

# Inventario Nacional Forestal y de Suelos

## Informe 2004-2009



Vivir Mejor

CONAFOR
COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

GOBIERNO FEDERAL

SEMARNAT

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

# Inventario Nacional Forestal y de Suelos

## Informe de Resultados 2004-2009

Comisión Nacional Forestal

**Inventario Nacional Forestal y de Suelos.**
**Informe 2004-2009.**
Es publicado por la Coordinación General de Planeación e Información a través de la Gerencia de Inventario Forestal y Geomática de la Comisión Nacional Forestal.

Primera edición, 2012
© Comisión Nacional Forestal
Periférico Poniente 5360
Col. San Juan de Ocotán
Zapopan, Jalisco, México.

# Contenido


**Presentación** ..... 11

**Los inventarios forestales en México** ..... 15
Introducción ..... 15
Primer Inventario Nacional Forestal 1961-1985 ..... 16
Inventario Nacional Forestal de Gran Visión 1991 ..... 16
Inventario Nacional Forestal Periódico 1992-1994 ..... 17
Inventario Nacional Forestal 2000 ..... 18
Perspectivas del Inventario Nacional Forestal y de Suelos ..... 18

**Marco institucional del Inventario Nacional Forestal y de Suelos**
Programa Estratégico Forestal para México 2025 ..... 21
Programa Institucional 2007-2012 ..... 21
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento ..... 22
Documento rector del Inventario Nacional Forestal y de Suelos ..... 23

**Conceptualización, diseño y colaboración para el Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009** ..... 25

**Objetivos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos** ..... 29
Objetivo general ..... 29
Objetivos específicos ..... 29

**Metodologías utilizadas en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009** ..... 31
Muestreo y fase de campo ..... 31
Diseño de muestreo ..... 32
Alcances del diseño del Inventario Nacional Forestal y de Suelos ..... 33
Nueva medición de los sitios permanentes para la estimación de cambios ..... 33
Malla de muestreo ..... 35
Obtención de los datos para el Inventario Nacional Forestal y de Suelos ..... 37
Especificaciones y requerimientos técnicos ..... 37
Información levantada en campo ..... 37
Variables consideradas ..... 38
Sistema de clasificación de la vegetación ..... 41
Calidad de los datos ..... 42
Procesamiento y análisis ..... 43
Base de datos ..... 43
Estimación de los parámetros dasométricos nacionales ..... 49
Determinación de los niveles jerárquicos de estimación ..... 49
Estimador de razón ..... 50
Elaboración de mapas ..... 59

**Resultados nacionales** ..... 61
Introducción ..... 61
Superficie forestal nacional ..... 62
Estructura de las masas forestales arboladas ..... 68
Estado de salud de las áreas arboladas ..... 83
Regeneración natural de las masas forestales ..... 96
Registro de especies vegetales ..... 110
Impactos ambientales ..... 131
Propiedad de los recursos forestales ..... 135
Estimación de parámetros dasométricos ..... 149
Volumen maderable ..... 149
Existencias maderables ..... 151
Incremento Medio Anual (IMA) ..... 158
Tiempos de paso en coníferas ..... 158

**Glosario de términos importantes para el INFyS** ..... 163

**Siglas y acrónimos** ..... 167

**Bibliografía** ..... 168

## Anexos (CD)

1. Números del Inventario Nacional Forestal y de Suelos
2. Descripción de las Regiones Ecológicas de México
3. Catálogo de especies vegetales registradas en el INFyS 2004-2009
4. Especies del género *Quercus* en el INFyS 2004-2009
5. Especies del género *Pinus* en el INFyS 2004-2009
6. Clasificación de la vegetación
7. Ecuaciones utilizadas para el cálculo de volúmenes individuales (INFyS 2004-2009)
8. *Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009. Manual y procedimientos para el muestreo de campo*

## Índice de tablas

Tabla 1. Distancia de muestreo y número de conglomerados por tipo de vegetación. ..... 36
Tabla 2. Variables cuantitativas consideradas por el INFyS 2004-2009, para los ecosistemas bosques y selvas. ..... 38
Tabla 3. Variables cuantitativas consideradas por el INFyS 2004-2009, para los ecosistemas áridos y semiáridos, palmar, galería y comunidades subacuáticas. ..... 39
Tabla 4. Variables cualitativas consideradas en el INFyS 2004-2009 ..... 40
Tabla 5. Principales tablas que integran la tabla *TblConglomerado*, y la información que almacenan. ..... 45
Tabla 6. Principales tablas que integran la tabla *TblSitio*, y la información que almacenan. ..... 46
Tabla 7. Relación de tablas secundarias (catálogos) que conforman la Base de datos del INFyS 2004-2009. ..... 47
Tabla 8. Poblaciones de interés y los estratos y subestratos definidos en cada una de ellas (de acuerdo con el planteamiento original de Velasco *et al*. (2003) y ajustado a la Serie IV de INEGI (2007). ..... 50, 51
Tabla 9. Datos de la Base del INFyS que son considerados para la estimación del volumen maderable. La columna de volumen es un valor calculado ..... 54
Tabla 10. Sumatoria de los volúmenes maderables por unidad secundaria de muestreo (determinación del valor de la sumatoria de *Yi*). ..... 55
Tabla 11. Datos de la base del INFyS 2004-2009 requeridos para el cálculo del IMA. ..... 56
Tabla 12. Cálculo de la variable *Yi* (división del volumen calculado entre la edad). ..... 57
Tabla 13. Promedio de *Yi*, multiplicado por el número de árboles. ..... 57
Tabla 14. Determinación de *Yi* y *Xi* para el cálculo del IMA. ..... 57
Tabla 15. Superficie forestal nacional por ecosistema, formación vegetal y condición de conservación. ..... 67
Tabla 16. Condición de conservación por tipo de vegetación y la superficie que cubren (con base en la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1:250,000 de INEGI, 2007). ..... 69, 70
Tabla 17. Definición de parámetros para estimar la edad del arbolado. ..... 95
Tabla 18. Densidad de la regeneración del género *Pinus* por tipo de vegetación, para el rango de 25 a 275 centímetros de altura del brinzal. ..... 105
Tabla 19. Densidad de la regeneración del género *Pinus* por tipo de vegetación, para el rango de altura del brinzal mayor a 2.75 metros y diámetro normal menor de 7.5 centímetros. ..... 105
Tabla 20. Densidad promedio de la regeneración natural por formación, con base en los datos del INFyS 2004-2009. ..... 106

Tabla 21. Usos de algunas especies de zonas áridas y semiáridas de México. ..... 122
Tabla 22. Comparación de superficies de la cobertura de manglares, de acuerdo con Conabio 2003-2007 y los datos del INFyS 2004-2009. ..... 127
Tabla 23. Clasificación de los niveles de severidad de los impactos ambientales. ..... 132
Tabla 24. Tipos de propiedad de la tierra en México. ..... 139
Tabla 25. Distribución de la superficie forestal nacional de acuerdo con el tipo de propiedad y por formación vegetal. ..... 143
Tabla 26. Estimación del volumen total árbol por formación, de acuerdo con los datos de campo del INFyS 2004-2009. ..... 149
Tabla 27. Existencias maderables en bosques y selvas. ..... 151
Tabla 28. Productividad media (volumen en m³/ha) y existencias maderables totales en bosques y selvas, según la condición de vegetación primaria y secundaria. ..... 152
Tabla 29. Resumen de estadísticas del arbolado. ..... 154
Tabla 30. Estimación del Incremento Medio Anual en volumen para coníferas. ..... 158
Tabla 31. Tiempos de paso medio para los géneros de coníferas maderables, de acuerdo con los datos de campo del INFyS 2004-2009. ..... 162

## Índice de figuras

Figura 1. Esquema de los niveles de inventario de acuerdo con la escala de trabajo con la que se opera. ..... 26
Figura 2. Cartografía de los recursos forestales en México, fuente de información para la ejecución del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009. ..... 31
Figura 3. Forma y distribución de las unidades de muestreo secundarias (UMS) o sitios dentro de la unidad de muestreo primaria (UMP) o conglomerado, a utilizarse en bosques y vegetación de zonas áridas. ..... 32
Figura 4. Forma de las unidades de muestreo secundarias a utilizarse en selvas y otras asociaciones forestales. ..... 33
Figura 5. Malla de muestreo general establecida a cada 5 km. Esta malla cubre a todo el país y no hay distinción de áreas por uso del suelo y vegetación. ..... 35
Figura 6. Distribución de conglomerados. Aquí se generan las mallas a diferente abertura de acuerdo con el tipo de vegetación de que se trate (cada 5, 10 ó 20 km). ..... 35
Figura 7. Distribución proporcional de los conglomerados planeados para ser muestreados por grupo de vegetación forestal, INFyS 2004-2009. ..... 35
Figura 8. Diagrama de Entidad-Relación de la base de datos del INFyS. ..... 44
Figura 9. Formulario principal de la aplicación de captura. ..... 48
Figura 10. Proceso de exportación de la información a su destino final. ..... 49
Figura 11. Distribución de la superficie nacional en términos de superficie forestal y no forestal, de acuerdo con la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1:250,000, de INEGI (2007). ..... 62
Figura 12. Distribución de la superficie forestal nacional por formación vegetal (Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1:250,000, de INEGI, 2007). ..... 62
Figura 13. Comunidades vegetales de México (Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1:250,000, de INEGI, 2007). ..... 63
Figura 14. Proporción de la superficie forestal nacional que está cubierta por vegetación arbórea (con base en la información de INEGI, 2007). ..... 64
Figura 15. Distribución proporcional de la superficie arbolada por formación vegetal (de acuerdo con INEGI, 2007). ..... 64
Figura 16. Distribución de la superficie forestal nacional de acuerdo con la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1:250,000, de INEGI (2007). ..... 65

Figura 17. Distribución de los bosques y selvas en México. Extensión de la superficie arbolada (Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1:250,000, de INEGI, 2007). ..... 66
Figura 18. Distribución de la vegetación forestal nacional de acuerdo con el grado de conservación (INEGI, 2007). ..... 68
Figura 19. Distribución proporcional de la superficie forestal por formación vegetal y por condición de conservación (con base en datos de INEGI, 2007). ..... 71
Figura 20. Distribución general por clases de altura del arbolado, con base en los datos de campo del INFyS 2004-2009. ..... 71
Figura 21. Distribución por clase de altura y formación vegetal para el arbolado nacional, de acuerdo con los datos del INFyS 2004-2009 (a, b, c, d y e) .....72, 73, 74
Figura 22. Distribución de las alturas máximas del arbolado, con base en los datos de campo del INFyS 2004-2009. ..... 75
Figura 23. Distribución de las alturas promedio del arbolado con base en los datos de campo del INFyS 2004-2009. ..... 76
Figura 24. Distribución de la densidad del arbolado, medida en términos del número de árboles por hectárea, conforme a los datos de campo del INFyS 2004-2009. ..... 78
Figura 25. Distribución del porcentaje de cobertura de copa de la vegetación arbórea, con base en los datos del INFyS 2004-2009. ..... 79
Figura 26. Distribución del arbolado por categoría diamétrica, con base en los datos de campo del INFyS 2004-2009. ..... 77
Figura 27. Distribución de las categorías diamétricas por tipo de formación vegetal, de acuerdo con los datos de campo del INFyS 2004-2009 (a, b, c, d y e) ..... 80, 81, 82
Figura 28. Distribución del diámetro normal máximo de la vegetación forestal arbórea. ..... 84
Figura 29. Distribución del diámetro normal promedio de la vegetación forestal arbórea. ..... 85
Figura 30. Frecuencia de causas de muerte sobre el arbolado muerto en pie. ..... 86
Figura 31. Frecuencia de daños por agente causal. ..... 87
Figura 32. Proporción de individuos dañados por agente causal dominante. ..... 87
Figura 33. Frecuencia de daños por región ecológica, de acuerdo con el agente causal. ..... 88
Figura 34. Distribución del arbolado que manifiesta afectaciones por viento, de acuerdo con los datos de campo del INFyS 2004-2009. ..... 89
Figura 35. Distribución del arbolado que presenta daños por incendios, de acuerdo con los datos de campo del INFyS 2004-2009. ..... 90
Figura 36. Distribución del arbolado que presenta daños ocasionados por insectos, de acuerdo con los datos de campo del INFyS 2004-2009. ..... 92
Figura 37. Distribución del arbolado que presenta daños ocasionados por alguna enfermedad, con base en los datos de campo del INFyS 2004-2005. ..... 93
Figura 38. Distribución de las áreas que presentan afectación por plagas y enfermedades. Se presentan valores ponderados con respecto al resto de agentes causales considerados en el INFyS 2004-2009. ..... 94
Figura 39. Condición de vigor en el arbolado muestreado. ..... 95
Figura 40. Distribución de la estimación por edad en el arbolado. ..... 95
Figura 41. Distribución del arbolado medido en campo de acuerdo con el vigor y su relación con la edad del individuo. ..... 96
Figura 42. Distribución de géneros y especies conforme con la forma biológica. ..... 98
Figura 43. Distribución porcentual del registro de especies por su forma biológica. ..... 98
Figura 44. Distribución porcentual del registro de géneros por su forma biológica. ..... 99
Figura 45. Distribución de frecuencias por clase de altura para renuevos de bosques templados, con base en datos del INFyS 2004-2009. ..... 99

Figura 46. Frecuencia de renuevos por clase de altura en los géneros propios de bosques templados. ..... 100
Figura 47. Distribución de frecuencias por clase de altura para renuevos del ecosistema de selvas, con base en los datos del INFyS 2004-2009. ..... 101
Figura 48. Frecuencia de renuevos por clase de altura para géneros propios del ecosistema de selvas. ..... 101
Figura 49. Frecuencia de renuevos por clase de altura en los géneros que componen los manglares en México. ..... 102
Figura 50. Frecuencia de plantas por categoría de alturas de las especies propias de la vegetación de zonas áridas y semiáridas. ..... 103
Figura 51. Situación de la regeneración de las masas forestales en los bosques y selvas del país, con base en los datos del INFyS 2004-2009. ..... 107
Figura 52. Condición de vigor en el repoblado. ..... 108
Figura 53. Frecuencia de individuos del renuevo y estrato arbustivo por grado de afectación de cualquier agente causal de daño. ..... 108
Figura 54. Distribución de daños en el repoblado por agente causal. Esta proporción corresponde al 13 por ciento del total de individuos medidos y valorados. ..... 109
Figura 55. Proporción de individuos dañados por agente causal dominante. ..... 109
Figura 56. Regiones ecológicas de América del Norte Nivel I (CCA, 1997). ..... 111
Figura 57. Regiones ecológicas de América del Norte en México, de acuerdo con el Nivel I de clasificación (CCA, 1997) ..... 112
Figura 58. Diversidad de géneros y especies en el registro del INFyS 2004-2009. ..... 113
Figura 59. Distribución de géneros y especies vegetales por región ecológica. Los valores representan el número de géneros y de especies que fueron registradas en el INFyS 2004-2009 por cada región. ..... 114
Figura 60. Proporción de géneros y especies (a y b, respectivamente) registradas en el INFyS 2004-2009 por región ecológica. ..... 115
Figura 61. Presencia de especies del género *Quercus* por región ecológica. ..... 116
Figura 62. Distribución del género *Quercus* en el territorio nacional, con base en los datos levantados por el INFyS 2004-2009. ..... 117
Figura 63. Presencia de especies del género *Pinus* por región ecológica. ..... 116
Figura 64. Distribución de las coníferas maderables en México, con base en los datos levantados por el INFyS 2004-2009. ..... 119
Figura 65. Distribución de algunas especies tropicales de interés maderable, de acuerdo con datos levantados por el INFyS 2004-2009. ..... 121
Figura 66. Distribución de las especies tropicales de importancia forestal por región ecológica. ..... 122
Figura 67. Distribución de las especies lechuguilla (*Agave lechuguilla*), candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) y orégano (*Lippia graveolens*), con base en los datos levantados por el INFyS 2004-2009. ..... 124
Figura 68. Distribución de los géneros de mangle (*Laguncularia, Avicennia, Conocarpus* y *Rhizophora*) presentes en la República Mexicana, de acuerdo con los datos levantados en campo por el INFyS 2004-2009. ..... 125
Figura 69. Distribución de los manglares en México (Conabio, 2008). ..... 126
Figura 70. Distribución de los géneros *Orbignya, Sabal, Brahea* y *Chamaedorea*, de acuerdo con los datos levantados por el INFyS 2004-2009. ..... 129
Figura 71. Distribución de los conglomerados levantados por el INFyS 2004-2009, que se registraron con tipo de vegetación de bosque mesófilo de montaña. ..... 130
Figura 72. Distribución de las especies registradas en el INFyS 2004-2009, de acuerdo con su forma biológica. ..... 131

Figura 73. Distribución (valores ponderados) de la severidad de los impactos registrados por conglomerado, de acuerdo con los datos del INFyS 2004-2009. ..... 133
Figura 74. Frecuencia de impactos ambientales de acuerdo con el grado de severidad. ..... 132
Figura 75. Proporcionalidad de los agentes causales de disturbio por nivel de severidad del impacto ambiental determinado, con base en los datos del INFyS 2004-2009. ..... 134
Figura 76. Distribución (valores ponderados) de los impactos ambientales en función de su intensidad en bosques y selvas, con base en los datos del INFyS 2004-2009. ..... 135
Figura 77. Distribución (valores ponderados) de los impactos ambientales en función de su intensidad en las zonas áridas y semiáridas, con base en los datos del INFyS 2004-2009. ..... 137
Figura 78. Distribución de la superficie nacional respecto de la vegetación forestal. ..... 138
Figura 79. Composición de la superficie forestal nacional. ..... 138
Figura 80. Distribución de la superficie nacional forestal por tipo de ecosistema y tipo de propiedad de la tierra (datos del RAN, 2009). ..... 140
Figura 81. Distribución de la superficie forestal nacional de acuerdo con el tipo de propiedad de la tierra (RAN, 2009). ..... 141
Figura 82. Distribución de la superficie forestal arbolada de acuerdo con el régimen de propiedad de la tierra (RAN, 2009). ..... 141
Figura 83. Distribución de la superficie forestal arbolada a nivel de formación, con régimen de propiedad ejidal y comunal. ..... 142
Figura 84. Distribución de la superficie forestal nacional con régimen de propiedad ejidal y comunal (RAN, 2009). ..... 144
Figura 85. Distribución de la superficie forestal nacional de acuerdo con la formación y el régimen de propiedad de la tierra (RAN, 2009). ..... 145
Figura 86. Distribución de la superficie forestal nacional bajo el régimen de propiedad privada (RAN, 2009). ..... 146
Figura 87. Distribución de la superficie nacional forestal bajo el régimen de propiedad pública (RAN, 2009). ..... 147
Figura 88. Distribución de conglomerados en el INFyS 2004-2009, de acuerdo con el tipo de propiedad de la tierra. ..... 148
Figura 89. Distribución de conglomerados por formación, de acuerdo con el régimen de propiedad de la tierra (INFyS 2004-2009). ..... 148
Figura 90. Distribución de la capacidad productiva medida en metros cúbicos por hectárea, para bosques y selvas, de acuerdo con los datos del INFyS 2004-2009. ..... 150
Figura 91. Proporción de existencias totales de madera en rollo ($m^3$) en bosques y selvas. ..... 151
Figura 92. Existencias totales maderables en la vegetación primaria y la vegetación secundaria, conforme a los resultados de campo del INFyS 2004-2009. ..... 153
Figura 93. Densidad promedio del arbolado nacional. ..... 154
Figura 94. Comportamiento del volumen respecto de la densidad del arbolado por unidad de superficie y por formación vegetal. ..... 155
Figura 95. Cobertura de copa promedio de las áreas arboladas nacionales. ..... 155
Figura 96. Relación de la densidad con la cobertura de copa, de acuerdo con la formación vegetal de las masas arboladas del país. ..... 156
Figura 97. Área basal promedio por formación vegetal. ..... 156
Figura 98. Comportamiento del volumen y el área basal por unidad de superficie y formación vegetal para las masas arboladas nacionales. ..... 157
Figura 99. Distribución del tiempo de paso medio para coníferas, de acuerdo con los datos del INFyS 2004-2009. ..... 159

Figura 100. Patrón de distribución de los tiempos de paso medio para los géneros *Pinus, Abies* y *Pseudotsuga*, reportados por el INFyS 2004-2009. ..... 160
Figura 101. Descripción del comportamiento de la distribución del arbolado por categoría diamétrica y los tiempos de paso medio para tres géneros de coníferas (a, b y c) ..... 161, 162



# Presentación

Los bosques bajo ordenación sostenible tienen muchas funciones ambientales y socioeconómicas importantes a nivel mundial, nacional y local; también desempeñan un papel fundamental en el desarrollo sostenible. El poder disponer de información fiable y actualizada sobre la situación de los recursos forestales no solamente con respecto a la cubierta forestal y sus procesos de cambio, sino también con respecto a variables como las existencias en formación, los productos forestales maderables y no maderables, el carbono, las áreas protegidas, el uso recreativo u otros usos de los bosques, la diversidad biológica y la contribución de los bosques a las economías nacionales, es esencial para la toma de decisiones en el ámbito de las políticas y los programas forestales, y a todos los niveles del desarrollo sostenible.

El área total mundial de bosques en 2010 era de cerca de 4 mil millones de hectáreas, cubriendo el 31 por ciento del área total de la tierra. México ocupa el duodécimo lugar en cuanto a existencia de superficie boscosa, después de Rusia, Brasil, Canadá, Estados Unidos de América, China, Australia, Congo, Indonesia, Perú, India y Sudán (FAO, 2010).

La identificación, caracterización y cuantificación de los recursos naturales, vistos éstos como bienes públicos, son acciones fundamentales para lograr su adecuado manejo, fomento, aprovechamiento y conservación, en concordancia con una política basada en la sustentabilidad. La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), publicada en 2003, establece que el país cuenta con instrumentos para fortalecer la política nacional en materia forestal. El Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) es uno de ellos.

En términos de biodiversidad México posee una de las principales extensiones de bosques y selvas en el mundo, así como importantes ecosistemas que raramente se mencionan en los informes internacionales. Por eso se deben difundir.

El presente Informe del INFyS obedece a la obligación que la Comisión Nacional Forestal (Conafor) tiene de informar a la población mexicana sobre la cuantía, ubicación y condiciones de los recursos forestales del país.

Con los datos de imágenes de satélite y del muestreo de campo se presenta un análisis de la condición de los ecosistemas de México desde diversos enfoques (tomando como base la cartografía de Uso del Suelo y Vegetación a escala 1:250,000, Serie III y Serie IV del INEGI y su sistema de clasificación de la vegetación) que incluyen las características físicas (dasométricas) del arbolado y los recursos asociados a los ecosistemas forestales.

En materia de recursos naturales y medio ambiente, el INFyS es a partir de ahora una de las principales herramientas y fuentes de información actualizada para la toma de decisiones, fortalecimiento y orientación de políticas públicas.

La información generada por el INFyS será fundamental para realizar la planeación estratégica, así como para elaborar evaluaciones periódicas y actualizadas de los recursos forestales requeridas por nuestro país, que tiene como intención principal garantizar que la capacidad de los recursos forestales –que generan diversos productos y servicios– continúe o aumente a largo plazo.

Finalmente, el INFyS es un proceso que se mantiene en mejora continua para garantizar la optimización de recursos y la utilización de técnicas y tecnologías de vanguardia que se transformen en mejores resultados, aprovechando las ideas y aportaciones de expertos y de los usuarios en general, en un ejercicio de retroalimentación permanente.





# Los inventarios forestales en México

## Introducción

Desde que el hombre hizo sedentaria su forma de vida, ha sido imperativo conocer la cuantía de los recursos naturales, con el fin de encontrar sus alimentos, dónde y con qué protegerse y cómo controlar el medio ambiente en que se encuentra.

Se conoce que en México, el interés de tener información sobre la cantidad y ubicación de los recursos forestales se remonta a la época precortesiana, en la cual se utilizaban los códices para evidenciar las riquezas con las que se contaba como resultado del cobro de tributos que los antiguos mexicanos exigían a las tribus sojuzgadas. Los códices contenían el registro que les permitía conocer el cumplimiento parcial o total del cobro de estos tributos; tal es el caso del Códice de Tributos de los aztecas (INIFAP, 1984).

La actividad moderna sobre inventarios forestales en México inició en 1960, al concretarse un proyecto con la participación y apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), comenzando con los trabajos de inventario en Durango y Chihuahua desarrollados por técnicos mexicanos con la asesoría de especialistas extranjeros (INIFAP, 1984).

En 1976, por primera ocasión, se presenta información de los recursos forestales totales del país, obtenida a través de estudios con diferentes características y niveles de precisión. Dicha información fue ajustada en 1983 a partir de nuevos trabajos y datos adicionados (Op. cit.). No fue sino hasta la década de los noventa cuando se implementó un nuevo esfuerzo por cuantificar el recurso forestal del territorio nacional. En 1992 dio inicio el proyecto denominado Inventario Nacional Forestal Periódico, cuyos resultados se dieron a conocer en 1994 (Caballero, 1998).

Se han realizado otros esfuerzos por dotar al país de información confiable que soporte las políticas que el Estado ha implementado en su momento; tales son los casos del Inventario Nacional Forestal de Gran Visión de 1991 y del Inventario Nacional Forestal 2000, solo que en éstos, los resultados no fueron generados con base en trabajo de campo y la información ha sido más bien de carácter general. Por lo tanto, teniendo como referencia estos antecedentes, se puede considerar que a la fecha se han realizado cuatro inventarios forestales, los cuales no han permitido hacer estudios comparativos entre sí en virtud de las características propias de cada trabajo.

Al respecto conviene señalar la notable influencia que a lo largo de la historia de la actividad forestal en el país y del Inventario Nacional Forestal en particular, han tenido las administraciones públicas y sus políticas de sexenio. Caballero (1998) señala, en un análisis sobre el Inventario Forestal de México, que los causantes de que los criterios y metodologías hayan cambiado a lo largo del tiempo son, por un lado, las crisis económicas nacionales, los ajustes y cambios progresivos en las estrategias gubernamentales y, finalmente, la evolución tecnológica y sus implicaciones en los sistemas de inventario y monitoreo de los recursos naturales.

## Primer Inventario Nacional Forestal 1961-1985

Bajo la administración pública del presidente Adolfo López Mateos, en 1960, México presentó un proyecto a la FAO para realizar el inventario forestal del país, mismo que fue aceptado sin modificación alguna. El apoyo de la FAO se dio tanto en especie como en el soporte técnico, pues además del aporte de equipo becó a varios técnicos participantes en el proyecto para especializarse en el extranjero, además de designar el apoyo directo de un experto (Veruette, 1984; Caballero, 1998).

En esta etapa se establecieron las bases técnicas y administrativas del proyecto del Inventario Nacional Forestal; por vez primera se utilizaron herramientas nuevas como el cómputo electrónico y algunas técnicas estadísticas como el muestreo de la fotogrametría y la fotointerpretación (Caballero, 1998).

Este inventario, orientado hacia las áreas maderables, se basó en el análisis de fotografías aéreas (escala 1:50,000) y en un muestreo intensivo de campo aplicado solamente a las principales zonas arboladas con valor comercial del país (aproximadamente 52% de la superficie arbolada total); el resto de la superficie estudiada se cuantificó mediante imágenes de satélite escala 1:3'000,000. Los estratos considerados fueron: forestal comercial, forestal potencialmente comercial, forestal no comercial, hojosas, chaparral, no arbolado y no forestal. Se utilizó un muestreo sistemático con sitios circulares de un décimo de hectárea. Se levantó información dasométrica, así como datos de carácter ecológico silvícola. Se generó cartografía escala 1:50,000 y 1:100,000, tablas de volúmenes con corteza para pino y para encino, así como para trozas de fuste limpio, estadísticas dasométricas y la memoria tanto nacional como estatal. En esos años se trabajaron los inventarios forestales de Chihuahua, Durango y Sonora (INIF-FAO, 1961-1964).

Aunque el apoyo de FAO terminó oficialmente en 1964, el primer Inventario Forestal en México concluyó en 1985, abarcando un periodo de 24 años. Las implicaciones de un ciclo de cuantificación tan largo en un país con una gran dinámica de transformación de sus recursos naturales es que los resultados no son válidamente integrables sin el ajuste correspondiente por el efecto del tiempo. Señala Caballero (1998) que, según sus investigaciones, dicho ajuste nunca se realizó.

La cobertura parcial, la clasificación adoptada, así como la falta de un año base al cual referir los resultados de este inventario, hacen imposible el compararlo con los inventarios posteriores y utilizarlo como base para derivar tasas de deforestación (Semarnat, 2002).

## Inventario Nacional Forestal de Gran Visión 1991

En 1991, bajo la administración de Carlos Salinas de Gortari, se llevó a cabo el Inventario Nacional Forestal de Gran Visión, el cual estuvo limitado en su nivel de utilidad, a decir de Caballero (1998), ya que careció de trabajos de campo; no obstante, permitió por lo menos contar con una nueva apreciación de la magnitud del recurso forestal.

El objetivo de este inventario era hacer una actualización rápida y a bajo costo de la delimitación de los recursos forestales del país, por lo que se utilizaron métodos indirectos de medición. Utilizó tanto la información de campo del primer Inventario Nacional Forestal como la de los inventarios sumamente detallados que se formularon para estudios dasonómicos y planes de manejo integral. La visión del proyecto fue servir de base para la realización del Inventario Nacional Periódico (Semarnat, 2005).

Este inventario fue elaborado por la Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre de la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), con base en la Carta de Uso del Suelo y Vegetación,

Serie I, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y mediante la clasificación digital de imágenes de satélite NOAA-AVHRR, de baja resolución. Como productos se obtuvieron mapas (escala 1:1'000,000) de la vegetación forestal del país, clasificada en 10 tipos (coníferas, hojosas, bosque mesófilo, selvas altas y medianas, selvas bajas, manglares, mezquital y huizachal, selvas bajas caducifolias, chaparrales y matorral xerófilo) y siete de vegetación no forestal (otros tipos de vegetación, áreas fuertemente perturbadas, áreas perturbadas, agropecuario, cuerpos de agua, zonas urbanas y áreas sin vegetación). Se generó una memoria nacional con información general (Semarnat, 2002; Red de Monitoreo de políticas Públicas, 2006).

El documento que reporta este segundo Inventario Nacional fue el primero de su tipo, pues contiene información integrada de los recursos forestales a escala nacional, siendo que anteriormente los informes se elaboraban para cada entidad federativa (Semarnat, 2005).

## Inventario Nacional Forestal Periódico 1992-1994

En el año 1992 se inició el proyecto denominado Inventario Nacional Forestal Periódico, cuyos resultados se dieron a conocer en 1994. Este inventario tuvo como objetivos actualizar y detallar la información sobre los recursos forestales, zonificar los terrenos forestales y preferentemente forestales de acuerdo con sus aptitudes y funciones y sentar las bases para actualizar la información en forma permanente (Semarnat, 2005).

A diferencia del primer inventario, que se llevó a cabo con recursos casi en su totalidad del Gobierno Federal, el nuevo inventario se realizó con la participación y aportación de recursos de los gobiernos estatales, así como con el apoyo de diversas organizaciones e instituciones nacionales e internacionales (Caballero, 1998). Basado en una combinación de los mapas de Uso del Suelo y Vegetación de INEGI, Serie I, del análisis de imágenes de satélite Landsat TM 5 y de un muestreo de campo de baja intensidad, este inventario forestal sólo arrojó resultados de localización y extensión de los tipos de uso de suelo y vegetación para tres cuartas partes del país (Red de Monitoreo de Políticas Públicas, 2006). De acuerdo con un informe de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat, 2002), con este inventario se obtuvieron mapas (escala 1:250,000) de la vegetación forestal del país dividida en seis categorías principales: bosques, selvas, vegetación de zonas áridas, vegetación hidrófila y halófila, áreas forestales perturbadas y usos no forestales; subdivididas para un total de 40 categorías de vegetación o uso del suelo. También se obtuvo la zonificación de los terrenos forestales en tres clases o destinos: conservación, producción y restauración. Se generaron estadísticas dasométricas y se elaboró una memoria nacional. El inventario debería actualizarse cada 10 años.

La Semarnat (2005) considera que este inventario tiene características sin precedentes debido a que por vez primera se usaron imágenes de satélite de mediana resolución para elaborar mapas de todo el territorio nacional en escala 1: 250,000; el levantamiento de información de campo se dio mediante parcelas de muestreo distribuidas sistemáticamente, se obtuvieron mapas en los cuales se zonificaron los terrenos forestales según su aptitud y funciones y se logró el almacenamiento de toda la información en archivos magnéticos para su uso posterior en Sistemas de Información Geográfica.

No obstante, en el análisis que Caballero (1998) presentó en el Simposio de Ciencias de Norteamérica, señala que, en contraste con lo que ocurrió en el primer Inventario Nacional, en éste el ciclo duró solamente tres años. Consensuando la opinión de otros expertos, el autor expone que los trabajos se llevaron a cabo con excesiva premura, que se careció

de una supervisión apropiada que constatara la calidad de los trabajos, particularmente en relación a la toma de datos en campo; que los resultados no fueron validados, que el nivel de los resultados no es enteramente compatible y apropiado con las necesidades de información que demandan las entidades federativas, principales usuarios potenciales de los mismos; y finalmente, algo sumamente resaltable: que las metodologías empleadas, y consecuentemente los resultados, no son compatibles con los del primer inventario, por lo tanto, la comparación de cifras entre ambas evaluaciones no hace válida la cuantificación de cambios o tendencias.

## Inventario Nacional Forestal 2000

El cuarto inventario nacional corresponde al año 2000. En este año, la entonces Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap) comisionó a la Universidad Nacional Autónoma de México la realización de un nuevo inventario nacional forestal. Sin embargo, sólo se completó la primera etapa de éste, consistente en la elaboración de una carta de vegetación y uso actual del suelo (escala 1:250,000). La Carta de Vegetación se elaboró mediante la interpretación visual de imágenes de satélite Landsat ETM7 adquiridas entre noviembre de 1999 y abril de 2000, y adoptó una clasificación similar a la del INEGI, con ocho formaciones de vegetación: bosque templado, bosque tropical, matorrales, pastizales, vegetación hidrófila, otros tipos de vegetación, cultivos y otros tipos de cobertura; subdivididos en 17 tipos, 47 comunidades y 28 subcomunidades, para un total de 75 categorías. No hubo muestreo de campo ni la cartografía fue validada en campo. El trabajo duró un año (Semarnat, 2002).

Esta Carta de Vegetación debía servir de base para la realización de un nuevo Inventario Nacional Forestal, sin embargo, la información generada quedó organizada de manera distinta a la que se reportó en el inventario anterior y solamente se publicaron resultados parciales (Red de Monitoreo de Políticas Públicas, 2006), por lo que no se puede hablar que sea un inventario forestal.

El uso de distintas metodologías en la elaboración de los inventarios impide hacer una comparación directa entre sus resultados. A partir del Inventario Nacional Forestal 2000 se buscó garantizar esto último, a afecto de poder evaluar de manera consistente la dinámica de los recursos forestales, así como las políticas y acciones que se realizaron concernientes al manejo de los mismos. No obstante, este objetivo no pudo lograrse.

## Perspectivas del Inventario Nacional Forestal y de Suelos

Con base en los antecedentes mencionados en párrafos anteriores, se encuentra que en México se ha desarrollado una amplia experiencia en inventarios forestales, a través de los cuales se han descrito y evaluado, en forma específica, los recursos maderables. Igualmente se ha reconocido la necesidad de evaluar la dinámica y cambios provocados en los ecosistemas forestales a consecuencia de las acciones de índole socioeconómica. Esto hace imperante que los datos e información generados por los programas de inventarios y monitoreo deban asegurar en el futuro su consistencia y posibilidad de comparación, manteniendo adecuados niveles de calidad y alcance en sus propósitos.

Un inventario forestal obedece a la necesidad de efectuar evaluaciones continuas y periódicas de los recursos forestales, monitoreando mediante comparaciones de inventarios sucesivos, los cambios y tendencias de dichos recursos. Sus resultados proporcionan información de la situación que guardan los recursos forestales y los cambios que se presentan, para apoyar el diseño de políticas, planes y programas para su manejo, conservación y desarrollo sustentable (Semarnat, 2005).

De acuerdo con el diagnóstico del Programa Estraté-

gico Forestal para México (PEF) 2025, los inventarios anteriores no son compatibles entre sí por utilizar metodologías diferentes en periodos desiguales, y por manejar terminología y criterios distintos. Por lo tanto, no han aportado elementos para apoyar la planeación y orientación de acciones de producción y restauración, y no han generado información sobre la dinámica de los ecosistemas forestales. Como resultado de ello no se cuenta con información suficientemente confiable acerca de las superficies forestales del país ni con datos periódicos actualizados que constituyan una base sólida para la planeación sectorial. Por lo anterior, la determinación de cifras nacionales se ha tenido que inferir de trabajos parciales en cuanto a cobertura, o bien, se han tomado de cartas de cobertura vegetal del país (Conafor, 2004).

El documento estratégico rector del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (Conafor, 2004) plantea que los inventarios forestales requieren una planeación de largo plazo considerando las limitaciones de tiempo y recursos para cada periodo y deben considerar aspectos cuantitativos, cualitativos y espaciales de los ecosistemas forestales y su relación con la actividad humana. La realización del inventario es un proyecto de carácter nacional y supera las fronteras de los ámbitos federal y estatal, ya que por su complejidad requiere de la participación de los diversos órdenes de gobierno y de los actores académicos, industriales y sociales del sector.

Asimismo, se establece que una de las prioridades nacionales es la determinación del cambio de la cobertura forestal del país, para sustentar la política forestal y la evaluación de las zonas que se deben considerar como prioritarias. Sin embargo los requerimientos globales indican que el inventario debe considerar también otros aspectos tales como la elaboración de criterios e indicadores, la estimación de la biomasa y la captura de carbono, así como de la calidad de los ecosistemas. Estos aspectos deben ser considerados en la planeación del Inventario Nacional Forestal para que, en función a la disponibilidad de tiempo y recursos, se cumplan dichos requerimientos y que con suficiente anticipación se planeen los requerimientos de mayor detalle.

Atendiendo a estas premisas, con la aprobación de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (en 2003), la Comisión Nacional Forestal inició en 2004 los trabajos para la elaboración de un programa de inventarios nacionales forestales y de suelos. El Inventario Nacional Forestal y de Suelos, que dio inicio en 2004 con la toma de datos en campo y que concluyó en 2007, será actualizado cada cinco años. Se elabora con base en las cartas de Uso de Suelo y Vegetación que produce el INEGI, y en el análisis de imágenes de satélite de mediana resolución. Como productos del inventario se obtienen estadísticas dasométricas tales como volumen e incrementos de la vegetación forestal del país, así como algunos datos de índole ecológico-silvícolas (para mayor detalle respecto de los alcances, metodologías y productos del INFyS, revísese el capítulo VI del presente Informe).



# Marco institucional del Inventario Nacional Forestal y de Suelos

El Inventario Nacional Forestal y de Suelos tiene su soporte y sustento legal en los siguientes instrumentos:

## Programa Estratégico Forestal para México 2025

El PEF 2025 (Conafor, 2001) establece en el Capítulo 7, Sección 7.4.2, los objetivos para el Inventario Nacional Forestal:

a) Estandarizar los criterios nacionales para los diversos inventarios forestales, así como su estructura de datos.

b) Promover la elaboración de inventarios forestales con las entidades federativas con criterios homogéneos para integrarlos al Sistema Nacional de Información Forestal.

c) Obtener información detallada y fidedigna sobre los recursos naturales a nivel regional, preferentemente por cuenca hidrográfica.

d) Vincular el Inventario Nacional Forestal con el Sistema Nacional de Información Forestal (SNIF) y los demás sistemas de información relativos al sector.

Define dos estrategias para llevar a cabo los objetivos enunciados:

a) Diseñar un nuevo esquema para el Inventario Nacional Forestal con normas precisas y metodologías unificadas, acordes a las necesidades de los distintos actores forestales y con definición de las responsabilidades a nivel federal y estatal.

b) Fortalecer la investigación sobre recursos forestales y sobre información dasométrica.

En este mismo documento se plantean líneas de acción que serían necesarias para el fortalecimiento y operación del Inventario Nacional Forestal.

## Programa Institucional 2007-2012

En el objetivo 7: Consolidar y operar los instrumentos de política y planeación forestal, la estrategia 7.2 Establecer un sistema de planeación forestal participativo en los niveles nacional, estatal y regional, enuncia las líneas de acción que, transformadas en metas, señalan que en este periodo deberán publicarse los resultados del primer trabajo de campo del INFyS y que se estará comenzando con el remuestreo y procesamiento de la información subsecuente.

Con esta estrategia se busca promover y fomentar la planeación forestal a nivel estatal y regional, actualizar el PEF 2025, y evaluar y monitorear los avances en el cumplimiento de indicadores estratégicos (Conafor, 2008).

## Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento

En el Título Tercero, Capítulo II de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), se establece en el inciso III del artículo 35 que el Inventario Nacional Forestal y de Suelos es un instrumento de la política nacional en materia forestal. La Sección 3 del mismo capítulo regula el Inventario Nacional Forestal y de Suelos, como sigue:

El artículo 44 establece que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales regulará los procedimientos y la metodología a fin de que la Comisión Nacional Forestal integre el Inventario Nacional Forestal y de Suelos.

El artículo 45 indica el tipo de información que el Inventario debe contener, resaltando aquí que aquélla depende directamente de los datos que se levantan en campo y de los análisis consecuentes:

III. Los tipos de vegetación y de suelos, su localización, formación y clases, con tendencias y proyecciones que permitan clasificar y delimitar el estado actual de la degradación, así como las zonas de conservación, protección, restauración y producción forestal, en relación con cuencas hidrológico forestales, regiones ecológicas, áreas forestales permanentes y áreas naturales protegidas.

IV. La dinámica de cambio de la vegetación forestal del país, que permita conocer y evaluar las tasas de deforestación y las tasas de degradación y disturbio, registrando sus causas principales.

V. La cuantificación de los recursos forestales, que incluya la valoración de los bienes y servicios ambientales que generen, así como los impactos que se ocasionen.

En el artículo 46 se señala la utilidad del Inventario y en el artículo 47 se establecen los criterios que deberán ser considerados en la formulación de este instrumento.

El Reglamento de la LGDFS dispone en el artículo 9 que la Secretaría y la Comisión promoverán ante las entidades federativas la unificación de criterios, procedimientos y metodologías para la integración del Inventario.

También se amplía lo dispuesto en el artículo 45 de la Ley, al establecer en el artículo 10 del Reglamento que el Inventario deberá contener, por cada entidad federativa, la información siguiente (misma que se obtendrá con la ejecución de los inventarios estatales correspondientes):

I. Cuencas hidrológico-forestales;

II. Regiones ecológicas;

III. Áreas naturales protegidas;

IV. Recursos forestales por tipo de vegetación;

V. Áreas afectadas por incendios, plagas, enfermedades, ciclones o por cualquier otro siniestro;

VI. Degradación de suelos;

VII. Áreas de recarga de acuíferos, y

VIII. Aquélla otra contenida en los inventarios estatales forestales y de suelos.

La inclusión de un predio en el inventario no determina la naturaleza forestal del mismo.

Es en el Reglamento donde se establece la periodicidad del Inventario al señalar en el artículo 11 que la Comisión deberá actualizar el Inventario cada cinco años, sin perjuicio de la revisión periódica respecto de:

I. Áreas donde se hayan autorizado cambios de uso de suelo;

II. Áreas afectadas por incendios, plagas, enfermedades, ciclones o por cualquier otro siniestro;

III. Áreas decretadas como zonas de restauración ecológica o como áreas naturales protegidas;

IV. Áreas prioritarias donde se hayan realizado acciones de protección, conservación y restauración de suelos;

V. Plantaciones forestales comerciales, y

VI. Aquéllas otras que se consideren necesarias por la Secretaría o la Comisión.

La actualización y la revisión a que se refiere el artículo anterior, se harán conforme a los lineamientos técnicos y la metodología que emita la Secretaría (artículo 12 del mismo Reglamento).

## Documento rector del Inventario Nacional Forestal y de Suelos

Este documento tiene como propósito formalizar la estructura de un proyecto nacional del Inventario Nacional Forestal y de Suelos que sea incluyente de los distintos órdenes de gobierno y actores involucrados. Establece las bases para la participación de las entidades federales y estatales, así como los lineamientos generales para los actores involucrados en la generación y uso de inventarios forestales y de suelos. Para las entidades federales y estatales también propone establecer la temporalidad de las acciones y los presupuestos que éstas deben destinar a estos proyectos (Conafor, 2004).



# Conceptualización, diseño y colaboración para el Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009

En el año 2003 la LGDFS estableció que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales sería la entidad normativa en materia de Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS), y la Conafor, el organismo integrador del mismo.

