatura (°C), precipitación (mm), clima, tipo de suelo y tipo de manejo (en caso de que lo presentara) donde fue desarrollada. También se encontraron ecuaciones alométricas generales que agrupan varias especies de una región. Para ellas se registraron los mismos datos que en las ecuaciones por especie. Una vez que se tenían todas las ecuaciones se clasificaron de acuerdo a su formato (Cuadro 3).

Se localizó un total de 228 ecuaciones, 180 corresponden a nivel especie, 29 a nivel género y 19 generales (Figura 2). Cada ecuación tiene restricciones para poder ser utilizada. Inicialmente se consideró la limitante espacial referente al estado donde se obtuvo la ecuación (Figura 3).

Cuadro 3. Formatos lineales de las ecuaciones alométricas y su frecuencia

| Formato | Ecuación | Frecuencia |
|---------|--|------------|
| 1 | $\text{Exp}(a_0) \cdot (\text{DN}^{a_1}) / 1000$ | 23 |
| 2 | $a_0 \cdot (\text{DN}^{a_1}) / 1000$ | 61 |
| 3 | $(10^{a_0}) \cdot (\text{DN}^{a_1}) / 1000$ | 16 |
| 4 | $(a_0 \cdot \text{Exp}(a_1 / \text{DN}) + a_2) / 1000$ | 3 |
| 5 | $(a_0 \cdot \text{Ln}(\text{DN}^{a_1}) + a_2) / 1000$ | 1 |
| 6 | $(a_0) \cdot ((\text{DN}^{a_1}) \cdot \text{HT})^{a_2} / 1000$ | 16 |
| 7 | $\text{Exp}(a_0) \cdot (\text{DN}^{a_1} \cdot \text{HT}^{a_2})^{a_3} \cdot (a_4 / 1000)$ | 15 |
| 8 | $(a_0) \cdot (\text{DN}^{a_1}) \cdot \text{HT} / 1000$ | 11 |
| 9 | $(a_0) + ((a_1) \cdot (\text{DN}^{a_2}) \cdot \text{HT}) / 1000$ | 1 |
| 10 | $\text{Exp}(a_0) \cdot (\text{DN}^{a_1} \cdot \text{HT})^{a_2} \cdot (a_3 / 1000000)$ | 1 |
| 11 | $\text{Exp}(a_0) \cdot (\text{DN}^{a_1} \cdot \text{HT} + a_2)^{a_3} / 1000$ | 1 |
| 12 | $((a_0) + (a_1 \cdot (\text{DN}^{a_2}) \cdot \text{HT}) + (a_3 \cdot \text{Ln}(\text{DN}) \cdot \text{HT}) + (a_4 \cdot (\text{DN})) + (a_5 \cdot \text{Ln}(\text{DN}^{a_6}) \cdot \text{HT})) / 1000$ | 1 |
| 13 | $(a_0) \cdot ((\text{DN}^{a_1}) \cdot \text{HT})^{a_2} + a_3 \cdot ((\text{DN}^{a_4}) \cdot \text{HT})^{a_5} / 1000$ | 1 |
| 14 | $(a_0 + ((a_1) \cdot \text{DN}) + (a_2 \cdot (\text{DN}^{a_3})) + (a_4 \cdot ((\text{DN}^{a_5}) \cdot \text{HT}))) / 1000$ | 1 |
| 15 | $(a_0) + (a_1 \cdot \text{DN}) + (a_2 \cdot \text{Ln}(\text{HT})) + (a_3 \cdot \text{Ln}(\text{DN})) + (a_4 \cdot (\text{DN}^{a_5}) \cdot \text{HT}) / 1000$ | 1 |
| 16 | $10^{(a_0 \cdot (\text{AB})^{a_1})} / 1000$ | 1 |
| 17 | $10^{(a_0) \cdot (\text{AB}^{a_1} \cdot \text{HT})^{a_3}} / 1000$ | 17 |
| 18 | $(a_0 \cdot \text{C}^{a_1} + a_2 \cdot \text{AB}^{a_3}) / 1000000$ | 1 |
| 19 | $(a_0 \cdot \text{C}^{a_1}) / 1000000$ | 4 |
| 20 | $a_0 \cdot ((a_1 \cdot \text{C}^{a_2})^{a_3}) / 1000000$ | 1 |
| 21 | $(a_0 \cdot \text{C}^{a_1} + a_2 \cdot \text{C}^{a_3}) / 1000000$ | 1 |
| 22 | $\text{Exp}(a_0) \cdot \text{Exp}(\text{C}^{a_1}) / 1000$ | 1 |
| 23 | $a_0 \cdot (\text{V}^{a_1}) / 1000$ | 10 |

Donde: DN= diámetro normal (cm), HT= altura total (m), AB=área basal (m²), C=cobertura de la copa (m²), V= volumen (m³), a(n)=coeficientes.