En el año 2004 la Semarnat realizó la transferencia del Inventario Nacional Forestal y de Suelos a la Conafor y en el mes de marzo del mismo año se estableció el plan de trabajo donde se señalaron la temporalidad de las acciones y la periodicidad de los resultados de inventario forestal. También se establecieron las bases de colaboración entre dependencias federales: Semarnat, Conafor, INEGI, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y el Instituto Nacional de Ecología (INE).

El Servicio Forestal de Estados Unidos, el Servicio Forestal de Canadá y el Instituto de Investigaciones Forestales de Finlandia apoyaron a México en la revisión de la metodología del INFyS en 2004.

La estrategia consensuada por el grupo de trabajo fue plasmada en el Documento Estratégico Rector del Inventario Nacional Forestal y de Suelos, que se puede consultar en la página web de la Conafor, a través de la liga:

*http://148.223.105.188:2222/snif_portal/secciones/inventarionacional/documentos/DocumentoEstrategicoRector.pdf*

La mayoría de los inventarios forestales está enfocada a proporcionar información de la estimación maderable, sin embargo la necesidad de información sobre la salud del bosque, suelo, agua, la valoración de los recursos forestales, conservación, recreación, vida silvestre, valores escénicos y otras variables no maderables, ha motivado la elaboración de los inventarios integrados o multirrecursos.

El actual inventario comprende información de campo de las condiciones del terreno y las especies de árboles, arbustos y hierbas por tipo de vegetación de todas las comunidades vegetales del territorio nacional, incluidos en los sistemas de clasificación (con carácter nacional e internacional) de la vegetación forestal en México.

El diseño del INFyS se sustenta en el sistema de clasificación de la vegetación de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación (series II y III) a escala 1:250,000, elaborada cada cinco años por el INEGI. El diseño y la tecnología implementados en el INFyS han sido homologados con los de países como Canadá y Estados Unidos de Norteamérica, por lo que con esta información México será capaz de reportar el estado de los recursos forestales tanto de manera interna como en forma global, haciendo compatible la información con lo solicitado por la FAO en la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales.

Los objetivos y usuarios del inventario nacional, inventarios estatales e inventarios de manejo son diferentes. La función de cada uno responde a la escala de trabajo en la que se opera. El Inventario nacional deberá responder a las necesidades estratégicas del país, generar las estadísticas nacionales y reportar a los niveles supranacional y global, mientras que un inventario estatal deberá responder a las necesidades específicas de cada entidad federativa en materia de manejo y gestión forestal.

Por su parte, un inventario de manejo permite contar con información dasométrica de las especies de importancia económica, así como monitorear su crecimiento de acuerdo a los índices de sitio en que se desarrollen (Figura 1).

Considerando que el INFyS fue diseñado para generar la información requerida para la planeación en materia forestal del país, como lo establece la LGDFS, los resultados estadísticos serán a nivel nacional, con un grado de confiabilidad aceptable de las variables a reportarse. No obstante, la información recopilada y generada podrá utilizarse de base por las entidades federativas para el diseño y la ejecución de los inventarios forestales estatales; así mismo, servirá para generar líneas de estudio, trabajo e investigación de orden específico en las diferentes zonas del país, complementando el trabajo de campo y el detalle de la cartografía generada con base en la escala requerida y de acuerdo a los objetivos del estudio.

El diseño del inventario y el carácter del monitoreo permanente en el 100 por ciento de los sitios de muestreo, permitirán desarrollar capacidades institucionales para verificar, remedir y monitorear las variables forestales de interés cuando se necesite.

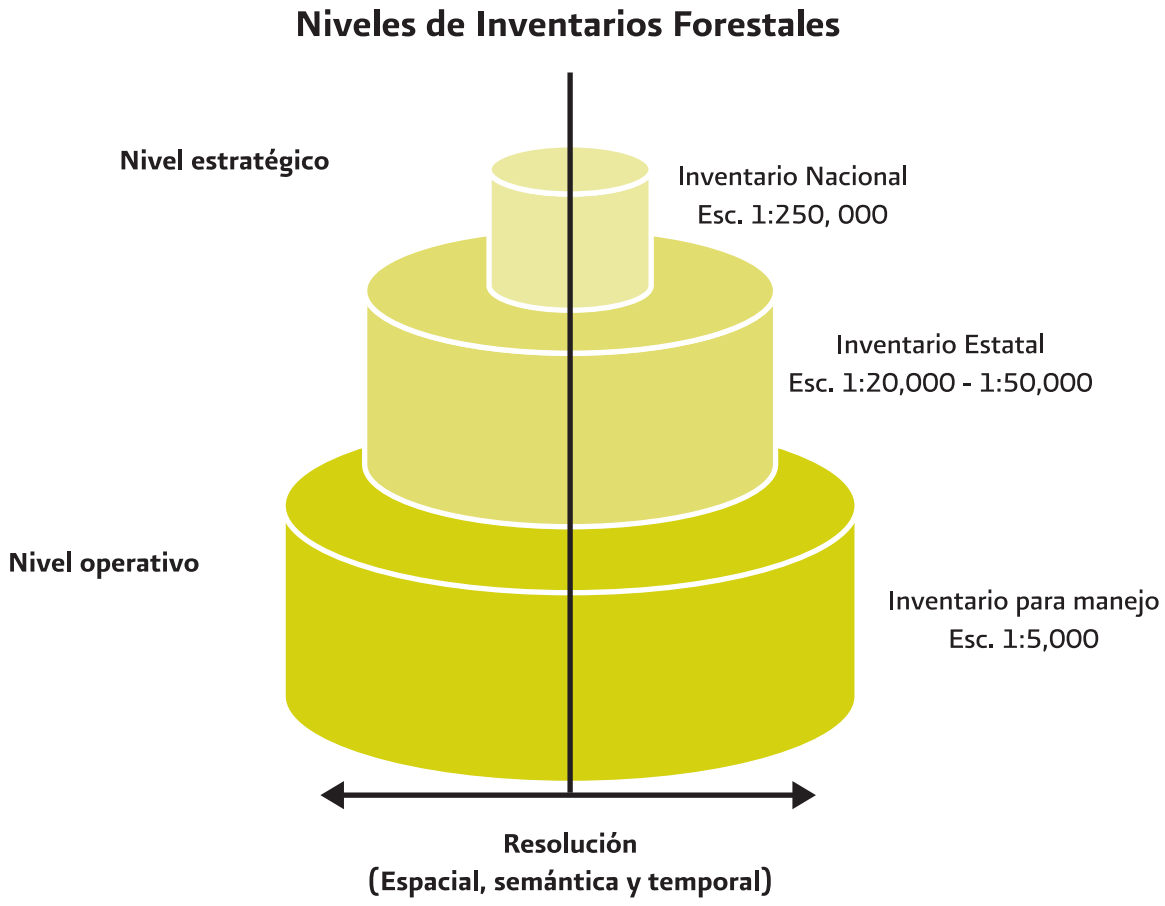



**Figura 1.** Esquema de los niveles de inventario de acuerdo con la escala de trabajo con la que se opera.





# Objetivos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos

El documento rector del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (Conafor, 2004) establece los siguientes objetivos:

## Objetivo general

Contar con información cartográfica y estadística de los suelos y ecosistemas forestales del país para apoyar la política nacional de desarrollo forestal sustentable e impulsar las actividades del sector con información de calidad.

## Objetivos específicos

- Cuantificar los recursos forestales del país, en cuanto a extensión, ubicación y volumen de madera.
- Estimar la dinámica de cambio de la vegetación forestal.
- Presentar los tipos de vegetación forestal y de suelos.
- Presentar diversos indicadores obtenidos en campo de la condición y/o degradación de los ecosistemas.
- Diseñar y ejecutar el muestreo dasonómico del país de acuerdo con los objetivos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos y hacerlo de tal manera que sirva de apoyo a los inventarios estatales.
- Promover inventarios forestales estatales y coadyuvar metodológica y técnicamente para su realización e integración a nivel nacional.



# Metodologías utilizadas en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009

Como se ha señalado previamente, la búsqueda de compatibilidad entre los trabajos de inventarios es un aspecto que se debe prever como factor de éxito. La estandarización debe ser de tipo metodológico y con especial atención a los sistemas de clasificación, a la apertura de las variables para poder responder requerimientos futuros y a la visión integral de los distintos ámbitos de acción. Particularmente, para ser homogéneos, los inventarios forestales deben procurar estandarizar no sólo las definiciones y procesos, sino también la periodicidad con la que se realicen las acciones (Conafor, 2004).

Con este propósito, en el INFyS 2004-2009 se ha implementado un diseño de muestreo, una periodicidad y una metodología en el levantamiento, integración, sistematización y procesamiento de la información, que permitirá homogenizar y hacer compatible los datos de un periodo de muestreo con el siguiente, aprovechando el esquema de remuestreos que se tienen considerados.

Todo el trabajo metodológico del diseño de muestreo, tamaño de muestra, tamaño y forma de los sitios, fue tomado del trabajo previo que elaboró el INIFAP para la Semarnat en 2002, como continuación del Inventario Forestal Nacional 2000 que había iniciado la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). El INIFAP realizó un primer trabajo de campo con el levantamiento dasonómico en las cuencas Lerma-Chapala y Pánuco.

## Muestreo y fase de campo

La demanda actual de información sobre los recursos forestales exige el desarrollo de diseños de inventarios forestales estadísticamente confiables, es así que la Comisión Nacional Forestal planificó el Inventario Nacional Forestal y de Suelos basado en el establecimiento de un diseño estadístico con unidades de muestreo distribuidas sistemáticamente en todo el territorio nacional que permite obtener datos confiables a escala nacional.

Para la instrumentación y ejecución del Inventario Nacional Forestal y de Suelos se tiene como insumo una serie de fuentes de información que han facilitado la planeación de las actividades y del diseño mismo del muestreo. Como podrá verse en la Figura 2, existe una base cartográfica importante que ha venido evolucionando a lo largo del tiempo, pero que, gracias a esta evolución, ahora permite tener un sistema de clasificación compatible entre las series.

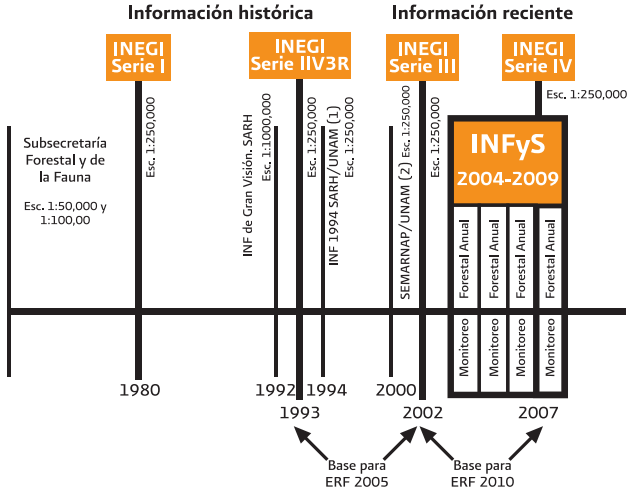



**Figura 2.** Cartografía de los recursos forestales en México, fuente de información para la ejecución del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009.

La base del diseño de muestreo para el inventario de 2004-2009 es la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie III, escala 1:250,000, elaborada por el INEGI (no obstante, los análisis y resultados se realizan considerando también los datos del conjunto vectorial de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1:250,000). Para ello se definió, con base en los objetivos del inventario, la estratificación a realizarse para el muestreo de acuerdo con el sistema de clasificación de la vegetación utilizado en la cartografía, la superficie, ubicación en el país y el nivel de importancia ecológica, económica maderable y/o económica no maderable de cada uno de los ecosistemas vegetales.

**Diseño de muestreo**

El diseño de muestreo que utilizó el Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009 fue el Muestreo Estratificado Sistemático por Conglomerados en Dos Etapas. Para el diseño de muestreo y la distribución de los conglomerados (unidades de muestreo primarias) se ha dividido el país en regiones cuadrangulares (paneles de 5 x 5 kilómetros), estrategia que permite obtener una distribución espacial, regular y consistente del total de los conglomerados sobre el territorio nacional así como manejar la temporalidad del muestreo en el tiempo fijado para la etapa del muestreo de campo. Esto, en concordancia con la cuadrícula de coordenadas UTM de la cartografía 1:250,000 del INEGI.

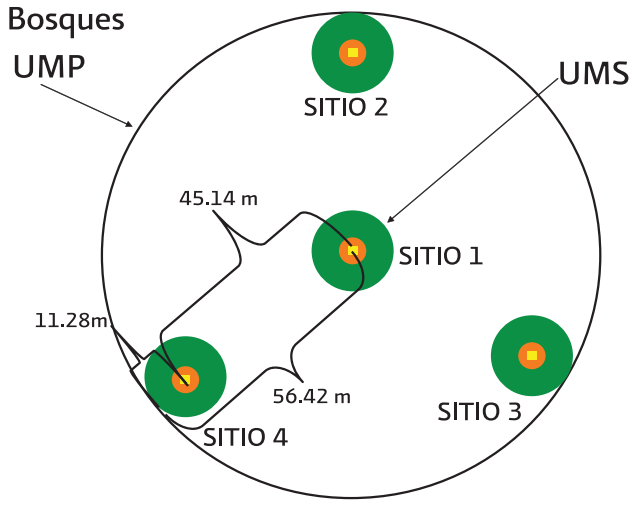
Se utiliza el conglomerado integrado por cuatro unidades de muestreo secundarias o sitios. La equidistancia entre conglomerados varía según el tipo de vegetación de que se trate, a saber:

- 5 x 5 km.- En bosque de coníferas, coníferas-latifoliadas, latifoliadas y bosque mesófilo, así como selvas altas y medianas y manglares.

- 10 x 10 km.- En bosque bajo abierto, selvas bajas, matorral subtropical y vegetación semiárida.

- 20 x 20 km.- En vegetación de zonas áridas.

La Unidad de Muestreo Primario (UMP), que corresponde al conglomerado, es conceptualmente una parcela circular de una hectárea (56.42 m de radio), en la cual se evalúan cuatro Unidades de Muestreo Secundarias (UMS) o sitios, dispuestos geométricamente en forma de una "Y" invertida con respecto al Norte (figuras 3 y 4).



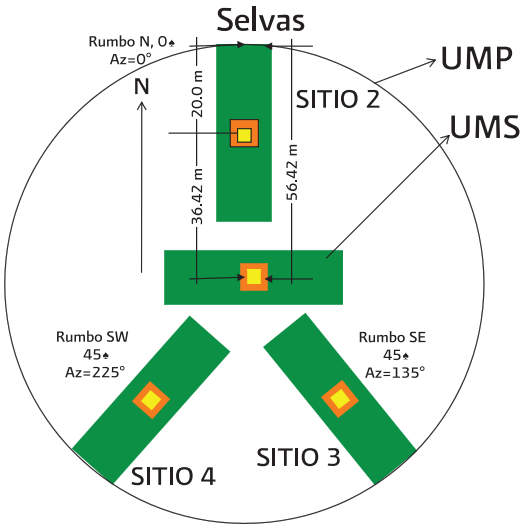

Sitio de 400 m² (radio = 11.28 m) para medir árboles con diámetro normal igual o mayor de 7.5 cm.

Sitio de 12.56 m² (radio = 2 m) para registrar repoblado: elementos con diámetro normal menor de 7.5 cm y altura mayor o igual a 25 cm.

Sitio de 1 m² (lado = 1 m) para registrar hierbas, helechos, musgos y líquenes.

Nota: La distribución de unidades de muestreo en vegetación árida, es similar a la señalada para bosques, sólo difiere en el tipo de información que se recaba.

**Figura 3.** Forma y distribución de las unidades de muestreo secundarias (UMS) o sitios dentro de la unidad de muestreo primaria (UMP) o conglomerado, a utilizarse en bosques y vegetación de zonas áridas.




Sitio de 400 m² (40 x 10 m) para medir árboles con diámetro normal mayor o igual de 7.5 cm.

Sitio de 12.56 m² (3.54 x 3.54 m) para registrar repoblado: elementos con diámetro normal menor de 7.5 cm y altura mayor o igual a 25 cm.

Sitio de 1 m² (L = 1 m) para registro de hierbas, helechos, musgos y líquenes.

**Figura 4.** Forma de las unidades de muestreo secundarias a utilizarse en selvas y otras asociaciones forestales.

Obsérvese que la UMS número 1 constituye el centro de la UMP y las UMS 2, 3 y 4 son consideradas como periféricas. La separación del centro de la UMS 1 al centro de cada una de las UMS periféricas es de 45.14 m; por otra parte, el azimut para localizar las UMS 2, 3 y 4 a partir del centro de la UMS 1 es de 0°, 120° y 240°, respectivamente.

En la realización de inventarios forestales donde se establecen sitios de muestreo, con mucha frecuencia se utilizan sitios de un tamaño y/o forma determinada como unidad para la toma de datos. El tipo del conglomerado en todas las clases de vegetación corresponde a una "Y" invertida, variando la forma de las unidades de muestreo secundarias: rectangular para el caso de las selvas, mientras que para los demás tipos de vegetación es de forma circular; el área en ambos diseños de las parcelas es la misma.

## Alcances del diseño del Inventario Nacional Forestal y de Suelos

El diseño en que está basado el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) obedece a la generación de datos a nivel nacional, así como de apoyo a las entidades federativas en la generación de inventarios forestales estatales.

Por lo anterior, y en virtud de la escala de trabajo del INFyS (1:250,000), las estimaciones de las variables a nivel estatal, municipal o predial implican que el error obtenido estadísticamente sea inadecuado (alto), ya que la intensidad del muestreo, en función del tamaño de la superficie de varios estados o municipios del país, es insuficiente. Sin embargo el diseño de muestreo es flexible, ya que permite aumentar unidades de muestreo según las prioridades de información y los recursos disponibles, por lo que se puede adaptar para obtener información a nivel regional, aumentando la intensidad de muestreo en áreas de mayor interés.

## Nueva medición de los sitios permanentes para la estimación de cambios

De acuerdo con lo establecido en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, el Inventario Nacional Forestal y de Suelos debe incluir la medición de la dinámica de cambio, por lo que el diseño del muestreo de campo permitirá la remedición anual de una quinta parte del total de los conglomerados del país, de tal manera que a los cinco años se tenga la cobertura de todo el territorio nacional.

Con el establecimiento de las parcelas permanentes se busca tener un sistema de monitoreo y evaluación continua y sistemática de los terrenos forestales a nivel nacional para apoyar las políticas de desarrollo forestal sostenible. Esta metodología contempla generar datos periódicos que apoyen la obtención de parámetros de interés para la evaluación de los recursos forestales del país, la cual debe integrar infor-

mación estadística y cartográfica, considerando la dinámica del cambio de la vegetación forestal, para conocer y evaluar las tasas de deforestación y sus causas principales, incluyendo la valoración de los servicios ambientales y productivos que generen los ecosistemas forestales y los impactos que registren los mismos.

La evaluación de los recursos forestales del territorio nacional deberá ser congruente con el reporte quinquenal que lleva a cabo la FAO, por lo cual se toma en cuenta, en términos generales, la metodología que señala dicho organismo, para definir los procesos de cambio en los recursos forestales.

Con la remedición de las unidades de muestreo primarias se busca obtener indicadores de cambio en variables de interés forestal como son las siguientes:

a) Existencias volumétricas ($m^3$ rollo para bosques y selvas): los volúmenes de bosques se desagregarán en coníferas; coníferas-latifoliadas y latifoliadas. En el caso de las selvas, los volúmenes reportados serán para las selvas altas, medianas y selvas bajas.

b) Incremento en volumen de madera de coníferas ($m^3$ rollo): los resultados sobre incremento se obtendrán para las masas arboladas de coníferas y para los bosques mixtos (coníferas-latifoliadas). Dentro de las coníferas se consideran los bosques de *Abies, Pinus, Pseudotsuga* y *Picea*; el incremento de los bosques mixtos sólo estará referido a las coníferas.

c) Daños al arbolado en pie: con el fin de determinar el estado de salud de la vegetación forestal se determinarán los daños más frecuentes atribuidos a los agentes o factores siguientes: daño humano directo, plantas parásitas, incendios forestales, insectos, viento, enfermedad, roedores, pastoreo, aprovechamientos y rayos.

d) Indicadores de degradación de los suelos: a través del levantamiento de las diferentes variables recabadas por los tomadores de datos, complementado con la información recopilada por la Conafor ante otras instituciones, se regionalizará el país por sus diferentes niveles de degradación del suelo.

e) Estimación de biomasa aérea en las diferentes comunidades vegetales representadas en el país, elemento base para la estimación de captura de carbono a evaluarse.

f) Estimación de carbono orgánico en el suelo.

g) Estimación de carga en toneladas por hectárea de combustibles forestales superficiales.

h) Estimación de la estructura y composición de las camas de combustibles forestales.

## Malla de muestreo

Para optimizar el muestreo sistemático se dividió el país en tres mallas: una a cada 5 km, otra a cada 10 km y una tercera a cada 20 km, correspondiendo cada una de las tres mallas a distintas clases de vegetación (figuras 5 y 6).

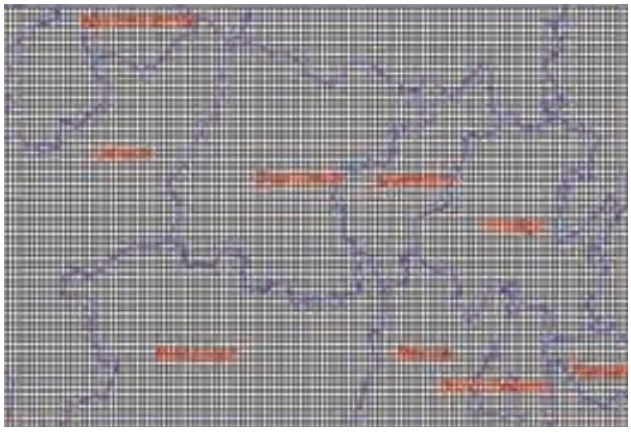


**Figura 5.** Malla de muestreo general establecida a cada 5 km. Esta malla cubre a todo el país y no hay distinción de áreas por uso del suelo y vegetación.



**Figura 6.** Distribución de conglomerados. Aquí se generan las mallas a diferente abertura, de acuerdo con el tipo de vegetación de que se trate (cada 5, 10 o 20 km).

Las clases de vegetación fueron asignadas a esas mallas en función de la dinámica de cambio, la variabilidad del ecosistema y la necesidad de contar con más detalle en el muestreo (Tabla 1).

En términos de la importancia forestal y ecológica, así como de superficie de cobertura, podrá observarse en la Figura 7 que el ecosistema de bosque es el que ha sido más intensamente muestreado, con más de 50 por ciento de puntos designados para ser levantados en campo. Le siguen en importancia las selvas altas y medianas, con 24 por ciento de los puntos. Tanto los bosques como las selvas altas y medianas tienen un distanciamiento entre puntos de muestreo de 5 kilómetros. Dentro de los bosques, los de encino y mixtos de pino-encino son los tipos de vegetación con mayor número de conglomerados planeados para su muestreo; también son las formaciones más intensamente muestreadas en todo el inventario.

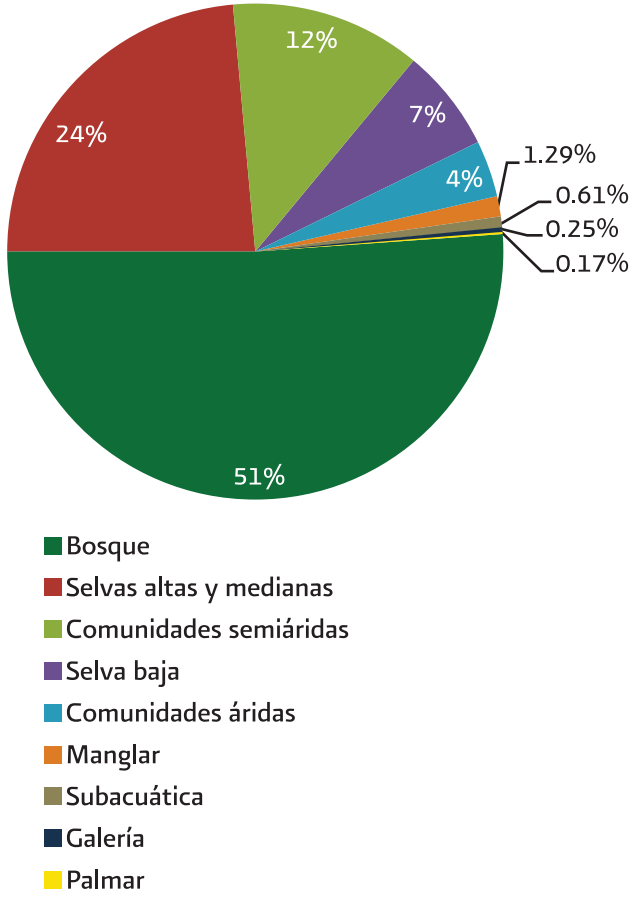



**Figura 7.** Distribución proporcional de los conglomerados planeados para ser muestreados por grupo de vegetación forestal (INFyS, 2004-2009).

**Tabla 1.** Distancia de muestreo y número de conglomerados por tipo de vegetación.

| Malla de puntos (km) | Grupo | Tipo de vegetación | No. de puntos por tipo de vegetación | Total de puntos por grupo | Total por malla |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 x 5 | Bosque | Bosque de ayarín | 6 | 13,552 | 20,255 |
| | | Bosque de cedro | 1 | | |
| | | Bosque de encino | 4,530 | | |
| | | Bosque de encino-pino | 1,736 | | |
| | | Bosque de oyamel | 68 | | |
| | | Bosque de pino | 2,998 | | |
| | | Bosque de pino-encino | 3,466 | | |
| | | Bosque mesófilo | 737 | | |
| | Galería | Bosque de galería | 6 | 67 | |
| | | Selva de galería | 1 | | |
| | | Vegetación de galería | 60 | | |
| | Manglar | Manglar | 341 | 341 | |
| | Palmar | Palmar inducido | 40 | 44 | |
| | | Palmar natural | 4 | | |
| | Selva alta-mediana | Petén | 21 | 6,251 | |
| | | Selva alta perennifolia | 1,511 | | |
| | | Selva alta subperennifolia | 76 | | |
| | | Selva mediana caducifolia | 438 | | |
| | | selva mediana subcaducifolia | 1,864 | | |
| | | Selva mediana subperennifolia | 2,341 | | |
| 10 x 10 | Comunidades semiáridas | Bosque de táscate | 39 | 3,325 | 5,265 |
| | | Chaparral | 193 | | |
| | | Matorral espinoso tamaulipeco | 331 | | |
| | | Matorral sarcocaule | 542 | | |
| | | Matorral sarcocrasicaule | 225 | | |
| | | Matorral sarcocrasicaule de neblina | 57 | | |
| | | Matorral submontano | 285 | | |
| | | Matorral subtropical | 127 | | |
| | | Mezquital (espinoso) | 4 | | |
| | | Mezquital (otros tipos) | 30 | | |
| | | Mezquital (xerófilo) | 257 | | |
| | | Pastizal gipsófilo | 3 | | |
| | | Pastizal halófilo | 173 | | |
| | | Pastizal natural | 1,058 | | |
| | | Pradera de alta montaña | 1 | | |
| | Selva baja | Sabana | 31 | 1,779 | |
| | | Sabanoide | 11 | | |
| | | Selva baja caducifolia | 1,577 | | |
| | | Selva baja espinosa | 61 | | |
| | | Selva baja perennifolia | 2 | | |
| | | Selva baja subcaducifolia | 7 | | |
| | | Selva baja subperennifolia | 90 | | |
| | Subacuática | Popal | 17 | 161 | |
| | | Tular | 94 | | |
| | | Vegetación halófila (hidrófila) | 50 | | |
| 20 x 20 | Comunidades áridas | Matorral crasicaule | 32 | 985 | 985 |
| | | Matorral desértico micrófilo | 544 | | |
| | | Matorral desértico rosetófilo | 259 | | |
| | | Matorral rosetófilo costero | 15 | | |
| | | Vegetación de desiertos arenosos | 57 | | |
| | | Vegetación de dunas costeras | 4 | | |
| | | Vegetación gipsófila | 1 | | |
| | | Vegetación halófila (xerófila) | 73 | | |

**Obtención de los datos para el Inventario Nacional Forestal y de Suelos**

Debido a la gran cantidad y variabilidad de los recursos forestales del país, se utilizó un método de muestreo estadístico para la estimación de variables contempladas en el inventario. De esta forma, por medio del levantamiento de conglomerados en campo y del apoyo de cartografía de uso de suelo y vegetación e imágenes de satélite, se obtuvo un resultado nacional asumiendo un error estadístico medible.

De acuerdo con las unidades de muestreo secundarias (UMS) que conforman el conglomerado, se generó la siguiente información:

a) En el sitio de 400 m² (radio = 11.28 m) se mide y registra el arbolado cuyo diámetro normal sea igual o mayor a 7.5 cm.

b) En el sitio de 12.56 m² se mide y registra, por género, la frecuencia y algunas variables cualitativas del repoblado (regeneración natural), cuyas plantas o árboles pequeños tengan como mínimo 25 cm de altura, hasta la altura que alcancen, siempre que su diámetro normal sea menor a 7.5 cm. Así mismo, se registran los arbustos representativos de comunidades áridas y semiáridas, e incluso especies invasoras y de pastos nativos o inducidos.

c) En el sitio de 1 m² se miden y consignan las plantas herbáceas, helechos, musgos, líquenes y otras características de la superficie del suelo presentes en el subestrato herbáceo.

**Especificaciones y requerimientos técnicos**

Con el propósito de homogeneizar criterios en el levantamiento de la información y asegurar la calidad de los datos, se elaboró el Manual para el muestreo de campo del Inventario (Anexo 8), así como otros anexos técnicos. En dichos documentos se integró la estrategia nacional y la metodología a utilizar por el INFyS 2004-2009.

Dentro de los aspectos que destacan en estos documentos se encuentra, entre otros, la descripción detallada de los requerimientos en materia de las competencias del personal que trabaje en el Inventario para cada una de las condiciones de los tipos de vegetación. Los manuales de campo y las especificaciones técnicas están publicados en formato digital en la página electrónica de la Conafor en el link:

*http://148.223.105.188:2222/gif/snif_portal/?option=com_content&task=view&id=8&Itemid=58/index.php*

**Información levantada en campo**

En cumplimiento de los objetivos del Inventario, se levantaron las variables que permiten la estimación del volumen maderable, densidad del arbolado, cobertura, edad e incremento medio anual del arbolado (sólo para coníferas de los géneros *Pinus, Pseudotsuga, Picea* y *Abies*), uso, vigor y afectación del arbolado y de su regeneración en general.

También se levantó información cualitativa de las condiciones del sitio, tales como: rasgos orográficos, altitud, pendiente, fisiografía, uso de suelo, profundidad del suelo, presencia de erosión-degradación, y el grado de afectación de las mismas.

Por todo lo anterior, se considera que el Inventario Nacional Forestal y de Suelos realiza un levantamiento de información con un enfoque multidisciplinario e integral que enriquece, amplía y mejora la calidad de la información forestal.

La información detallada del levantamiento de campo se puede consultar en el documento *Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009. Manual y procedimientos para el muestreo de campo*, en la

página antes señalada, o en el Anexo 8 de este informe.

**Variables consideradas**

Las variables que se levantaron en campo en el INFyS 2004-2009 fueron tanto de tipo cuantitativo como cualitativo, dependiendo si los valores tenían o no un orden de magnitud natural (cuantitativas), o simplemente un atributo no sometido a cuantificación (cualitativa). Para consultar las variables del ciclo de inventario 2004-2009, favor de remitirse a los formatos de campo que conforman el documento Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009. Manual y procedimientos para el muestreo de campo (Conafor, 2007).

En la Tabla 2 se señalan las variables cuantitativas que fueron consideradas por unidad de muestreo para los ecosistemas de bosques y selvas.

**Tabla 2.** Variables cuantitativas consideradas por el INFyS 2004-2009 para los ecosistemas bosques y selvas.

| |
|---|
| **Sitio de 400 m$^2$.** Se recaba información por cada árbol medido, a saber: |
| • Árbol (número)<br>• Género<br>• Especie<br>• Nombre común<br>• Condición<br>• Diámetro normal<br>• Diámetro de copa<br>• Altura total<br>• Altura de fuste limpio<br>• Altura comercial<br>• Daño (por agente causal)<br>• Registro de tocones<br>• Diámetro en la base del tocón<br>• Grupo taxonómico<br>• Incremento y calidad del arbolado<br><br>La información para determinar el incremento (sólo en bosques de coníferas) se logra a través de una submuestra representada por los 3 árboles (coníferas) más cercanos al centro del sitio de 400m$^2$ a los que se les medirán variables adicionales consistentes en:<br><br>• Diámetro basal<br>• Edad<br>• Número de anillos en los últimos 2.5 centímetros<br>• Longitud de los 10 últimos anillos<br>• Grosor de corteza<br>• Distribución de productos (calidad estimada de la trocería) |
| **Sitio de 12.56 m$^2$ (r = 2 m).** Se toma información del repoblado, consistente en los árboles con un diámetro normal menor a 7.5 centímetros y mayores a 25 centímetros de altura. Los datos por recabar serán los siguientes: |
| • Género<br>• Especie<br>• Número de individuos por edad y categoría de altura<br>• Vigor<br>• Daño |
| **Sitio de 1 m$^2$.** En este sitio se toma información sobre presencia de hierbas y líquenes y repoblado menor a 25 cm de altura; los datos que se consignan se refieren a: |
| • Porcentaje de cobertura en el área de 1 m2 por los individuos arriba señalados por grupo.<br>• Cobertura expresada en porcentaje de los elementos que cubren la superficie del suelo en el sitio de 1 m2, como son: rocas, gravas, hojarasca, etcétera. |

Para el caso de la vegetación de zonas áridas y semiáridas, así como manglar, palmar, vegetación de galería y comunidades subacuáticas, las variables cuantitativas que se consideran se indican en la Tabla 3.

Las variables de tipo cualitativo se tomaron a nivel del conglomerado o UMP, y se consignan en la Tabla 4.

**Tabla 3.** Variables cuantitativas consideradas por el INFyS 2004-2009, para los ecosistemas áridos y semiáridos, palmar, galería y comunidades subacuáticas.

| |
|---|
| **Sitio de 400 m$^2$**. La información que se obtendrá en estos sitios será para dos tipos de plantas: |
| a) Vegetación mayor, por ejemplo: mezquites, algunos nopales, yucas y palmas.<br>• Género<br>• Especie<br>• Nombre común<br>• Diámetro normal (en árboles)<br>• Altura total<br>• Diámetro de copa<br>• Uso<br>• Daño por agente causal<br><br>b) Vegetación menor.<br>• Género<br>• Especie<br>• Nombre común<br>• Cobertura en porcentaje<br>• Número de plantas mayores de 25 centímetros consignadas en categorías de 25 en 25 centímetros<br>• Usos<br>• Daños |
| **Sitio de 12.56 m$^2$.** En estos sitios se medirá y consignará información sobre plantas menores de 1.5 m y mayores de 25 cm de altura. Los datos que se recabarán son los mismos que se consideran para la vegetación *menor* en los sitios de 400 m$^2$. |
| **Sitio de 1m$^2$.** En este sitio se recaba información sobre repoblado de las especies consideradas en los sitios de 400 y 12.56 m$^2$, cuya altura esté comprendida entre 10 y 25 cm, así como de plantas anuales y gramíneas, debiendo consignar los siguientes datos: |
| • Género<br>• Especie<br>• Altura<br>• Número de plantas<br>• Daño |

**Tabla 4.** Variables cualitativas consideradas en el INFyS 2004-2009.

| |
|---|
| Caracterización del medio natural<br>• Altura sobre el nivel del mar<br>• Pendiente promedio<br>• Fisiografía<br>• Exposición<br>• Uso actual del suelo<br>• Cobertura de la vegetación<br>• Tipo y espesor de mantillo<br>• Profundidad del suelo<br>• Evidencias de erosión / degradación del suelo<br>• Nivel de afectación del suelo |
| Factores biológicos<br>• Tipo de vegetación predominante (verificación de la cartografía forestal en escala 1:250,000)<br>• Especies dominantes y codominantes para el estrato superior, medio e inferior<br>• Diversidad de especies por estrato<br>• Etapa sucesional |
| Caracterización de las especies de flora<br>• Raras<br>• Endémicas<br>• En peligro de extinción<br>• Amenazadas |
| Presencia de agentes de perturbación<br>• Incendios<br>• Plagas y enfermedades<br>• Pastoreo<br>• Talas clandestinas<br>• Material combustible<br>• Otros |
| Calidad de los factores ambientales<br>• Calidad del agua<br>• Condiciones generales de la vegetación<br>• Potencial de regeneración<br>• Estructura de edades del arbolado |
| Impactos ambientales en:<br>• Relieve y suelo<br>• Recursos hídricos<br>• Clima y calidad del aire<br>• Vegetación<br>• Fauna silvestre y pesca<br>• Conservación<br>• Cultura y economía local |
| Usos del recurso |
| Principales actividades económicas |
| Presión demográfica |
| Accesibilidad |
| Suelos (sólo en el sitio número 1 de 400 m²)<br>• Uso actual de suelo<br>• Cobertura del suelo por la vegetación<br>• Presencia de mantillo<br>• Profundidad del suelo<br>• Evidencias de erosión / degradación del suelo<br>• Nivel de afectación en el suelo |

## Sistema de clasificación de la vegetación

El sistema de clasificación de la vegetación utilizado por el INFyS 2004-2009 corresponde al establecido en la Carta de Uso del Suelo y Vegetación a escala 1:250,000 de la Serie III del INEGI, que es el resultado del trabajo de Jerzy Rzedowski (1978), Faustino Miranda y Efraín Hernández Xolocotzi (1963), conjuntados y complementados por el INEGI. Este sistema de clasificación de la vegetación es aceptado a nivel nacional y tiene la gran ventaja de incluir, de forma muy adecuada, todas las condiciones de la vegetación presentes en el territorio nacional, con la posibilidad de desagregar las comunidades vegetales de acuerdo con el interés particular de cada usuario de la información (ver Anexo 6 de este informe).

A continuación se describen las principales clases del sistema de clasificación:

### *Bosques*

Vegetación arbórea de origen septentrional (holártico). Se ubica principalmente en regiones de climas templado y semifrío, con diferentes grados de humedad, condición propia de las regiones montañosas a lo largo de la Sierra Madre Occidental, Oriental y el Eje Neovolcánico. Por sus características ecológicas y fisonómicas, ha dado lugar a la clasificación de un gran número de tipos de vegetación, a saber:

Bosque de oyamel
Bosque de ayarín
Bosque de cedro
Bosque mesófilo de montaña
Bosque de pino
Bosque de pino-encino
Bosque de encino-pino
Bosque de encino
Bosque de táscate
Bosque de galería
Bosque cultivado

### *Selvas*

Las selvas son comunidades formadas por vegetación arbórea de origen meridional (Neotropical), generalmente de climas cálido húmedo, subhúmedo y semiseco. Están compuestas por la mezcla de un gran número de especies, muchas de las cuales presentan contrafuertes. Poseen bejucos, lianas y plantas epífitas, frecuentemente con árboles espinosos entre los dominantes. La clasificación de las selvas se da en función de la altura, la persistencia y caducidad de las hojas, a saber:

Selva alta perennifolia
Selva alta subperennifolia
Selva mediana perennifolia
Selva mediana subperennifolia
Selva mediana subcaducifolia
Selva mediana caducifolia
Selva baja perennifolia
Selva baja subperennifolia
Selva baja caducifolia
Selva baja subcaducifolia
Selva baja espinosa
Selva de galería

### *Matorrales*

Vegetación arbustiva que generalmente presenta ramificaciones desde la base del tallo, cerca de la superficie del suelo y con altura variable, pero casi siempre inferior a cuatro metros. Se distribuye principalmente en las zonas áridas y semiáridas del país, formando una cobertura casi continua sobre la mayor parte del Altiplano mexicano, la Península de Baja California, los estados de Sonora, Tamaulipas, el norte de Nuevo León y el este de la Sierra Madre Oriental. Existen fragmentos discontinuos pero de tamaño importante en el Valle del Mezquital, Hidalgo, el Valle de Tehuacán, Puebla y a la sombra orográfica del Pico de Orizaba en Veracruz.

En esta formación encontramos una de las familias de plantas más típica de México, con un alto número de especies endémicas que tanto caracterizan estos ecosistemas: las cactáceas. Las clases de matorrales que comprende el sistema de clasificación son:

Matorral subtropical
Matorral submontano
Matorral espinoso tamaulipeco
Matorral crasicaule
Matorral sarcocrasicaule
Matorral sarcocrasicaule de neblina
Matorral rosetófilo costero
Matorral desértico rosetófilo
Matorral desértico micrófilo
Vegetación de desiertos arenosos
Vegetación halófila
Vegetación gipsófila
Vegetación de galería

***Pastizales***

Tipo de vegetación caracterizado por la dominancia de gramíneas (pastos o zacates) o graminoides y que, en condiciones naturales, se desarrolla bajo la interacción del clima, suelo y biota. Este conjunto incluye biocenosis diversas, tanto en su composición florística como en sus condiciones ecológicas, en su papel en la sucesión, en su dependencia de las actividades humanas y aún en su fisonomía. Mientras la presencia de algunas está determinada por el clima, muchas otras son favorecidas, al menos en parte, por las condiciones del suelo o bien por el disturbio ocasionado por el hombre y sus animales domésticos. Este tipo de vegetación se distribuye principalmente en la mitad septentrional y al occidente del país. Los tipos de pastizal que podemos encontrar son:

Pastizal natural
Pastizal halófilo
Pastizal gipsófilo
Pradera de alta montaña

***Otros tipos de vegetación***

Existen en México diversas comunidades vegetales clímax que no encuentran buen acomodo en ninguno de los tipos de vegetación ya descritos; sin embargo, debido a su importancia ecológica y económica, se ha optado por agruparlas bajo el concepto de "otros tipos de vegetación", a saber:

Matorral de coníferas
Chaparral
Palmar
Manglar
Popal
Tular
Mezquital
Vegetación de dunas costeras

## Calidad de los datos

El aseguramiento en la calidad de los datos que se procesen para la generación de los reportes e informes que el INFyS tiene como obligado realizar, es una tarea fundamental que permite brindar certidumbre. Esta supervisión debe realizarse en cada una de las etapas del inventario, desde la planeación hasta la fase final del procesamiento y generación de reportes, pero es en la fase de levantamiento de datos en campo y la captura de la información donde se amerita la supervisión más rigurosa posible, en el entendido de que serán los insumos principales del sistema y que, si hay errores en ellos, todo lo que se genere posteriormente mantendrá y elevará el error alimentado.

El muestreo de conglomerados es realizado por empresas externas que la Conafor contrata para tal fin mediante licitación pública. Una primer medida para garantizar la calidad en la información es que, al iniciar el proceso de licitación, se emiten términos de referencia en donde se establecen los requerimientos, especificaciones, calendarios y condicionantes para que se realicen los trabajos de inventario, aspectos

que se le exigen a las empresas que deseen participar, al igual que otros como experiencia y perfiles determinados en el personal que integrará las cuadrillas de campo. Además la Conafor ha elaborado manuales y formatos de campo que instruyen la manera en que se deben levantar los datos, además de que proporciona capacitación directa a los brigadistas, lo que permite enfatizar y puntualizar sobre conceptos, interpretaciones y cualquier duda que el personal de campo tenga respecto de las metodologías a utilizar.

Adicionalmente, la Conafor exige a las empresas una supervisión interna permanente de su personal en cuanto al levantamiento físico de datos en campo –para confirmar que se realicen conforme a lo dispuesto en el Manual de campo– y en la fase de captura, de tal manera que los errores por estos conceptos sean mínimos o inexistentes. En los Términos de Referencia se especifica cómo debe ser dicha supervisión.

La Comisión también ha instrumentado un sistema de supervisión externa al proceso de inventario. Es una supervisión de campo que consiste en la contratación de una empresa que levanta nuevamente el 10 por ciento de los sitios muestreados. La Conafor hace un análisis estadístico de los datos de los conglomerados supervisados, comparando los parámetros obtenidos de los datos levantados por la empresa de inventario con los obtenidos por la empresa supervisora. En los términos de referencia se especifican los rangos de diferencia permitidos para determinar la aceptación o rechazo del levantamiento inicial.

En la recepción de la información, la Conafor, a través de la Gerencia de Inventario y Geomática, hace una revisión y cotejo de la información levantada en papel y la misma información digitalizada mediante el "cliente de captura", previo a incorporarse a la base de datos del INFyS. Con este procedimiento se evita ingresar información que haya sido modificada por errores de captura.

Finalmente, durante el procesamiento de la información, se han aplicado procesos de depuración que han permitido reducir el error de estimación final de los parámetros de interés. Para ello se han aplicado algunos filtros que se especifican en la metodología de cálculo.