También se consideraron los diámetros mínimo y máximo que presentaron los individuos que se usaron para la obtención de la ecuación, pues la incertidumbre se reduce cuando se involucran individuos de clases menores a 10 cm de DAP (Brown, 1997). Posteriormente se ajustaron todos los formatos para obtener una ecuación general de biomasa, en la cual se emplearan los datos de DN y HT, y cuatro coeficientes distintos para cada especie.

La forma general de la ecuación es:

$$B = \left(([a0]) * ([DN])^{([a1])} * \frac{([HT])^{([a2]D)}}{1000} \right) + ([a3]) \quad (8)$$

Donde:

B= Biomasa (Mg)

DN= diámetro normal (cm)

HT= altura total (m)

a(n)=coeficientes

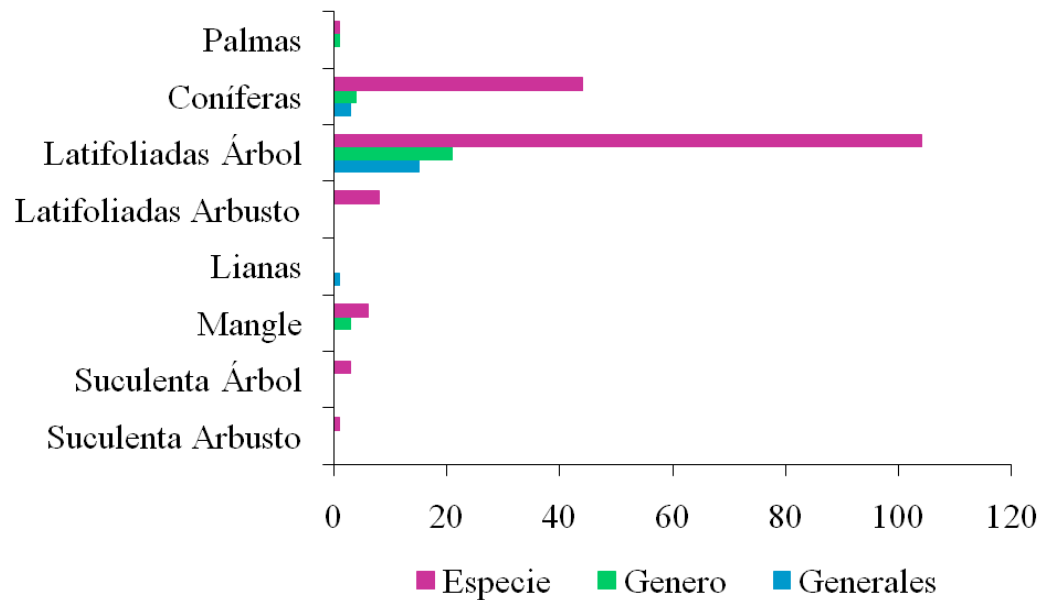


Figura 2. Frecuencia de las ecuaciones de acuerdo al nivel y grupos

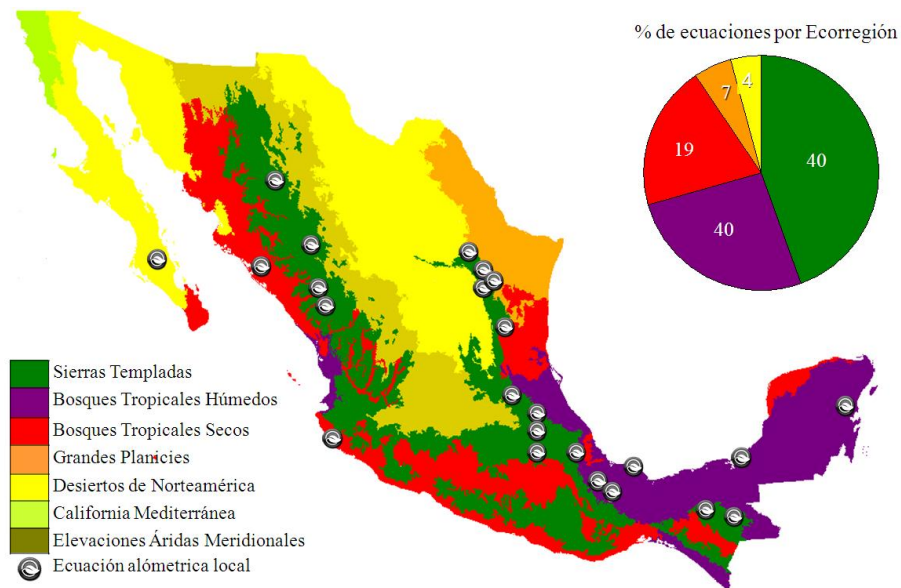


Figura 3. Ubicación de los estudios que han desarrollado ecuaciones alométricas

3) *Estimación de la densidad de biomasa arbórea y arbustiva por clase de vegetación*

a. Densidad de biomasa arbórea en selvas y bosques

A partir de la base de datos generada con ecuaciones alométricas para biomasa, se calculó el contenido de materia seca (Mg) correspondiente a cada registro de la base de datos del INFyS 2004-2008. En cerca del 40% de los casos fue posible asignar una ecuación alométrica de biomasa a nivel de especie o de género. Sin embargo, para el 60% restante fue necesario desarrollar ecuaciones alométricas genéricas, usando la información de biomasa calculada a nivel de especie o género y estratificándola conforme a: 1) grupo de especie (*e.i.* conífera, latifoliada, mangle); 2) clase de precipitación media anual (*e.i.* menor a 800 mm, entre 800-1500 mm, mayor a 1500mm); y 3) estado de la República. En el caso de que no hubiera un número suficiente de individuos para construir la ecuación en alguna categoría, entonces se agregó a los individuos presentes en el estado de la República más cercano, cuya condición de precipitación y grupo de especie fuera la misma. En total se desarrollaron cerca de 80 ecuaciones alométricas nuevas.