## Procesamiento y análisis

### Base de datos

La base de datos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) es la fuente de información primaria para reportar estadísticas de la condición forestal de los ecosistemas de México desde una visión nacional. Su diseño y estructura están basados en un modelo conceptual de Entidad-Relación (Figura 8) por la flexibilidad que brinda para el manejo de datos complejos. Este modelo permite mantener una independencia lógica y física de los datos, ayuda a evitar la redundancia de información, propicia resguardar la integridad y calidad de los datos, así como realizar consultas complejas optimizadas, entre otras cosas.

Las tablas de la base de datos se relacionan entre sí a través de claves o identificadores únicos; éstas almacenan los campos (atributos) y registros (entidades) en columnas y filas, respectivamente, de las variables cuantitativas y cualitativas recabadas en campo.

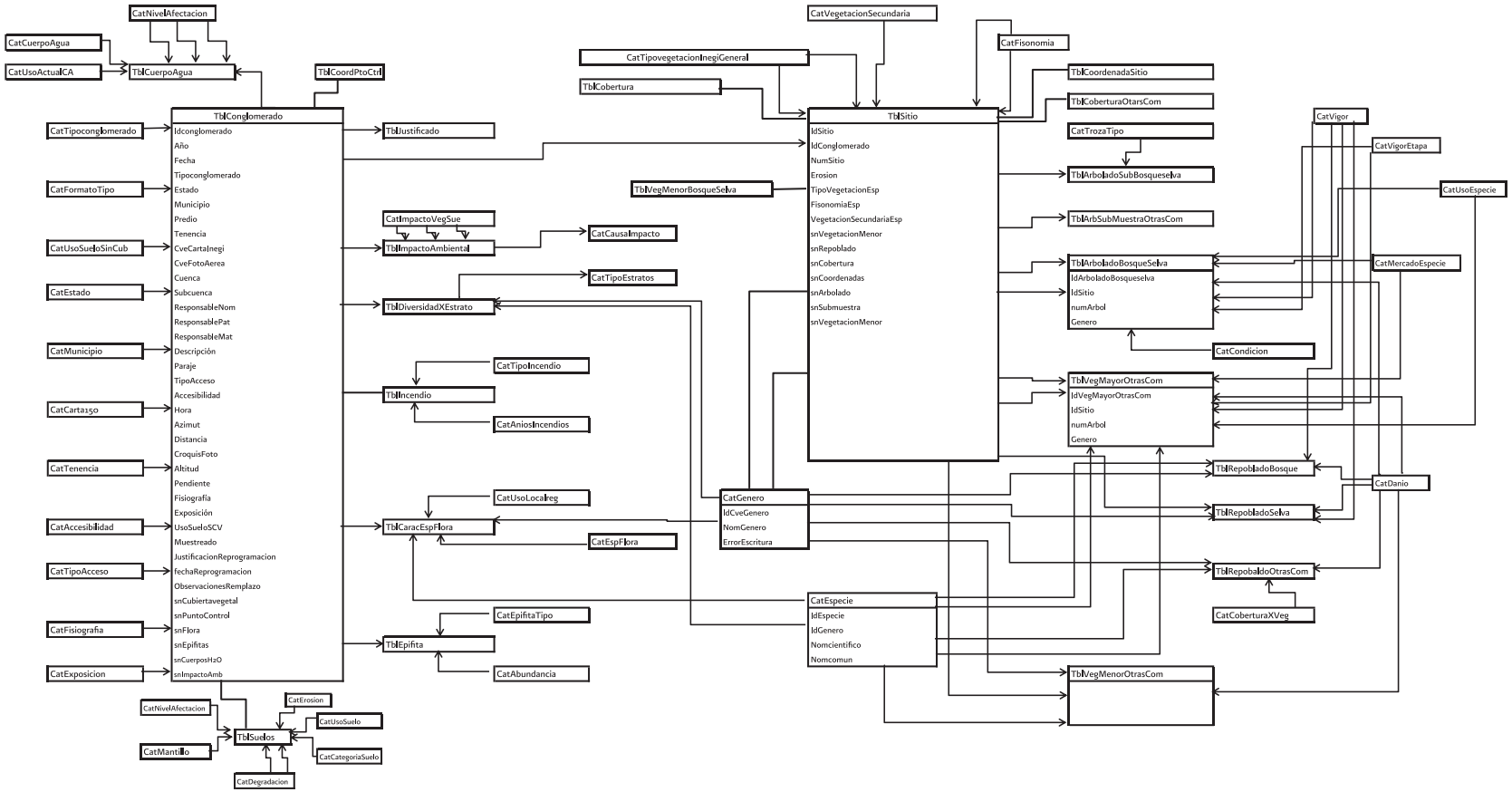



**Figura 8.** Diagrama de Entidad-Relación de la base de datos del INFyS.

Para la base de datos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009 existen dos tablas que conforman el núcleo principal de la estructura del diagrama de Entidad-Relación del cual penden las demás tablas: la tabla *TblConglomerado* (Tabla 5) y la tabla *TblSitio* (Tabla 6). La primera de ellas es la que almacena los atributos generales del conglomerado o unidad de muestreo primaria (UMP). Cuenta con un identificador único (primary key) denominado *idConglomerado*, mediante el cual se vincula con las demás tablas que contienen información recabada a nivel de conglomerado.

Seguida en orden de importancia se encuentra la tabla *TblSitio* (Tabla 6), que almacena los atributos de la información recabada en cada sitio o unidad de muestreo secundaria (UMS). La llave primaria e identificador único de esta tabla es el campo llamado idSitio, a través del cual se vincula con las tablas que registran la información específica de la vegetación encontrada dentro del área (400 m²) de cada uno de los cuatro sitios del conglomerado, en el caso de que los cuatro hayan sido accesibles; de lo contrario, no se registra información de aquellos a los que no se pudo acceder.

**Tabla 5.** Principales tablas que integran la tabla *TblConglomerado*, y la información que almacenan.

| Tabla | Tipo de información que almacena | Cardinalidad* con TblConglomerado |
|---|---|---|
| TblCoordPtoCtrl | Coordenadas geográficas del conglomerado | 1:1 |
| TblContacto | Datos de referencia o contacto establecido para el acceso al terreno o predio donde se ubica el conglomerado | 1:1 |
| TblDiversidadXEstrato | Diversidad de especies encontradas por estrato (arbóreo, herbáceo y arbustivo) | 1:N |
| TblEpifita | Tipo de epífita y parte de los árboles en que se presenta (tronco o ramas) | 1:N |
| TblCaracEspFlora | Caracterización de las especies de flora en riesgo: raras, endémicas, amenazadas, en peligro de extinción | 1:N |
| TblCuerpodeAgua | Nombre y características principales de los cuerpos de agua encontrados en la ruta tomada a los conglomerados | 1:N |
| TblImpactoAmbiental | Nivel de los impactos ambientales registrados en los recursos forestales | 1:N |
| TblIncendio | Información cualitativa de los incendios registrados en el conglomerado | 1:1 |
| TblSuelo | Características del suelo en que se localiza el conglomerado y su uso actual | 1:1 |
| TblJustificado | Información de la justificación de inaccesibilidad del conglomerado | 1:1 |
| TblSitio | Información general de los sitios contenidos en el conglomerado | 1:N |

** La cardinalidad se refiere al tipo de relación que existe entre las tablas: 1:1, un registro de la Tabla TblConglomerado está relacionado a un solo registro de la tabla asociada; 1:N, un registro de la Tabla TblConglomerado puede estar relacionado a muchos registros (N) de la tabla asociada.*

**Tabla 6.** Principales tablas que integran la tabla *TblSitio*, y la información que almacenan.

| Tabla | Tipo de información que almacena | Cardinalidad* con *tblsitio* |
|---|---|---|
| TblArboladoBosqueSelva | Aspectos dasométricos del arbolado de bosques y selvas | 1:N |
| TblVegMayorOtrasCom | Aspectos dasométricos del arbolado de comunidades áridas y semiáridas | 1:N |
| TblArboladoSubBosqueSelva | Información de la submuestra del arbolado de bosques y selvas | 1:N |
| TblArbSubMuestraOtrasCom | Información de la submuestra del arbolado de vegetaciones áridas y semiáridas | 1:N |
| TblCobertura | Porcentajes de cobertura de la superficie del sitio de 12.56 m² ocupada por el repoblado, arbustos y hierbas en bosques y selvas | 1:N |
| TblCoberturaOtrasC | Porcentajes de cobertura de la superficie del sitio de 12.56 m² ocupada por el repoblado, arbustos y hierbas en vegetaciones áridas y semiáridas | 1:1 |
| TblCoordenadaSitio | Coordenadas geográficas del sitio | 1:1 |
| TblRepobladoBosque | Frecuencia y características cualitativas de la regeneración encontrada en el sitio de 12.56 m² de bosques | 1:N |
| TblRepobladoSelva | Frecuencia y características cualitativas de la regeneración encontrada en el sitio de 12.56 m² de selvas | 1:N |
| TblRepobladoOtrasCom | Datos de las especies arbóreas y/o arbustivas presentes en el sitio de 12.56 m² mayores o iguales a 25 cm de altura y menores a 7.5 cm de diámetro normal | 1:N |
| TblVegMenorBosqueSelva | Porcentaje de cobertura por gramíneas, helechos, hierbas, musgos, líquenes; y porcentaje del suelo que cubren las rocas, grava, hojarasca, suelo desnudo y otros en el sitio de 1 m² en bosques, selvas y comunidades áridas y semiáridas | 1:N |
| TblVegMenorOtrasCom | Especies arbóreas y arbustivas encontradas en el sitio de 12.56 m² cuya altura esté comprendida entre 10 y 25 cm; así como también aquellas subarbustivas, arrosetadas y cactáceas de alta importancia económica y/o ecológica de la región | 1:N |

** La cardinalidad, como se mencionó anteriormente, se refiere al tipo de relación que existe entre las tablas: 1:1, un registro de la Tabla TblSitio está relacionado a un solo registro de la tabla asociada; 1:N, un registro de la Tabla TblSitio puede estar relacionado a muchos registros (N) de la tabla asociada.*

Además de las tablas referidas, la base de datos cuenta con 43 tablas auxiliares de tipo catálogo que almacenan los atributos y descripciones de las claves utilizadas en las tablas mencionadas anteriormente, mismas que se presentan en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Relación de tablas secundarias (catálogos) que conforman la Base de datos del INFyS 2004-2009.

| No. | Catálogo | No. | Catálogo |
|---|---|---|---|
| 1 | CatAbundancia | 23 | CatImpactoVegSueloH2O |
| 2 | CatAccesibilidad | 24 | CatMantillo |
| 3 | CatAniosIncendios | 25 | CatMercadoEspecie |
| 4 | CatCarta150 | 26 | CatMunicipio |
| 5 | CatCategoriaSueloXProfundidad | 27 | CatNivelAfectacion |
| 6 | CatCausaImpacto | 28 | CatNivelAfectacionH2O |
| 7 | CatCoberturaXVeg | 29 | CatTenencia |
| 8 | CatCondicion | 30 | CatTipoAcceso |
| 9 | CatCuerpoAgua | 31 | CatTipoConglomerado |
| 10 | CatDanio | 32 | CatTipodeEstratos |
| 11 | CatDatosAutomaticos | 33 | CatTipoIncendio |
| 12 | CatDegradacion | 34 | CatTipoVegetacionInegiGeneral |
| 13 | CatEpifitaTipo | 35 | CatTrozaTipo |
| 14 | CatErosion | 36 | CatUsoActualCA |
| 15 | CatEspecie | 37 | CatUsoEspecie |
| 16 | CatEspFlora | 38 | CatUsoLocalReg |
| 17 | CatEstado | 39 | CatUsoSuelo |
| 18 | CatExposicion | 40 | CatUsoSueloSinCubiertaVegetal |
| 19 | CatFisiografia | 41 | CatVegetacionSecundaria |
| 20 | CatFisionomia | 42 | CatVigorArboladoBosqueYSelvaArbolEtapa |
| 21 | CatFormatoTipo | 43 | CatVigorRepobladoBosqueYSelva |
| 22 | CatGenero | | |

Los datos son recabados y llenados en campo en un formato de papel impreso para después ser capturados mediante una aplicación desarrollada en Microsoft Access (Figura 9), coloquialmente llamada "cliente de captura". Cada módulo de la aplicación contiene características acordes a la planeación del inventario en cada fase, así como distintas validaciones y controles automatizados de calidad con parámetros preestablecidos, implementados en cada una de las secciones con la finalidad de minimizar el error de captura.

Esta aplicación contiene un módulo de captura para el formato de bosques, uno para el de selvas y otro para el de comunidades áridas y semiáridas, con secciones y objetos dispuestos en el mismo orden que el formato impreso, los cuales permiten agregar expedientes completos de conglomerados, editarlos y eliminarlos con la ayuda de un objeto de búsqueda que facilita su localización. Así mismo, cuenta con un módulo adicional para cada tipo de formato que permite visualizar o imprimir, en forma de reporte, la información capturada para su revisión.




**Figura 9.** Formulario principal de la aplicación de captura.

Existen datos predefinidos, tomados del conjunto de datos vectoriales de las cartas de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI, series III y IV, escala 1:250,000, que se cargan automáticamente en la aplicación con el objetivo de proporcionar información adicional de la ubicación y tipo de vegetación esperada para cada conglomerado.

Con la finalidad de que la captura de la información pueda realizarse en varias computadoras y con ello agilizar la labor de captura, se creó un módulo adicional que permite la importación de conglomerados capturados en otros clientes para poder conjuntarla para su entrega final. Este módulo se encarga de validar todo el contenido de las tablas y los registros asociados al conglomerado, rechazando la importación en caso de que la información esté incompleta o sea inválida. Cuando el registro existe previamente en la base de datos destino, el usuario tiene la opción de reemplazar el registro original con el nuevo registro, o bien eliminar aquellos registros repetidos que no desea sobrescribir.

Las empresas encargadas de realizar el muestreo en campo entregan los expedientes de los conglomerados en formato impreso y digital. Éstos son revisados por personal de la Gerencia de Inventario Forestal y Geomática de la Conafor, quien coteja el contenido de ambos formatos y corrobora la congruencia y consistencia de los datos, los expedientes que contienen inconsistencias son devueltos para su revisión, corrección y nueva entrega.

El destino final de la información de los conglomerados aprobados es un sistema de administración de bases de datos relacionales o RDBMS (por sus siglas en inglés) Microsoft SQL Server, donde se concentra, gestiona y almacena, en un servidor central, la base de datos del INFyS, para su mantenimiento y utilización.

La exportación entre el cliente y el servidor se realiza a través de una aplicación intermedia que funge como puente de unión entre las estructuras de las dos bases de datos, la de origen y destino (Figura 10). Esta aplicación realiza una auditoría de calidad a la información de los registros de cada una de las tablas de la estructura de origen, con el fin de filtrar los errores e inconsistencias que no se detectaron en la primera fase de revisión y reforzar la calidad e integridad de la información que se almacena en la base de datos del servidor.




**Figura 10.** Proceso de exportación de la información a su destino final.

Este RDBMS cuenta con un sistema robusto de seguridad que soporta el acceso simultáneo de múltiples usuarios. Aquí, la información se manipula y extrae a través de consultas desarrolladas en lenguaje SQL (Structured Query Language: Lenguaje de Consulta Estructurado) por medio de comandos y sentencias con sintaxis estandarizadas, que permiten realizar un rápido procesamiento de los datos para su reporte final.

**Estimación de los parámetros dasométricos nacionales**

Por tratarse de un inventario nacional diseñado a partir de una base cartográfica con escala de trabajo de 1:250,000, los principales parámetros de interés forestal que se estimaron son:

- Existencias maderables en bosques y selvas
- Área basal en bosques y selvas
- Densidad de árboles con diámetro normal mayor o igual a 7.5 cm en bosques y selvas (arbolado)
- Densidad de árboles con diámetro normal menor a 7.5 cm en bosques y selvas (renuevo)
- Porcentaje de árboles dañados en pie en bosques y selvas
- Incremento medio anual en bosques (coníferas y coníferas-latifoliadas).

No obstante, se ha obtenido información complementaria que busca enriquecer el conocimiento de la situación actual de las masas forestales nacionales.

**Determinación de los niveles jerárquicos de estimación**

Un esquema de muestreo lo integran el diseño y los estimadores estadísticos necesarios para hacer las inferencias. Para el diseño utilizado por el INFyS 2004-2009, los estimadores fueron generados por Velasco *et al.* (2003), y con éstos se han realizado los cálculos de los diferentes parámetros que el inventario presenta en este informe.

De acuerdo con Velasco *et al.* (2003), la base cartográfica del INFyS corresponde a la generada por el INEGI en los conjuntos de datos vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación de la Serie III y Serie IV, en donde la unidad básica de clasificación es la comunidad vegetal o tipo de vegetación, por lo que los niveles naturales de estimación son: el subestrato que corresponde a la condición de vegetación primaria o secundaria, el estrato que corresponde a la formación vegetal y el ecosistema, que es el nivel más general de agregación (Tabla 8).

Cabe señalar que la estimación de parámetros para el reporte del INFyS ha sido realizada en función del estrato o formación vegetal, que es un nivel de agregación general acorde con la escala de trabajo y en virtud del número de conglomerados que le ha correspondido en el muestreo a cada tipo de vegetación (Tabla 1). La desagregación del análisis al nivel de comunidad vegetal implicaría obtener errores de estimación muy altos. Se espera que con la elaboración de los inventarios forestales estatales la información sea obtenida a un mayor detalle, logrando que comunidades como los bosques mesófilos y los manglares, puedan ser descritos con mayor certidumbre.

**Tabla 8.** Poblaciones de interés y los estratos y subestratos definidos en cada una de ellas (de acuerdo con el planteamiento original de Velasco *et al*. (2003) y ajustado a la Serie IV de INEGI (2007)).

| Ecosistema | Estrato/ Formación | Subestrato/Condición de conservación | Comunidad vegetal/tipo de vegetación |
|---|---|---|---|
| **Bosques** | Coníferas | Vegetación primaria | Bosque de ayarín |
| | | | Bosque de cedro |
| | | | Bosque de oyamel |
| | | | Bosque de pino |
| | | | Bosque de táscate |
| | | | Matorral de coníferas |
| | | Vegetación secundaria | Bosque de ayarín |
| | | | Bosque de cedro |
| | | | Bosque de oyamel |
| | | | Bosque de pino |
| | | | Bosque de táscate |
| | | | Matorral de coníferas |
| | Coníferas y latifoliadas | Vegetación primaria | Bosque de encino - pino |
| | | | Bosque de pino-encino |
| | | Vegetación secundaria | Bosque de encino - pino |
| | | | Bosque de pino-encino |
| | Latifoliadas | Vegetación primaria | Bosque de encino |
| | | | Bosque de galería |
| | | | Bosque mesófilo de montaña |
| | | Vegetación secundaria | Bosque de encino |
| | | | Bosque de galería |
| | | | Bosque mesófilo de montaña |
| **Selvas** | Selvas altas-medianas | Vegetación primaria | Selva alta perennifolia |
| | | | Selva alta subperennifolia |
| | | | Selva mediana caducifolia |
| | | | Selva mediana perennifolia |
| | | | Selva mediana subcaducifolia |
| | | | Selva mediana subperennifolia |
| | | Vegetación secundaria | Selva alta perennifolia |
| | | | Selva alta subperennifolia |
| | | | Selva mediana caducifolia |
| | | | Selva mediana perennifolia |
| | | | Selva mediana subcaducifolia |
| | | | Selva mediana subperennifolia |

| Ecosistema | Estrato/ Formación | Subestrato/Condición de conservación | Comunidad vegetal/tipo de vegetación |
|---|---|---|---|
| **Selvas** | Selvas bajas | Vegetación primaria | Selva baja caducifolia |
| | | | Selva baja espinosa |
| | | | Selva baja perennifolia |
| | | | Selva baja subcaducifolia |
| | | | Selva baja subperennifolia |
| | | Vegetación secundaria | Selva baja caducifolia |
| | | | Selva baja espinosa |
| | | | Selva baja perennifolia |
| | | | Selva baja subcaducifolia |
| | | | Selva baja subperennifolia |

**Estimador de razón**

La metodología considera un estimador general, el cual es fácil de manejar para la obtención de los parámetros dasométricos de interés, tanto a nivel de formación vegetal como de ecosistema, que son los dos estratos en que se presenta la información nacional.

Para la estimación de los parámetros de interés del Inventario Nacional Forestal y de Suelos se utilizó un estimador de razón, ya que posee la ventaja de proporcionar la estimación del parámetro de interés directamente por hectárea, en donde la variable auxiliar es precisamente el área muestreada a nivel de la Unidad de Muestreo Primaria (UMP). En este sentido, considérese a la UMP como el agrupamiento físico de Unidades de Muestreo Secundarias (UMS) muestreadas. Sin embargo, aún cuando una UMP esté integrada teóricamente por un número fijo de UMS, dada la inaccesibilidad de algunas áreas forestales, es probable que en la realidad algunas UMP tengan un número menor de tales unidades, originándose entonces UMP de tamaños diferentes.

Para el empleo de un estimador de razón, tanto para la variable de interés como para la variable auxiliar, se suman todos los datos de las UMS y se considera el dato al nivel de UMP (Velasco *et al.*, 2003).

Notación general:

$$\hat{R}_h = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} Y_{hi}}{\sum_{i=1}^{n_h} A_{hi}}$$

Donde:

$\hat{R}_h$ = es el estimador que permitirá obtener la información por hectárea a nivel de estrato (formación vegetal).

$n_h$ = es el número de UMP evaluadas en el estrato *h*.

$Y_{hi}$ = valor de la variable de interés de la UMP *i* del estrato *h* (volumen, área basal, número de árboles, % de cobertura). Y está dada por la siguiente ecuación:

$$Y_{hi} = \sum_{j=1}^{m_i} Y_{hij} = \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{t_{hij}} Y_{hijk}$$

Donde:

$Y_{hij}$ = valor de la variable de interés de la UMS *j* de la UMP *i* del estrato *h*.

$Y_{hijk}$ = valor de la variable de interés del árbol *k* de la UMS *j* de la UMP *i* del estrato *h*.

$t_{hij}$ = número de árboles evaluados en la UMS *j* de la UMP *i* del estrato *h*.

$m_i$ = 1, 2, 3 ó 4, es el número de UMS evaluadas en la UMP.

$A_{hi}$ = Área forestal (*ha*) muestreada de la UMP *i* en el estrato *h* (variable auxiliar). Está dada por la siguiente ecuación:

$$A_{hi} = \sum_{j=1}^{m_i} A_{hij}$$

Donde:

$A_{hij}$ = Área (0.04 ha) de la UMS *j* de la UMP *i* del estrato *h*.

$m_i$ = 1, 2, 3 ó 4, es el número de UMS evaluadas en la UMP.

Para la estimación de la varianza a partir de la muestra, se calcula con la siguiente ecuación (Cochran, 1986):

$$v(\hat{R}) = \frac{S^2_{Y_{hi}} + \hat{R}^2 S^2_{A_{hi}} - 2\hat{R} S_{Y_{hi} A_{hi}}}{n \overline{A}_{hi}^{\,2}}$$

Donde:

$S^2_{Y_{hi}}$ = Varianza de la variable de interés.

$S^2_{A_{hi}}$ = Varianza de la variable auxiliar (área muestreada).

$S_{Y_{hi} A_{hi}}$ = Covarianza de la variable de interés y la variable auxiliar (área muestreada).

$\overline{A}_{hi}$ = Media del área forestal (*ha*) muestreada.

El coeficiente de variación mide la magnitud de la variabilidad de la distribución muestral del estimador, es decir, es el indicador del grado de aproximación con que se estiman las características del universo y está dado por:

$$cve = \frac{\sqrt{\hat{V}(\hat{R})}}{\hat{R}} * 100$$

Donde $\hat{V}(\hat{R})$ es la varianza muestral de la estimación del parámetro y $\hat{R}$ es el parámetro estimado.

**Estimación de parámetros**

Frecuentemente la cantidad que va a ser estimada a partir de una muestra es la razón de dos variables, ambas variando de unidad a unidad. En el método de razón se obtiene una variable auxiliar $X_i$, correlacionada para $Y_i$, para cada unidad de la muestra.

La estimación correspondiente de muestreo es:

$$\hat{R} = \frac{\sum_1^n Y_i}{\sum_1^n X_i} = \frac{\overline{Y}}{\overline{X}}$$

Esta ecuación es aplicable para la estimación del volumen, área basal, número de árboles e incremento; basta con definir en cada caso cómo se calcula el valor a nivel de unidad de muestreo secundaria (Velasco *et al.*, 2003).

## Estimación de volumen

El volumen de una UMS o sitio de 400 m² es la suma de los volúmenes individuales de los árboles presentes en ella. El volumen de cada árbol se obtiene a partir de una ecuación que incluye como variables independientes el diámetro normal y la altura total, datos que son medidos en cada árbol existente en la muestra. Las ecuaciones que fueron utilizadas para el cálculo de los volúmenes individuales son las correspondientes al primer Inventario Nacional Forestal y datan de 1966 a 1985 (ver Anexo 7). Son ecuaciones que se aplican por especie, por grupo de especies y/o por región, de acuerdo con las especificaciones de cada modelo. La aplicación de estos modelos implicó la disposición de filtros para los rangos de altura y diámetro que cada modelo contempla para cada entidad y para algunas especies, razón por la cual los registros que no entraron en los rangos no fueron considerados para los cálculos. Para los estados que no presentan ecuaciones de volumen se han utilizado ecuaciones de entidades con similitudes en la especie o grupo de especies y en las condiciones ambientales generales. Algunas entidades cuentan con ecuaciones por región, situación que no se controla en el INFyS, por lo que se optó por seleccionar aquella ecuación que reportara el mayor número de observaciones y que presentara el valor más alto de $R^2$ y valores para *F*. Por otro lado, hay entidades federativas donde se aplicaron directamente las tablas de volúmenes y no los modelos, éste es el caso de Quintana Roo, además de Chihuahua y Durango para géneros como *Quercus, Abies, Picea* y *Pseudotsuga.* Para entidades como Chihuahua, Durango, Sinaloa, Sonora y Zacatecas se utilizó el coeficiente mórfico para el cálculo del volumen de especies latifoliadas.

Para la obtención del volumen promedio por hectárea se aplica la ecuación para estimadores de razón, donde el numerador se calcula de la siguiente manera:

***Filtros utilizados***

- Altura mayor o igual a 5 metros y menor o igual a 47.5 metros (de acuerdo al modelo, en algunos casos se utilizó una altura máxima de 42.5 metros).

- Diámetro normal mayor o igual a 7.5 centímetros y menor o igual a 132.5 centímetros (en algunos casos se utilizó un diámetro mínimo de 12.5 cm y un máximo de 112.5 cm).

- Se toman en cuenta sólo los géneros maderables.

- Se consideran los árboles vivos y muertos en pie.

***Procedimiento***

En la Tabla 9 se muestra el tipo de registros que se utilizó para realizar las estimaciones de parámetros dasométricos. Para fines explicativos, las tablas mostradas aquí sólo contienen algunos conglomerados, mas para la generación de resultados se consideran todos los conglomerados levantados por el Inventario.

Para obtener el volumen maderable en la UMP se suma el volumen en las unidades de muestreo secundarias (UMS) y en éstas, a su vez, se suman los volúmenes individuales de los árboles presentes en cada una de ellas (Tabla 10).

Para la variable auxiliar –en este caso es el área (hectáreas)– se cuentan los sitios que fueron muestreados en cada conglomerado y se multiplican por 0.04 (dado que cada sitio mide 400 metros cuadrados), para quedar dicha variable en hectáreas. Por consiguiente, el volumen por hectárea quedaría de la siguiente forma:

$$\hat{R} = \frac{\sum_1^n Y_i}{\sum_1^n X_i} = \frac{26{,}811}{256.6} = 104.48 \text{ m}^3/ha$$

**Tabla 9.** Datos de la Base del INFyS que son considerados para la estimación del volumen maderable. La columna de volumen es un valor calculado.

| NumNal | NumSitio | Especie | Altura total (m) | Diámetro normal (cm) | Volumen ($m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 197 | 1 | *Pinus quadrifolia* | 5.50 | 13.50 | 0.0455 |
| 197 | 1 | *Pinus quadrifolia* | 7.00 | 13.50 | 0.0561 |
| 197 | 1 | *Pinus quadrifolia* | 9.60 | 26.00 | 0.2377 |
| 197 | 1 | *Pinus quadrifolia* | 9.60 | 28.00 | 0.2720 |
| 197 | 2 | *Pinus quadrifolia* | 6.80 | 12.60 | 0.0491 |
| 197 | 2 | *Pinus quadrifolia* | 7.50 | 20.50 | 0.1205 |
| 197 | 2 | *Pinus quadrifolia* | 5.10 | 10.10 | 0.0288 |
| 197 | 2 | *Pinus quadrifolia* | 10.30 | 35.00 | 0.4409 |
| 197 | 2 | *Pinus quadrifolia* | 8.00 | 24.80 | 0.1800 |
| 197 | 2 | *Pinus quadrifolia* | 8.60 | 24.50 | 0.1902 |
| 197 | 2 | *Pinus quadrifolia* | 5.70 | 10.00 | 0.0307 |
| 197 | 2 | *Pinus quadrifolia* | 5.30 | 11.00 | 0.0331 |
| 197 | 2 | *Pinus quadrifolia* | 7.00 | 22.00 | 0.1269 |
| 197 | 2 | *Pinus quadrifolia* | 6.90 | 15.00 | 0.0656 |
| 197 | 2 | *Pinus quadrifolia* | 6.50 | 16.50 | 0.0725 |
| 197 | 2 | *Pinus quadrifolia* | 8.40 | 27.00 | 0.2206 |
| 197 | 2 | *Pinus quadrifolia* | 6.00 | 12.00 | 0.0412 |
| 197 | 3 | *Pinus quadrifolia* | 8.05 | 28.00 | 0.2248 |
| 197 | 3 | *Pinus quadrifolia* | 7.10 | 15.50 | 0.0711 |
| 197 | 3 | *Pinus quadrifolia* | 6.20 | 19.70 | 0.0929 |
| 197 | 3 | *Pinus quadrifolia* | 6.30 | 15.00 | 0.0604 |
| 197 | 3 | *Pinus quadrifolia* | 6.90 | 15.50 | 0.0692 |
| 197 | 3 | *Pinus quadrifolia* | 8.00 | 24.70 | 0.1787 |
| 197 | 3 | *Pinus quadrifolia* | 7.16 | 14.50 | 0.0642 |
| 197 | 4 | *Pinus quadrifolia* | 5.30 | 21.90 | 0.0942 |

**Tabla 10.** Sumatoria de los volúmenes maderables por unidad secundaria de muestreo (determinación del valor de la sumatoria de *Yi*).

| NumNal | Suma volumen (yi) | No. de sitios muestreados | Área |
|---|---|---|---|
| 197 | 3.0671 | 4 | 0.16 |
| 153 | 1.0167 | 4 | 0.16 |
| 154 | 0.7103 | 4 | 0.16 |
| 155 | 0.3359 | 4 | 0.16 |
| 156 | 3.5723 | 4 | 0.16 |
| 197 | 3.0671 | 4 | 0.16 |
| 198 | 0.5975 | 4 | 0.16 |
| 199 | 3.2588 | 4 | 0.16 |
| 238 | 3.9128 | 3 | 0.12 |
| | (∑Yi) | | (∑Xi) |

Para la estimación de la varianza a partir de la muestra, ésta se calcula con la siguiente ecuación (Cochran, 1986):

$$v(\hat{R}) = \frac{S^2_{Y_{hi}} + \hat{R}^2 S^2_{A_{hi}} - 2\hat{R} S_{Y_{hi} A_{hi}}}{n\,\overline{A}_{hi}{}^2}$$

Donde:

$S^2_{Y_{hi}}$ = Varianza de la variable de interés.

$S^2_{A_{hi}}$ = Varianza de la variable auxiliar (área muestreada).

$S_{Y_{hi} A_{hi}}$ = Covarianza de la variable de interés y la variable auxiliar (área muestreada).

$\overline{A}_{hi}$ = Media del área forestal (ha) muestreada.

Para el cálculo del error estándar estimado de $\hat{R}$, se calcula:

$s(\hat{R}) = \sqrt{v(\hat{R})}$

Varianza de $Y_i$ = 511.553758

Varianza de $X_i$ = 0.00028172

Covarianza de $X_i Y_i$ = 0.02987091

$n$ = número de conglomerados = 1,646 (conglomerados correspondientes al estrato de coníferas)

$\overline{X}^2$ = 0.02430265

$$s(\hat{R}) = \sqrt{\frac{(511.55) + ((104.48)^2 * 0.000281) - (2 * 104.48 * 0.02987)}{0.0243 * 1{,}646}} = 3.56$$

$s(\hat{R})$ = 3.56

$$cve = \frac{3.56}{104.48} * 100 = 3.41\%$$

Es decir, el coeficiente de variación estimado es de 3.41 por ciento, aceptable en virtud del tipo de variable, del método de muestreo utilizado y de la estimación misma.

Para estimar el área basal, por ciento de cobertura y densidad, se sigue el mismo procedimiento del cálculo para el volumen.

## Estimación del Incremento Medio Anual (IMA)

### *Filtros utilizados*

- Altura mayor o igual a 5 metros y menor o igual a 47.5 metros (se aplica el mismo comentario adicional que para el cálculo del volumen).
- Diámetro normal mayor o igual a 7.5 centímetros y menor o igual a 132.5 centímetros (se aplica mismo comentario que para el cálculo de volumen).
- Para la edad se toman en cuenta sólo los registros con números enteros y menores a 200 años.
- Se toman en cuenta sólo los géneros *Pinus*, *Abies* y *Pseudotsuga*.

Las variables que se necesitarán son el diámetro normal, altura total, volumen y edad de cada árbol (esta última variable se registra sólo en tres árboles por sitio o UMS).

Para fines explicativos, las tablas mostradas sólo contienen algunos conglomerados, pero los resultados incluyen todos los conglomerados del Inventario.

### *Procedimiento*

1. Con los datos de la base del INFyS se calcula el volumen por árbol (Tabla 11).
2. Se calcula una nueva variable ($Yi$) dividiendo el volumen entre la edad (Tabla 12).
3. Se determina el promedio por sitio del volumen/edad $Yi$ (Tabla 12).
4. Se multiplica $Yi$ por el número de árboles (sólo coníferas) que hay en el sitio (Tabla 13).
5. Se suma por conglomerado el volumen/edad y el número de sitios que fueron muestreados para poder determinar el área (Tabla 14).

**Tabla 11.** Datos de la base del INFyS 2004-2009 requeridos para el cálculo del IMA.

| NumNal | Sitio | Género | Altura total (m) | Diámetro normal (cm) | Volumen ($m^3$) | Edad (años) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 153 | 1 | *Pinus* | 5.50 | 17.00 | 0.0650 | 74 |
| 153 | 1 | *Pinus* | 5.85 | 14.50 | 0.0536 | 61 |
| 153 | 2 | *Pinus* | 5.25 | 16.00 | 0.0565 | 74 |
| 153 | 3 | *Pinus* | 5.45 | 19.50 | 0.0803 | 62 |
| 153 | 4 | *Pinus* | 9.15 | 30.00 | 0.2926 | 108 |
| 153 | 4 | *Pinus* | 6.60 | 18.00 | 0.0850 | 61 |
| 59828 | 1 | *Abies* | 14.30 | 15.40 | 0.1478 | 20 |
| 59828 | 1 | *Abies* | 12.80 | 24.00 | 0.2923 | 26 |
| 59828 | 1 | *Abies* | 13.60 | 28.80 | 0.4310 | 30 |
| 59828 | 2 | *Abies* | 16.50 | 22.10 | 0.3267 | 27 |
| 59828 | 2 | *Abies* | 13.40 | 23.00 | 0.2838 | 29 |
| 59828 | 2 | *Abies* | 12.70 | 27.30 | 0.3652 | 34 |

**Tabla 12.** Cálculo de la variable *Yi* (división del volumen calculado entre la edad).

| NumNal | Sitio | Género | Altura total (m) | Diámetro normal (cm) | Volumen ($m^3$) | Edad (años) | vol./edad (*Yi*) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 153 | 1 | *Pinus* | 5.50 | 17.00 | 0.0650 | 74 | 0.0009 |
| 153 | 1 | *Pinus* | 5.85 | 14.50 | 0.0536 | 61 | 0.0009 |
| 153 | 2 | *Pinus* | 5.25 | 16.00 | 0.0565 | 74 | 0.0008 |
| 153 | 3 | *Pinus* | 5.45 | 19.50 | 0.0803 | 62 | 0.0013 |
| 153 | 4 | *Pinus* | 9.15 | 30.00 | 0.2926 | 108 | 0.0027 |
| 153 | 4 | *Pinus* | 6.60 | 18.00 | 0.0850 | 61 | 0.0014 |
| 59828 | 1 | *Abies* | 14.30 | 15.40 | 0.1478 | 20 | 0.0074 |
| 59828 | 1 | *Abies* | 12.80 | 24.00 | 0.2923 | 26 | 0.0112 |
| 59828 | 1 | *Abies* | 13.60 | 28.80 | 0.4310 | 30 | 0.0144 |
| 59828 | 2 | *Abies* | 16.50 | 22.10 | 0.3267 | 27 | 0.0121 |
| 59828 | 2 | *Abies* | 13.40 | 23.00 | 0.2838 | 29 | 0.0098 |
| 59828 | 2 | *Abies* | 12.70 | 27.30 | 0.3652 | 34 | 0.0107 |

**Tabla 13.** Promedio de *Yi*, multiplicado por el número de árboles.

| NumNal | Sitio | Promedio vol./edad | Número de árboles/sitio | IMA |
|---|---|---|---|---|
| 153 | 1 | 0.0009 | 4 | 0.0035 |
| 153 | 2 | 0.0008 | 2 | 0.0015 |
| 153 | 3 | 0.0013 | 3 | 0.0039 |
| 153 | 4 | 0.0021 | 2 | 0.0041 |
| 59828 | 1 | 0.0110 | 44 | 0.4950 |
| 59828 | 2 | 0.0109 | 54 | 0.5873 |

**Tabla 14.** Determinación de *Yi* y *Xi para el cálculo del IMA.*

| NumNal | Suma de IMA ($Y_i$) | Área muestreada |
|---|---|---|
| 153 | 0.013 | 0.16 |
| 197 | 0.0425 | 0.16 |
| 241 | 0.0297 | 0.16 |
| 35198 | 0.006 | 0.04 |
| 61776 | 0.1445 | 0.04 |
| 62614 | 0.0894 | 0.04 |
| 59828 | 1.0823 | 0.08 |
| 59830 | 0.1579 | 0.08 |
| 60603 | 0.4594 | 0.08 |
| 32771 | 0.1523 | 0.08 |
| 61351 | 0.2727 | 0.12 |
| 62612 | 0.0935 | 0.12 |
| 62872 | 0.2485 | 0.12 |
| | $\sum Y_i$ | $\sum X_i$ |

6. Se aplica la ecuación para una estimación de razón.

$$\hat{R} = \frac{\sum_1^n Y_i}{\sum_1^n X_i} = \frac{548.06376}{217.84} = 2.516 \text{ m}^3/ha/año$$

Es decir, que los bosques de coníferas tienen un incremento medio anual (IMA) de 2.516 m³ por hectárea por año.

Cabe mencionar que los cálculos se realizan para cada estrato del tipo de vegetación encontrado y el cálculo anterior corresponde al estrato por formación de coníferas.

Para la estimación de la varianza a partir de la muestra, se calcula con la siguiente ecuación (Cochran, 1986):

$$V(\hat{R}) = \frac{S^2_{Y_{hi}} + \hat{R}^2 S^2_{A_{hi}} - 2\hat{R} S_{Y_{hi} A_{hi}}}{n \overline{A}_{hi}^{\,2}}$$

Donde:

$S^2_{Y_{hi}}$ = Varianza de la variable de interés.

$S^2_{A_{hi}}$ = Varianza de la variable auxiliar (área muestreada).

$S_{Y_{hi} A_{hi}}$ = Covarianza de la variable de interés y la variable auxiliar (área muestreada).

$\overline{A}_{hi}$ = Media del área forestal (*ha*) muestreada.

El coeficiente de variación mide la magnitud de la variabilidad de la distribución muestral del estimador, es decir, es el indicador del grado de aproximación con que se estiman las características del universo y está dado por:

$$cve = \frac{\sqrt{\hat{V}(\hat{R})}}{\hat{R}} * 100$$

Donde $\hat{V}(\hat{R})$ es la varianza muestral de la estimación del parámetro y $\hat{R}$ es el parámetro estimado.

Para el cálculo del error estándar estimado de $\hat{R}$, se calcula:

Varianza de $Y_i$ = 0.40808

Varianza de $X_i$ = 0.000204

Covarianza de $X_i Y_i$ = 0.00058

*n* = número de conglomerados = 1,389 (conglomerados correspondientes al estrato de coníferas)

$\overline{X}^{\,2}$ = 0.024596

$$s(\hat{R}) = \sqrt{\frac{(0.40808) + ((2.5159)^2 * 0.000204) - (2 * 2.5159 * 0.00058)}{0.024596 * 1,389}}$$

$s(\hat{R})$ = 0.10907

$$cve = \frac{0.10907}{2.5159} * 100 = 4.33\%$$

El coeficiente de variación estimado es de 4.33 por ciento, mismo que se puede considerar como aceptable considerando el tipo de variable, el método de muestreo utilizado y la naturaleza de la misma estimación.

## Elaboración de mapas

Los mapas que se presentan en este documento fueron realizados por el área de Geomática de la Gerencia de Inventario Forestal y Geomática de la Conafor. Los que corresponden a superficies están elaborados con base en la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, escala 1:250,000, de INEGI (2007), y los que muestran análisis de variación espacial como la distribución de variables cuantitativas sobre arbolado y regeneración natural fueron elaborados mediante la aplicación de la técnica de interpolación de ponderación de la distancia inversa (Inverse Distance Weighting, IDW, por sus siglas en inglés). La interpolación espacial definida como un procedimiento que permite calcular el valor de una variable en una posición del espacio (punto no muestral con valor estimado), conociendo los valores de esa variable en otras posiciones del espacio (puntos muestrales con valores reales) (Bosque, 1997), ofrece la ventaja de proyectar mapas o superficies continuas a partir de datos discretos (Villatoro *et al.*, 2008). Kravchenko (2003, citado por Villatoro *et al.*, 2008), recomienda el IDW para bases de datos pequeñas, en donde los parámetros del variograma no son conocidos, y también cuando la distancia del muestreo es muy grande, atributos que se ajustan a las circunstancias del INFyS.



# Resultados nacionales

## Introducción

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento establecen el tipo de información que deberán generar y considerar tanto el Inventario Nacional Forestal y de Suelos como los inventarios forestales estatales. Sin embargo, la Conafor, en el marco de los compromisos internacionales que el país ha asumido, aporta información para integrar resultados en informes mundiales a organismos internacionales tales como la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés), con las tablas de la Evaluación de los Recursos Forestales (FRA, por sus siglas en inglés) que México tiene que integrar cada cinco años.

Es importante mencionar el reporte de México a la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales, tanto del periodo 2005 como 2010, dado que ahí se han plasmado datos que, comparados con los resultados que se presentan en este informe, pueden no ser coincidentes e incluso, generar confusión en el manejo de algunas cifras relevantes. Lo que hay que aclarar es que para el FRA 2005 las cifras reportadas correspondieron, en su mayoría, a proyecciones y estimaciones de los datos nacionales, toda vez que el Inventario Nacional Forestal y de Suelos recién comenzaba y no se habían generado datos suficientes que permitieran hacer estimaciones con información actualizada. Para el reporte del FRA 2010 la situación cambió. Esta información, aunque considera datos del INFyS 2004-2009 que están referidos al conjunto de datos vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV (continuo nacional), escala 1:250,000 del INEGI, ha sido procesada y dispuesta en tablas conforme a la metodología que la FAO ha establecido para ello.

El FRA 2010 se basa en la información enviada por cada uno de los países miembros, por lo cual la FAO ha establecido una metodología estandarizada para aplicar en todas las tablas informativas. La FAO considera definiciones, categorías, clasificaciones y parámetros que no necesariamente deben ser utilizados de manera nacional. Para mayor detalle sobre la metodología de la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales, así como de la información puntual que México entrega como reporte de país, puede visitar la página electrónica de la FAO: http://www.fao.org/forestry/.

Los resultados que en el presente informe se reportan, son el producto del análisis de la información de campo que fue levantada por el INFyS en el periodo 2004-2007; la cartografía base, así como la clasificación de vegetación (Anexo 6), son los correspondientes al conjunto vectorial de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1:250,000, del INEGI. La información ha sido analizada en una escala nacional y se ha estratificado solo a nivel de ecosistema y de formación vegetal. Algunos datos fueron procesados en términos de las regiones ecológicas que, de acuerdo con la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA, 1997), existen siete en México.

En el Anexo 1 se presenta un cuadro resumen de los números generados con el Inventario en términos de lo que ha implicado la operación de este evento inicial de medición forestal.

## Superficie forestal nacional

En este apartado la información que se reporta toma como base el conjunto de datos vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV (continuo nacional), escala 1:250,000, de INEGI, tanto en lo que respecta a superficies como a la clasificación de la vegetación.

Es así que, de la superficie continental del territorio nacional –que es de 194'317,118.10 ha– poco más de 138 millones de hectáreas (71%) está ocupado por vegetación forestal y el 29 por ciento restante corresponde a usos del suelo distinto al forestal, principalmente agrícola, pecuario, zonas urbanas, acuícola, entre otros (Figura 11).

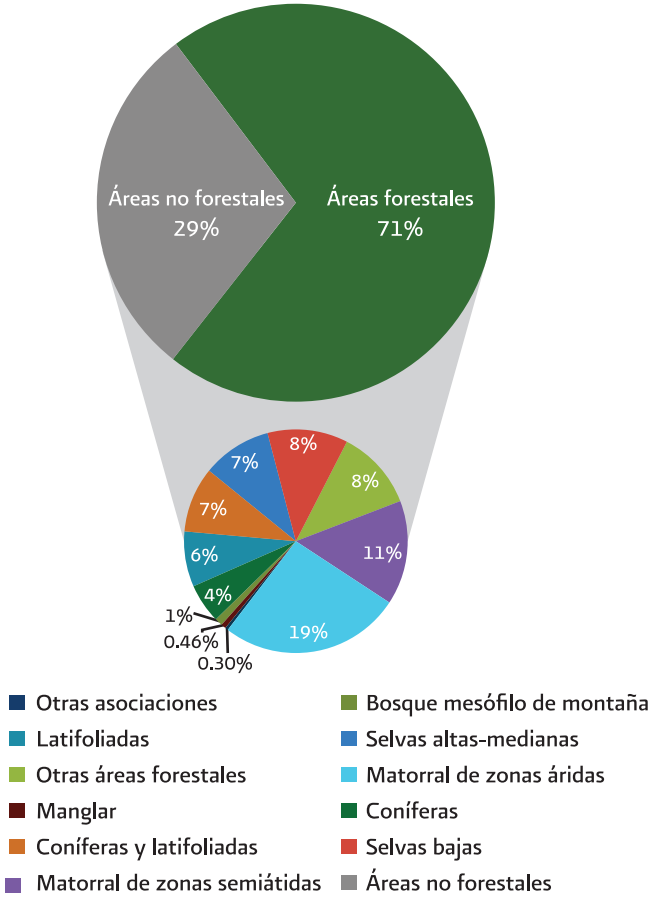



**Figura 11.** Distribución de la superficie nacional en términos de superficie forestal y no forestal, de acuerdo con la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1:250,000, de INEGI (2007).

A su vez, la superficie forestal, subdividida de acuerdo con las formaciones vegetales existentes en nuestro país, se distribuye de la siguiente manera (Figura 12): los matorrales de zonas áridas cubren 26 por ciento, siendo la formación más ampliamente distribuida. Le sigue en extensión los matorrales de zonas semiáridas con 15 por ciento de la superficie forestal. Las selvas bajas y otras áreas forestales (popales, tulares, vegetación gipsófila, etcétera) cubren 12 por ciento, respectivamente, mientras que las selvas altas y medianas ocupan 10 por ciento de la superficie forestal. Los bosques de coníferas y latifoliadas, por su parte, ocupan 9 por ciento de la superficie forestal, mientras que los bosques de latifoliadas y los de coníferas cubren 8 y 6 por ciento de esta superficie, respectivamente. En cuanto a los bosques mesófilos de montaña y los manglares, cada formación apenas cubre un 1 por ciento de la superficie forestal nacional, mientras que la vegetación comprendida en la categoría de otras asociaciones (palmares, sabana, selva de galería, etcétera) ocupa menos de 0.5 por ciento de la superficie forestal del país. No obstante, estas formaciones de poca superficie, constituyen ecosistemas sumamente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad y la producción de biomasa, por lo que ameritan programas de conservación y restauración específicos; tal es el caso de los bosques mesófilos y de los manglares.

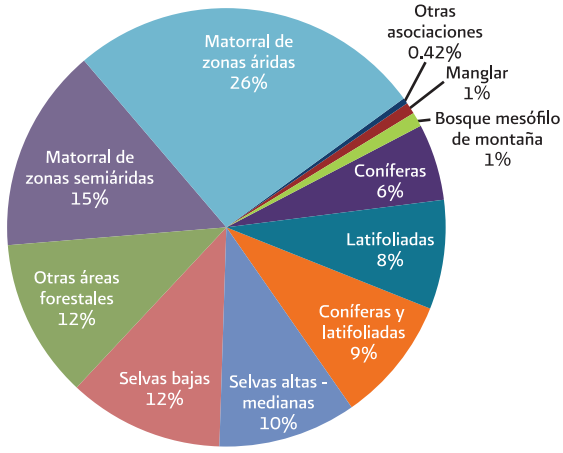



**Figura 12.** Distribución de la superficie forestal nacional por formación vegetal (Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1:250,000, de INEGI, 2007).

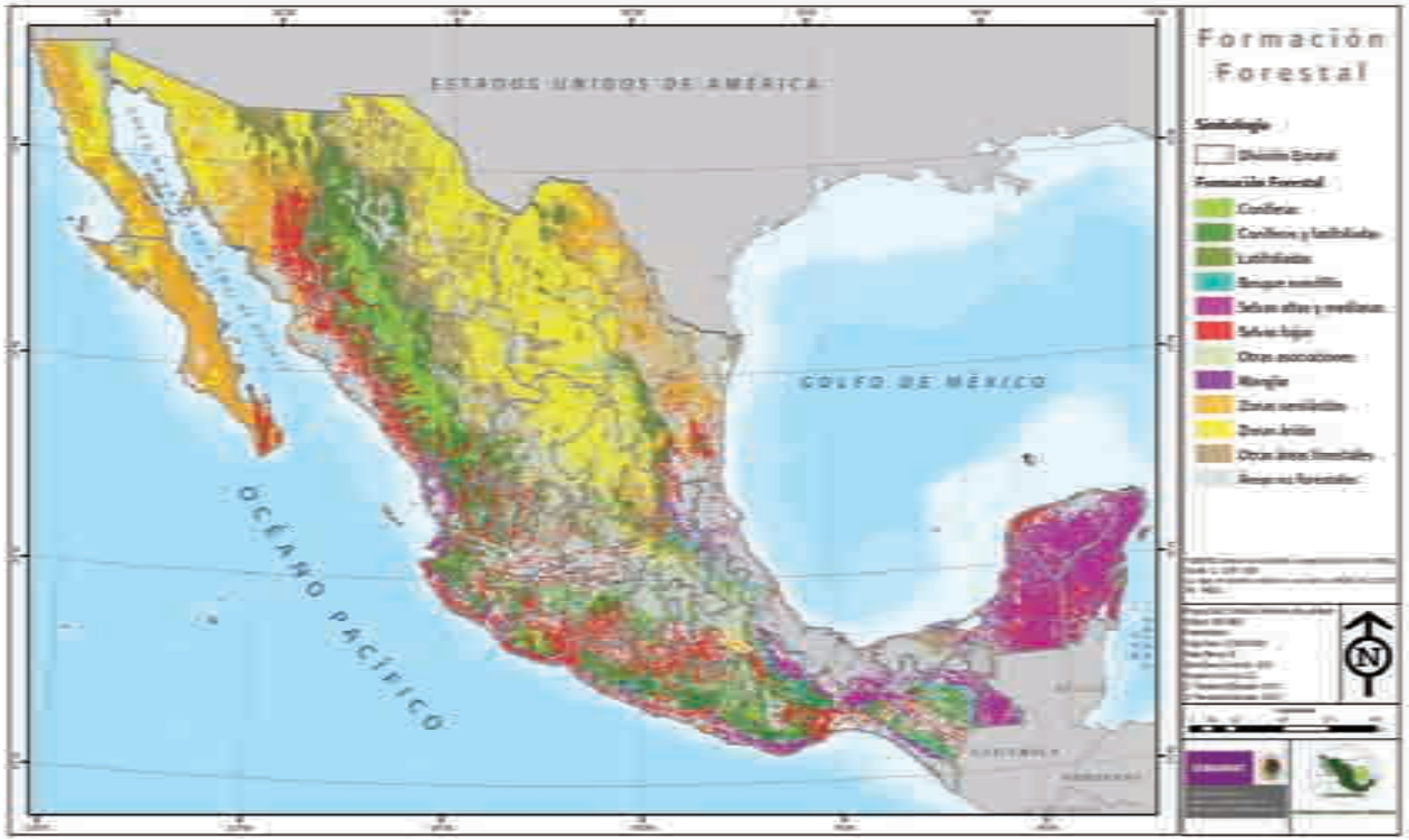



**Figura 13.** Comunidades vegetales de México (Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1:250,000, de INEGI, 2007).

En la Figura 13 se muestra la carta de vegetación generada por el INEGI (2007). Las comunidades vegetales se derivan del total de condiciones ecológicas presentes en el país que son representadas en el sistema de clasificación de la vegetación de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1:250,000 del INEG y que corresponden al total de la superficie forestal nacional.

De la superficie forestal nacional –que es de 138'041,245.30 ha– 47 por ciento está cubierto por vegetación forestal arbolada (64.8 millones de hectáreas), bosques y selvas principalmente (Figura 14). De acuerdo con esta diferenciación, las selvas bajas ocupan 12 por ciento de la superficie forestal nacional y 24 por ciento respecto de la superficie arbolada, mientras que las selvas altas y medianas están en segundo lugar con 10 por ciento de la superficie forestal y 22 por ciento de la superficie cubierta por árboles (figuras 14 y 15).

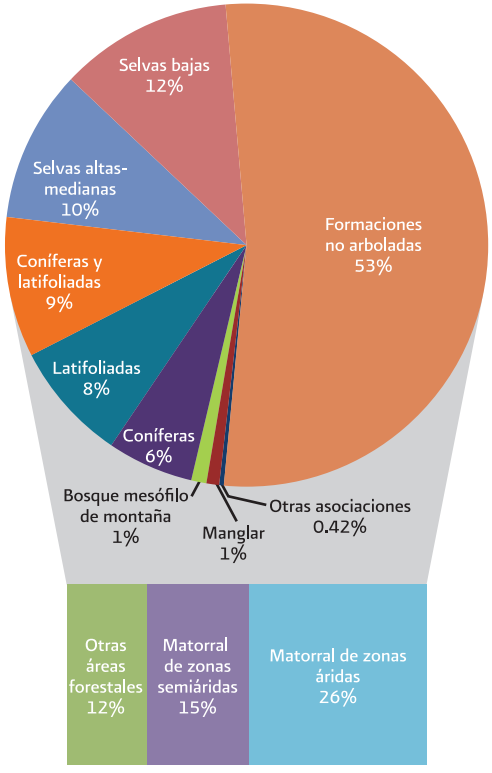



**Figura 14.** Proporción de la superficie forestal nacional que está cubierta por vegetación arbórea (con base en la información de INEGI, 2007).

Los bosques templados cubren en conjunto 24 por ciento de la superficie forestal nacional y 52 por ciento de la superficie arbolada, sin embargo, a nivel de formación particular, los bosques mesófilos son los que registran la menor superficie, con apenas 1 por ciento en superficie forestal y 3 por ciento respecto a la superficie arbolada, mientras que los bosques de latifoliadas y los mixtos ocupan 8 y 9 por ciento, y 17 y 20 por ciento respecto de la superficie forestal y arbolada (figuras 14 y 15). Los bosques de coníferas ocupan 6 y 12 por ciento de la superficie forestal y arbolada, respectivamente.

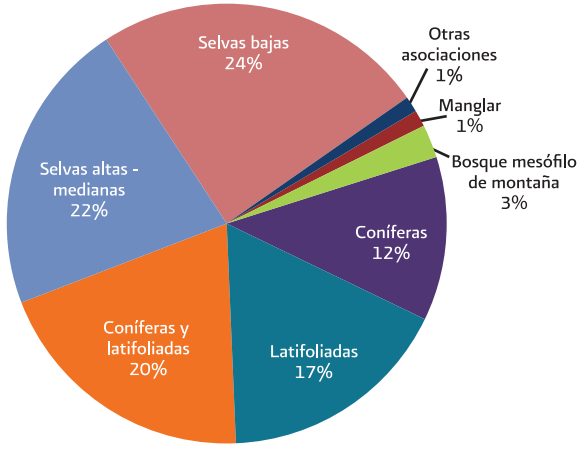



**Figura 15.** Distribución proporcional de la superficie arbolada por formación vegetal (de acuerdo con INEGI, 2007).

En los mapas de las figuras 16 y 17 se representa la distribución de la superficie nacional forestal y la superficie forestal constituida por vegetación arbórea. En la Figura 6 destaca la vocación preponderantemente forestal de los terrenos distribuidos en el territorio nacional. Las zonas áridas y semiáridas ocupan buena parte de esta superficie.

Por otra parte, la distribución de las zonas arboladas se concentra hacia los estados de la vertiente del Pacífico y se prolonga hasta la Península de Yucatán, restringiéndose hacia zonas que por las condiciones de pendiente y topografía, calidad del suelo y lejanía a las áreas urbanas, presentan ciertas barreras para otros tipos de usos del suelo, aunque esto vaya siendo superado cada vez más en función de los adelantos tecnológicos.




**Figura 16.** Distribución de la superficie forestal nacional de acuerdo con la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1:250,000, de INEGI (2007).




**Figura 17.** Distribución de los bosques y selvas en México. Extensión de la superficie arbolada (Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1:250,000, de INEGI, 2007).

La superficie que ocupa cada tipo de formación vegetal se consigna en la Tabla 15, en la que se presentan los diferentes niveles de agregación de la vegetación –por ecosistema, por formación– y el grado de conservación, de acuerdo con la información cartográfica base tomada de INEGI (2007). El 71 por ciento (98.2 millones de ha) de la vegetación forestal en México está considerada como vegetación primaria; esto es relevante desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad, en la medida de que es posible suponer que se dispone de germoplasma, un recurso necesario para impulsar los programas de restauración que propicien la recuperación de las áreas que ahora aparecen con vegetación secundaria, sin menoscabo de la propia regeneración natural de estas zonas. Sin embargo, las formaciones más conservadas son las zonas áridas y semiáridas, con 93 y 88 por ciento de la superficie en condición primaria, respectivamente.

Los bosques templados de coníferas, mixtos y de latifoliadas ocupan 23 por ciento de la superficie forestal nacional y 49 por ciento de la superficie forestal arbolada. Es importante resaltar que de los casi 32 millones de hectáreas del bosque templado, 67 por ciento se encuentra caracterizado como vegetación primaria, esto es, que la comunidad vegetal contiene, en su mayoría, las especies del ecosistema original. Mención especial requieren los bosques mesófilos de montaña, pues de la superficie total reportada (1.7 millones de ha), el 50 por ciento se encuentra en condición de vegetación secundaria, poniendo de manifiesto la alta presión ejercida sobre este tipo de formación y la necesidad de implementar acciones concretas en aras de la conservación y la restauración de estos ecosistemas.

Las selvas por su parte, cubren 22 por ciento de la superficie forestal nacional y 46 por ciento de la superficie forestal arbolada. En este caso, contra-

**Tabla 15.** Superficie forestal nacional por ecosistema y formación vegetal.

| Ecosistema | Formación | Superficie forestal (ha) | | Total | Porcentaje |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Vegetación primaria | Vegetación secundaria | | |
| Bosques | Coníferas | 5'497,355.17 | 2'286,129.17 | 7'783,484.34 | 5.64 |
| | Coníferas y latifoliadas | 8'840,641.69 | 4'034,283.29 | 12'874,924.98 | 9.33 |
| | Latifoliadas | 6'955,505.22 | 4'163,251.77 | 11'118,756.98 | 8.05 |
| | Bosque mesófilo de montaña | 844,461.86 | 858,177.50 | 1'702,639.36 | 1.23 |
| Selvas | Selvas altas-medianas | 3'557,920.89 | 10'504,285.69 | 14'062,206.58 | 10.19 |
| | Selvas bajas | 7'254,473.13 | 8'615,268.67 | 15'869,741.80 | 11.50 |
| Otras asociaciones | | 574,753.21 | 6,328.13 | 581,081.35 | 0.42 |
| Manglar | | 826,907.30 | 59,653.27 | 886,560.57 | 0.64 |
| **Subtotal arbolado** | | **34'352,018.47** | **30'527,377.49** | **64'879,395.96** | **47.00** |
| Matorral xerófilo | Zonas semiáridas | 18'181,222.38 | 2'475,086.79 | 20'656,309.17 | 14.96 |
| | Zonas áridas | 33'555,528.31 | 2'717,418.86 | 36'272,947.16 | 26.28 |
| Otras áreas forestales | | 12'118,719.88 | 4'113,873.25 | 16'232,593.13 | 11.76 |
| **Total** | | **98'207,489.04** | **39'833,756.39** | **138'041,245.42** | **100.00** |

*Fuente: INEGI (2007).*

riamente a lo que ocurre con los bosques templados y a las otras formaciones arboladas, la condición de vegetación secundaria representa 64 por ciento de la cobertura de selvas, lo que indica una mayor presión sobre estos recursos, así como una mayor alteración de la condición original en estas formaciones, además de suponer que existió un uso del suelo previo a la recuperación de la comunidad vegetal, o bien, que se encuentra en proceso de recuperación en alguna de las etapas sucesionales de vegetación secundaria (acahual).

Tal es el caso de las selvas altas y medianas que, de los 14 millones de hectáreas existentes, más de dos tercios están en una condición de vegetación secundaria (10.5 millones de hectáreas). Las selvas bajas aparecen con más de 50 por ciento de la superficie total en condición de vegetación secundaria (8.6 millones de hectáreas).

## Estructura de las masas forestales arboladas

La estructura de la vegetación es uno de los aspectos de mayor relevancia en los sistemas forestales, ya que está relacionada con la estabilidad de la masa, la producción, conservación del suelo, la morfología del paisaje y determina las condiciones microclimáticas y la presencia del hábitat de muchas especies de animales, plantas y hongos. La diversidad estructural es fácilmente modificable a través de las intervenciones silvícolas y de los procesos de aprovechamiento no planificados.

De acuerdo con la información del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009, tomando como base la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1:250,000 de INEGI (2007), la dinámica de cambio en la cubierta forestal exhibe no sólo la pérdida de superficie forestal a favor de otros usos, sino que refleja también el cambio en la estructura y composición de las masas forestales.

Con respecto a la condición de conservación de la vegetación (Figura 18), 71 por ciento de la superficie forestal nacional mantiene vegetación primaria (98 millones de ha) y 29 por ciento (40 millones de ha) presenta una condición de vegetación secundaria. Esto implica, en términos estructurales, que en la superficie con vegetación secundaria se podrían esperar mezclas de alturas y de edades; en algunos casos representa cambios en la composición de especies, tanto por la condición de tolerancia o intolerancia como por la capacidad de adaptación, según haya sido la intensidad de la alteración y de la etapa de sucesión actual.

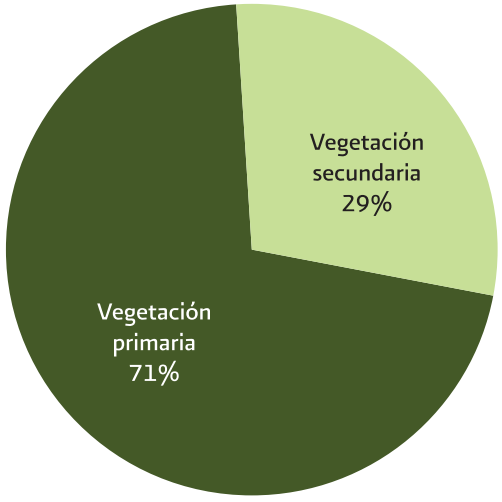



**Figura 18.** Distribución de la vegetación forestal nacional de acuerdo con el grado de conservación (INEGI, 2007).

En la Tabla 16 se presenta la proporción en superficie de la condición de vegetación primaria y secundaria por tipo de vegetación. Destaca la situación de las selvas, que en conjunto ocupan 22 por ciento de la superficie forestal nacional; no obstante, 48 por ciento de la superficie con vegetación secundaria corresponde a estas formaciones (Figura 19); más aún, respecto de la superficie cubierta por selvas, 64 por ciento presenta una condición de vegetación secundaria, observándose una gran diversidad en la fisonomía del paisaje y en la composición de los macizos forestales, generalmente representados por acahuales de diferente edad y composición de especies.

En relación con el tipo de vegetación, las selvas bajas caducifolias son las que ocupan la mayor proporción de superficie en condición de vegetación secundaria con 19 por ciento de la superficie total en esta condición, y con respecto a la superficie forestal que cubre este tipo de vegetación, representa 53 por ciento. Esto revela que ha sido en estas formaciones donde se ha ejercido mayor presión, tanto por el crecimiento demográfico del país, como por la ampliación de potreros y el incremento en la demanda de satisfactores diversos.

Por otro lado, la vegetación de zonas áridas aparece como el tipo de vegetación menos alterado, pues cubre cerca de 53 por ciento de la superficie total reportada con vegetación primaria (Figura 19). En proporción con la superficie total que cubre esta formación, 91 por ciento aparece con vegetación primaria mientras que un 9 por ciento se reporta como vegetación secundaria. De cualquier manera, los cambios estructurales en estas zonas, comparados con las selvas o los bosques templados, son menos conspicuos y por lo tanto, menos impactantes desde el punto de vista de la fisonomía del paisaje, dada la naturaleza de los elementos que conforman estas formaciones vegetales, pero no por ello son menos importantes, tanto en lo ecológico como en lo económico.

En cuanto a los bosques templados, del total de superficie designada con vegetación primaria como secundaria, éstos presentan una distribución de 22 y 28 por ciento, respectivamente (Figura 19). Sin embargo, revisadas las cifras en relación con la superficie forestal que cubre esta formación, 66 por ciento aún mantiene la condición de vegetación primaria. Esto implica que cerca de 40 por ciento de los bosques templados son más bien abiertos, con menor densidad arbórea y con predominancia de especies latifoliadas como las del género *Quercus*, mismas que se ven beneficiadas por los disturbios que originan la degradación del ecosistema.

**Tabla 16.** Condición de conservación por tipo de vegetación y la superficie que cubren (con base en la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1:250,000, de INEGI, 2007).

| Ecosistema | Formación | Tipo de vegetación | Vegetación 2007 | | | | Total (ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Primaria (ha) | % | Secundaria (ha) | % | |
| Bosques | Coníferas | Bosque de ayarín | 26,227.61 | 0.027 | 13,622.57 | 0.034 | 39,850.18 |
| | | Bosque de cedro | 1,979.04 | 0.002 | 0 | 0.000 | 1,979.04 |
| | | Bosque de oyamel | 128,453.39 | 0.131 | 15,690.88 | 0.039 | 144,144.27 |
| | | Bosque de pino | 5'193,278.86 | 5.288 | 2'085,722.97 | 5.236 | 7'279,001.83 |
| | | Bosque de táscate | 146,766.85 | 0.149 | 170,831.06 | 0.429 | 317,597.91 |
| | | Matorral de coníferas | 649.42 | 0.001 | 261.69 | 0.001 | 911.11 |
| | Coníferas y latifoliadas | Bosque de encino - pino | 3'031,309.05 | 3.087 | 1'184,821.69 | 2.974 | 4'216,130.73 |
| | | Bosque de pino-encino | 5'809,332.64 | 5.915 | 2'849,461.60 | 7.153 | 8'658,794.25 |
| | Latifoliadas | Bosque de encino | 6'936,644.05 | 7.063 | 4'162,684.50 | 10.450 | 11'099,328.55 |
| | | Bosque de galería | 18,861.17 | 0.019 | 567.27 | 0.001 | 19,428.43 |
| | | Bosque mesófilo de montaña | 844,461.86 | 0.860 | 858,177.50 | 2.154 | 1'702,639.36 |
| Selvas | Selvas altas-medianas | Selva alta perennifolia | 1'364,267.15 | 1.389 | 2'084,601.24 | 5.233 | 3'448,868.39 |
| | | Selva alta subperennifolia | 60,921.89 | 0.062 | 92,844.81 | 0.233 | 153,766.70 |
| | | Selva mediana caducifolia | 134,276.97 | 0.137 | 837,238.38 | 2.102 | 971,515.35 |
| | | Selva mediana perennifolia | 284.55 | 0.000 | 265.58 | 0.001 | 550.13 |
| | | Selva mediana subcaducifolia | 417,120.77 | 0.425 | 3'744,936.92 | 9.401 | 4'162,057.69 |
| | | Selva mediana subperennifolia | 1'581,049.56 | 1.610 | 3'744,398.76 | 9.400 | 5'325,448.32 |
| | Selvas bajas | Selva baja caducifolia | 6'591,462.70 | 6.712 | 7'574,615.01 | 19.016 | 14'166,077.70 |
| | | Selva baja espinosa | 184,989.89 | 0.188 | 419,991.70 | 1.054 | 604,981.60 |
| | | Selva baja perennifolia | 36,095.91 | 0.037 | 3,698.23 | 0.009 | 39,794.14 |
| | | Selva baja subcaducifolia | 46,444.65 | 0.047 | 27,818.41 | 0.070 | 74,263.06 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Otras asociaciones forestales arboladas | | Bosque cultivado | 33,014.33 | 0.034 | 0 | 0.000 | 33,014.33 |
| | | Bosque inducido | 360.49 | 0.000 | 0 | 0.000 | 360.49 |
| | | Manglar | 826,907.30 | 0.842 | 59,653.27 | 0.150 | 886,560.57 |
| | | Palmar inducido | 109,303.50 | 0.111 | 0 | 0.000 | 109,303.50 |
| | | Palmar natural | 16,314.45 | 0.017 | 1,503.02 | 0.004 | 17,817.47 |
| | | Petén | 41,071.20 | 0.042 | 3,797.72 | 0.010 | 44,868.93 |
| | | Sabana | 188,933.31 | 0.192 | 0 | 0.000 | 188,933.31 |
| | | Sabanoide | 184,820.71 | 0.188 | 0 | 0.000 | 184,820.71 |
| | | Selva de galería | 935.22 | 0.001 | 1,027.39 | 0.003 | 1,962.61 |
| Matorral xerófilo | Matorral zonas semiáridas | Chaparral | 1'823,443.18 | 1.857 | 282,758.29 | 0.710 | 2'106,201.48 |
| | | Matorral espinoso tamaulipeco | 2'437,342.09 | 2.482 | 825,707.54 | 2.073 | 3'263,049.63 |
| | | Matorral sarcocaule | 5'240,785.32 | 5.336 | 128,236.09 | 0.322 | 5'369,021.41 |
| | | Matorral sarcocrasicaule | 2'313,951.04 | 2.356 | 19,288.08 | 0.048 | 2'333,239.11 |
| | | Matorral sarcocrasicaule de neblina | 566,223.14 | 0.577 | 2,739.74 | 0.007 | 568,962.88 |
| | | Matorral submontano | 2'333,636.67 | 2.376 | 424,396.09 | 1.065 | 2'758,032.76 |
| | | Matorral subtropical | 985,904.98 | 1.004 | 351,132.98 | 0.881 | 1'337,037.96 |
| | | Mezquital | 57,332.59 | 0.058 | 16,494.27 | 0.041 | 73,826.86 |
| | | Mezquital | 263,799.27 | 0.269 | 51,914.25 | 0.130 | 315,713.52 |
| | | Mezquital | 2'018,829.88 | 2.056 | 372,419.46 | 0.935 | 2'391,249.34 |
| | | Vegetación de galería | 139,974.22 | 0.143 | 0 | 0.000 | 139,974.22 |
| | Matorral zonas áridas | Matorral crasicaule | 1'180,366.30 | 1.202 | 334,495.16 | 0.840 | 1'514,861.46 |
| | | Matorral desértico micrófilo | 19'495,591.93 | 19.851 | 2'027,019.71 | 5.089 | 21'522,611.63 |
| | | Matorral desértico rosetófilo | 10'287,028.09 | 10.475 | 332,471.66 | 0.835 | 10'619,499.75 |
| | | Matorral rosetófilo costero | 446,491.73 | 0.455 | 21,799.71 | 0.055 | 468,291.44 |
| | | Vegetación de desiertos arenosos | 2'146,050.26 | 2.185 | 1,632.62 | 0.004 | 2'147,682.88 |
| Otras áreas forestales | | Pastizal gipsófilo | 35,133.90 | 0.036 | 87.82 | 0.000 | 35,221.72 |
| | | Pastizal halófilo | 1'678,107.43 | 1.709 | 103,025.85 | 0.259 | 1'781,133.28 |
| | | Pastizal natural | 6'194,389.48 | 6.307 | 3'852,235.83 | 9.671 | 10'046,625.31 |
| | | Popal | 142,146.55 | 0.145 | 0 | 0.000 | 142,146.55 |
| | | Pradera de alta montaña | 16,471.70 | 0.017 | 0 | 0.000 | 16,471.70 |
| | | Tular | 909,719.48 | 0.926 | 0 | 0.000 | 909,719.48 |
| | | Vegetación de dunas costeras | 157,505.23 | 0.160 | 0.02 | 0.000 | 157,505.25 |
| | | Vegetación gipsófila | 28,355.57 | 0.029 | 0 | 0.000 | 28,355.57 |
| | | Vegetación halófila | 432,036.29 | 0.440 | 341.25 | 0.001 | 432,377.54 |
| | | Vegetación halófila | 2'336,486.30 | 2.379 | 158,182.48 | 0.397 | 2'494,668.78 |
| | | Vegetación secundaria herbácea | 188,367.95 | 0.192 | 0 | 0.000 | 188,367.95 |
| TOTAL | | | 98'207,489.04 | 100.00 | 39'833,756.39 | 100.00 | 138'041,245.42 |

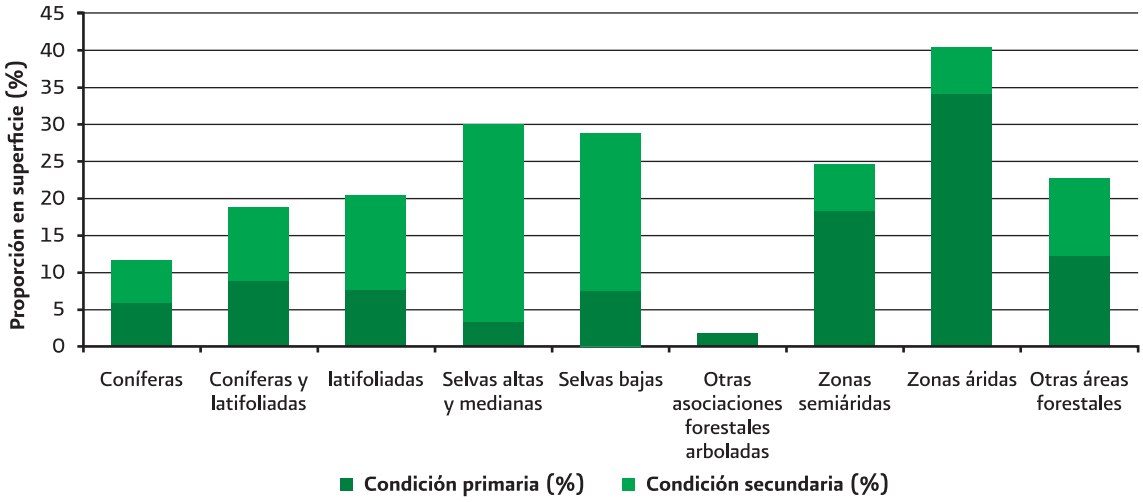



**Figura 19.** Distribución proporcional de la superficie forestal por formación vegetal y por condición de conservación (con base en datos de INEGI, 2007).

En relación con la composición de alturas de la vegetación arbórea del país, en la Figura 20 se representa la distribución general de este atributo en cuanto a la frecuencia por categoría (clases de 5 en 5 metros). Obsérvese que la mayor parte del arbolado de los diferentes tipos de vegetación se encuentra en las clases de altura entre 5 y 15 metros, con el pico máximo en la categoría 10. La frecuencia de clases de altura mayores de 15 metros se va reduciendo hasta llegar a números muy pequeños para el registro de individuos con alturas por arriba de los 35 metros.

En la Figura 21 podrá observarse la distribución de clases de altura por tipo de formación vegetal. Salvo las formaciones de selvas bajas y bosque de latifoliadas, las formaciones de selvas altas y medianas, bosque de coníferas y bosque mixto de coníferas y latifoliadas presentan una mayor frecuencia en la categoría de altura de los 10 metros, con un número considerable de individuos en la categoría más baja de 5 metros y, en un tercer lugar, la proporción de arbolado que está en los 15 metros de altura. Es decir, que las áreas arboladas del país aparecen con arbolado de talla baja a regular, indicando que son individuos jóvenes y mostrando, de alguna manera, el nivel de alteración al que han sido sometidas las masas forestales nacionales.

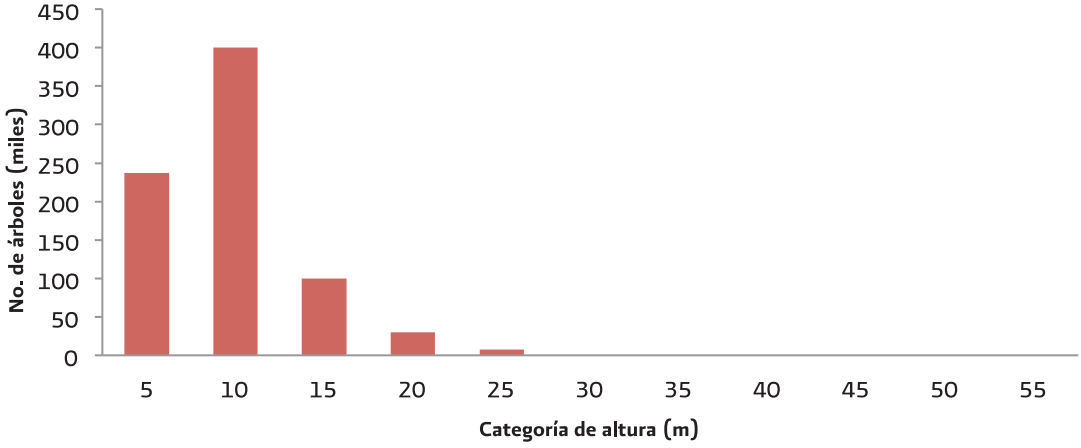
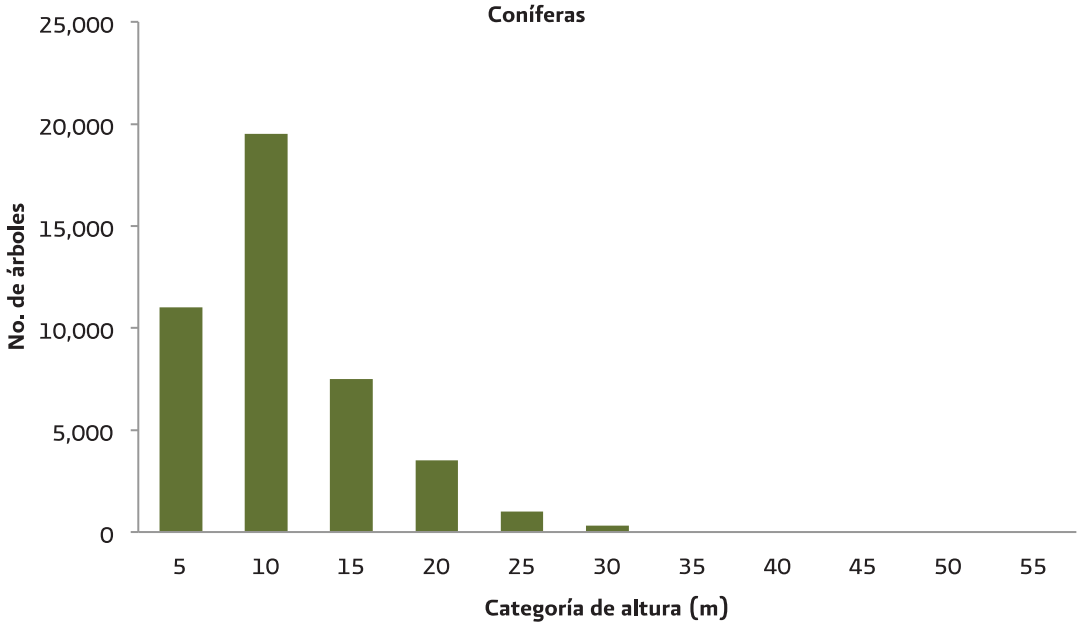


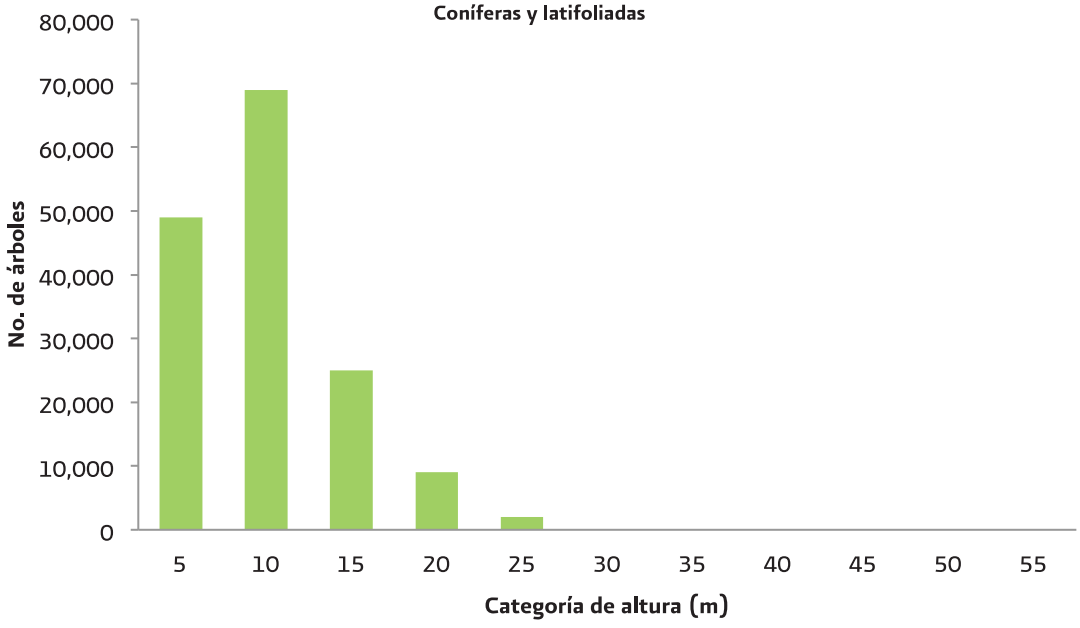

**Figura 20.** Distribución general por clases de altura del arbolado, con base en los datos de campo del INFyS 2004-2009.

Las siguientes cinco gráficas muestran la distribución por clase de altura y formación vegetal para el arbolado nacional, con base en datos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009.

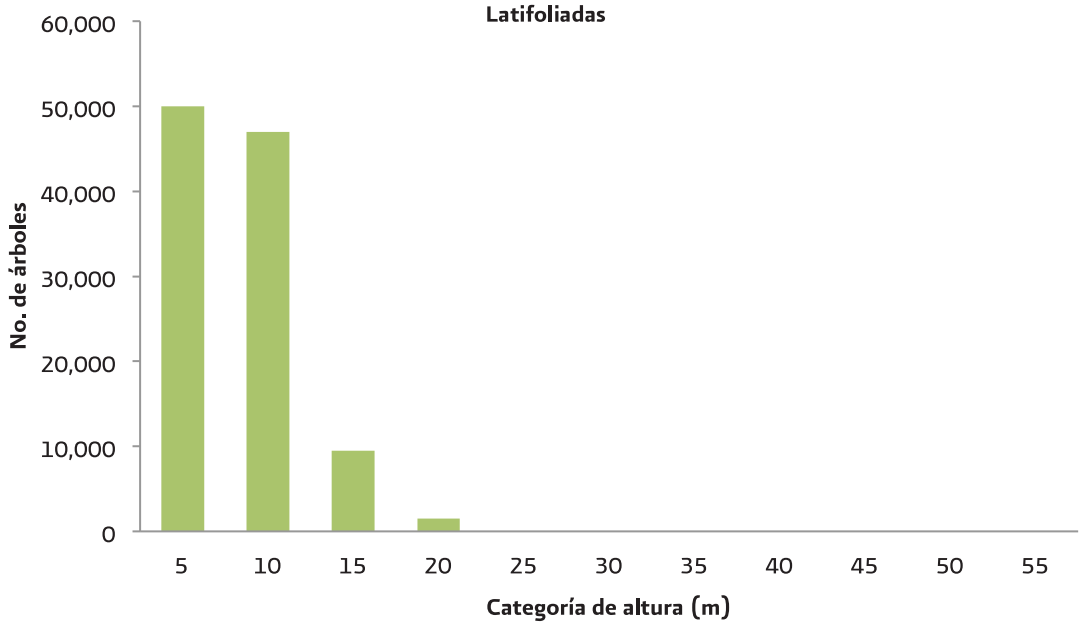
a)



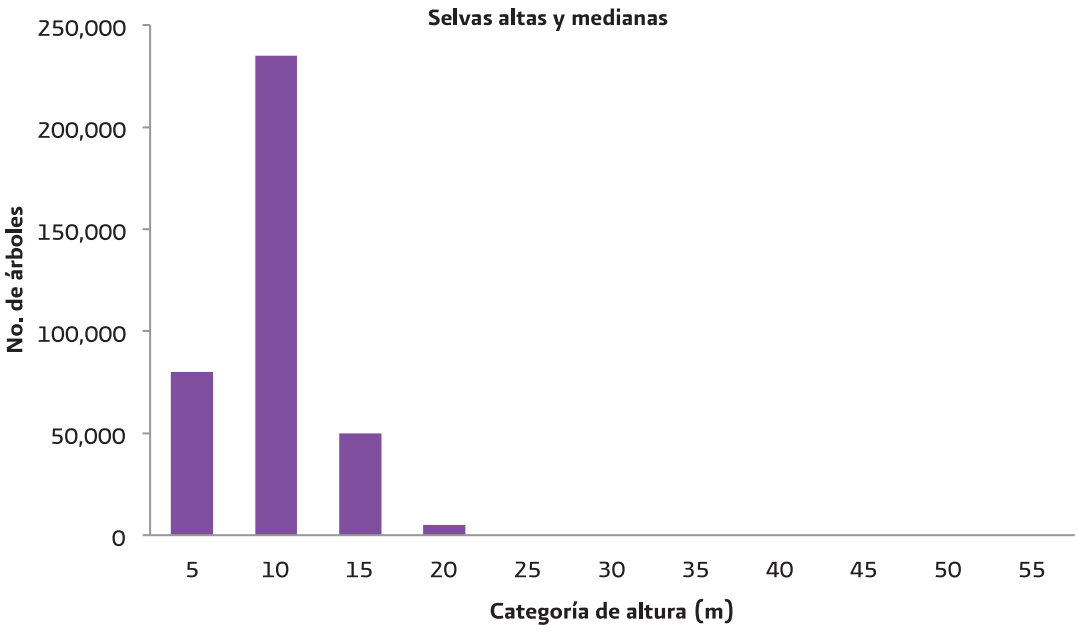

b)



c)


Latifoliadas
60,000
50,000
40,000
30,000
20,000
10,000
0
No. de árboles
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
Categoría de altura (m)

d)


Selvas altas y medianas
250,000
200,000
150,000
100,000
50,000
0
No. de árboles
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
Categoría de altura (m)

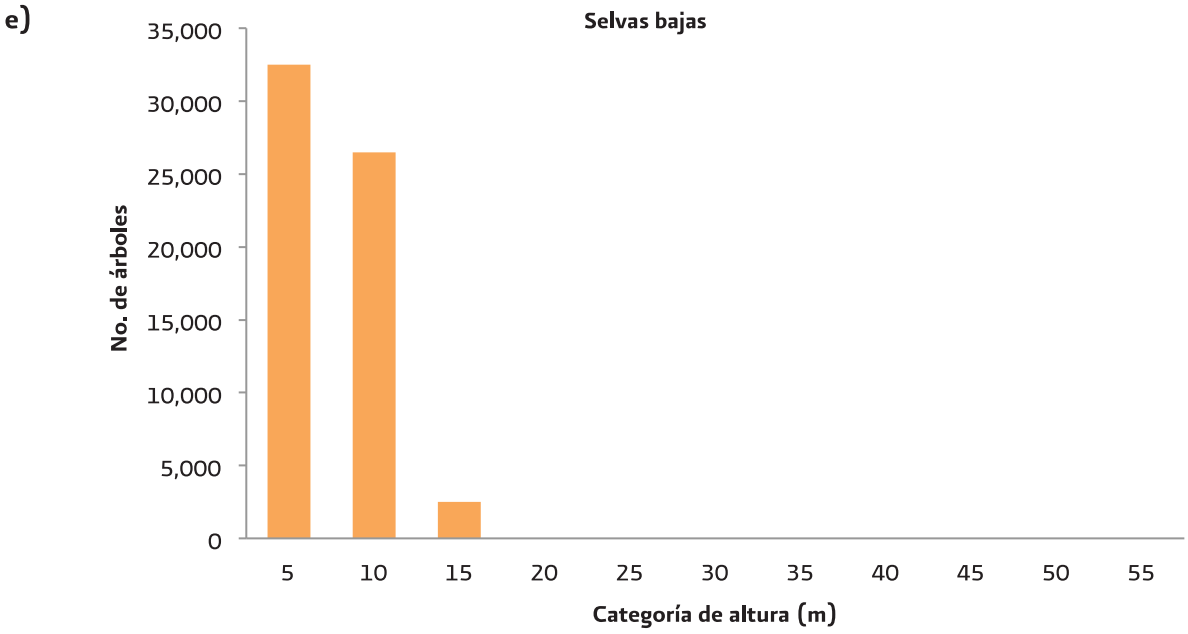



**Figura 21.** Distribución por clase de altura y formación vegetal para el arbolado nacional, de acuerdo con los datos del INFyS 2004-2009 (a, b, c, d y e).