b. Densidad de biomasa en arbustos en zonas áridas y semiáridas.

En las comunidades vegetales áridas y semiáridas del país predominan los arbustos. Durante el levantamiento del INFyS 2004-2008 en estas zonas, se consideraron todos los elementos arbustivos nativos e invasores definidos como plantas leñosas, por lo general de menos de 3m de alto, cuyo tallo se ramifica desde la base. Asimismo se incluyeron las plantas con crecimiento arrosado y las cactáceas distintivas de estas zonas.

Estos individuos se registraron en los sub-sitios de 12.26m² de cada conglomerado. Cada registro puede tener uno o más individuos y se asocia a una especie y a una categoría de altura. Los intervalos de altura comprendidos son: 26-50 cm, 51-75 cm, 76-100 cm, 101-125 cm y 126-150 cm. La revisión de la literatura permitió encontrar ocho ecuaciones alométricas desarrolladas para arbustos de estas comunidades vegetales (Cuadro 4).

Cuadro 4. Ecuaciones alométricas para arbustos de zonas áridas y semiáridas

| Especie | Ecuación alométrica | Autor |
|-------------------------------|---|--------------------------------------|
| <i>Ipomoea wolcottiana</i> | $10^{(-0.8092)} \cdot (AB \cdot 0.57 \cdot HT)^{(0.8247)} / 1000$ | Martínez-Yrizar <i>et al.</i> , 1992 |
| <i>Opuntia excelsa</i> | $10^{(-0.8092)} \cdot (AB \cdot 0.30 \cdot HT)^{(0.8247)} / 1000$ | Martínez-Yrizar <i>et al.</i> , 1992 |
| <i>Ephedra torreyana</i> | $(430.4 \cdot C^2) / 1000000$ | Ludwig <i>et al.</i> , 1975 |
| <i>Ephedra trifurca</i> | $(2086 \cdot C^2) / 1000000$ | Ludwig <i>et al.</i> , 1975 |
| <i>Flourensia cernua</i> | $(1872 \cdot C^2) / 1000000$ | Ludwig <i>et al.</i> , 1975 |
| <i>Zinnia acerosa</i> | $(283 \cdot C^2) / 1000000$ | Ludwig <i>et al.</i> , 1975 |
| <i>Acacia farnesiana</i> | $3008.3 \cdot (V^{1.0646}) / 1000$ | Návar, <i>et al.</i> , 2001 |
| <i>Pithecellobium pallens</i> | $1361.3 \cdot (V^{1.0023}) / 1000$ | Návar, <i>et al.</i> , 2001 |

Donde: HT= altura total (m), AB=área basal (m²), C=cobertura de la copa (m²), V= volumen (m³), a(n)=coeficientes.