La distribución de las zonas arboladas comprende tanto zonas de clima templado como de clima tropical. Las zonas climáticas, en conjunto con factores de altitud, topografía, exposición y suelo, entre otros, determinan la distribución de las especies a lo largo y ancho del territorio nacional; la combinación de estos elementos también influye en la determinación de la calidad de los sitios donde las especies crecen. La altura de los árboles es una variable que expresa adecuadamente la calidad de sitio.

En las figuras 22 y 23 se representa la distribución de la altura del arbolado a nivel nacional. En la Figura 22 podrá observarse que alturas máximas pueden encontrarse principalmente en bosques templados localizados en las partes más elevadas de las zonas montañosas del país. También las encontramos en el macizo forestal tropical de los más emblemáticos para México, que es la Selva Lacandona, aunque conviene mencionar que estas alturas máximas no rebasan los 45 metros. Individuos con estas características se localizan en áreas reducidas del país y es probable que esta distribución coincida con las áreas más inaccesibles.

En la Figura 23, donde se representa la distribución de la altura promedio del arbolado, podrá observarse que predominan las alturas de 10 a 15 metros en los diferentes tipos de vegetación con elementos arbóreos. Individuos con alturas entre 15 y 35 metros se pueden localizar en las zonas tropicales de las selvas altas y medianas de Chiapas. En los bosques templados, sobre el Eje Neovolcánico Transversal, también pueden encontrarse individuos con alturas promedio entre 15 y 30 metros, probablemente correspondientes a bosques de *Abies religiosa* del Estado de México y el Distrito Federal.

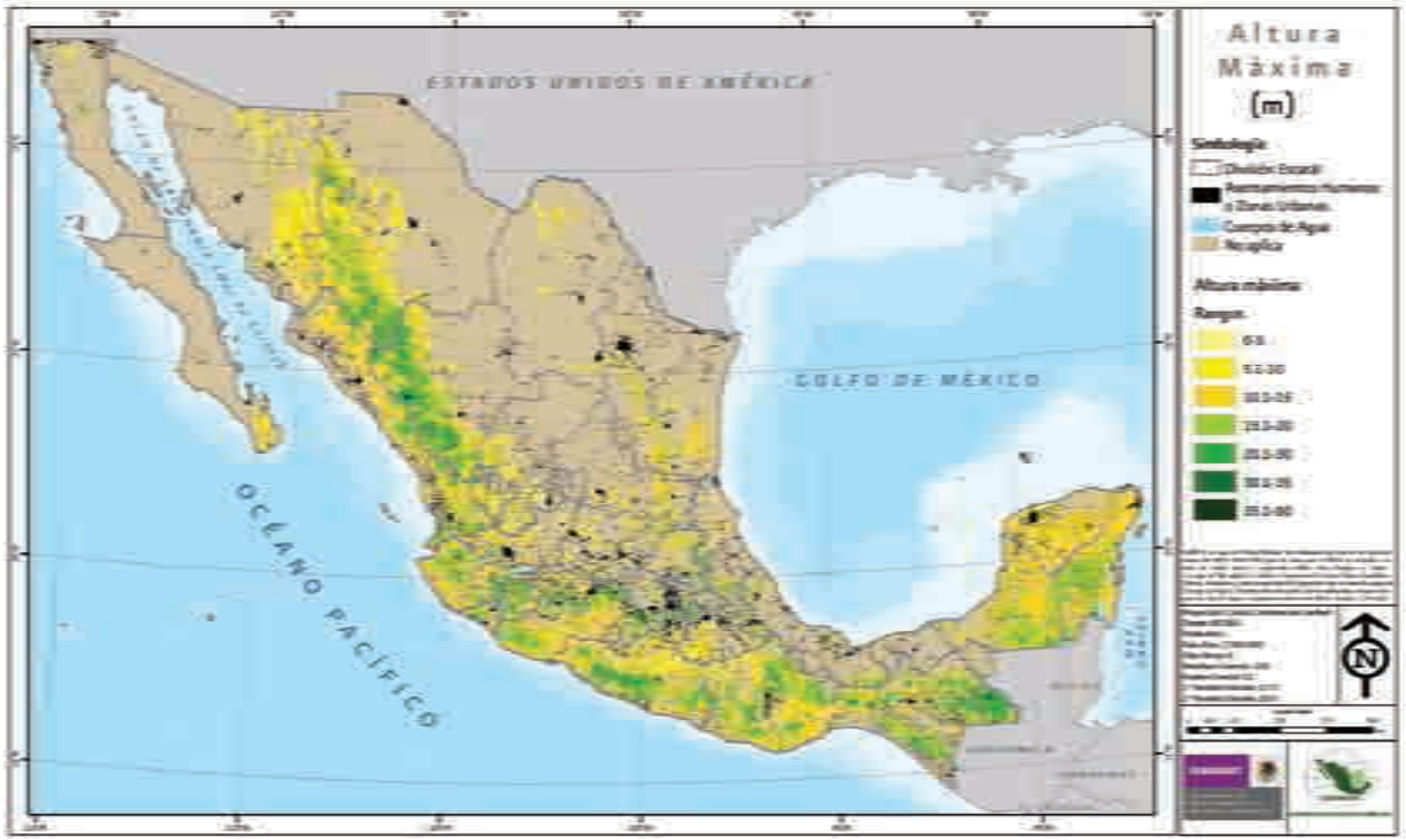



**Figura 22.** Distribución de las aturas máximas del arbolado, con base en los datos de campo del INFyS 2004-2009.




**Figura 23.** Distribución de las alturas promedio del arbolado con base en los datos de campo del INFyS 2004-2009.

Otra variable importante que levanta el Inventario Nacional Forestal y de Suelos es la densidad, medida en términos de la estimación del número de árboles por hectárea. Como se muestra en la Figura 24, las áreas de selva mediana de Quintana Roo y Campeche aparecen con las más altas densidades que van de 200 a 340 árboles por hectárea. El resto de las formaciones vegetales aparecen con densidades máximas de hasta 100 individuos por hectárea.

El macizo forestal de clima templado, de suma importancia desde el punto de vista de la industria maderera, presenta en lo general densidades entre 30 y 100 árboles por hectárea; no obstante, existen algunos manchones donde la densidad es mayor, sobre todo en áreas que, por la topografía del terreno, aparecen como inaccesibles y/o forman parte de las zonas de protección.

Esta distribución señala el comportamiento de la vegetación en general, sin considerar la condición que guarda en términos de si es vegetación primaria o vegetación secundaria, ni del tipo de formación al que corresponda.

La condición de la densidad puede asociarse con la variable de cobertura de copa, medida ésta en términos de porcentaje. En la Figura 25 podrá apreciarse que las mejores coberturas coinciden con las áreas que pueden estar mejor protegidas o que presentan la mayor densidad de arbolado, mismas que corresponden a las selvas altas y medianas de Campeche, Quintana Roo y Chiapas.

Pero también hay coberturas de copa con porcentaje superior al 60 por ciento en las formaciones de selva a lo largo de la vertiente del Pacífico, donde pueden registrarse, en algunos puntos, valores hasta del 80 por ciento o más de cobertura de copa. Esto coincide con las densidades que van de 100 a 200 árboles por hectárea para la zona mencionada y hasta 340 árboles por hectárea para las zonas tropicales de la Península de Yucatán, y de los estados de Chiapas y Oaxaca.

El comportamiento de la variable dasométrica del diámetro normal también es un indicador robusto del tipo de estructura que guardan las masas forestales arboladas del país. La distribución general por categoría diamétrica queda reflejada en el gráfico de la Figura 26. En él podrá notarse que el mayor número de árboles medidos en el Inventario corresponden a las categorías diamétricas menores entre 10 y 15 cm de diámetro normal. Esto hace pensar que la mayoría de los bosques y selvas del país son más bien jóvenes, producto de la regeneración después de intervenciones o disturbios de diferente índole y con diferente grado de afectación.

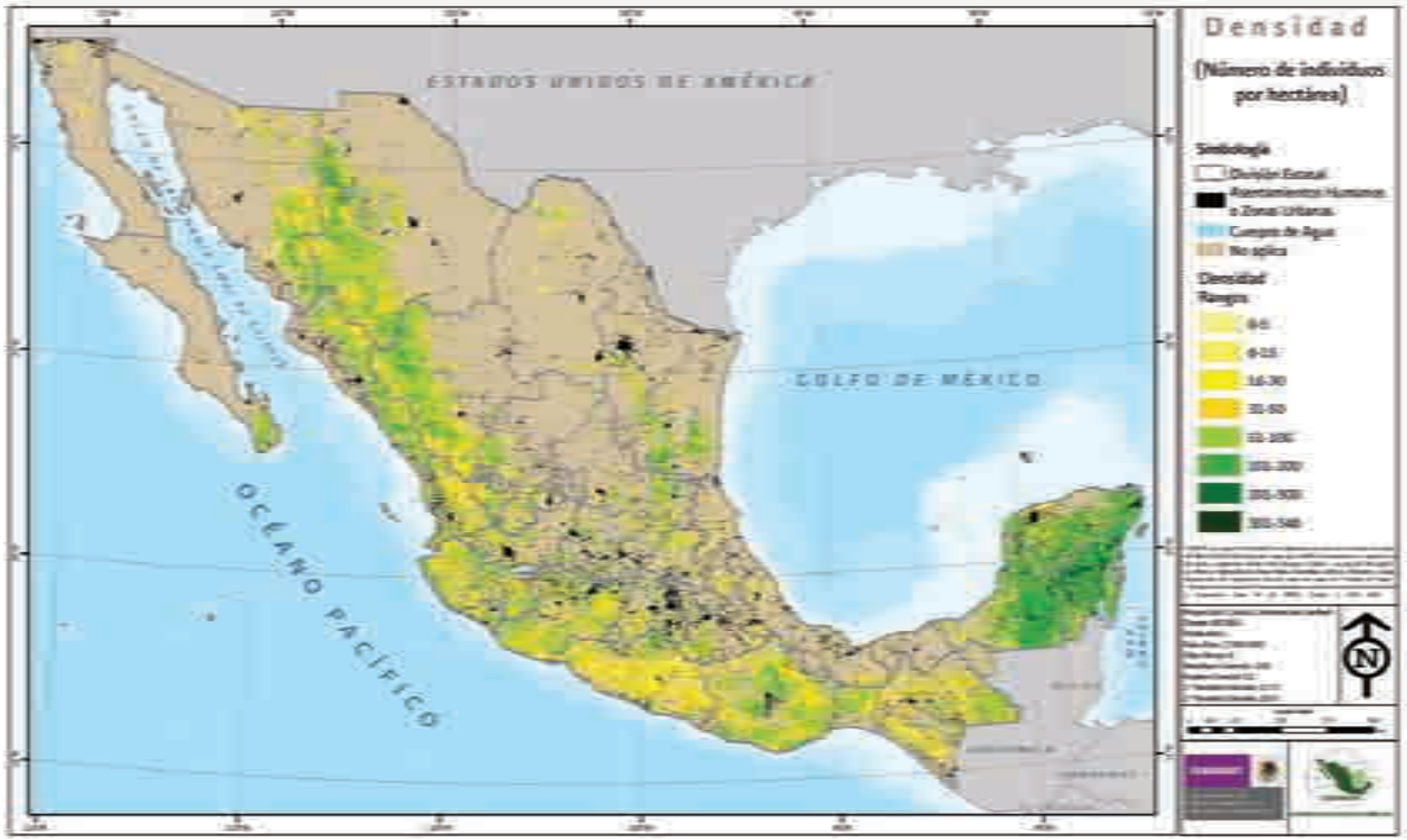



**Figura 24.** Distribución de la densidad del arbolado, medida en términos del número de árboles por hectárea, conforme a los datos de campo del INFyS 2004-2009.

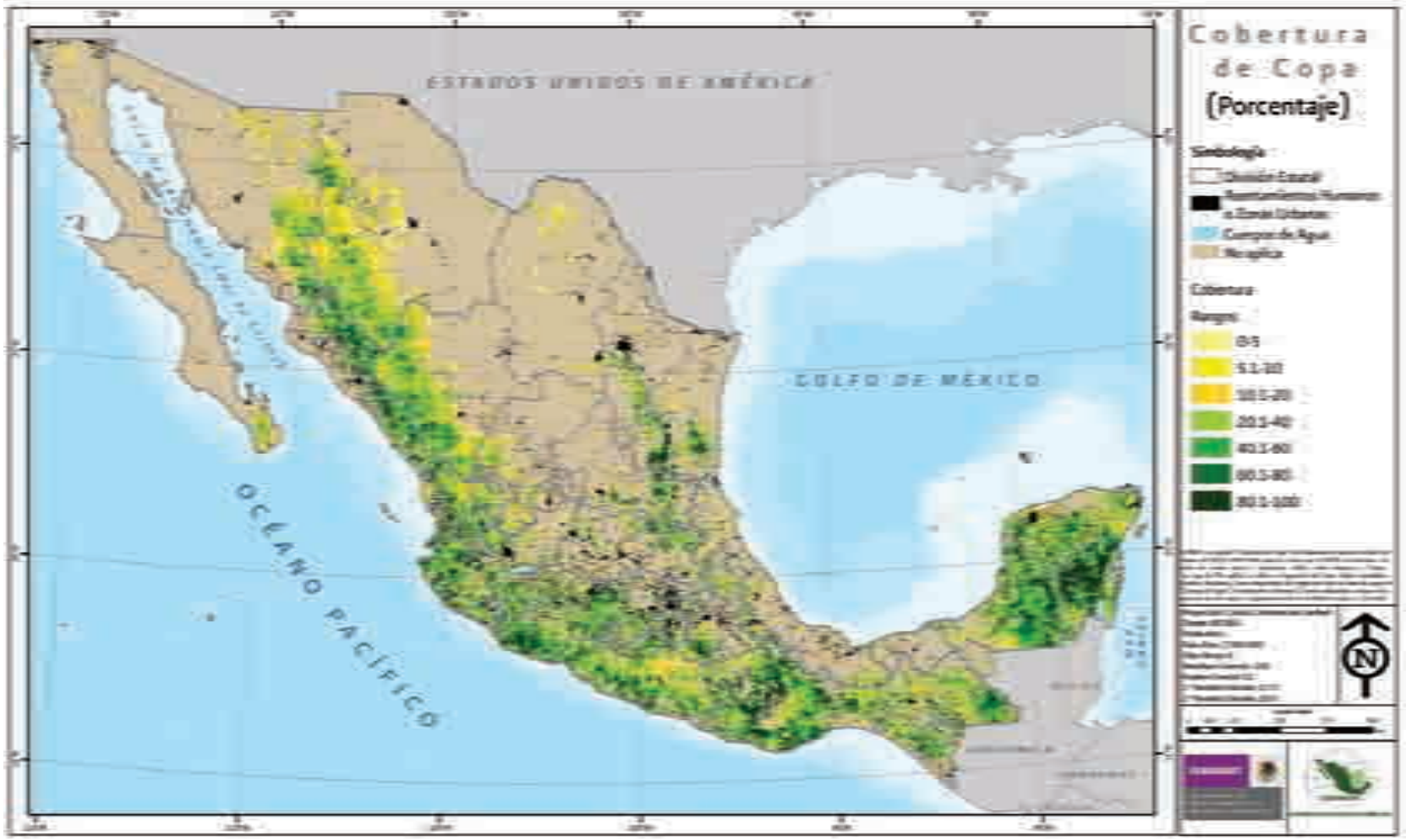



**Figura 25.** Distribución del porcentaje de cobertura de copa de la vegetación arbórea, con base en los datos del INFyS 2004-2009.

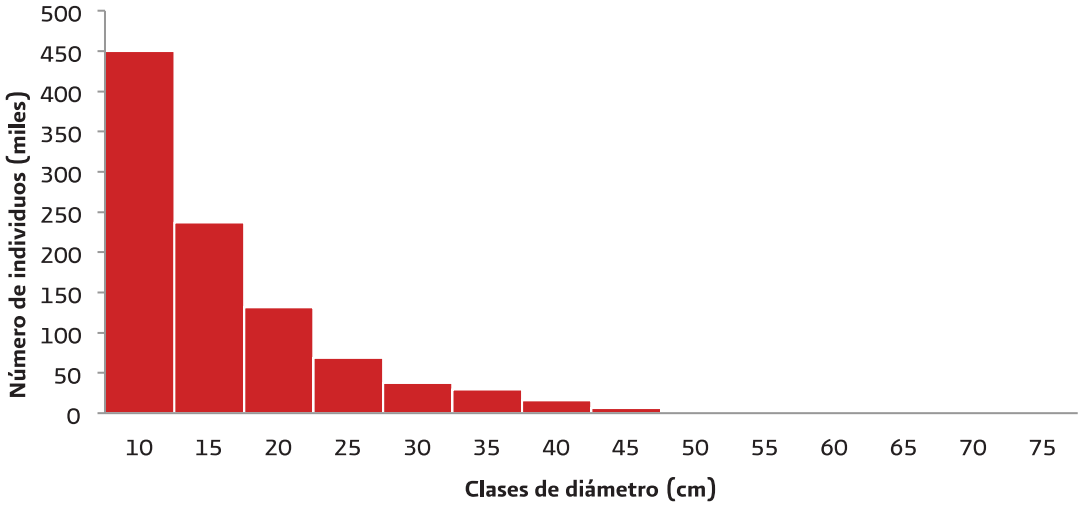
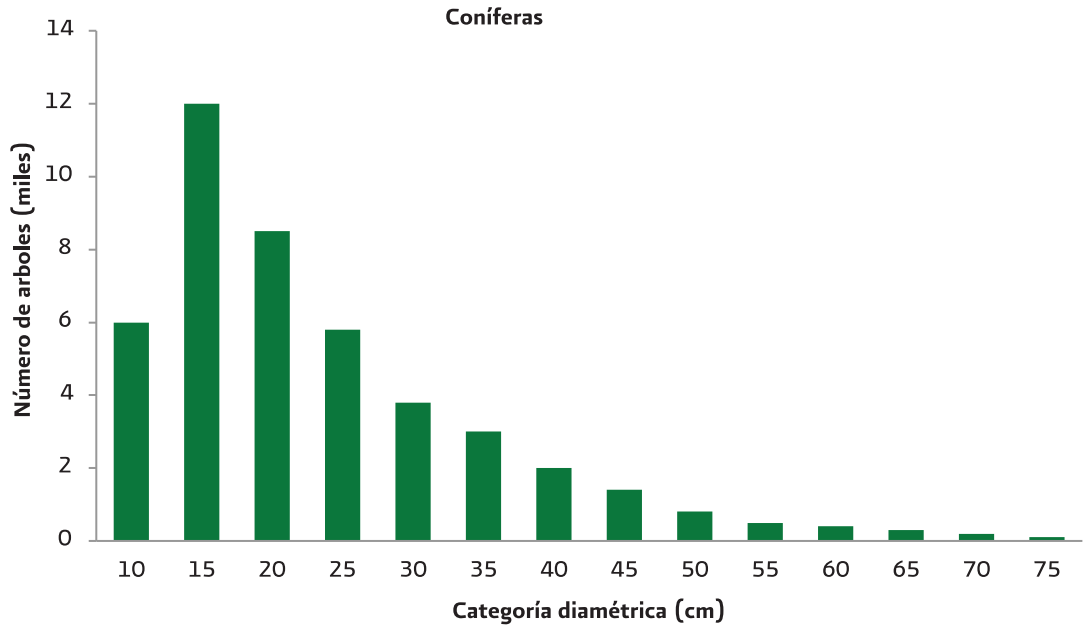



**Figura 26.** Distribución del arbolado por categoría diamétrica, con base en los datos de campo del INFyS 2004-2009.

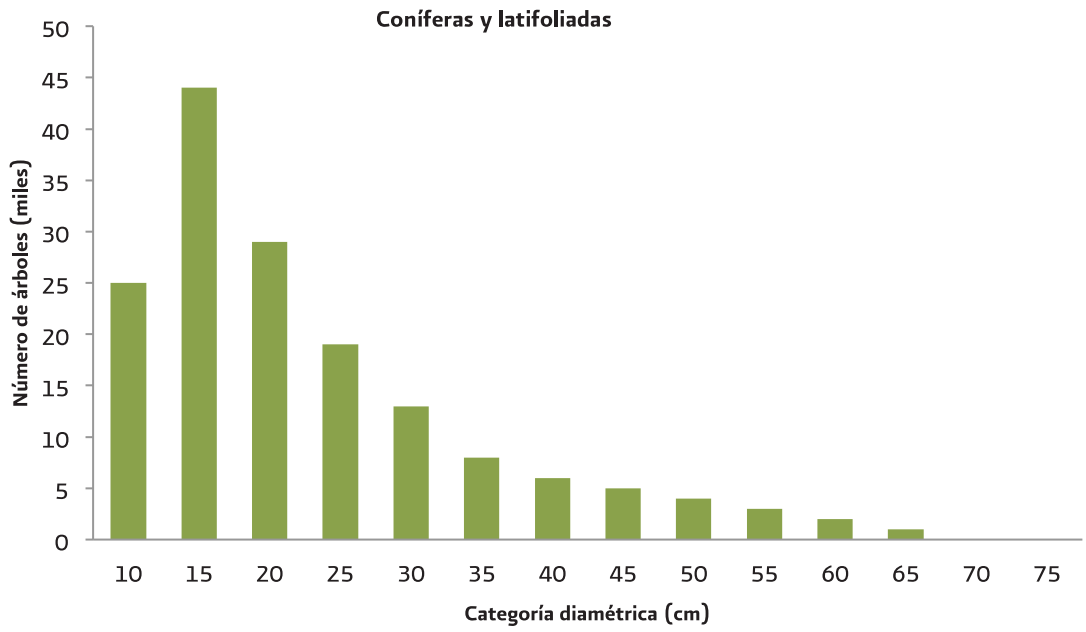
Este comportamiento es homogéneo tanto para los bosques templados como para las selvas altas, medianas y bajas (Figura 27). La frecuencia de las categorías diamétricas más grandes se va reduciendo, distribuyéndose de manera uniforme entre las diferentes formaciones vegetales.

El comportamiento de campana en la curva de distribución diamétrica en los bosques templados de coníferas obedece a los límites que se establecen para la aplicación de los modelos para el cálculo del volumen, esto es que algunos modelos están diseñados para categorías diamétricas de 15 centímetros en adelante, mientras que si todos partieran de la categoría mínima de 10 cm tendrían un comportamiento típico, como lo muestran las distribuciones para especies latifoliadas en general. Si no se aplican los filtros de los modelos, el comportamiento es el mismo que la gráfica de la Figura 26.

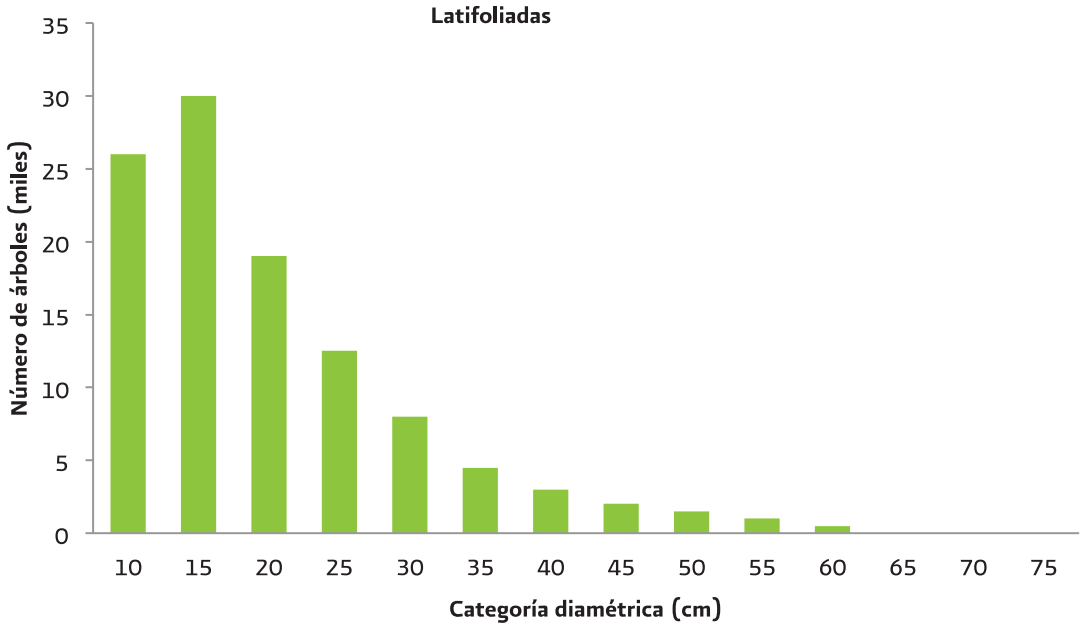
a)



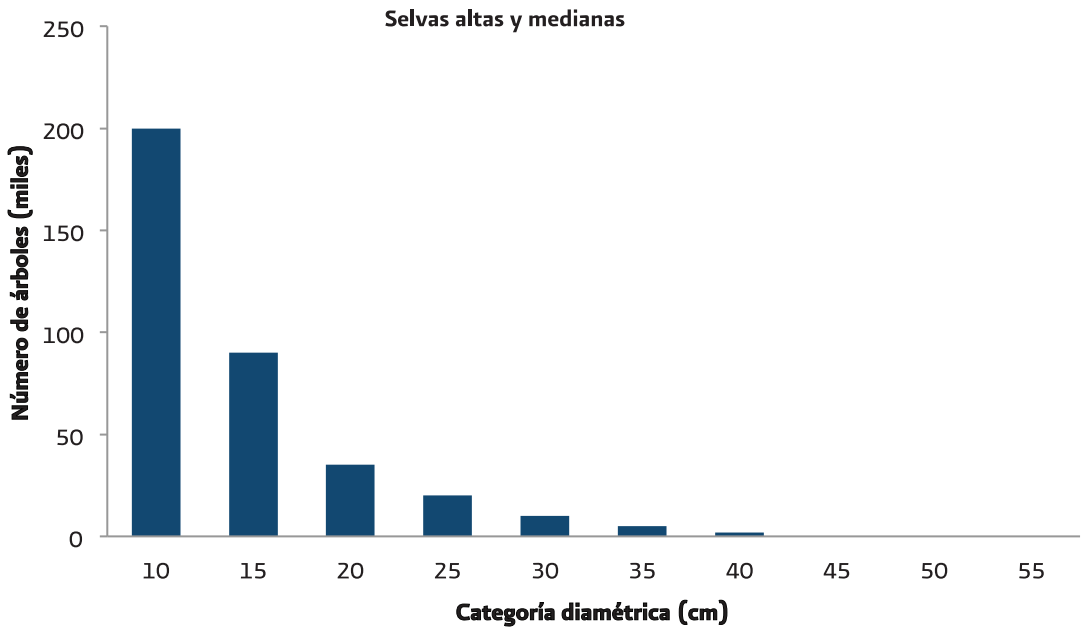
b)


Coníferas y latifoliadas
Número de árboles (miles)
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75
Categoría diamétrica (cm)

c)


Latifoliadas
Número de árboles (miles)
35
30
25
20
15
10
5
0
10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75
Categoría diamétrica (cm)

d)




e)

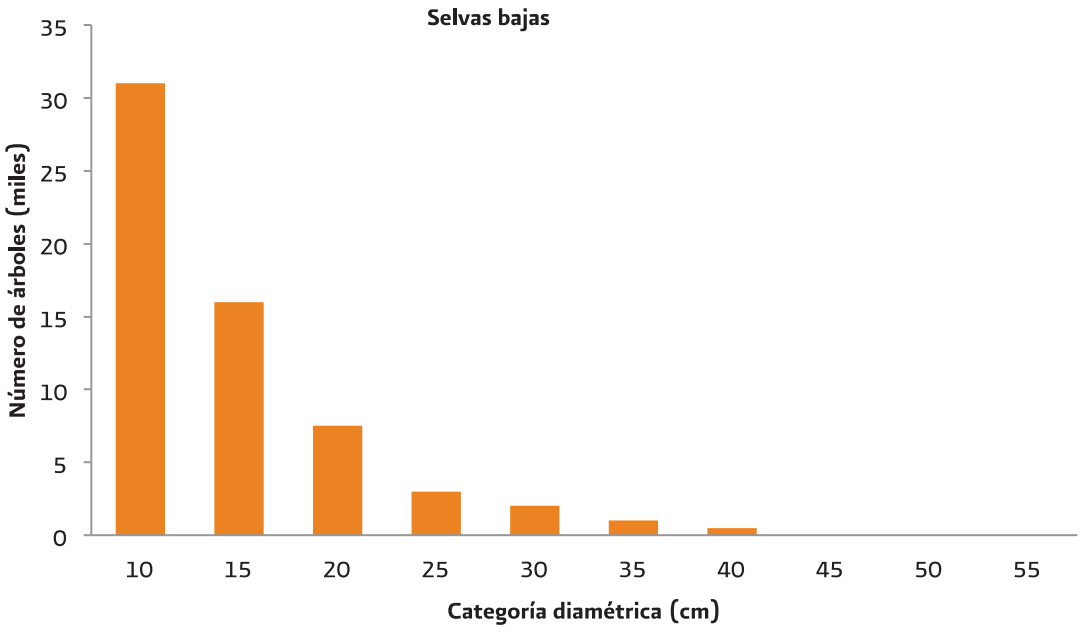



**Figura 27.** Distribución de las categorías diamétricas por tipo de formación vegetal, de acuerdo con los datos de campo del INFyS 2004-2009 (a, b, c, d y e).

En las figuras 28 y 29 se muestra la distribución del diámetro normal con respecto a la distribución de la vegetación arbórea del país. En el primer caso (Figura 28) se expone la distribución del diámetro máximo, el cual en general no rebasa la categoría de 75 centímetros, independientemente del tipo de vegetación. Sin embargo, puede observarse que los diámetros más grandes se encuentran en bosques templados y en las selvas altas y medianas, obviamente en manchones relativamente reducidos. En las selvas bajas y los bosques templados mixtos y de latifoliadas, el diámetro máximo varía entre la categoría de 20 cm a 40 cm de diámetro normal.

Obsérvese la Figura 29, donde se representa la distribución del diámetro promedio. En ella se puede constatar que la mayor parte de la vegetación arbórea del país presenta diámetros normales ente las categorías de 10 a 25 cm, lo cual indica arbolado joven, en crecimiento activo, que posiblemente señale crecimiento de segunda y tercera generación, ya sea debido a los aprovechamientos forestales bajo manejo o por la recuperación de terrenos forestales que actualmente se encuentran en diferentes etapas de sucesión vegetal.

Asociando la combinación de variables y analizando el comportamiento de las mismas, se puede concluir que en general, la vegetación forestal arbórea de México mantiene una estructura más bien de bosques en crecimiento, inmaduros, jóvenes, abiertos en más de 50 por ciento de la superficie que abarcan, con diámetros más bien delgados, alturas medias arriba de los 15 metros, coberturas de copa menores a 80 por ciento y con procesos sucesionales en diferentes etapas. También puede inferirse en que la mayoría de los bosques y selvas nacionales han tenido, de una u otra manera, intervenciones que han implicado la remoción de individuos, lo que, dependiendo del caso, ha trastocado la fisonomía del paisaje dando como resultado bosques irregulares y masas mezcladas.

## Estado de salud de las áreas arboladas

En la actualidad hablar de salud forestal implica la confluencia de diversos parámetros e indicadores que interactúan y que dan como resultado el grado de conservación de un ecosistema en su conjunto. La salud forestal es un término emergente que considera la capacidad de los ecosistemas forestales de regenerarse por generaciones, de restaurarse de los disturbios y amenazas y de mantener su resiliencia ecológica (ver definición en glosario), al satisfacer las actuales y futuras necesidades de la población a los niveles deseados de valores, usos, productos y servicios (Alfaro y Singh, 1997). Esto está estrechamente asociado con el concepto de sustentabilidad de los ecosistemas forestales.

Para evaluar el daño potencial de una perturbación determinada sobre el ecosistema forestal se debe desarrollar una mejor comprensión de las condiciones iniciales del bosque. Esto indicará si la perturbación está ocurriendo fuera del rango histórico, en términos de intensidad y frecuencia, y permitirá determinar su impacto y las acciones compensatorias que deberían tomarse (Alfaro y Singh, 1997).

La FAO (2010) define la perturbación o disturbio como los daños causados por cualquier factor (biótico o abiótico) que afecta adversamente el vigor y la productividad del bosque y que no es un resultado directo de las actividades humanas.

Según el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, una plaga es cualquier especie, raza, biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino que ponga en riesgo los recursos forestales, el medio ambiente, los ecosistemas o sus componentes.

A manera de resumen, de acuerdo con Sampson y Lester (1998), la salud forestal es, entonces, "una




**Figura 28.** Distribución del diámetro normal máximo de la vegetación forestal arbórea.

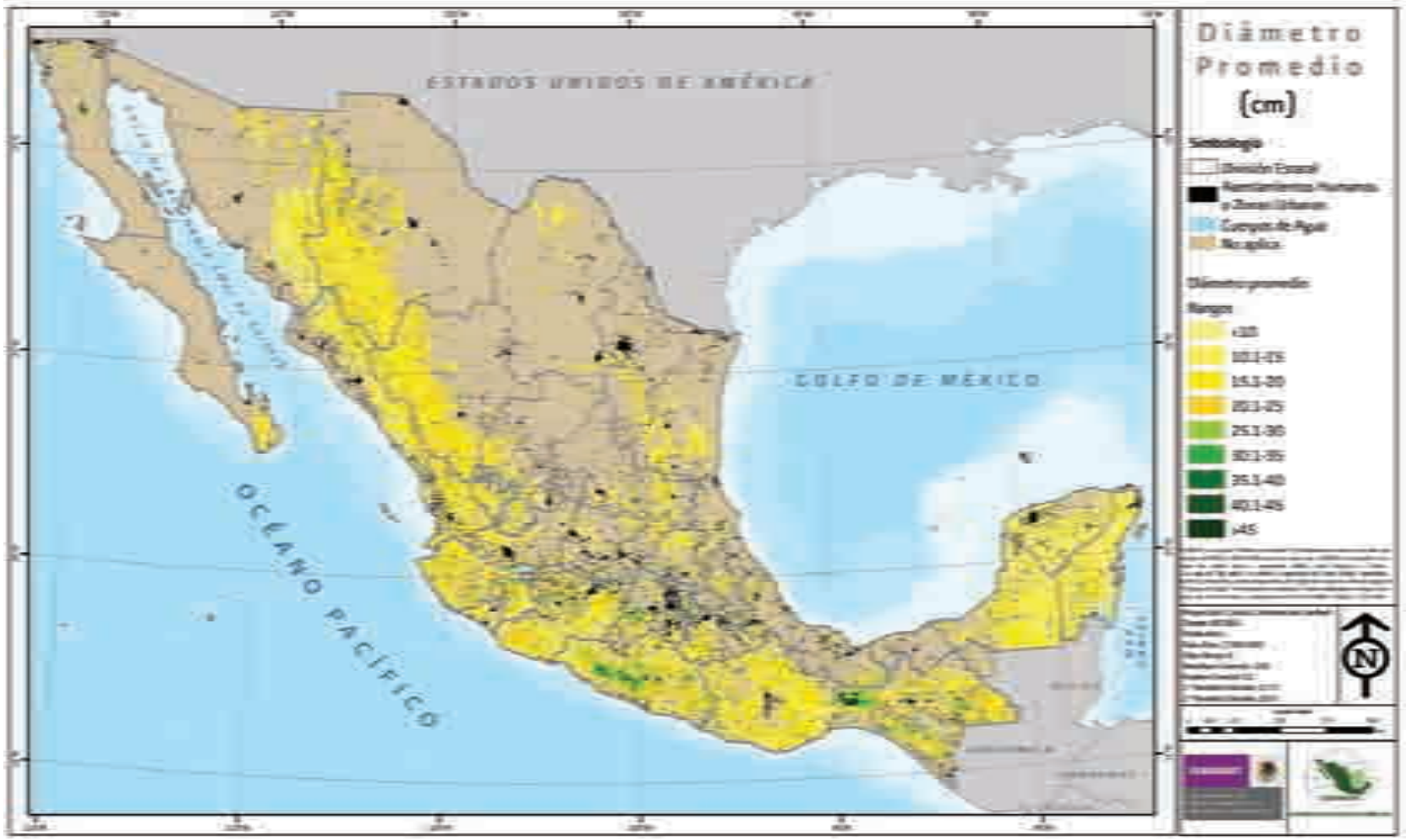



**Figura 29.** Distribución del diámetro normal promedio de la vegetación forestal arbórea.

A manera de resumen, de acuerdo con Sampson y Lester (1998), la salud forestal es, entonces, "una condición de los ecosistemas forestales que sustenta su complejidad y prevé las necesidades humanas".

Bajo estas consideraciones se presentan los resultados obtenidos en este aspecto con base en el análisis de los datos de campo del INFyS 2004-2009.

**Daños y agentes causales**

El Inventario registra datos cualitativos importantes que describen la condición del arbolado en el momento del levantamiento en campo, tanto en el nivel individual como en el caso de la formación vegetal, es decir, se describe la condición del árbol y del bosque o la selva de la que forma parte. Respecto de la formación vegetal, la unidad de muestreo es el conglomerado y el valor que se determina, en términos de la salud forestal, son los impactos ambientales y los agentes de perturbación (véase el apartado de Impactos ambientales). Al nivel del individuo se determina la presencia o manifestación de algún daño y la presunción, vía el análisis de signos, del agente causal que lo provoca. En términos de la intensidad del daño sólo se registra la proporción de individuos que manifiestan el daño por tipo de agente causal dominante.

Así tenemos que, del total de arbolado muestreado, 96 por ciento son árboles vivos y sólo 4 por ciento se registra como arbolado muerto en pie. Para este último concepto se hace una presunción del posible agente causal de daño que originó el deceso del árbol. Los resultados indican que, de la mayoría de los árboles muertos en pie (74 por ciento), es difícil distinguir el agente causal que ocasionó la muerte, ya sea por el tiempo que lleva muerto el árbol, ya sea porque en muchos casos la muerte es el resultado de la acción conjunta de varios agentes de disturbio. No obstante, de los que sí se puede intuir la causa de muerte, las enfermedades y los incendios, son los agentes causales con mayor representatividad (Figura 30).

Le siguen en importancia los vientos y los insectos, aunque están por mitad en la frecuencia con respecto a los anteriores, como causa de muerte.

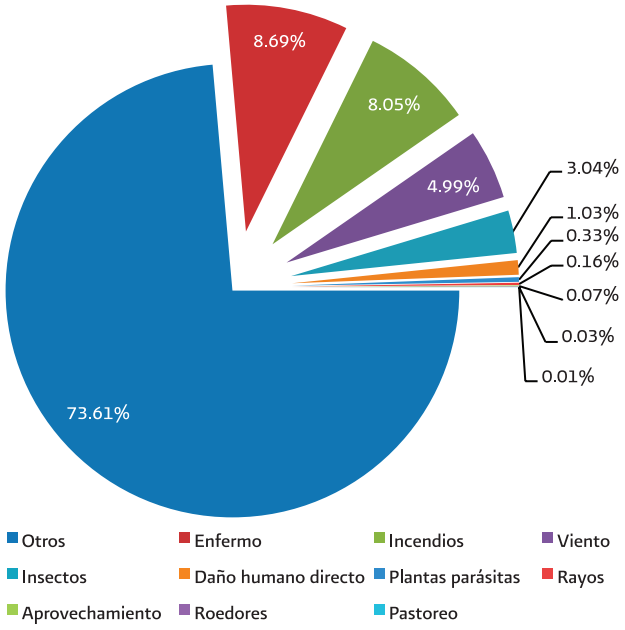



**Figura 30.** Frecuencia de causas de muerte sobre el arbolado muerto en pie.

Del arbolado vivo, 76 por ciento se considera arbolado sin daño aparente; no obstante, en el 24 por ciento del arbolado que sí presenta signos de la acción de algún agente causal (Figura 31), se encontró a los insectos como el agente más frecuente (36%). Es importante aclarar que los insectos son organismos propios de un ecosistema forestal y que sólo deben ser considerados como plaga cuando ponen en riesgo al ecosistema o al recurso forestal de interés.

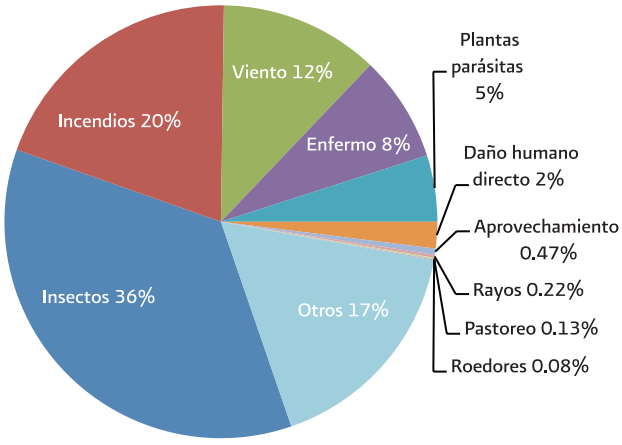



**Figura 31.** Frecuencia de daños por agente causal.

Para evaluar la intensidad del daño se han establecido niveles en función de la proporción de arbolado que presentan el daño por agente causal dominante. Así, se tiene que para una intensidad de daño leve (donde la proporción de individuos no rebasa el 25 por ciento), el agente causal predominante son los insectos. Le siguen en importancia, aunque en menor proporción, las enfermedades (Figura 32).

En el nivel moderado (con 26 a 50 por ciento de árboles afectados), predominan agentes como los insectos, las enfermedades, el daño humano directo y las plantas parásitas. Una intensidad fuerte se encuentra con la proporción de individuos afectados entre 51 y 75 por ciento, y en este nivel los agentes que predominan son las enfermedades y los insectos, con aportación baja en la proporción por parte de las plantas parásitas y el daño humano directo (Figura 32).

En cuanto a los daños intensos (con el 76 al 100 por ciento del arbolado afectado), la aportación por agente causal es más o menos equilibrada, sobresaliendo los insectos, las plantas parásitas, los incendios y el viento como los más representativos. El daño humano directo, las enfermedades y el pastoreo se presentan en menores proporciones; sin embargo, al manifestar afectación intensa, son agentes sobre los que también deberá establecerse vigilancia y prevención.

Por lo tanto, considerando estos resultados, es necesario implementar esquemas de manejo y de protección de los recursos forestales (a escalas locales, estatales y federales) donde se establezcan programas de monitoreo permanente que permitan llevar el seguimiento y la revisión del comportamiento de agentes causales como los insectos, los incendios, las plantas parásitas, y que conlleven a la definición e implementación de programas de vigilancia, prevención, protección y control, a fin de garantizar la integridad y conservación de los recursos forestales del país.