Para calcular la biomasa aérea de los conglomerados se obtuvo un promedio de los valores estimados con las ocho ecuaciones y se extrapoló el valor de biomasa de los sitios de cada conglomerado para obtener la biomasa en Mg ha⁻¹. Cabe mencionar que de la base original de arbustos de zonas áridas y semiáridas (50,124 registros) no se tomaron en cuenta 7,667 registros pues sólo reportaban diámetro, por ello no resultaba coherente con la metodología y formatos de campo del INFyS 2004-2008.

4) *Estimación de la densidad de biomasa aérea del renuevo*

a. Comunidades vegetales áridas y semiáridas

En el caso del renuevo de las comunidades áridas y semiáridas en el INFyS 2004-2008, únicamente se registraron los individuos en el intervalo de altura de 0.01 –0.25m. Lo anterior fue necesario para distinguir a renuevos de arbustos, pues el levantamiento de ambos datos se realizó en el subsitio de 12.26m² de cada conglomerado.

El cálculo de biomasa aérea se basó en los promedios de los estimados obtenidos con las ocho ecuaciones que aparecen en el Cuadro 4. Igualmente para estimar la biomasa aérea se extrapoló el valor de biomasa de los sitios de cada conglomerado para obtener la biomasa en Mg ha⁻¹.

b. Bosques

Durante el levantamiento del INFyS 2004-2008 la regeneración natural de los bosques se registró en los subsitios de 12.26m² de cada conglomerado. De tal forma que cada registro se relaciona con un número de individuos y su especie, así como a una de las siguientes categorías de altura: 0-25-1.50 m, 1.51-2.75 m y 2.76- 3.00 m.

Para el cálculo de la biomasa aérea de los conglomerados se utilizaron dos ecuaciones generales (Cuadro 5), para ello se clasificaron los registros de acuerdo a su forma biológica. Finalmente se extrapoló el valor de biomasa de los subsitios de cada conglomerado para obtener la biomasa en Mg ha⁻¹.

Cuadro 5. Ecuaciones generales utilizadas para estimar la biomasa de la regeneración natural en bosques y selvas

| Grupo | Ecuación alométrica | Autor |
|--------------|--|-------------|
| Coníferas | $(0.058) * (((DN^2) * HT)^{0.919}) / 1000$ | Ayala, 1998 |
| Latifoliadas | $(0.283) * (((DN^2) * HT)^{0.807}) / 1000$ | Ayala, 1998 |

c. Selvas

El método para estimar la biomasa aérea de la regeneración natural en los conglomerados de la selva fue casi idéntico al seguido en los conglomerados de bosque. La única diferencia es que los individuos se categorizaron conforme a las siguientes clases de alturas: 0.25-0.75 m, 0.76- 1.25m, 1.26-1.75m, 1.76-2.25, 2.26-2.75 y 2.76-3.00 m.

5) Estimación del contenido de biomasa total por tipo de vegetación

Para el cálculo del valor de biomasa total asociado a las principales clases de vegetación del país, primero se sumó la biomasa aérea estimada para árboles, arbustos y renuevo de la base de datos del INFyS2004-2008 y se utilizó la ecuación alométrica de Cairns *et al.* (2003) para estimar la biomasa correspondiente en raíces.

Una vez calculada la biomasa total por conglomerado (aérea y subterránea) y convertida a unidades de $Mg\ ha^{-1}$, se estimó un valor de densidad promedio en función de la clase de vegetación que les fue asignada a los conglomerados en campo (*sensu* la clasificación de INEGI) y 16 categorías de precipitación media anual (en intervalos de 200 mm). En el caso de que no se contara con un número suficiente de conglomerados por tipo de vegetación y clase de precipitación (mínimo 20 conglomerados), el cálculo de biomasa promedio se realizó con base en un nivel de agrupación de la vegetación menos detallado.