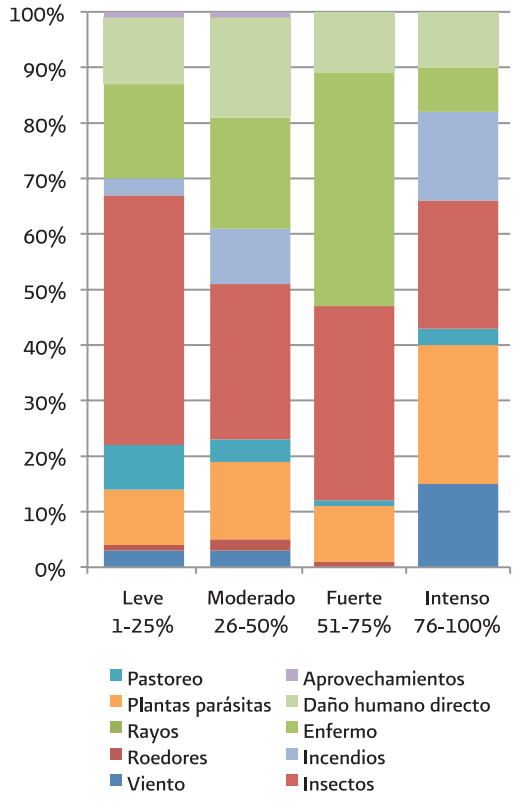



**Figura 32.** Proporción de individuos dañados por agente causal dominante.

Respecto de las regiones ecológicas, es en las Sierras Templadas donde las evidencias de afectación por agente causal alcanzan los valores máximos; también es la región donde prácticamente se presentan todos los agentes causales, en mayor o menor frecuencia, sobresaliendo los insectos como agente de daño más frecuente. Podrá verse que en las ecorregiones con mayor cobertura arbórea –Sierras Templadas, Selvas cálido-húmedas– es donde se incrementa el número de individuos con evidencia de daño (Figura 33).

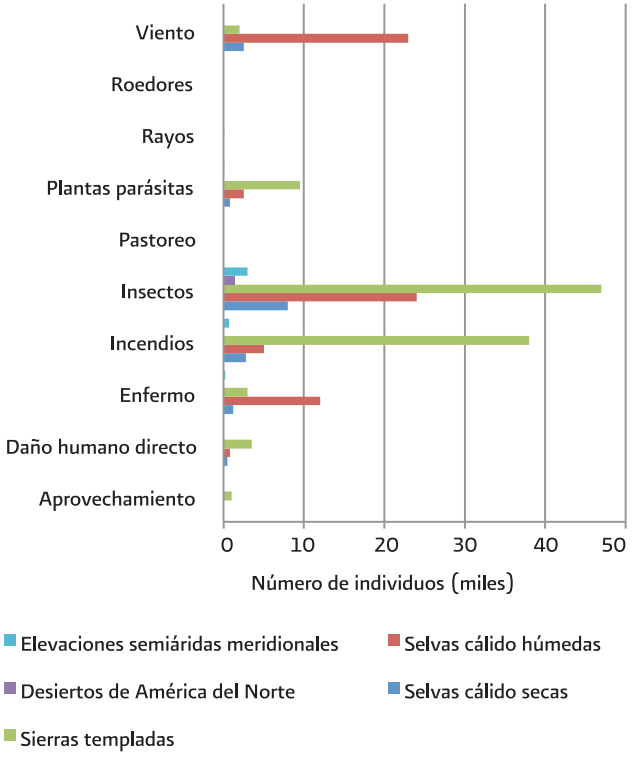



**Figura 33.** Frecuencia de daños por región ecológica, de acuerdo con el agente causal.

Hay que resaltar el caso de las selvas cálido-húmedas, donde la frecuencia de los daños ocasionados por el viento casi igualan a la frecuencia de daño por insectos (35 y 36% respectivamente), lo que puede estar relacionado con los efectos que dejan a su paso los huracanes, últimamente tan comunes en las regiones tropicales del país. Se puede entender que la afectación que causa el viento sobre el árbol lo predispone, debilitándolo, para que fácilmente sea presa del ataque de los insectos.

En las figuras 34 a 37 se presentan las distribuciones del arbolado que manifiesta evidencias de daño por viento, incendios, insectos y enfermedad, respectivamente. Sólo se muestra puntualmente la ubicación geográfica del conglomerado donde aparece el agente causal al que se hace referencia. No se indica la intensidad ni la amplitud que abarca el daño.

En la Figura 34 se ilustra la distribución del arbolado que presenta daños por viento. Se observa claramente que el mayor número de conglomerados donde se registra este agente causal se ubica en las zonas costeras, concentrándose en la Península de Yucatán. Esto es coincidente con el hecho de que hacia la última década se han estado presentando huracanes muy intensos y frecuentes en la zona, quedando el impacto de su paso sobre la vegetación.

En la Figura 35 pueden verse las áreas donde los incendios forestales son más frecuentes y donde el arbolado manifiesta la presencia de este agente causal de afectación. Las zonas forestales de clima templado aparecen con la mayor frecuencia de arbolado afectado por incendios, lo que puede estar correlacionado con el hecho de que buena parte de estos terrenos forestales son considerados como agostadero para el pastoreo extensivo del ganado y, con el fin de promover el renuevo de pasto, se incendia la vegetación arbustiva y herbácea seca, acción que, en la mayoría de los casos, termina convirtiéndose en un incendio forestal de diversas magnitudes.

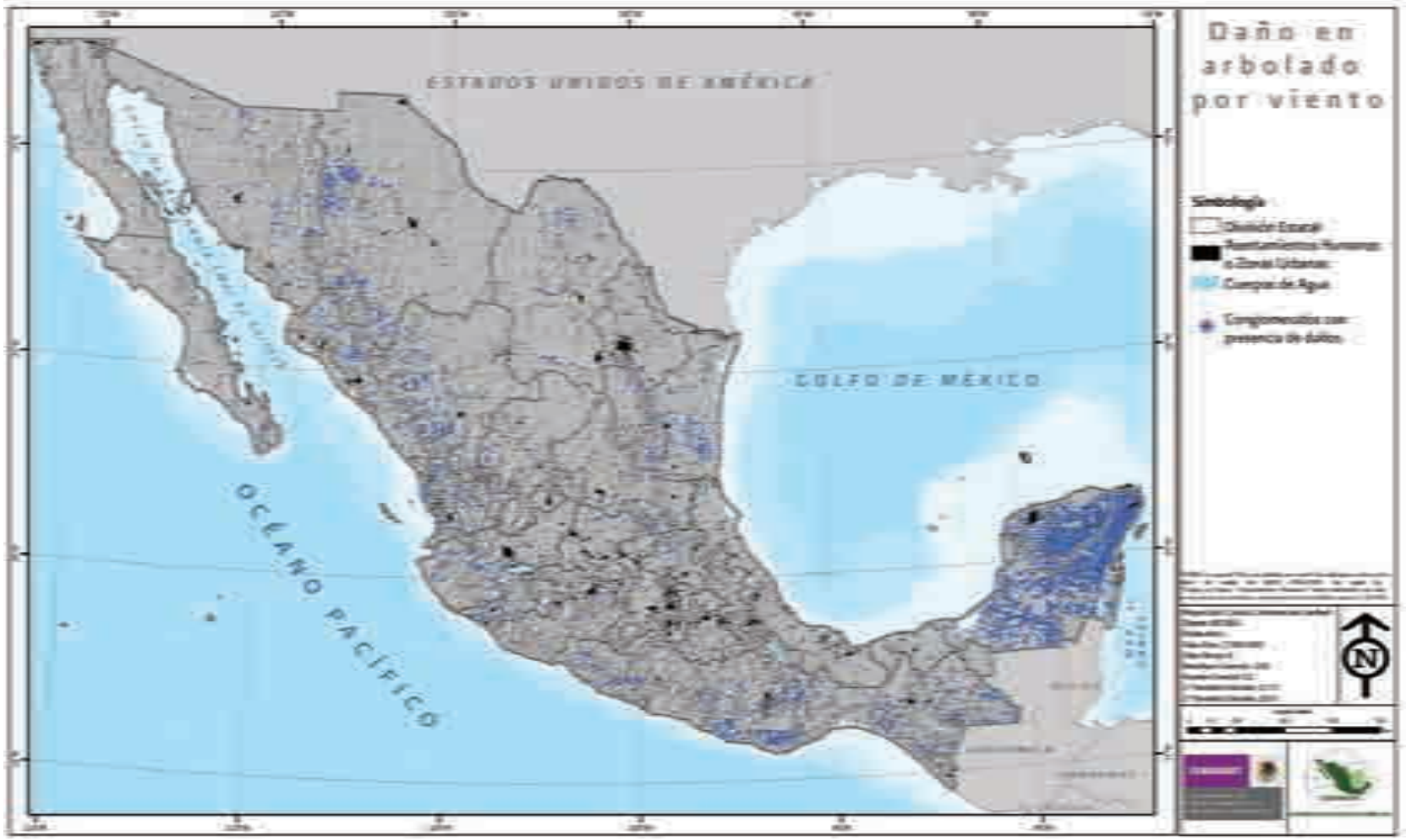



**Figura 34.** Distribución del arbolado que manifiesta afectaciones por viento, de acuerdo con los datos de campo del INFyS 2004-2009.

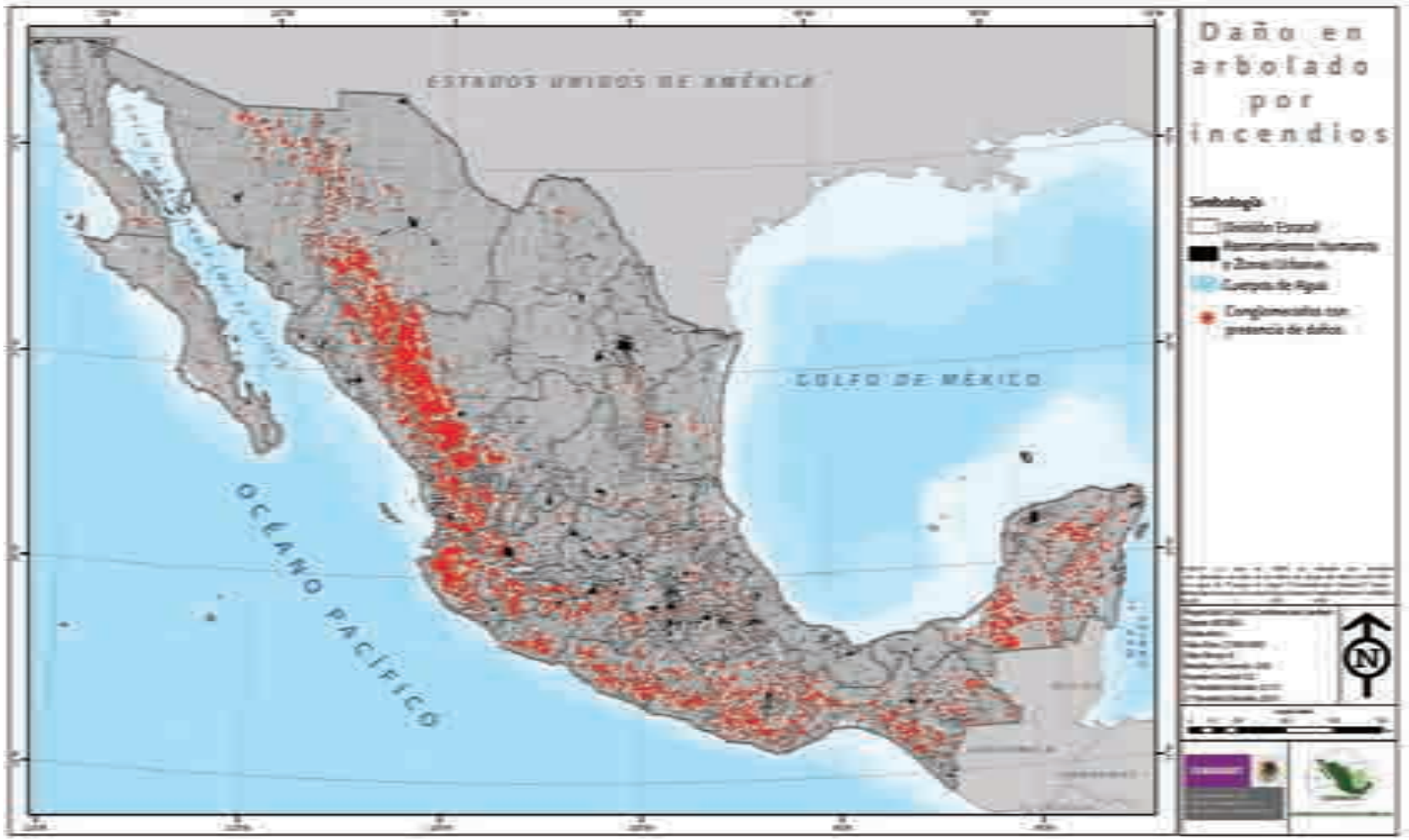



**Figura 35.** Distribución del arbolado que presenta daños por incendios, de acuerdo con los datos de campo del INFyS 2004-2009.

Respecto de los conglomerados que presentan daños por insectos, la distribución se presenta en la Figura 36. Como ya se mencionó renglones arriba, los insectos son el agente causal de daño más frecuente que se registró entre el arbolado evaluado, por lo que su distribución abarca todos los tipos de vegetación y todas las regiones del país, aunque es pertinente anotar que, pese a ser frecuente su presencia, la proporción de arbolado que manifiesta a este agente causal como factor de daño dominante es bajo (intensidad de daño leve, donde aparece hasta 25 por ciento del arbolado afectado).

Las enfermedades también son un agente de disturbio de interés, sobre todo ahora que se han observado patrones de diseminación asociados con los cambios de temperatura, poniendo en riesgo zonas forestales que normalmente aparecían sanas. En la Figura 37 podrán observarse, de manera puntual, los conglomerados que registraron la presencia de este agente de daño.

Un ejercicio interesante es dar un valor ponderado a los factores de disturbio para denotar el verdadero valor que pueden representar. En la Figura 38 se muestra la situación real que presenta la interacción de plagas y enfermedades en las zonas forestales del país.

Comparando la Figura 38 con las imágenes de las figuras 36 y 37 se podrá observar cómo cambia el patrón de distribución de ambos agentes; de igual manera proporciona una mejor idea de la magnitud de los impacto; esto favorece que se puedan identificar, con mayor certeza, las zonas particulares que deberán estar bajo observación y monitoreo permanente. Esta información es un insumo importante para el mapeo aéreo, dirigiendo la observación a las regiones que presentan valores relevantes.

**Vigor del arbolado**

Para el Inventario Nacional Forestal y de Suelos el vigor se considera como una manifestación de adaptación del sujeto (árbol) al medio en que se desarrolla (Conafor, 2007). Complementando, desde el punto de vista biológico, el vigor es la fuerza con que se expresa el crecimiento y el desarrollo de un individuo[1]. En la descripción de la condición del individuo, el INFyS asocia la edad y el vigor, generando una clave que etiqueta a cada uno de los árboles que ha sido medido y valorado.

La determinación del vigor es cualitativa, pues depende de la apreciación del brigadista; por ello, aunque se le capacite e instruya al respecto, no deja de haber subjetividad en la valoración que hace del individuo que describe. El vigor también puede variar en las estaciones del año, por lo que es necesario tener en cuenta la estacionalidad y la fenología de los tipos de vegetación para entender que en alguna época del año habrá vegetación que tira la hoja (especies caducifolias) y otra que se mantiene siempre verde (o que solo algunas especies tiran la hoja). No obstante, la determinación del vigor permite obtener un buen indicador de la salud de los bosques y selvas de México.

Los datos del Inventario 2004-2009 –a excepción del levantamiento del 2004, que fue realizado entre los meses de agosto a diciembre– fueron tomados durante todo el año en los años 2005 a 2007, de tal suerte que variables cualitativas como el vigor fueron tomadas en las diferentes condiciones fenológicas del arbolado.

De conformidad con el análisis, 81 por ciento de los individuos muestreados tiene una condición de vigor bueno, lo que concuerda con la aseveración de que la mayoría del arbolado está sin daño aparente. El 9 por ciento presenta un vigor óptimo, igualado en el caso contrario, pues también otro 9 por ciento manifiesta tener un vigor pobre. Sólo el 1% se considera con vigor muy pobre (Figura 39).

[1] En: *http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/175/htm/sec_10.htm*

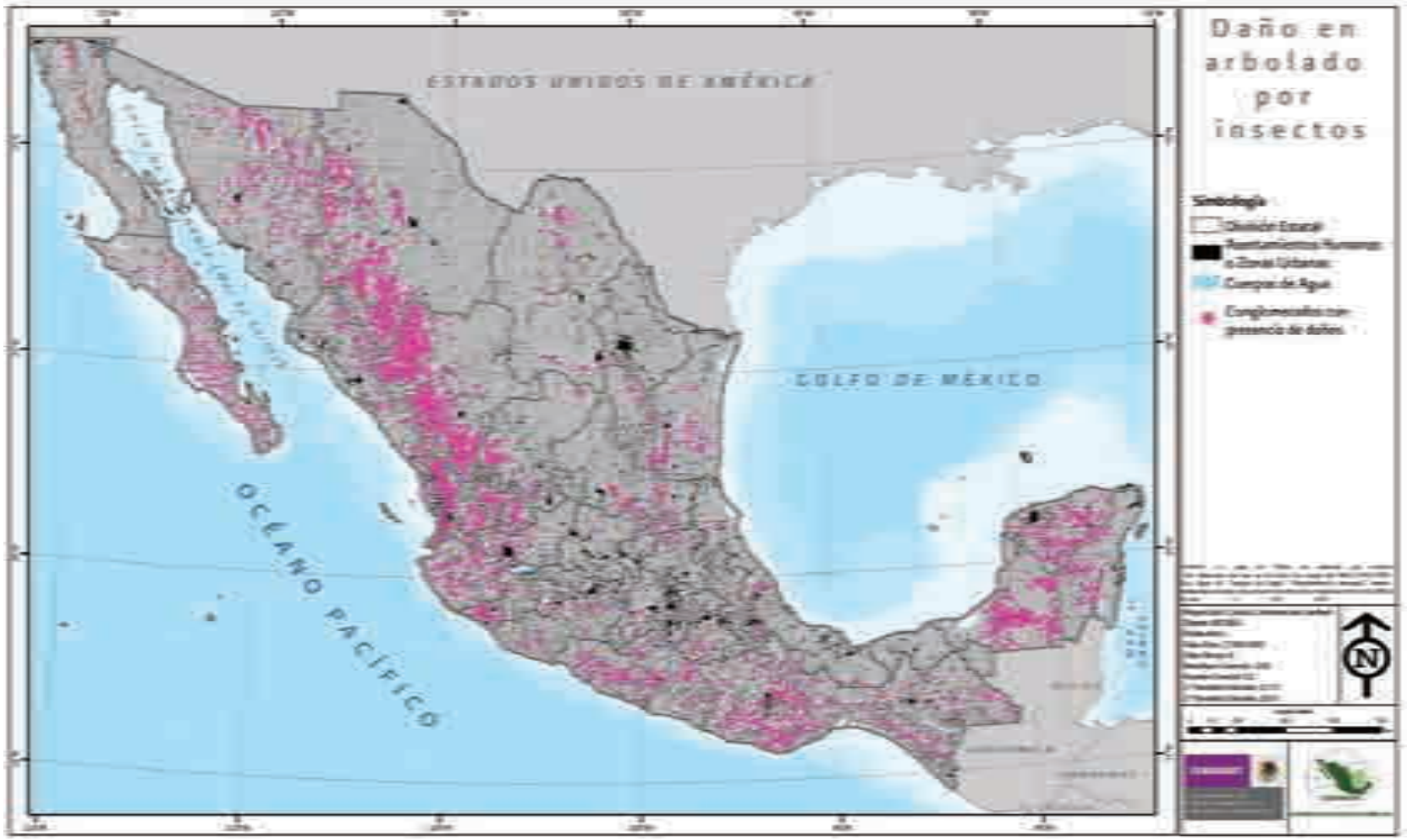



**Figura 36.** Distribución del arbolado que presenta daños ocasionados por insectos, de acuerdo con los datos de campo del INFyS 2004-2009.

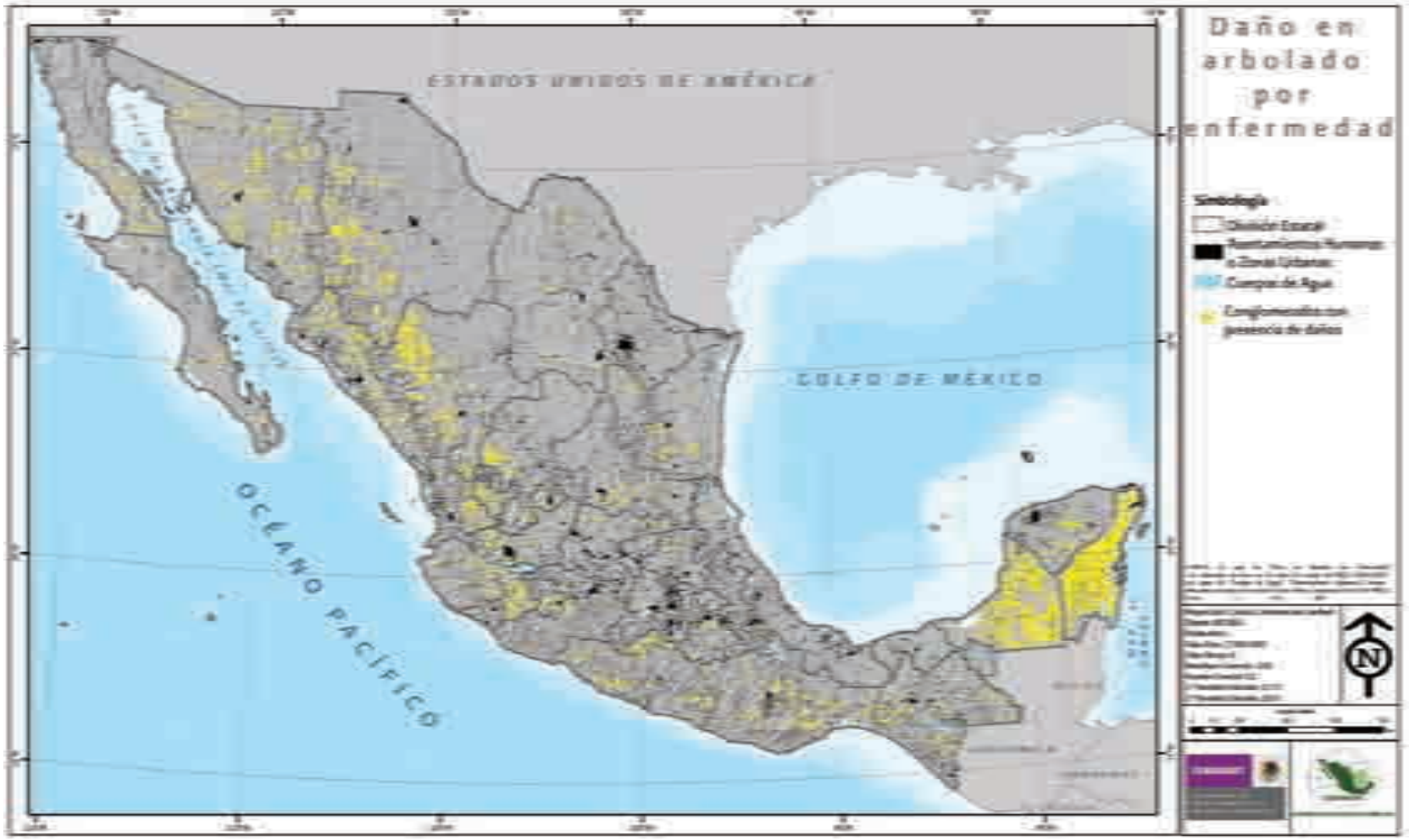



**Figura 37.** Distribución del arbolado que presenta daños ocasionados por alguna enfermedad, con base en los datos de campo del INFyS 2004-2009.




**Figura 38.** Distribución de las áreas que presentan afectación por plagas y enfermedades. Se presentan valores ponderados con respecto al resto de agentes causales considerados en el INFyS 2004-2009.

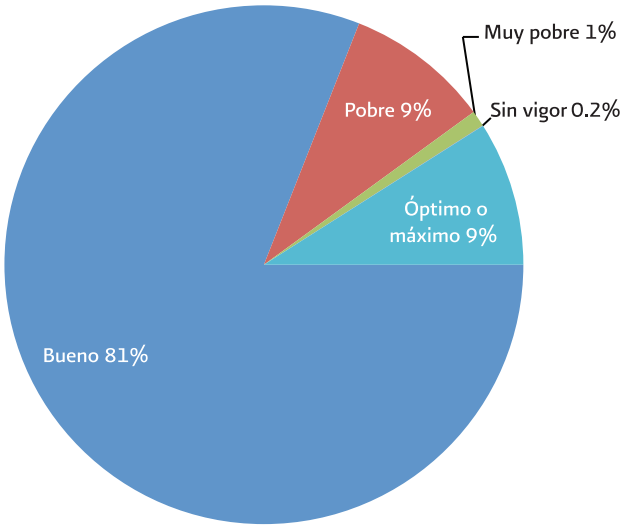



**Figura 39.** Condición de vigor en el arbolado muestreado.

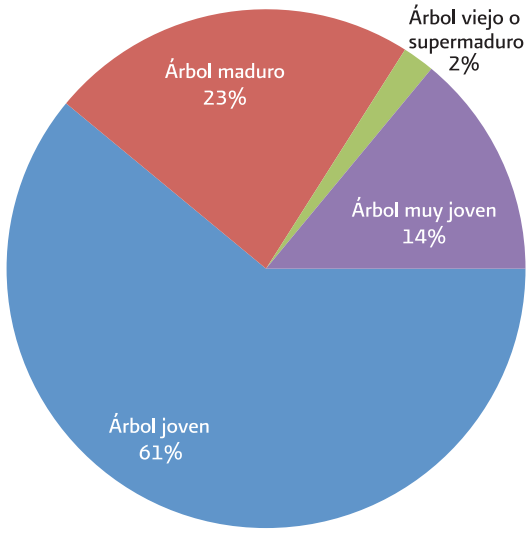



**Figura 40.** Distribución de la estimación por edad en el arbolado.

En cuanto a la edad estimada (ver definición de parámetros en Tabla 17), del total de árboles vivos medidos (Figura 40) 61 por ciento es arbolado joven, 14 por ciento es arbolado muy joven y 23 por ciento corresponde a árboles maduros, mientras que arbolado viejo apenas se registra 2 por ciento de los individuos evaluados. Esto puede indicar que los bosques y las selvas del país son formaciones dinámicas en consolidación, que en varias de las zonas forestales evaluadas, los bosques y las selvas son de segunda y tercera generación. Es importante considerar esto en los cálculos de existencias maderables y ritmos de crecimiento (tiempo de paso), esperando que los volúmenes sean regulares en virtud de las dimensiones que este tipo de arbolado puede alcanzar y la tasa de crecimiento será alta en el caso de que la mayoría del arbolado esté en la etapa de crecimiento intenso.

**Tabla 17.** Definición de parámetros para estimar la edad del arbolado.

| Concepto | Definición |
|---|---|
| Árbol muy joven | Generalmente brinzales, altura variable, diámetro variable, crecimiento activo. |
| Árbol joven | Puede corresponder a la etapa de latizal, sin embargo puede tener altura y diámetro normal variable arriba de los 10 centímetros. Forma de copa pronunciada que denota crecimiento activo. |
| Árbol maduro | Presentan los mayores diámetros normales y las alturas máximas típicas de la especie. Puede semejarse al concepto de fustal. El crecimiento se reduce, la forma de la copa se hace más redondeada. |
| Árbol viejo o supermaduro | Árboles sin crecimiento vertical y transversal aparente, generalmente diámetros normales mayores a 30 centímetros, suelen ser los dominantes. |

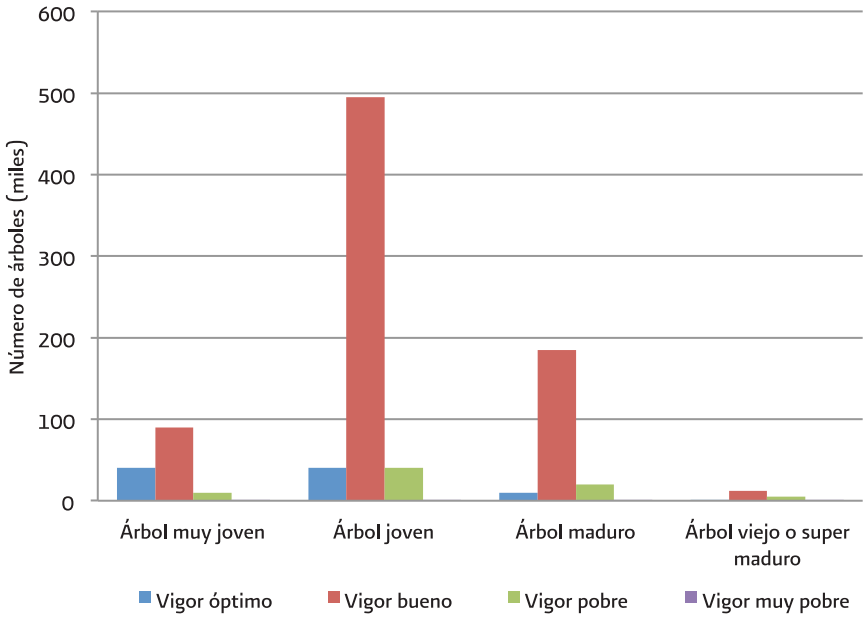



**Figura 41.** Distribución del arbolado medido en campo de acuerdo con el vigor y su relación con la edad del individuo.

Analizando la condición de vigor con la edad del arbolado (Figura 41), obsérvese que en general el arbolado que predomina son los individuos jóvenes con buen vigor. A esta condición se le puede sumar los individuos de las otras categorías de edad con vigor bueno más los que aparecen con vigor óptimo. Se puede concluir que la vegetación arbórea está en relativo buen estado de salud.

## Regeneración natural de las masas forestales

Uno de los procesos naturales que más interesa desde la perspectiva del manejo forestal y la conservación de la biodiversidad es el establecimiento y desarrollo de la regeneración natural. En la actualidad es evidente que la presión demográfica y la necesidad de producir más alimentos han ejercido una influencia notable sobre los ecosistemas primarios. Esta situación, aunada a la creciente demanda de los productos provenientes de los ecosistemas forestales, hace necesario conocer la dinámica de la regeneración de las especies que integran estos ecosistemas para así poder hacer estimaciones que permitan conocer cómo será la composición florística del área que se está manejando y, a su vez, cómo estarán representadas las especies que tienen demanda en el mercado.

La regeneración de las plantas es un proceso dinámico a través del cual nuevos individuos se incorporan a la población reproductora a medida que otros desaparecen como resultado de la mortalidad natural (Harper, 1977). En el caso de las especies leñosas, este proceso involucra una serie de transiciones entre estados (flores, semillas, plántulas, brinzales y adultos) que implican pérdidas en potencial reproductivo debido a la actuación de factores abióticos y bióticos, cuyo efecto combinado determina el resultado final en número de nuevos individuos adultos (Pulido, 2002). La regeneración natural constituye la base fundamental para la renovación y continuidad de las especies en los ecosistemas forestales.

En las selvas, la gran diversidad de especies se mantiene mediante la llamada "dinámica de regeneración natural", que juega un papel sobresaliente en la conservación y manejo de recursos forestales tropicales; sin embargo, dirigir la regeneración natural de los ecosistemas forestales tropicales para favorecer a

las especies deseadas ha sido y sigue siendo uno de los mayores retos de los silvicultores tropicales (Centeno, *et al.*, s/año).

Los bosques de las zonas templadas se caracterizan por una diversidad comparativamente baja de especies arbóreas, siendo frecuentemente dominados por una sola especie (Pulido, 2002). Así, la dinámica de la regeneración de estas especies condiciona en gran medida los procesos esenciales a nivel de ecosistema y la historia vital de los organismos que dependen de ellas. Ésta es la razón por la que la falta de regeneración en las poblaciones de estas especies puede tener consecuencias muy significativas desde el punto de vista del mantenimiento de su capacidad productiva y de la conservación de los ecosistemas forestales y la diversidad biológica asociada (Pulido, 2002).

En el caso de las áreas forestales sometidas a explotación, la incidencia de las prácticas forestales suele alterar profundamente los parámetros de los que depende la regeneración (Perry 1998, citado por Pulido, 2002).

Estrada (1997) menciona que algunos investigadores han señalado que la agregación de la vegetación puede estar influida por patrones de disturbio espacialmente limitadas y, por lo tanto, incrementa su heterogeneidad espacial. Otros han observado que el establecimiento de la regeneración es espacialmente variable por factores tales como el grado de cobertura arbórea o luminosidad sobre el sitio, el espesor del mantillo orgánico, el número de árboles padres y su espaciamiento, la especie arbórea, entre otros. En consecuencia, la regeneración natural en los bosques de México ha dependido de una serie de factores tanto externos como internos que la limitan (Estrada, 1997).

De igual manera, el autor señala que no existen metodologías estandarizadas, basadas en consensos de investigación, para evaluar la densidad de la regeneración en ecosistemas forestales: muchos han sido los trabajos que al respecto se han elaborado, con propósitos distintos, con diferentes métodos o esquemas de muestreo, forma y tamaño de los sitios, distribución de los mismos y las variables a medir.

Bajo estas consideraciones, a continuación se presentan los resultados que con base en los datos del INFyS 2004-2009 se han obtenido para el concepto de regeneración o repoblado.

La metodología establece que en cada conglomerado (UMP de una hectárea de superficie) se levanten cuatro unidades de muestreo secundarias (UMS, de 400 m2 de superficie), distribuidas en forma de "Y" invertida (véase el Anexo 8). Dentro de estas UMS o sitios de muestreo de forma circular y de manera concéntrica para las formaciones de bosques, comunidades áridas y semiáridas y palmares se coloca un subsitio de 12.56 m², donde se mide y registra por género, la frecuencia y algunas variables cualitativas de la regeneración natural, considerando aquellos renuevos que tengan como mínimo 25 centímetros de altura hasta la altura que alcancen, siempre que el diámetro normal sea menor de 7.5 centímetros. Esto mismo aplica para las formaciones de selvas altas, medianas y bajas, petén, selva de galería, manglar, popal, tular y vegetación halófila-hidrófila, excepto que en este caso, la forma del subsitio es cuadrada, aunque de la misma superficie (12.56 m²).

**Registro de especies**

En cuanto a la diversidad de géneros y especies, del registro nacional que contabiliza 3,376 denominaciones para especie, 2,511 corresponden a especies reportadas en el apartado "Repoblado" (estos registros pueden repetirse en el apartado "Arbolado"); asimismo, de 994 denominaciones para género a nivel nacional, 837 aparecen en el repoblado.

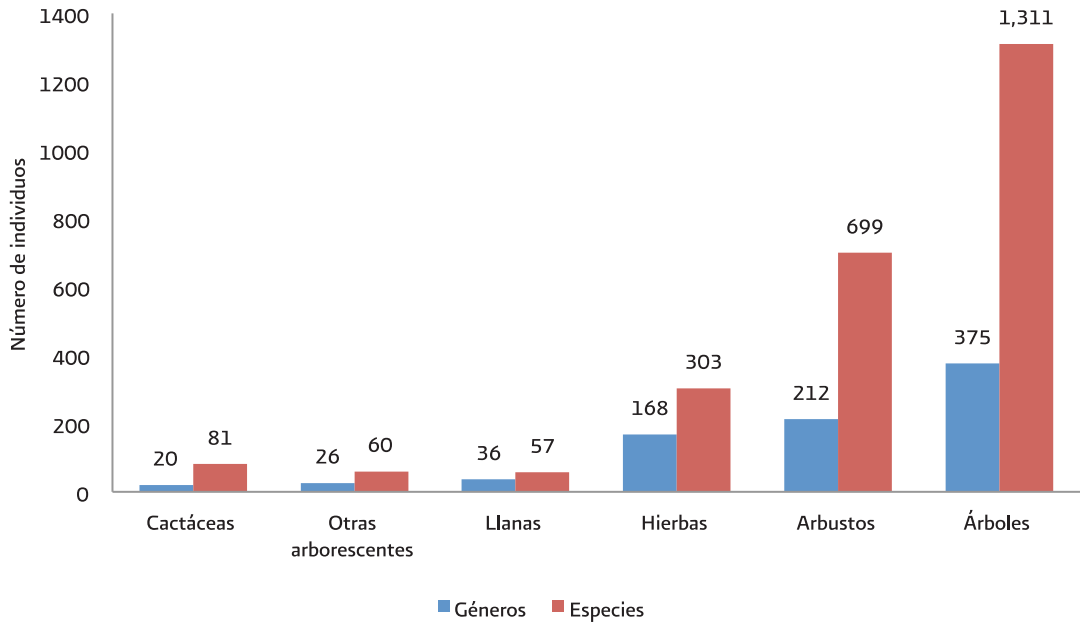



**Figura 42.** Distribución de géneros y especies conforme con la forma biológica.

Como puede observarse en la Figura 42, la mayor parte de las denominaciones para género y especie corresponden a la forma biológica de árbol, siendo secundados por los géneros y las especies de tipo arbustivo. También hay vegetación herbácea y especies que podrían estar en algún estatus, como las cactáceas y algunos elementos dentro del grupo de otras arborescentes, pues en este quedan incluidos las palmas, los helechos y las yucas.

En términos de proporción, del total de registros para especie del repoblado, 52 por ciento son árboles, 28 por ciento arbustos y 12 por ciento hierbas, quedando en proporciones casi similares las cactáceas, lianas y otras arborescentes (Figura 43).

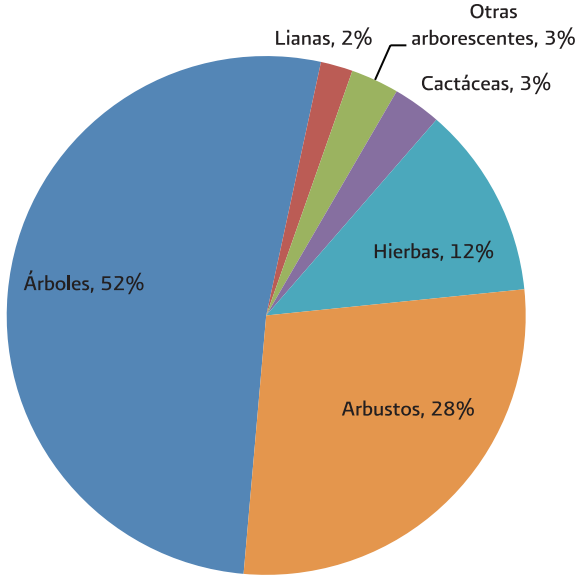



**Figura 43.** Distribución porcentual del registro de especies por su forma biológica.

De igual manera, en cuanto a las denominaciones para género, 45 por ciento son árboles (375 registros), 25 por ciento son arbustos (212 registros) y 20 por ciento son hierbas (168 registros). Se tienen 20 géneros para cactáceas, 26 para otras arborescentes y 36 géneros tienen hábitos trepadores como bejucos, lianas y enredaderas (Figura 44).

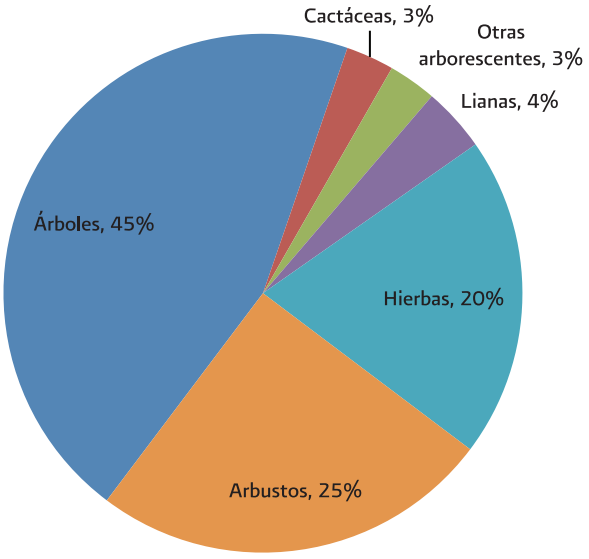



**Figura 44.** Distribución porcentual del registro de géneros por su forma biológica.

## Tallas del renuevo

También se tomó la variable de altura del renuevo. De acuerdo con el Manual para el muestreo de campo y el formato correspondiente, se establecieron rangos de altura para el repoblado. Estos rangos son diferentes según el tipo de vegetación de que se trate. No obstante, con el propósito de presentar los resultados de manera homogénea, para las formaciones de bosques y selvas se ha optado por manejar dos rangos de altura que describan aquellas plantas que están entre 25 centímetros y 2.75 metros y aquellas otras que tienen una talla mayor a los 2.75 metros pero que tengan un diámetro normal menor a 7.5 centímetros.

En términos generales, las masas arboladas aparecen con 80 por ciento del renuevo en el rango de 25 centímetros a 2.75 metros de altura, mientras que sólo 20 por ciento de la regeneración tendría tallas por arriba de los 2.75 metros. Estos rangos son muy amplios pero permiten pronosticar una baja tasa de reclutamiento hacia la categoría diamétrica mínima de 10 centímetros, considerada como de interés forestal.

En los bosques de coníferas, latifoliadas y mixtos, la frecuencia de renuevos de 25 centímetros a 2.75 metros es por mucho superior a los renuevos con talla mayor de 2.75 metros; más aún, las alturas que predominan son de plantas que no rebasan 1.5 metros de altura (Figura 45). De acuerdo con la formación vegetal, los bosques mixtos aparecen con las frecuencias más altas en las diferentes clases de altura del renuevo, lo que obedece a la presencia del género *Quercus*, mismo que manifiesta el mayor número de individuos registrados (Figura 46).

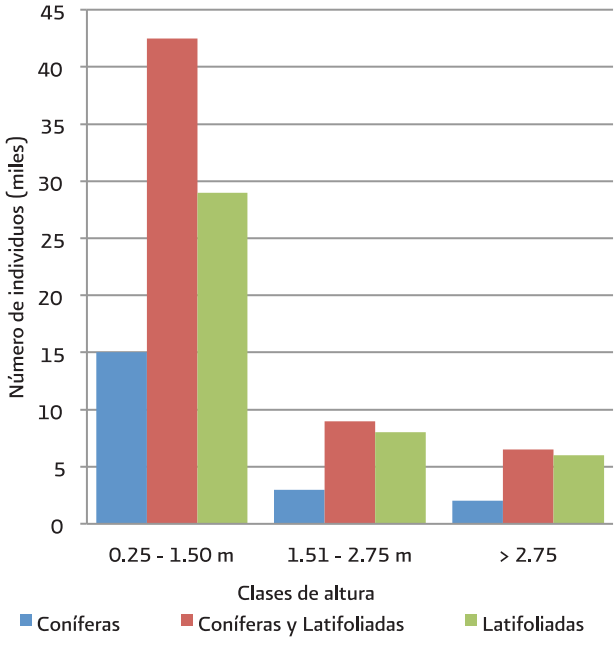



**Figura 45.** Distribución de frecuencias por clase de altura para renuevos de bosques templados, con base en datos del INFyS 2004-2009.

En la Figura 46 se observa que el género *Quercus* es el que presenta el número más amplio de individuos como regeneración natural, lo que se explica por la capacidad adaptativa que tiene este género, la amplia distribución de acuerdo a las diferentes condiciones climáticas y de suelo, la capacidad de regeneración tanto por semilla como por rebrotes, el ser una especie tolerante o de tolerancia intermedia y, finalmente, por la influencia directa o indirecta que ejercen los disturbios, tanto de orden natural como antropógeno (Zavala, 2000).

En la misma figura puede apreciarse que el género *Pseudotsuga* mantiene los niveles más bajos de regeneración, por lo que aparece como género vulnerable que amerita un trato especial para su manejo y conservación. *Abies* también registra bajos niveles de renuevo; esto se debe a que el género requiere condiciones particulares para su desarrollo, lo que restringe las áreas propicias para su distribución, aunado a la presión que los asentamientos humanos y cultivos como el de la papa ejercen sobre las áreas de distribución.

Para el género *Pinus*, 85 por ciento de los brinzales registrados están por debajo de los 2.75 metros de altura, por lo que se esperaría una baja tasa de incorporación a la categoría diamétrica mínima de 10 centímetros.

En el ecosistema de selvas el patrón de distribución del renuevo respecto de los rangos de altura establecidos es similar al que presentan los bosques templados aunque, de acuerdo con el formato de campo (Anexo 8), se registran otros rangos que subdividen la clase de 25 centímetros a 2.75 metros de altura (Figura 47). En este caso, en las selvas altas y medianas predominan las tallas menores a un metro, aunque la frecuencia de la clase mayor a los 2.75 metros representa aproximadamente 57 por ciento de esta clase.

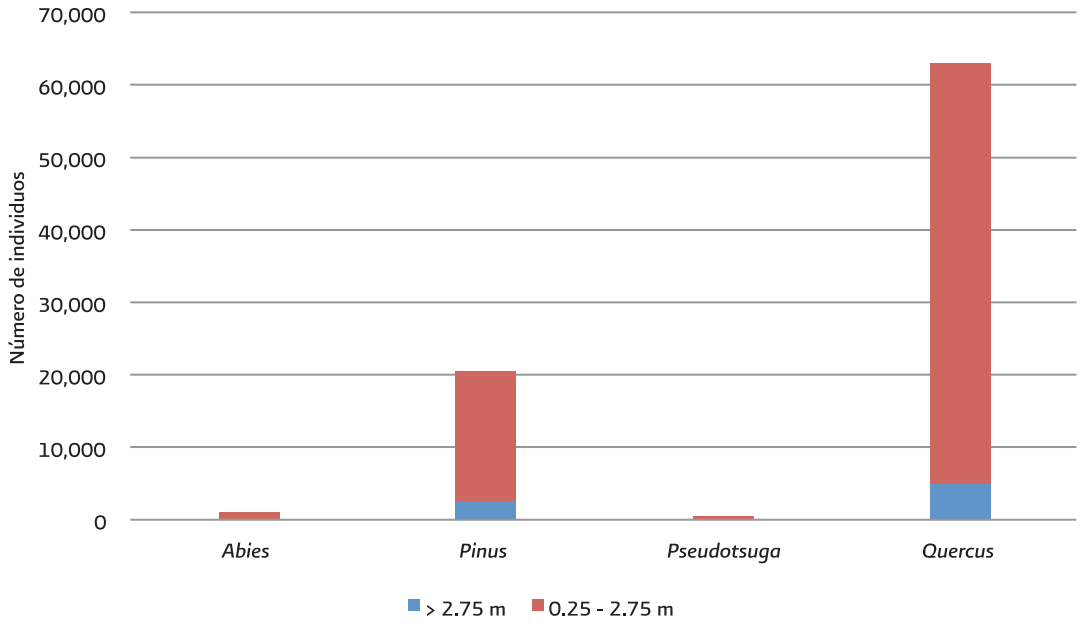



**Figura 46.** Frecuencia de renuevos por clase de altura en los géneros propios de bosques templados.

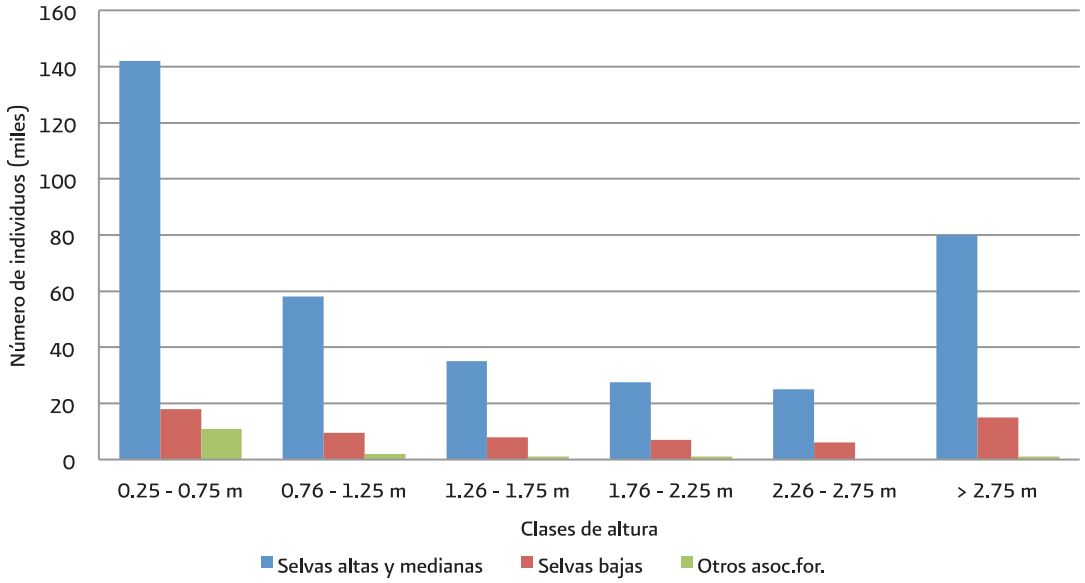



**Figura 47.** Distribución de frecuencias por clase de altura para renuevos del ecosistema de selvas, con base en los datos del INFyS 2004-2009.

En la Figura 48 puede verse la variación que existe entre el número de renuevos por especie dentro de las dos categorías de altura generalizadas. Los casos de *Cedrela* y *Swietenia* son claros, presentan valores bajos en ambas categorías, lo que puede ser explicado por la explotación dirigida que ha existido sobre estos géneros, considerados como maderas preciosas, aunque también se debe a la ecología propia de las especies. Desde el punto de vista de la sucesión ecológica, *Swietenia* es un género de vegetación primaria, de las etapas finales en la sucesión y constituye formaciones clímax, por lo que al existir disturbios en el ecosistema, otras especies son las que ocupan los primeros espacios, impidiendo en algunos casos, la regeneración de éste y otros géneros de alta importancia forestal.

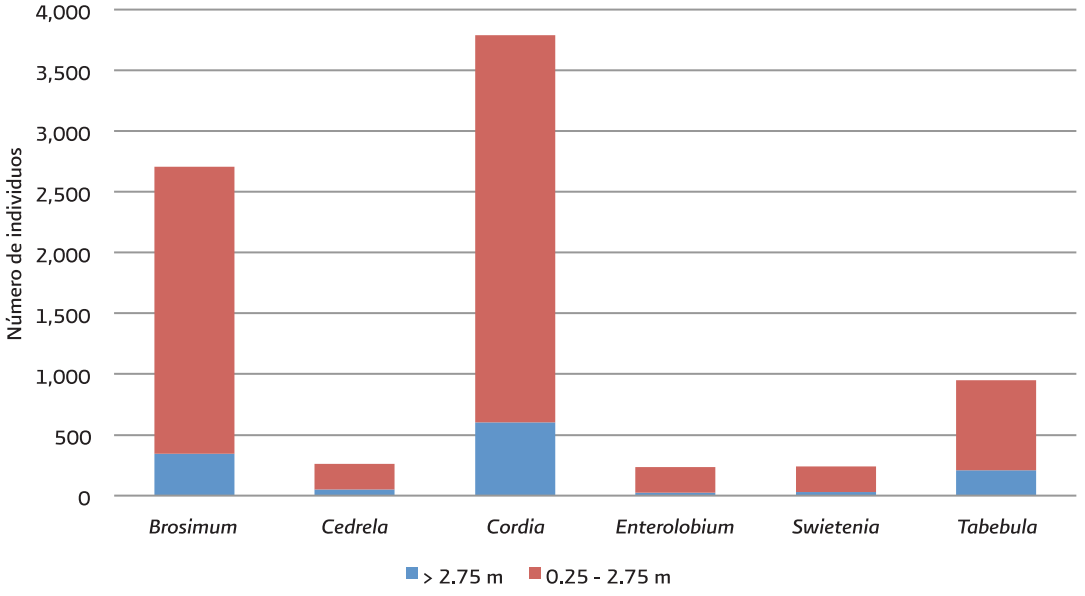



**Figura 48.** Frecuencia de renuevos por clase de altura para géneros propios del ecosistema de selvas.

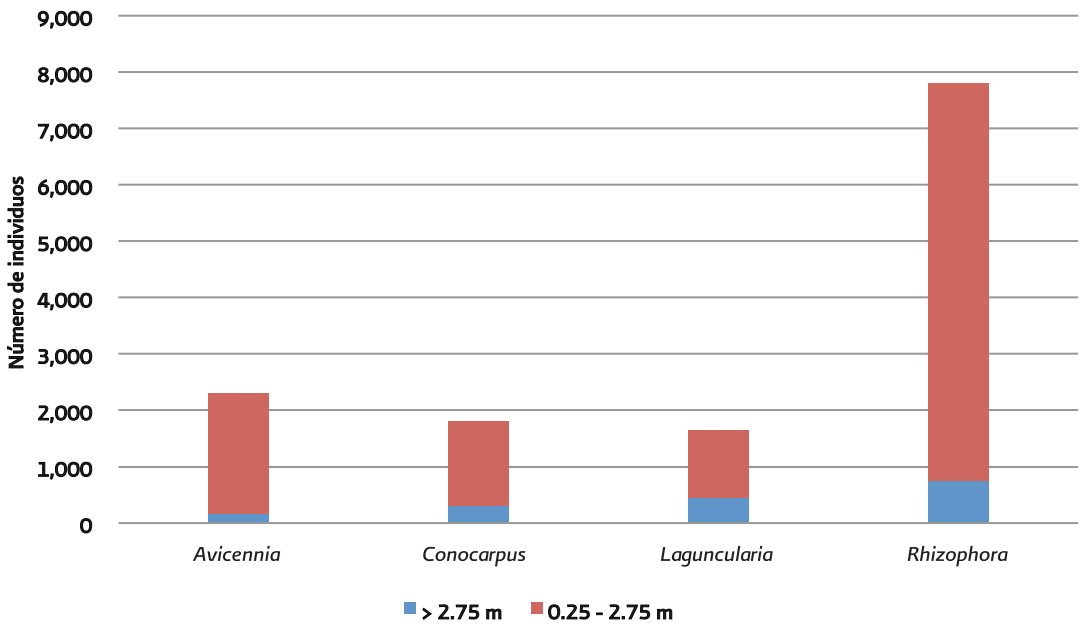



**Figura 49.** Frecuencia de renuevos por clase de altura en los géneros que componen los manglares en México.

Por su parte, los manglares poseen un mecanismo eficaz de regeneración natural, sobre todo en el interior de los rodales que no han tenido problemas de degradación. Debido a la inundación diaria o periódica de las mareas y a la sedimentación de partículas de suelo transportadas por el agua, el lecho del bosque es blando y siempre idóneo para la regeneración, no requiriendo normalmente ningún tipo de preparación del terreno (Hussain, 1995).

Otro fenómeno importante en gran número de especies de mangle (*Rhizophora*) es que la semilla se desarrolla en plántalas mientras siguen estando adheridas al árbol madre. Este fenómeno se conoce como viviparidad. Existe un segundo grupo que incluye especies como *Laguncularia* y *Avicennia*, en el que el embrión de las especies, aunque se desarrolla dentro del fruto, no crece lo suficiente como para romper el pericarpio (especies criptovivíparas). Sin embargo, todas estas especies producen semillas flotantes que se propagan exclusivamente por el agua y que pueden llegar a cualquier rincón del bosque inundado por las mareas (Hussain, 1995).

En la Figura 49 se presenta la distribución del renuevo de mangle por clase de altura y por género. El género *Rhizophora* aparece con el mayor número de individuos cuya talla se concentra entre los 25 centímetros y los 2.75 metros. Los otros tres géneros, con un patrón de distribución de tallas similar, presentan alturas del renuevo muy homogéneas.

En los ecosistemas de zonas áridas y semiáridas la regeneración de las especies suele seguir estrategias muy diversas para asegurar su permanencia y sobrevivir bajo la escasez de agua. La regeneración asexual suele ser una de ellas; en especies como *Agave lechuguilla* y *Euphorbia antisyphilitica*, ésta es la forma más común y exitosa de lograr la regeneración (Aldana, 2007). Por otro lado, generalmente los terrenos forestales áridos y semiáridos están cubiertos por vegetación más bien arbustiva, formando matorrales, donde los elementos arbóreos son poco comunes o tienen formas biológicas diferentes a las de un árbol típicamente definido.

La información levantada por el INFyS 2004-2009 para este tipo de formaciones vegetales, en términos de las clases de altura (Figura 7), no permite hacer un análisis adecuado sobre el estado de la regeneración toda vez que se utiliza como talla mínima a medir los 25 centímetros. Esta talla de 25 centímetros, en especies como *Agave lechuguilla*, por ejemplo, resulta ser la mínima considerada para el aprovechamiento comercial –tal como lo establece la Norma Oficial Mexicana para la especie, NOM-008-RECNAT-1996 (Semarnap, 1996), la cual establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de cogollos–, por lo que los datos de campo que fueron tomados en el presente inventario no están registrando realmente la regeneración, sino más bien se refiere a datos de individuos adultos. Esta situación puede observarse en otra especie de interés no maderable como la *Euphorbia antisyphilitica* (candelilla).

Como ejemplo de la distribución por clase de altura para el renuevo de vegetación de zonas áridas y semiáridas, obsérvese la Figura 50, donde se podrá constatar que la mayoría de los elementos medidos estuvieron en el rango de los 25 a los 50 centímetros que, para el caso de la lechuguilla, por ejemplo, ampliando el rango hasta los 75 centímetros, son las tallas que prevalecen para la vegetación adulta. Por tal razón se recomendará hacer los ajustes pertinentes al formato de campo para los re-muestreos posteriores considerados por el INFyS.

**Densidad de la regeneración**

El mantenimiento y persistencia de una especie forestal dentro de su ecosistema se debe no solo a una estrategia particular, sino más bien a una combinación de éstas, así como a diversas interacciones y sucesos tales como la producción de semillas, las condiciones de germinación, distribución espacial, densidad del renuevo y la depredación, tanto de semillas como de plántulas (Puir, 1993, citado por Estrada, 1997).

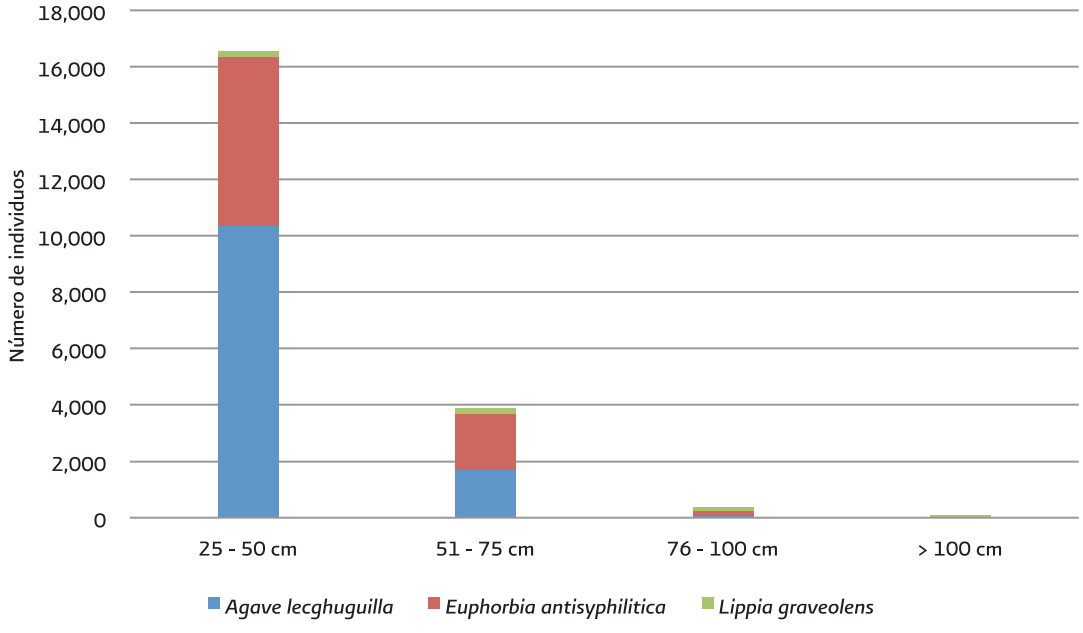



**Figura 50.** Frecuencia de plantas por categoría de alturas de las especies propias de la vegetación de zonas áridas y semiáridas.

Por su parte Pritchett (1986) señala que la capacidad de una especie arbórea para prosperar y competir con éxito sobre una localidad determinada es influida tanto por factores internos (constitución fisiológica del árbol) como por factores externos (ambiente). La integración de éstos determina la productividad forestal.

A decir de Estrada (1997), no existen metodologías estandarizadas para evaluar la regeneración natural. Sin embargo, señala que las dimensiones, el número y la forma del establecimiento espacial de los sitios de muestreo son fundamentales en la evaluación de la densidad de la regeneración.

A manera de referencia, en la evaluación de la regeneración natural en bosques de pino que realizó en la Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal (UCODEFO) número 4 del estado de Durango, Estrada (1997), encontró una gran variabilidad en la densidad de la regeneración, obteniendo valores del orden de 189 a 23,024 plántulas por hectárea, con una media de 4,208 plántulas por hectárea y una desviación estándar de 7,564 plántulas por hectárea. Esto habla de la gran heterogeneidad presente en este aspecto de la ecología de las especies y de los ecosistemas mismos. Por su parte, Encinas *et al*. (2009), reportan una baja densidad de renuevo en la Sierra de Zapalinamé, Coahuila.

Aplicando los estimadores de razón para obtener la densidad de la regeneración para el género *Pinus*, tomando como base los datos generados por el INFyS 2004-2009 en el rango de alturas de 25 a 275 centímetros, se ha obtenido una densidad promedio por hectárea de 579 plantas para los bosques de pino, 740 en bosques de pino-encino y 412 plantas por hectárea en bosques de encino-pino, mientras que para el rango de alturas mayores a 2.75 metros pero con diámetro normal menor a 7.5 centímetros, se encontraron 115 plantas por hectárea en bosques de pino, 128 en bosques de pino-encino y 66 en bosques de encino-pino. En las tablas 18 y 19 podrán observarse estos datos junto con los coeficientes de variación estimados, señalando que aunque hay otros tipos de vegetación que aparecen con densidades mayores, los coeficientes de variación son muy altos, reduciéndose la confiabilidad en los valores obtenidos, respectivamente.

Comparando estos resultados con los obtenidos por Estrada (1997), aparentemente resultarían bajos, pues no se acercan ni mínimamente a los datos promedio, mas habría que considerar que, en el caso de los datos del INFyS, no se toman en cuenta las plántulas menores a 25 centímetros de altura. Adicionalmente, el INFyS calcula promedios nacionales, por lo que no se descarta que al hacer los análisis a nivel local, los resultados sean diferentes, esperando valores superiores a los promedios nacionales y muy cercanos a los reportados por Estrada (1997).

Con base en los datos levantados por el INFyS 2004-2009, se reportan las densidades promedio por hectárea de la regeneración para las diferentes formaciones (Tabla 20). Aquí se muestra que son las selvas altas y medianas las que registran el mayor número de individuos con casi 16,000 renuevos por hectárea, mientras que las selvas bajas reportan 6,000. Los bosques templados presentan valores menores de entre 2,000 y 2,600 brinzales por hectárea.

Las formaciones no arboladas aparecen con valores altos de repoblado, sin embargo, la metodología utilizada no hace una diferenciación adecuada entre los renuevos y los individuos adultos de las especies, sobre todo de zonas áridas, por lo cual no pueden ser considerados como datos de regeneración para estas formaciones.

**Tabla 18.** Densidad de la regeneración del género *Pinus* por tipo de vegetación, para el rango de 25 a 275 centímetros de altura del brinzal.

| Tipo de vegetación | Plantas / ha | *E (%) |
|---|---|---|
| Bosque de oyamel (BA) | 208 | 54.75 |
| Bosque de cedro (BB) | 398 | 56.27 |
| Bosque cultivado (BC) | 3,416 | 95.41 |
| Bosque de táscate (BJ) | 226 | 26.62 |
| Bosque mesófilo (BM) | 348 | 24.94 |
| Bosque de pino (BP) | **579** | **6.10** |
| Bosque de pino-encino (BPQ) | **740** | **4.38** |
| Bosque de encino (BQ) | 166 | 11.79 |
| Bosque de encino-pino (BQP) | **412** | **7.09** |
| Bosque de ayarín (BS) | 227 | 55.43 |
| Matorral desértico rosetófilo (MDR) | 274 | 54.87 |
| Chaparral (ML) | 128 | 27.96 |
| Matorral submontano (MSM) | 66 | 100.00 |
| Selva baja caducifolia (SBC) | 88 | 99.54 |
| Selva mediana subcaducifolia (SMS) | 199 | 100.00 |

**Error estándar.*

**Tabla 19.** Densidad de la regeneración del género *Pinus* por tipo de vegetación, para el rango de altura del brinzal mayor a 2.75 metros y diámetro normal menor de 7.5 centímetros.

| Tipo de vegetación | Plantas / ha | *E (%) |
|---|---|---|
| Bosque de oyamel (BA) | 48 | 99.97 |
| Bosque cultivado (BC) | 59 | 99.54 |
| Bosque de táscate (BJ) | 36 | 58.92 |
| Bosque mesófilo (BM) | 43 | 48.00 |
| Bosque de pino (BP) | **115** | **9.46** |
| Bosque de pino-encino (BPQ) | **128** | **6.92** |
| Bosque de encino (BQ) | 18 | 20.16 |
| Bosque de encino-pino (BQP) | **66** | **25.88** |
| Chaparral (ML) | 7 | 100.00 |
| Selva mediana subcaducifolia (SMS) | 66 | 100.00 |

**Error estándar.*

**Tabla 20.** Densidad promedio de la regeneración natural por formación, con base en los datos del INFyS 2004-2009.

| Formación | Número de individuos / ha | *E (%) |
|---|---|---|
| Coníferas | 2,496 | 5.67 |
| Coníferas y latifoliadas | 2,682 | 2.20 |
| Latifoliadas | 1,924 | 3.07 |
| Selvas altas y medianas | 15,961 | 1.41 |
| Selvas bajas | 6,088 | 4.23 |
| Otras asociaciones forestales arboladas | 10,539 | 9.26 |
| Zonas semiáridas | 8,644 | 3.13 |
| Zonas áridas | 13,497 | 4.24 |
| Otras áreas forestales | 8,081 | 17.07 |

**Error estándar.*

Aplicando la técnica de la interpolación, de acuerdo con la Figura 51, las selvas tropicales de la Península de Yucatán son las que presentan una mayor densidad de regeneración al registrar valores de 4,000 a más de 15,000 brinzales por hectárea. De acuerdo con la Tabla 19, las selvas altas y medianas aparecen con una densidad promedio cercana a las 16,000 plantas por hectárea, mientras que la mayor parte de los bosques templados registran valores bajos que están representando densidades menores de 4,000 plantas, predominando valores entre 300 y 1,000 individuos por hectárea. En la Tabla 17 puede observarse que los valores promedio son menores de 3,000 individuos por hectárea tanto para los bosques de coníferas como para los bosques mixtos. Los bosques de latifoliadas presentan la densidad más baja, con menos de 2,000 individuos por hectárea. No obstante, puede considerarse que hacia la parte norte de la Sierra Madre Occidental la regeneración en bosques templados es mejor, ya que muestran una distribución de densidades mayores a 5,000 plantas por hectárea.

**Estado de salud del repoblado**

En la descripción de los sitios de muestreo que se hace con el levantamiento de datos en campo del INFyS 2004-2009, son consideradas variables cualitativas que permiten valorar la condición de la regeneración más allá de la densidad y su distribución espacial; tienen que ver con la salud del individuo. Esta información coadyuva en la identificación de áreas y especies susceptibles a cualquier agente de perturbación, pero también permite identificar los agentes que, estando presentes, aparecen como potenciales generadores de disturbio.

De acuerdo con el Manual de campo (Anexo 8), una de las variables a considerar es el vigor de la regeneración. En este rubro, de las cinco categorías establecidas para calificar esta variable, la condición de "vigor bueno" es la más abundante, esto es que del total de individuos valorados, 87 por ciento manifiesta una buena capacidad para desarrollarse y crecer hasta alcanzar el estado adulto. Sólo 5 por ciento de

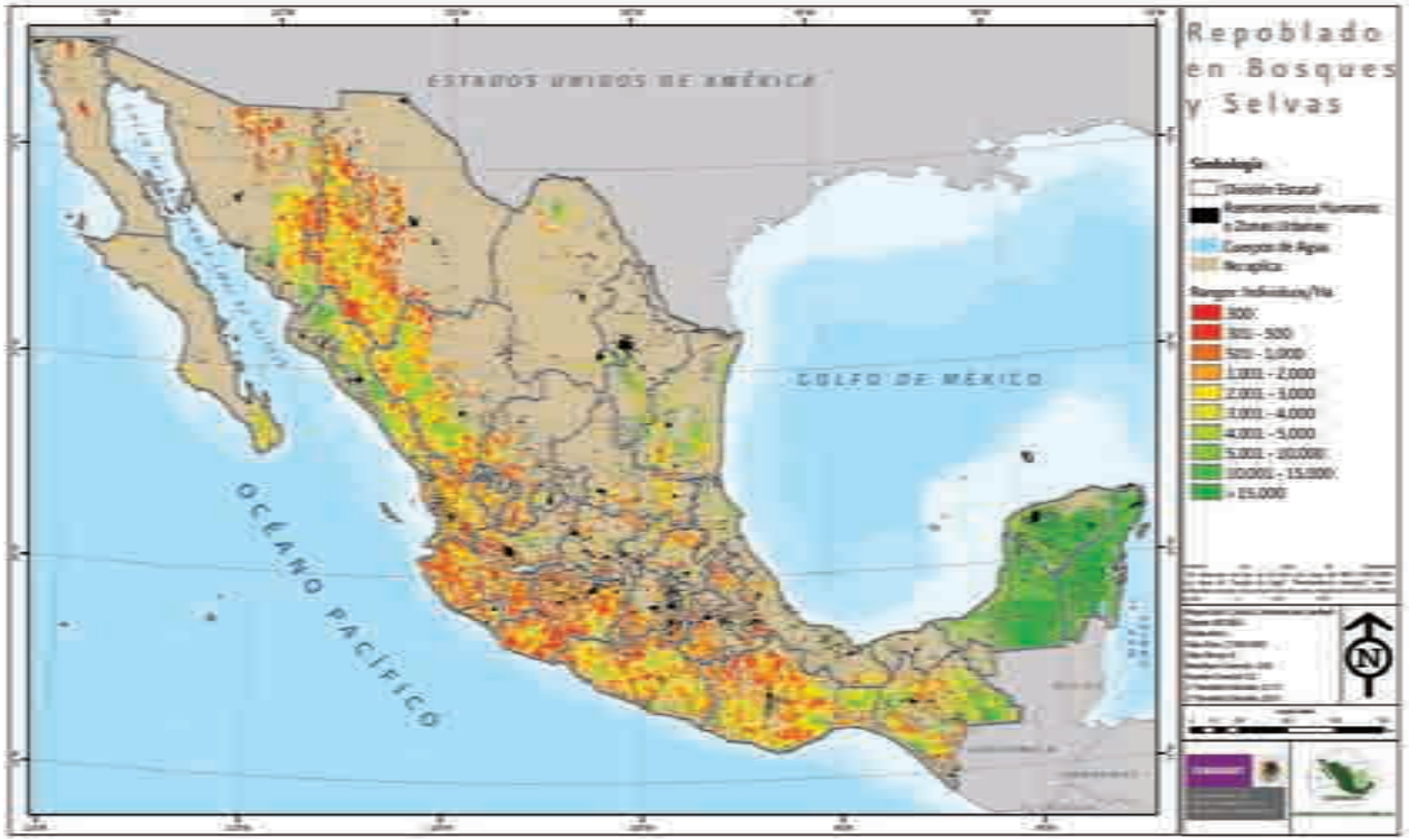



**Figura 51.** Situación de la regeneración de las masas forestales en los bosques y selvas del país, con base en los datos del INFyS 2004-2009.

los individuos alcanza la condición de óptimo vigor. Los renuevos y vegetación arbustiva que presentan un vigor pobre a muy pobre o sin vigor, suman 8 por ciento del total de las mediciones realizadas (Figura 52).

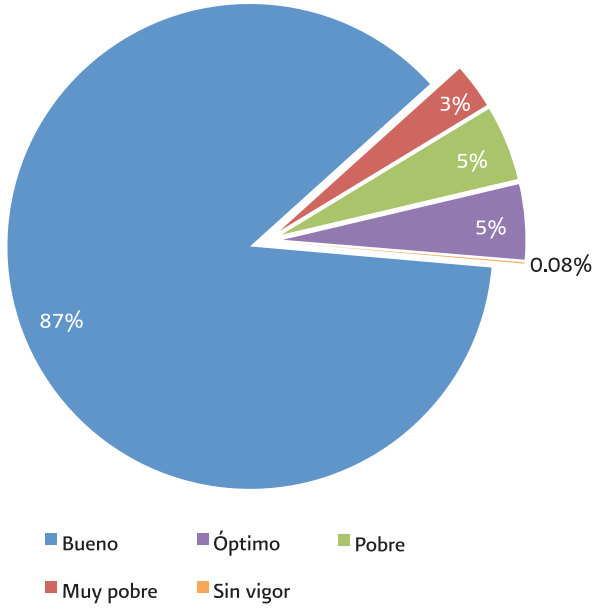



**Figura 52.** Condición de vigor en el repoblado.

Cabe hacer la observación que, no obstante la definición del concepto de vigor, la calificación de esta variable cualitativa es inherente a la apreciación del brigadista (personal que levanta los datos de campo), a su conocimiento y experiencia que tenga de la especie y la estacionalidad de la formación vegetal; esto es, al entendimiento que exista sobre la fenología de las especies vegetales y las relaciones con las condiciones ambientales del momento de la toma de datos. Una valoración puede diferir para el mismo sitio si los datos se toman en la época de estaje o en la época de lluvias, pues según el tipo de vegetación, habrá sitios con vegetación que tira la hoja en invierno (decidua) o sitios con vegetación cuyo follaje aparece siempre verde y permanente (especies perennifolias).

El vigor de una planta es la manifestación de un estado determinado de salud, por lo que la valoración del vigor debe asociarse con la condición de daño. A su vez, la asociación de ambos conceptos debe conducir a determinar la condición de salud del estrato arbustivo y de la regeneración en las masas forestales.

En el Inventario se registra tanto la manifestación del daño sobre el individuo como la proporción de individuos que presentan ese tipo de afectación. Sólo se está indicando la presencia de algún signo que denota la existencia del agente causal sobre el individuo de interés (el renuevo); así por ejemplo, se puede registrar la presencia de insectos sin llegar a manifestarse necesariamente como plagas (ver definiciones correspondientes). No obstante, el registro de la proporción de individuos dañados por agente causal sí puede ser considerado como indicador de una amenaza potencial sobre la salud del renuevo.

De acuerdo con los resultados del análisis, 87 por ciento del renuevo aparece con buena salud al no presentar daños aparentes (ausencia de daño) y al observar una condición de buen vigor. No obstante, 5 por ciento registra daño intenso al encontrarse que más de 76 por ciento de los individuos del conglomerado estaban afectados por un agente causal determinado (Figura 53). Esta información es importante en la determinación de zonas de atención y en la implementación de sistemas de alerta temprana fitosanitaria.

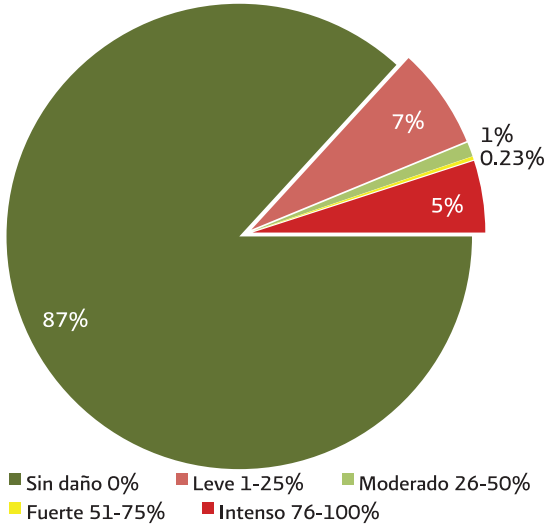



**Figura 53.** Frecuencia de individuos del renuevo y estrato arbustivo por grado de afectación de cualquier agente causal de daño.

En el 13 por ciento del repoblado que presenta evidencias de daño y que aparece con vigor pobre o malo (Figura 52), la distribución de las afectaciones por agente causal señala a los insectos como el agente más frecuente (Figura 54). El pastoreo es el factor que le sigue en importancia, mientras que el daño humano directo, los incendios, las enfermedades y el viento aparecen con frecuencias relativamente bajas pero muy similares. Agentes como los rayos, los daños causados por el mismo aprovechamiento forestal y los roedores, manifiestan una presencia menor o igual a uno por ciento de los individuos valorados.

Cabe anotar que para el presente análisis no se están considerando los individuos que presentan algún daño pero en los que no se ha identificado el agente causal y que en la Base de Datos del INFyS 2004-2009 aparece como "Otros". Este concepto aparece con 21 por ciento de las frecuencias registradas por agente causal.

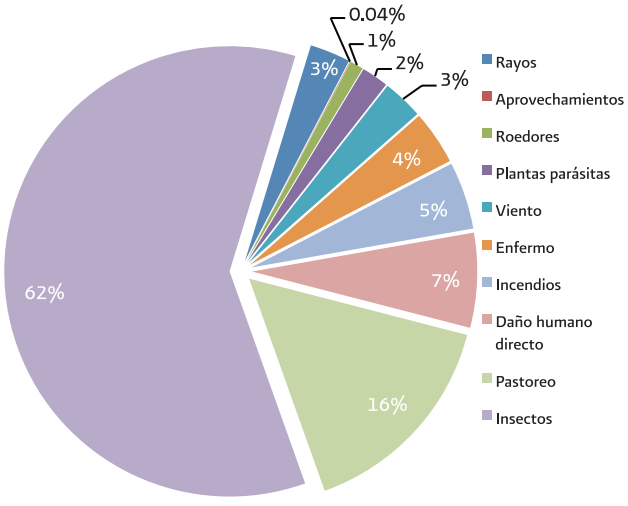



**Figura 54.** Distribución de daños en el repoblado por agente causal. Esta proporción corresponde al 13 por ciento del total de individuos medidos y valorados.

En cuanto a la intensidad de la afectación, entendida ésta por la proporción de individuos del renuevo y vegetación arbustiva que manifiesta la dominancia de algún factor de daño, se encontró que a un nivel leve (entre uno y 25 por ciento del arbolado dañado por el factor de disturbio), los insectos son el agente más común; en el nivel de afectación moderada (individuos dañados por el agente entre 26 y 50 por ciento) se encuentra una relación más o menos similar entre los insectos y el pastoreo como principales causas, mientras que en un nivel de afectación fuerte (entre 51 y 75 por ciento de la población) las afectaciones se distribuyen entre los insectos, el pastoreo y los incendios. En el nivel de afectación intenso, donde los daños se pueden observar entre 76 y 100 por ciento de la población, el principal agente de daño son los insectos, seguido por el pastoreo (Figura 55).

Este análisis apunta a tres agentes causales que deberán ser monitoreados y considerados en programas de prevención y protección de los recursos forestales, tanto en los planes de manejo forestal, a un nivel local, como en los programas estatales y federales que se implementes para la protección de los recursos forestales. Los agentes en cuestión son los insectos, el pastoreo y los incendios forestales.

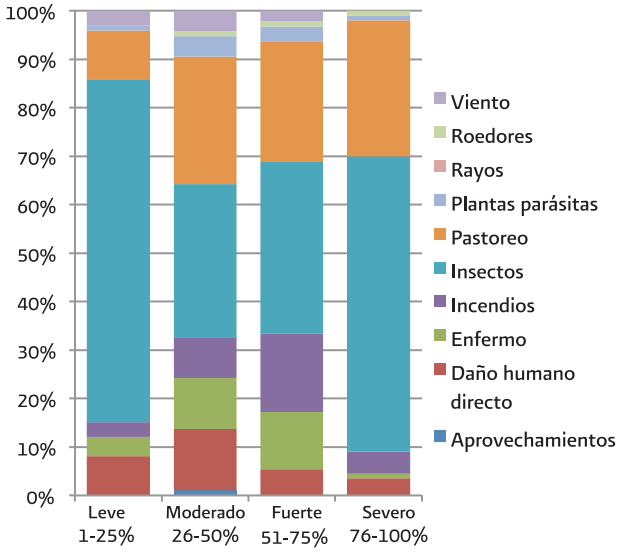



**Figura 55.** Proporción de individuos dañados por agente causal dominante.

## Registro de especies vegetales

La cubierta vegetal de México es una de las más variadas del planeta. La gran diversidad biológica se debe, por un lado, a las condiciones fisiográficas, geológicas y climáticas que presentan una amplia gama de variación y combinaciones, generando un mosaico de nichos ecológicos (Rzedowski, 1994). Sin embargo, también es importante el hecho de que la mayor parte del territorio mexicano es considerado por los biogeógrafos como la transición entre la región Neotropical, con elementos meridionales sudamericanos, y la región Neártica, con elementos boreales norteamericanos (Benítez y Neyra, 1997). Esto es lo que hace a México un país megadiverso.

No obstante, la prosperidad económica y la calidad de la vida humana son insostenibles sin ecosistemas saludables. Esta concepción es vital para lo que se ha dado en llamar "perspectiva ecológica", que reconoce la importancia de que las poblaciones humanas se consideren como parte de los ecosistemas mundiales y no al margen de ellos (CCA, 1997).

Este enfoque requiere de acciones decididas para pensar, planear y actuar en función de los ecosistemas, los cuales no conocen fronteras políticas. Esto ha llevado a definir regiones ecológicas que integran criterios y definen áreas que facilitan la planeación y la administración de los recursos ahí disponibles.

De acuerdo con la CCA (1997), los criterios usados para definir las diferentes regiones consideraron en primer lugar el uso de parámetros físicos y bioclimáticos, incorporando posteriormente factores geológicos, orográficos, edafológicos, climáticos, faunísticos, florísticos y humanos. En los mapas de América del Norte las regiones ecológicas se presentan en tres niveles de detalle que describen la distribución espacial de los ecosistemas, pero en este caso sólo se hará referencia, para fines de este informe, al Nivel I (Figura 56).

En el territorio nacional se encuentran representadas siete de las 15 regiones ecológicas definidas para América del Norte, de acuerdo con el Nivel I de representación, mismas que fueron tomadas de base para el análisis de algunos de los resultados plasmados en el presente informe (Figura 57). Estas regiones son:

1. Grandes Planicies (9)*
2. Desiertos de América del Norte (10)*
3. California Mediterránea (11)*
4. Elevaciones Semiáridas Meridionales (12)*
5. Sierras Templadas (13)*
6. Selvas Cálido Secas (14)*
7. Selvas Cálido Húmedas (15)*

### Géneros y especies en el INFyS 2004-2009

Como parte de los resultados obtenidos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos se ha generado el reporte de las especies que fueron registradas en el levantamiento de los datos de campo de 2004-2009. Es importante señalar que la información ha sido revisada y depurada para constituir un registro lo más actualizado posible en cuanto a las denominaciones taxonómicas se refiere; de igual manera, el nivel de precisión del registro sólo alcanza hasta el nombre de la especie, sin considerar al o los autores de la identificación. Se trabajó con los datos del apartado "Arbolado" y los correspondientes a "Repoblado". Para la definición del listado integral se unieron las dos bases de datos, eliminando los registros duplicados. El conteo se realizó a escala nacional y por región ecológica.

** El número entre paréntesis corresponde al consecutivo asignado en la clasificación Nivel I. Para mayor información sobre la descripción de las regiones ecológicas de México, remítase al Anexo 2 de este Informe.*




**Figura 56.** Regiones Ecológicas de América del Norte Nivel I (CCA, 1997).

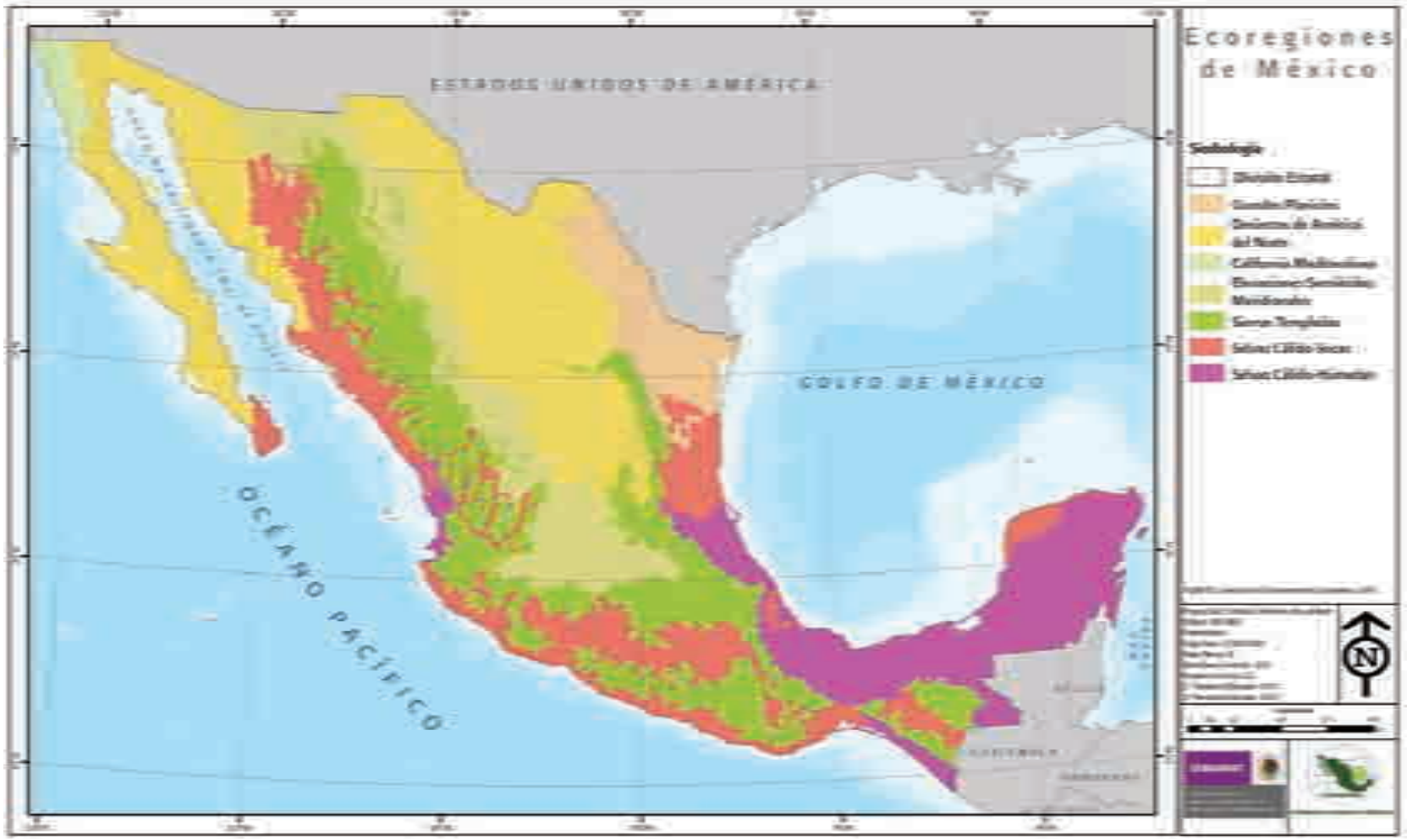



**Figura 57.** Regiones Ecológicas de América del Norte en México, de acuerdo con el Nivel I de clasificación (tomado de: Regiones Ecológicas de América del Norte. CCA, 1997).

En el ámbito nacional se contabilizaron 994 denominaciones taxonómicas para género y 3,376 denominaciones taxonómicas para especie (Anexo 3). Se observó un patrón de proporción inversa en cuanto a la abundancia de géneros y especies, pues un solo género registró el mayor número de especies (129 para *Quercus*), mientras que más de 50 por ciento del registro de géneros están representados por una sola especie, como se puede observar en el gráfico de la Figura 58.