Finalmente, suponiendo que las densidades de biomasa calculadas no varían significativamente en el tiempo, éstas se multiplicaron por la superficie correspondiente a cada tipo de vegetación presente en el mapa reclasificado de INEGI sobre uso de suelo y vegetación año 2007 (Figura 4).

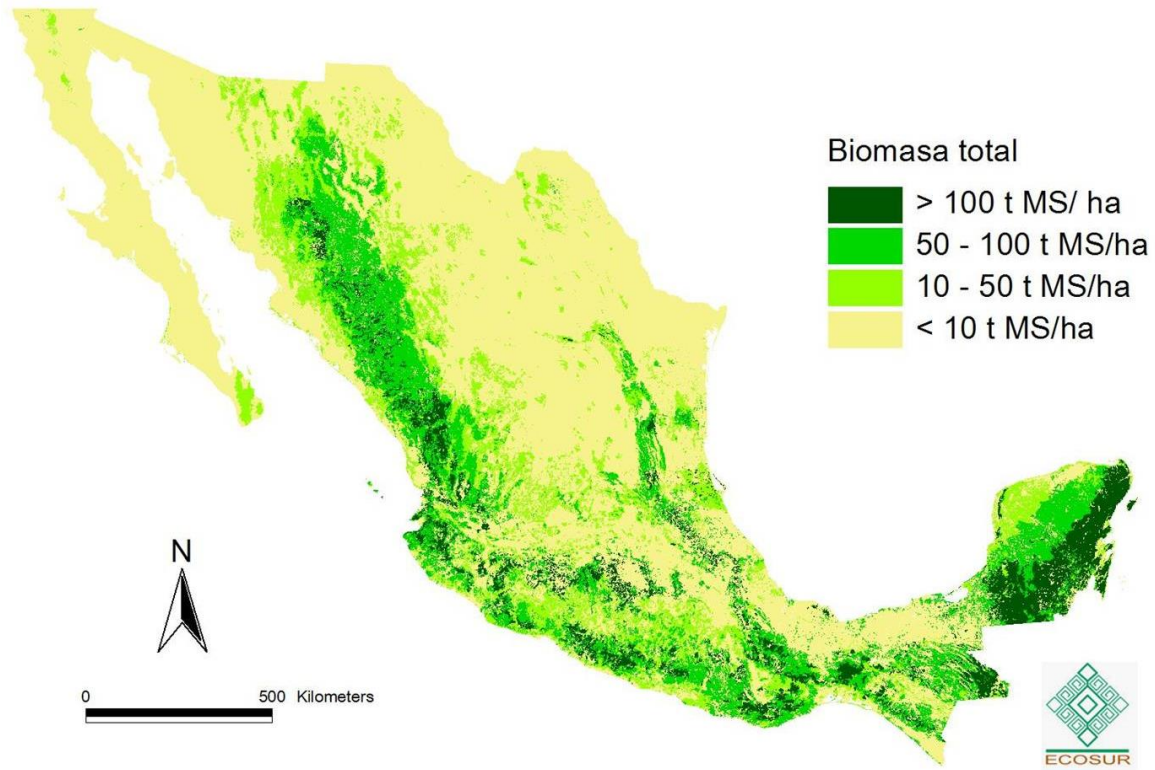


Figura 4. Mapa de contenido de biomasa leñosa por hectárea, año 2007.

Referencias

- Ayala, R. 1998. Ecuaciones para estimar biomasa de pinos y encinos en la meseta central de Chiapas. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 70p.
- Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests : a primer. FAO Forestry Paper. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- Cairns, M., I. Olmsted, J. Granados y J. Argaez. 2003. Composition and aboveground tree biomass of a dry semi-evergreen forest on Mexico's Yucatan Peninsula. *Forest Ecology and Management* 186:125-132.
- Ludwig, J., J. Reynolds y P. Whitson. 1975. Size-biomass relationships of several Chihuahuan Desert Shrubs. *American Midland Naturalist* 94(2):451-461.
- Martínez-Yrizar, A., J. Sarukhan, A. Perez-Jimenez, E. Rincon, J. Maass, A. Solis-Magallanes, L. Cervantes. 1992. Above-Ground Phytomass of a Tropical Deciduous Forest on the Coast of Jalisco, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 8 (1): 87-96.
- Návar, J., J. Nájera y E. Jurado. 2001. Preliminary estimates of biomass growth in the Tamaulipan thornscrub in north-eastern Mexico. *Journal of Arid Environments* 47: 281-290.