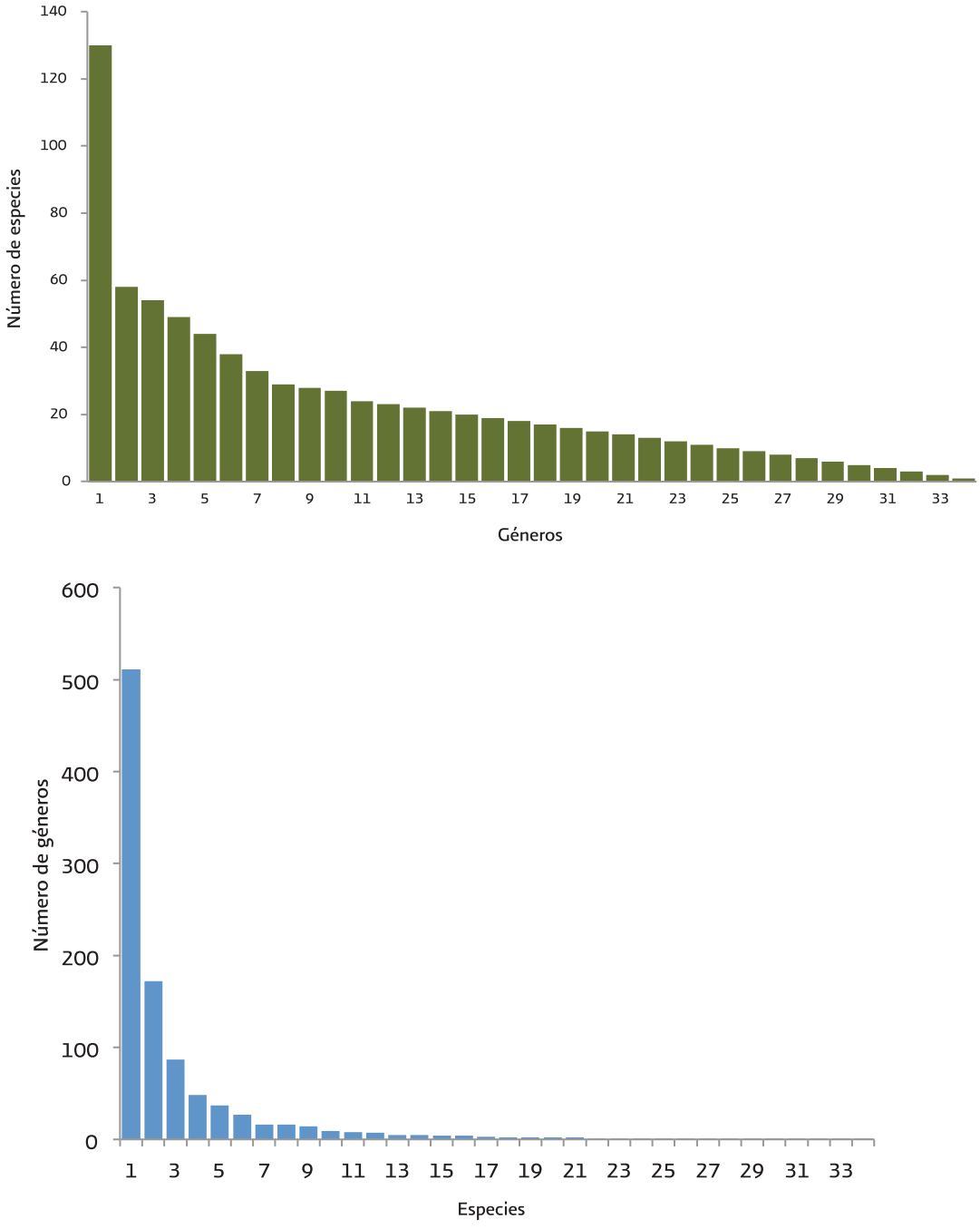



**Figura 58.** Diversidad de géneros y especies en el registro del INFyS 2004-2009.

En la región ecológica de las Sierras Templadas se registra la mayor diversidad vegetal. Se contabilizaron 599 géneros (60 por ciento del total) y 1,795 especies (53 por ciento), por arriba de la región ecológica de Selvas Cálido Húmedas, en la que se registraron 583 géneros (58.6 por ciento) y 1,468 especies (43.4 por ciento). La región de California Mediterránea es la más pobre, pues sólo registra 13 géneros (1.3 por ciento) con 27 especies (0.8 por ciento). Cabe la advertencia de no olvidar la metodología de levantamiento de la información en campo, pues en la vegetación de zonas áridas y semiáridas el tamaño de muestra se reduce al incrementar la distancia entre puntos (cada 20 km), lo que puede explicar los números bajos que se han obtenido en esta región.

En el gráfico de la Figura 59 se representa la distribución de géneros y especies registrados por región ecológica.

La mayor parte de los géneros y las especies (30 y 33 por ciento respectivamente) se encuentra en las Sierras Templadas, mientras que el menor número (1 por ciento para ambos casos) se ubica en la región de California Mediterránea. Las selvas, tanto secas como húmedas, casi se igualan en el número de géneros y especies reportados, que es del orden de 26 y 29 por ciento respectivamente para géneros y de 27 por ciento para especies en ambas regiones ecológicas. En las regiones de los Desiertos de América del Norte, las Elevaciones Semiáridas y las Grandes Planicies suman 14 por ciento de los restantes géneros y 13 por ciento de las especies del registro general del INFyS 2004-2009 (Figura 60).

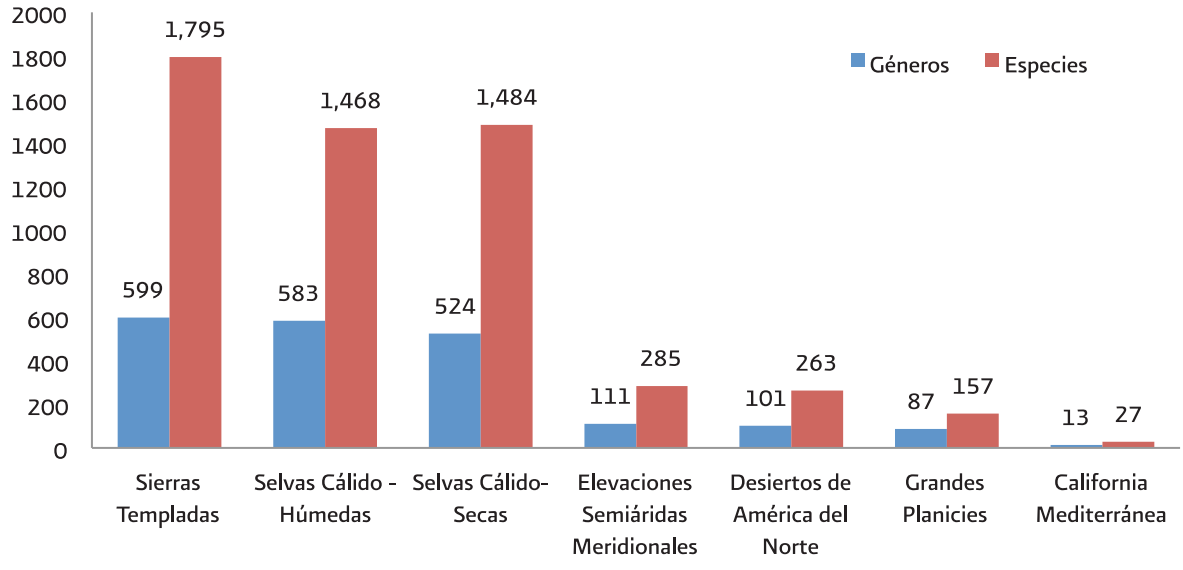



**Figura 59.** Distribución de géneros y especies vegetales por región ecológica. Los valores representan el número de géneros y de especies que fueron registradas en el INFyS 2004-2009 por cada región.

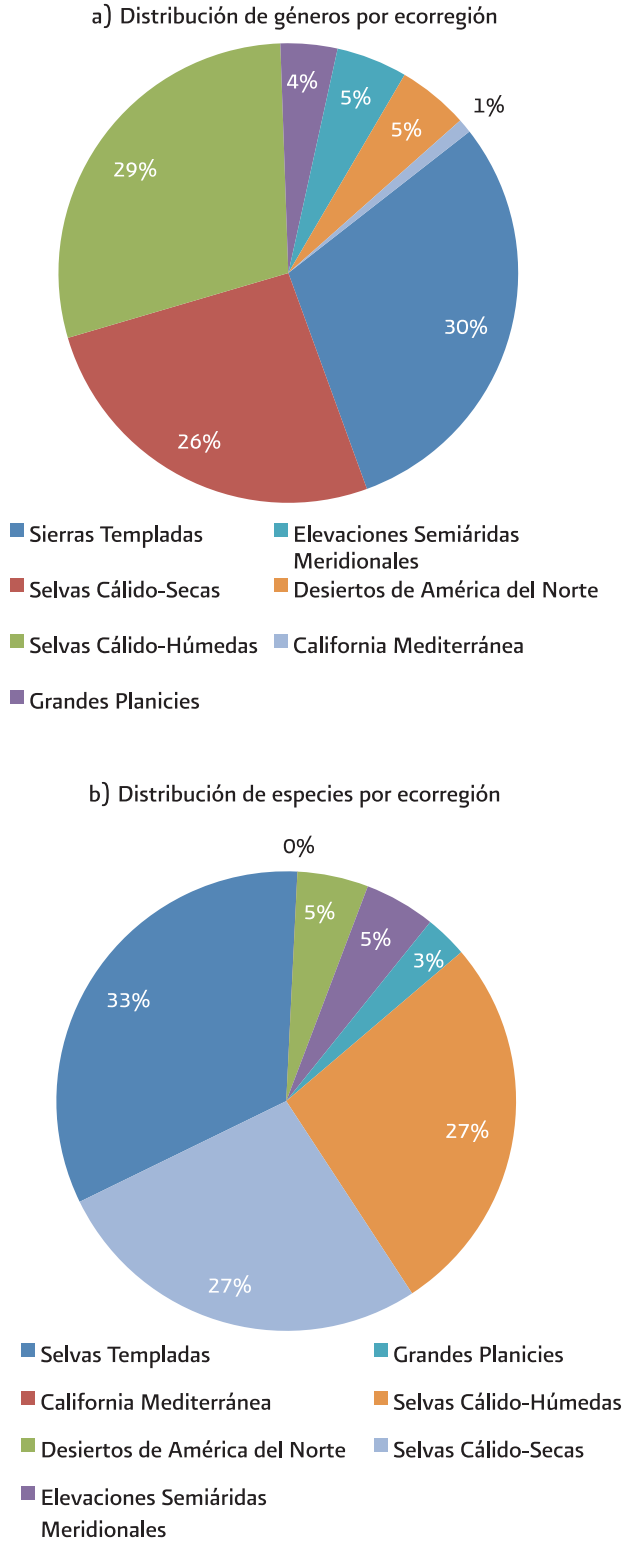



**Figura 60.** Proporción de géneros y especies (a y b respectivamente) registradas en el INFyS 2004-2009 por región ecológica.

## Especies de importancia forestal

La vegetación constituye uno de los recursos naturales de mayor relevancia para el sector forestal, dado que de ahí se obtienen infinidad de servicios ambientales y productos –tanto maderables como no maderables– y porque constituyen la base de los ecosistemas terrestres en el planeta.

Las especies de importancia forestal son muchas y son variadas. En realidad toda vegetación tiene un papel importante desde el punto de vista ecológico y forestal; no obstante, aquí se presentan algunas especies que tradicionalmente han sido consideradas como relevantes por formar parte de cadenas productivas en funcionamiento, con mercados ya establecidos y en expansión, pero también aquellas que resultan potenciales para incorporarse al manejo forestal y al aprovechamiento, ya sea maderable o no.

## Coníferas y latifoliadas de interés maderable

Por lo que respecta a las especies maderables de mayor aprovechamiento en el país –pinos y encinos–, encontramos que la mayor diversidad la mantiene el género *Quercus*, del que existe un registro de 129 especies. La región ecológica con el mayor número de especies registradas para este género es la de Sierras Templadas, con 91.5 por ciento. Las Selvas Cálido Secas registran 56.6 por ciento de las especies de encino y la región de Elevaciones Semiáridas Meridionales apenas alcanza 37 por ciento de la diversidad para este género (Figura 61).

El género *Quercus* es el que presenta el mayor número de especies registradas (Anexo 4); de igual manera, también aparece como el género con más amplia distribución en el país (Figura 62) pues, a excepción de la Península de Yucatán y Tabasco, a este género lo podemos encontrar en casi todos los ecosistemas vegetales –por ende está presente en las siete ecorregiones–, concentrándose en las zonas montañosas donde conforma primordialmente los bosques de latifoliadas y las mezclas con coníferas.

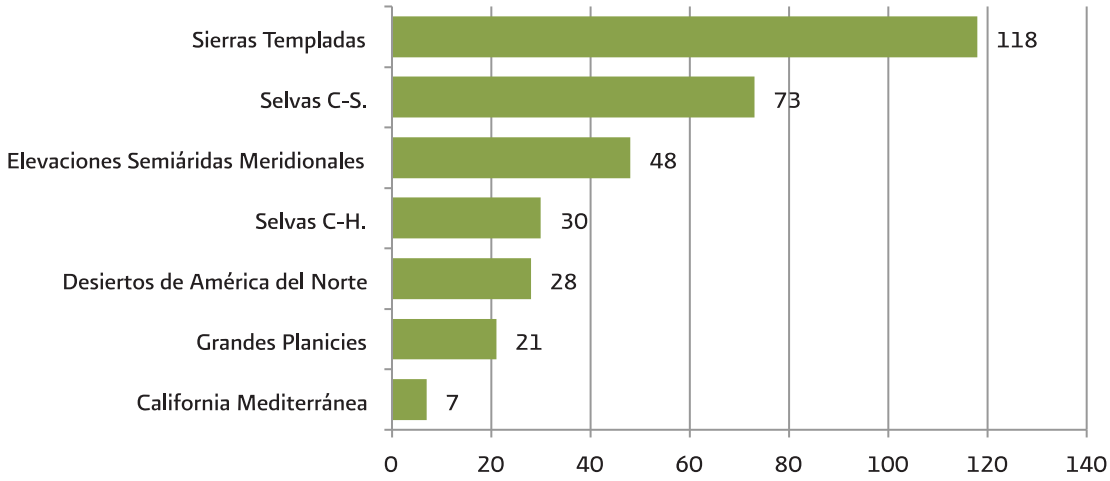



**Figura 61.** Presencia de las especies del género *Quercus* por región ecológica.

El elevado número de especies de encino en el país incluye tanto especies primarias como secundarias; las primeras se asocian a condiciones ambientales relativamente estables o propias de la dinámica de comunidades; en cuanto a las segundas, muchas son favorecidas por factores de disturbio que podrían impedir el establecimiento de muchas de las especies primarias. De esta manera, a decir de Zavala (2000), la presencia de cierto número de especies de *Quercus* en un área o una comunidad de plantas se debe a la influencia directa o indirecta de algún tipo de disturbio, el cual, por su origen, puede ser natural o antropogénico.

En lo que se refiere al género *Pinus* (ver Anexo 5), la región de las Sierras Templadas guarda 96 por ciento de la diversidad para el género, mientras que la región de las Selvas Cálido Secas mantiene 50 por ciento de la diversidad de pinos (Figura 63).

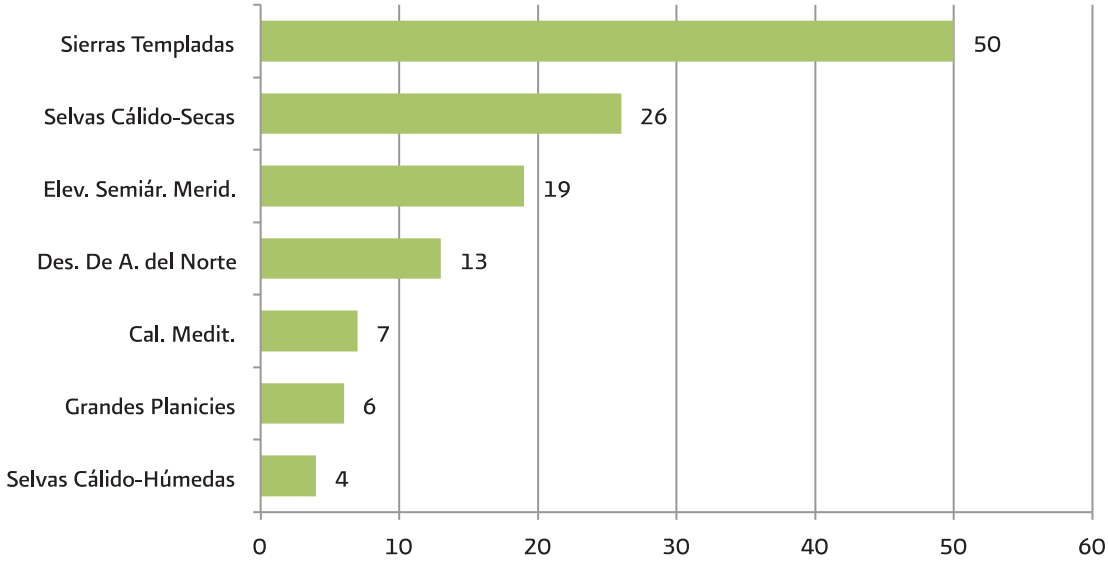



**Figura 63.** Presencia de especies del género *Pinus* por región ecológica.




**Figura 62.** Distribución del género *Quercus* en el territorio nacional, con base en los datos levantados por el INFyS 2004-2009.

Sobresale el hecho de que tanto *Pinus* como *Quercus* están representados en todas las regiones ecológicas, aunque son más importantes para algunas por la superficie que ocupan. Cabe señalar que en lo que respecta al género *Pinus*, de 52 especies registradas, 45 de ellas corresponden a especies nativas para México y 7 corresponden a especies introducidas. En el caso de los encinos, de 129 especies registradas, 126 son nativas y sólo tres son introducidas (anexos 4 y 5).

En la Figura 64 puede verse la distribución del género *Pinus* que, junto con *Picea, Pseudotsuga* y *Abies*, constituyen la formación de bosques de coníferas que son utilizadas en México con fines maderables.

Obsérvese que la distribución del género *Pinus* coincide con las formaciones montañosas del país, con una mayor densidad hacia la Sierra Madre Occidental, cubriendo los estados de Chihuahua y Durango; en este macizo forestal también pueden encontrarse especies del género *Pseudotsuga*. En el Eje Neovolcánico Transversal concurren tanto el género *Pinus* como el *Abies*.

En los estados de Guerrero y Oaxaca, así como en Chiapas, hay áreas importantes de bosques de pino, siendo superficies menos conspicuas hacia Tamaulipas y Nuevo León.

**Especies tropicales maderables**

Dentro de las especies maderables se debe resaltar el valor de las especies tropicales. Aquí se muestra, como ejemplo, la distribución que tienen algunas especies consideradas de alto valor tanto para la industria mueblera (Figura 65) como para agroforestería y restauración, y que se hallan registradas en los datos levantados en campo por el INFyS 2004-2009.

a. *Enterolobium cyclocarpum*. En términos de las regiones ecológicas, la parota (orejón, guanacastle, guanacaxte, pich) puede encontrarse en cuatro de éstas, a saber: en la región de las Elevaciones Semiáridas Meridionales, en las Selvas Cálido Húmedas, en Selvas Cálido Secas y en las Sierras Templadas, siendo en la región de Selvas Cálido Húmedas donde se halla el mayor número de individuos que fueron medidos. En cuanto a la distribución territorial, se encuentra tanto en la vertiente del Pacífico como en la vertiente del Golfo, pero también con amplia presencia en la Península de Yucatán. El guanacastle coloniza una gran variedad de hábitats. Es una especie clímax en las zonas de vida forestal subtropicales secas y crece en áreas perturbadas en bosques siempreverdes y semi-caducifolios de las zonas de vida tropical y subtropical húmedas. Es una especie multipropósito dada la variedad de productos que de ella pueden obtenerse (maderable, forrajero, medicinal, taninos, etcétera), además de los servicios ambientales que genera.

b. El bocote o barcino (*Cordia elaeagnoides*) comparte el mismo territorio que la parota, aunque su mejor ambiente lo encuentra en la región de las Selvas Cálido Secas, donde se midieron 1,290 individuos. En cuanto a su distribución territorial, en el mapa de la Figura 65 puede observarse que se concentra en la vertiente del Pacífico, desde Jalisco hasta Chiapas, a lo largo de la región de la Cuenca del Río Balsas. Su madera es dura y de bonita veta, por lo que sus poblaciones han sido fuertemente explotadas; también tiene usos medicinales (Noguera *et al*., 2002).

c. El ramón, capomo u ojite (*Brosimum alicastrum*) es una especie ampliamente distribuida en las áreas forestales de las selvas medianas. Es la especie con mayor número de individuos medidos en la región ecológica de Selvas Cálido Húmedas (5,765 individuos). Se puede encontrar por el Golfo, desde Tamaulipas y San Luis Potosí hasta Yucatán y Quintana Roo; por el Pacífico, desde Sinaloa hasta Chiapas. Se le encuentra además en la Cuenca del Balsas en Michoacán y Morelos. Es una especie multipropósito, con usos maderables,




**Figura 64.** Distribución de las coníferas maderables en México, con base en los datos levantados por el INFyS 2004-2009.

artesanales, alimentación, forraje; valiosa para la restauración de selvas y ampliamente utilizada en sistemas agroforestales.

d. La caoba (*Swietenia macrophylla*), madera preciosa, es propia de la región ecológica de las Selvas Cálido Húmedas, aunque también puede localizarse en áreas protegidas de Selvas Cálido Secas y en las Sierras Templadas. Esta especie es de alto valor comercial, aunque ha sido sobre-explotada y su densidad por hectárea se ha reducido considerablemente. En este Inventario se midieron 736 individuos entre las tres regiones ecológicas donde se encontró, de los cuales 89 por ciento se ubicó en las selvas húmedas de Chiapas, Campeche y Quintana Roo (Figura 65).

e. El cedro rojo (*Cedrela odorata*), también considerado como especie de madera preciosa, se puede encontrar en las Selvas Cálido Húmedas y en las Selvas Cálido Secas, las Sierras Templadas y en las Elevaciones Semiáridas Meridionales; no obstante, su abundancia va decreciendo conforme decrece el gradiente de humedad, siendo en las zonas semiáridas donde la población es más reducida (Figura 65). De esta especie fueron medidos en este inventario un total 1,131 individuos.

f. La rosa morada, maculís, amapola o roble (*Tabebuia rosea*), árbol importante y prominente para las plantaciones forestales comerciales con fines maderables, la encontramos en las Selvas Cálido Húmedas, en las Selvas Cálido Secas, así como en las Sierras Templadas. Las mayores poblaciones están en las selvas y, más aún, en las selvas húmedas. Esta especie se localiza en la vertiente del Pacífico desde Jalisco hasta Chiapas, siendo más abundante en la Península de Yucatán (Figura 65). Se encuentra preferentemente en comunidades de vegetación secundaria, alcanzando su mayor desarrollo en Tabasco, Campeche y Chiapas.

En el gráfico de la Figura 66 puede verse la distribución de las especies mencionadas por región ecológica. Salvo la caoba, tanto la parota como el cedro rojo, la amapola, el ramón y el bocote se encuentran en regiones ecológicas como las Sierras Templadas y las Elevaciones Semiáridas Meridionales, situación que se explica por la plasticidad de las especies pero, además, porque todas ellas pueden formar parte de la vegetación secundaria, aunque también son integrantes de los macizos forestales de vegetación primaria en las zonas tropicales.

**Especies no maderables de interés forestal**

El matorral xerófilo ocupa 41.2 por ciento de la superficie forestal del país. Esto implica que una buena parte de los terrenos considerados como forestales ofrece recursos que no son maderables. En las zonas áridas y semiáridas se encuentran más de 3,000 especies de las cuales son pocas las que se aprovechan en la herbolaria y otras actividades productivas. La cantidad de productos obtenibles de estas especies es muy amplia y diversa, y sus usos van desde el ámbito doméstico al industrial (Tabla 21). En el presente informe se muestra la distribución de tres especies del semidesierto mexicano: la candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*), la lechuguilla (*Agave lechuguilla*) y el orégano (*Lippia graveolens*) (Figura 67).




**Figura 65.** Distribución de algunas especies tropicales de interés maderable, de acuerdo con datos levantados por el INFyS 2004-2009.

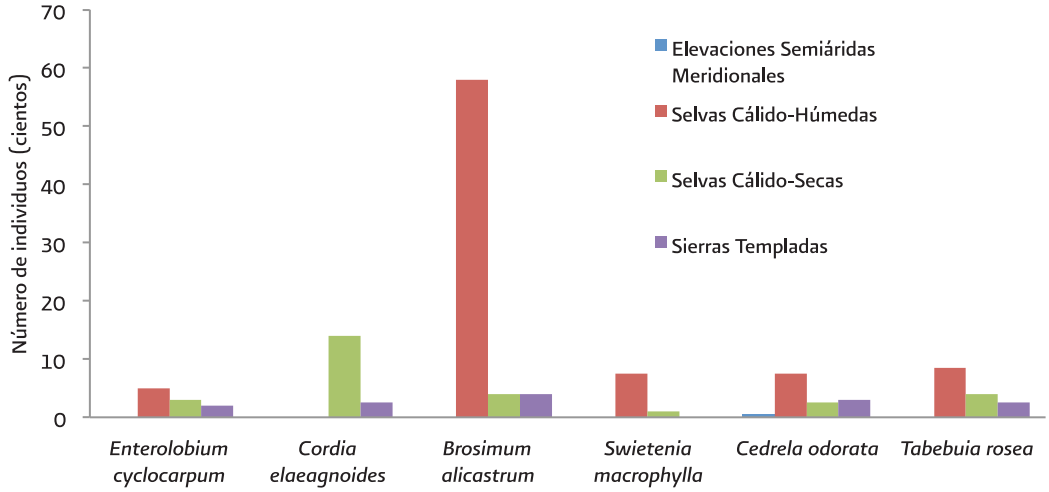



**Figura 66.** Distribución de las especies tropicales de importancia forestal por región ecológica.

**Tabla 21.** Usos de especies de zonas áridas y semiáridas de México.

| Especie | Productos |
|---|---|
| *Euphorbia antisyphilitica* (candelilla) | El principal producto que se obtiene de la candelilla es la cera. La cera ya refinada tiene muy diversas aplicaciones de tipo industrial, entre ellas: diluyente para otras ceras, endurecedor de ceras blandas, adhesivos y cementos, ceras para lustrar automóviles, velas tintas para papel carbón, litográficas para imprimir, para empastado y de escritura; cosméticos, aislantes, explosivos, lustradores, jabones, lubricantes, ceras para calzado y muchos otros. Los usos finales se pueden observar en los abrillantadores, crayones, papel, adhesivos, farmacia, peletería, aislantes eléctricos, goma de mascar, pinturas, anticorrosivos, hules, plásticos, cerillos, impermeabilizantes, pulimentos, circuitos integrados, lacas, textiles, confitados, lubricantes, tintas, cosméticos, moldeo y velas (WAFLA, 2006). |
| *Lippia graveolens* (orégano) | El principal producto derivado de la hoja es el aceite esencial, el cual tiene usos en las industrias licoreras, refresqueras, farmacéuticas y de cosmetología. El aceite esencial es un potente fungistático, además un excelente agente antibacterial que ataca a la mayoría de bacterias patogénicas como estreptococos, estafilococos y otros. Controla parásitos y virus. Las hojas secas se usan predominantemente como condimento alimenticio. |
| *Agave lechuguilla* (lechuguilla) | Se extrae el ixtle o fibra para la fabricación de lazos, lomeras, gamarras, costales. Es de alto valor industrial. Se emplea para elaborar cepillos, acojinados, material de aseo en general, cubiertas para pacas de algodón, tapetes, etcétera. De la raíz y del tallo se obtienen productos para la fabricación de jabones. El jugo de las hojas se puede utilizar como detergente, y para la extracción de esteroides. El agua almacenada en esta planta es rica en sales y minerales, y a menudo es vendida en México como una bebida hidratante; sin embargo, la planta en sí misma es venenosa para el ganado, cabras y ovejas (WAFLA, 2006). |

Como puede apreciarse, estas especies se circunscriben a los estados del norte y noreste de México, es decir a Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, donde se tiene registrado el mayor número de avisos y programas de manejo para aprovechamiento de no maderables en el país, en lo que respecta a zonas áridas y semiáridas. Cabe señalar que también en Chihuahua y Durango se aprovechan tanto el orégano como la lechuguilla, pero las mayores poblaciones las encontramos en el territorio señalado en el mapa de la Figura 67.

**Manglares**

Relevantes desde el punto de vista ecológico y de gran importancia económica tanto en el ámbito local como regional, son los manglares, ecosistemas frágiles que requieren protección y variadas tareas para su conservación y restauración.

Los manglares son una formación vegetal leñosa, densa, arbórea o arbustiva de 1 a 30 metros de altura, compuesta de una o varias especies de mangle y con poca presencia de especies herbáceas y enredaderas. En México predominan cuatro especies de mangle: *Rhizophora mangle, Laguncularia racemosa, Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*. Estas especies se pueden encontrar formando asociaciones vegetales o en bosques monoespecíficos (Conabio, 2010).

Los humedales costeros, en particular los manglares, brindan una gran variedad de servicios ambientales: son zonas de alimentación, refugio y crecimiento de juveniles de crustáceos y alevines, por lo que sostienen gran parte de la producción pesquera; poseen un alto valor estético y recreativo, actúan como sistemas naturales de control de inundaciones y como barreras contra huracanes e intrusión salina, controlan la erosión y protegen las costas, mejoran la calidad del agua al funcionar como filtro biológico, contribuyen en el mantenimiento de procesos naturales tales como respuestas a cambios en el nivel del mar, mantienen procesos de sedimentación y sirven de refugio de flora y fauna silvestre, entre otros (Conabio, 2010).

Los datos que se han publicado para valorar la superficie que ocupan los manglares en México tienen discrepancias en virtud de diferencias metodológicas que no permiten comparar las distintas cifras existentes. Estas diferencias impiden conocer la superficie que ocupa el manglar dentro del territorio nacional. Tampoco hay un conocimiento claro de cuáles han sido los factores que han influido en los cambios ocurridos en los manglares a lo largo del tiempo (Conabio, 2008).

Bajo estas circunstancias, aunque no ha sido el interés particular del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009 inventariar los manglares del país, con la cobertura del levantamiento de datos en campo respecto de los tipos de vegetación forestal los resultados obtenidos arrojan una superficie con manglar del orden de las 886,560 hectáreas, de las cuales, 93 por ciento aún se considera como vegetación primaria y sólo un 7 por ciento (equivalente a 56,653 hectáreas) aparece como vegetación secundaria.

En el mapa de la Figura 68 podrá observarse la distribución de los manglares en México, de acuerdo con los datos del INFyS 2004-2009.

Es pertinente aclarar que, respecto al trabajo que realizó la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) sobre el Inventario Nacional de Manglares en el periodo 2003 -2007, hay ciertas discrepancias con los resultados del INFyS, las cuales se explican a continuación. La CONABIO, con una cartografía generada a escala 1:50,000 a partir del uso de imágenes de satélite SPOT (las más recientes al momento del estudio, con una resolución espacial de 10 m), obtuvo una superficie cubierta por manglares del orden de las 655,667 hectáreas.




**Figura 67.** Distribución de las especies lechuguilla (*Agave lechuguilla*), candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) y orégano (*Lippia graveolens*), con base en los datos levantados por el INFyS 2004-2009.




**Figura 68.** Distribución de los géneros de mangle (*Laguncularia, Avicennia, Conocarpus* y *Rhizophora*) presentes en la República Mexicana, de acuerdo con los datos levantados en campo por el INFyS 2004-2009.

El INFyS obtuvo la superficie de 886,560 hectáreas utilizando el conjunto de datos vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1:250,000, de INEGI. Es decir, que la diferencia de casi 231,000 hectáreas entre una cifra y otra es resultado de la escala a la cual se han trabajado los datos.

En la Figura 69 se muestra la distribución de los manglares obtenida por Conabio (2008). Si se compara con la distribución obtenida por el INFyS 2004-2009 (Figura 68), se podrá observar que son coincidentes, aún cuando los datos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos están representando la ubicación de los conglomerados muestreados.

Respecto a las superficies por entidad, en la Tabla 21 se presentan los resultados de Conabio (2008) y los resultados del INFyS 2004-2009. Una primera diferencia es que, debido a la escala de trabajo, en el INFyS no se reporta superficie de manglar en Baja California, además de que en la mayoría de los estados el INFyS registra una superficie mayor a la obtenida por Conabio.

En el caso de Tamaulipas y Oaxaca, de acuerdo al INFyS 2004-2009, las superficies aparecen casi al doble que los resultados de Conabio, mientras que para Quintana Roo la Conabio reporta una superficie 2 veces menor a lo reportado por el INFyS. En general, los datos de Conabio difieren entre 26 y 35 por ciento por debajo de los datos del INFyS, aunque hay valores extremos como Quintana Roo, donde la diferencia es de 64 por ciento menos (Tabla 22).




**Figura 69.** Distribución de los manglares en México (CONABIO, 2008).

**Tabla 22.** Comparación de superficies de la cobertura de manglares, de acuerdo con Conabio 2003-2007 y los datos del INFyS 2004-2009.

| Región | Estado | Cobertura a escala 1:50,000 (ha)* | Cobertura a escala 1:250,000** |
|---|---|---|---|
| Pacífico Norte | Baja California | 28 | - |
| | Baja California Sur | 24,327 | 34,402 |
| | Sinaloa | 71,225 | 95,651 |
| | Sonora | 9,353 | 10,890 |
| | Nayarit | 66,977 | 94,381 |
| Pacífico Centro | Jalisco | 2,023 | 2,682 |
| | Colima | 3,192 | 3,564 |
| | Michoacán | 1,500 | 1,368 |
| Pacífico Sur | Guerrero | 8,093 | 12,702 |
| | Oaxaca | 15,718 | 27,019 |
| | Chiapas | 39,707 | 58,880 |
| Golfo de México | Tamaulipas | 2,410 | 4,193 |
| | Veracruz | 34,089 | 43,460 |
| | Tabasco | 35,191 | 55,147 |
| Península de Yucatán | Campeche | 196,552 | 177,257 |
| | Quintana Roo | 64,755 | 178,787 |
| | Yucatán | 80,528 | 86,178 |
| **Total** | | **655,667** | **886,561** |

** Datos tomados del Inventario nacional de manglares (Conabio, 2008).*
*** Datos tomados del INFyS 2004-2009.*

## Palmares

Al igual que los manglares, existe otro tipo de vegetación en México que, aunque no conforma vegetación clímax, sí le da al paisaje fisonomías características: los palmares. De acuerdo con Rzedowski (2006), desde el punto de vista ecológico y florístico, los palmares son un agregado de unidades no del todo análogas. En muchos casos son comunidades determinadas por características del suelo –como los bosques de *Brahea dulcis*–; otras veces se puede observar que los palmares prosperan en función de incendios periódicos –*Sabal mexicana*– u otro tipo de disturbio a que está sometida la vegetación.

Aparentemente en ninguna parte de México representan un verdadero clímax climático, es decir, que en ningún caso donde se encuentren los palmares en el territorio nacional, su distribución obedece o está determinada y controlada por el clima prevaleciente en la región determinada (Sarmiento, 2000).

Rzedowski (2006) señala que la presencia y distribución actual de muchos palmares en el país están ligadas a las actividades humanas, por lo que muchos "bosques" de palma son francamente secundarios, sustituyendo al bosque tropical perennifolio, subcaducifolio o caducifolio.

En el mapa de la Figura 70 se muestra la distribución de algunos géneros de palmas presentes en México, a saber: *Sabal, Brahea, Orbignya* y *Chamaedorea.* Las palmas se utilizan en el ámbito doméstico y a escala industrial. Localmente su uso principal es en la construcción, para lo cual se aprovechan tanto los troncos como las hojas. A nivel industrial está la extracción de grasas y aceites y la elaboración de jabones. De los principales recursos forestales no maderables del trópico húmedo que México exporta, las hojas y semillas de la palma camedor cubren un tercio del mercado internacional.

Los géneros *Brahea* y *Sabal* son los que presentan una mayor distribución en el país. Ambos géneros llegan hasta los estados del noroeste, Sonora y Chihuahua, aunque las poblaciones no son muy amplias, como ocurre en los estados del sur y la Península de Yucatán. De acuerdo con los datos del INFyS 2004-2009, los palmares cubren una superficie de 127,121 hectáreas.

**Bosques mesófilos de montaña**

Aunque el bosque mesófilo de montaña es un tipo de vegetación heterogéneo desde el punto de vista fisonómico y de su composición florística y las especies dominantes varían ampliamente de un lugar a otro, sus características particulares permiten considerarlo una unidad de estudio de sumo interés (Acosta, 2004). Las diferentes comunidades vegetales que lo componen prosperan en lugares de clima húmedo y fresco y representan el 10 por ciento de la riqueza florística de México en tan sólo el 1 por ciento de su superficie; es, por tanto, el tipo de vegetación más diverso por unidad de superficie del país (Rzedowski, 1996). Sin embargo, su escasa extensión, la insularidad de muchas de sus comunidades y la alarmante fragmentación y perturbación a las que ha sido sometido, lo hacen el tipo de vegetación más amenazado en México, junto con el bosque tropical perennifolio (Acosta, 2004). Los bosques mesófilos son los ecosistemas terrestres más frágiles que existen en respuesta a la perturbación y los que albergan la mayor riqueza de especies en relación con el área que ocupan en México (Toledo, 2009).

Este tipo de vegetación se distribuye de manera discontinua por la Sierra Madre Oriental, desde el suroeste de Tamaulipas hasta el norte de Oaxaca y Chiapas y por el lado del Pacífico desde el norte de Sinaloa hasta Chiapas, encontrándose también en pequeños manchones en el Valle de México. Ejemplos de las principales especies que lo forman son: *Liquidambar styraciflua, Quercus spp., Tilia sp., Podocarpus reichei, Magnolia sp., Clethra spp, Fagus grandifolia* y *Nephelea mexicana*, entre otros[2].

En la Figura 71 se muestra la distribución de los conglomerados levantados por el INFyS 2004-2009, que corresponden a la comunidad vegetal del bosque mesófilo de montaña. La distribución que aquí se representa es coincidente con el mapa de distribución que publicó Toledo en artículo publicado en el boletín número 83 de *Biodiversitas* (Conabio) del 2009 y con lo que señalan otros autores.

Como ya se ha señalado, la diversidad de especies vegetales es muy amplia y diferente según sea la ubicación de este ecosistema, por ello, aquí no se señala la distribución de especies características sino más bien, se muestra la distribución de la comunidad vegetal.

**Forma biológica**

La flora de México, paralelamente a su riqueza en especies, ofrece una amplia diversidad de tipos morfológicos de plantas, conocidos como biotipos o formas biológicas (Conabio, 2010a).

[2] En: *http://cruzadabosquesagua.Semarnat.gob.mx/ecosistemas.html.*




**Figura 70.** Distribución de los géneros *Orbignya, Sabal, Brahea* y *Chamaedorea*, de acuerdo con los datos levantados por el INFyS 2004-2009.




**Figura 71.** Distribución de los conglomerados levantados por el INFyS 2004-2009, que se registraron con tipo de vegetación de bosque mesófilo de montaña.

Para el INFyS, la determinación de la forma biológica es importante desde el punto de vista de la relación de la especie con su ambiente: clima, suelo, lo que aportará mayores elementos de información para la toma de decisiones en la planeación de los programas y proyectos que en materia de conservación, restauración o de producción forestal, puedan definirse.

En el INFyS, la forma biológica de las especies no es un dato que se levante en campo, por lo que, para la integración de este informe y complementar esta información, se han realizado revisiones bibliográficas con el fin de determinar el biotipo de cada una de las especies que integran el registro del INFyS 2004-2009.

Como puede observarse en la Figura 72, la mayor parte de las especies muestreadas son árboles (54 por ciento), mientras que las formas arbustivas representan 27 por ciento del total de las especies registradas. Por conveniencia y para mayor claridad en la información, atendiendo un tanto al tipo de vegetación, se han separado las cactáceas y otras especies arborescentes como las especies del género *Yucca*, mismas que conforman grupos reducidos dentro de los registros que considera el INFyS.

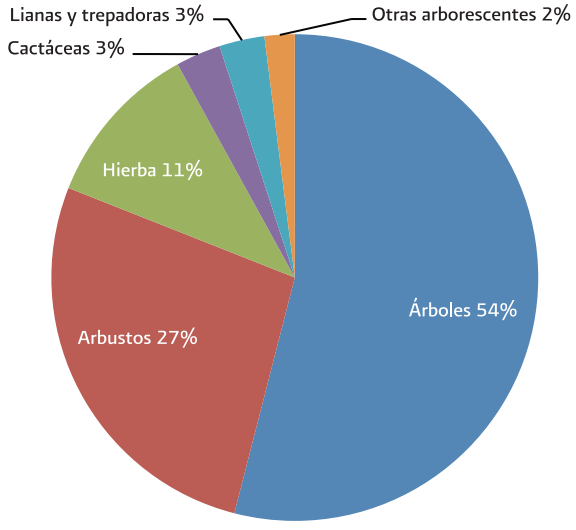



**Figura 72.** Distribución de las especies registradas en el INFyS 2004-2009, de acuerdo con su forma biológica.

Para esta clasificación se considera árbol a aquel individuo que presente una altura mayor a 4 metros, con una copa definida, aunque pueda tener múltiples tallos. Los arbustos son aquellas plantas que no alcanzan los 4 metros de altura y que pueden tener tallos múltiples; aquí quedan incluidos los agaves y las palmas pequeñas, las cícadas y los sotoles. En el concepto de "Otras arborescentes se están considerando a las palmas de talla grande, los helechos, las yucas y el bambú, que logran alturas superiores a los 4 metros aunque no presenten crecimiento secundario o leñoso.

## Impactos ambientales

Las actividades humanas siempre dejan huella sobre el área donde se realizan, no obstante, no siempre implican la destrucción de los recursos; la afectación puede ser gradual y en algunos casos, gracias a la intervención humana, los ecosistemas pueden mejorarse. En las zonas forestales la presencia constante del ser humano o las actividades mal manejadas conllevan una transformación o una pérdida en las capacidades ecosistémicas, incluso puede conducir a la reducción de la biodiversidad y las funciones vitales del ecosistema; pueden llegar a ocasionar la incapacidad de éste para el restablecimiento del equilibrio. Pero, por otra parte, el manejo sustentable y las labores de protección, rehabilitación y restauración, también permiten que los ecosistemas se vean favorecidos e incrementen su potencial productivo y sus capacidades ecosistémicas. En este sentido es importante definir cuáles son los principales agentes de cambio o de alteración para facilitar la planeación de acciones que redunden en el amortiguamiento de los impactos negativos y el incremento de los positivos.

En el Inventario Nacional Forestal y de Suelos los impactos ambientales se evalúan en términos de la severidad del daño sobre el conglomerado, pero ésta es una variable cualitativa (ver Anexo 8) que se basa en el grado de afectación de la calidad y cantidad de los recursos forestales (Tabla 23).

**Tabla 23.** Clasificación de los niveles de severidad de los impactos ambientales.

| Severidad del impacto | Descripción |
|---|---|
| **1. No perceptible** | Cuando aún estando presente la causa de impacto, no se afecta la calidad y cantidad de los recursos forestales. |
| **2. Menor (leve)** | Cuando los efectos negativos causados a los recursos no son permanentes, y éstos se pueden recuperar sin la intervención del hombre. |
| **3. Mediana (moderado)** | Aún cuando los daños al recurso no son permanentes, se requiere de la intervención del hombre para revertir el proceso de degradación, además de suprimir las causas de éste. |
| **4. Mayor (fuerte)** | Los que han afectado a los recursos de tal manera que para su recuperación es necesaria la implementación de amplias medidas de restauración durante un tiempo considerable. |

*Fuente: Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009. Manual y procedimientos para el muestreo de campo.* Conafor, *2007.*

También se registra el agente causal, permitiendo con ello determinar la relación entre el factor de disturbio con el grado de afectación que causa en el ecosistema forestal.

Haciendo la valoración en términos de la severidad del impacto, los resultados señalan que, independientemente del factor de disturbio, más de 60 por ciento de las áreas forestales del país presentan impactos entre no perceptibles y bajos (figuras 73 y 74). Esto no significa que estén libres de peligro o que no haya algunos agentes causales que pueden constituir amenazas potenciales de disturbio; mas, por el momento, la mayor parte de las zonas forestales se encuentran en buen estado de conservación. Por otro lado, este resultado se puede interpretar en el sentido de que aún se está a tiempo para implementar programas de prevención, protección, manejo y vigilancia que conlleven a mejorar la condición actual de los bosques, selvas y zonas áridas y semiáridas.

De acuerdo con este análisis, 25 por ciento de los ecosistemas forestales presenta impactos moderados y 8 por ciento aparece con impactos altos (Figura 73). Esta información es de particular relevancia para la orientación de las acciones encaminadas a la restauración de ecosistemas forestales.

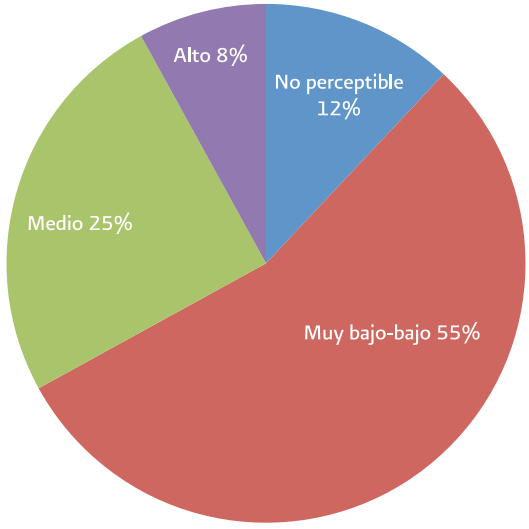



**Figura 74.** Frecuencia de impactos ambientales de acuerdo con el grado de severidad.

En cuanto a los agentes causales, en el INFyS 2004-2009 se consideró un listado de 10 como los que más frecuentemente causan daños en las áreas forestales, mismos que se ilustran en la Figura 75.

Como es de entenderse, los conglomerados pueden presentar más de un agente causal, interactuando para dar como resultado una cierta magnitud en el impacto final. En este caso el análisis se ha orientado para identificar, por grado de severidad, la participación de cada agente causal. En el mapa de la Figura 73 (arriba señalado) se puede apreciar el resultado de un análisis de ponderación en la participación de los diferentes factores de disturbio.




**Figura 73.** Distribución (valores ponderados) de la severidad de los impactos registrados por conglomerado, de acuerdo con los datos del INFyS 2004-2009.

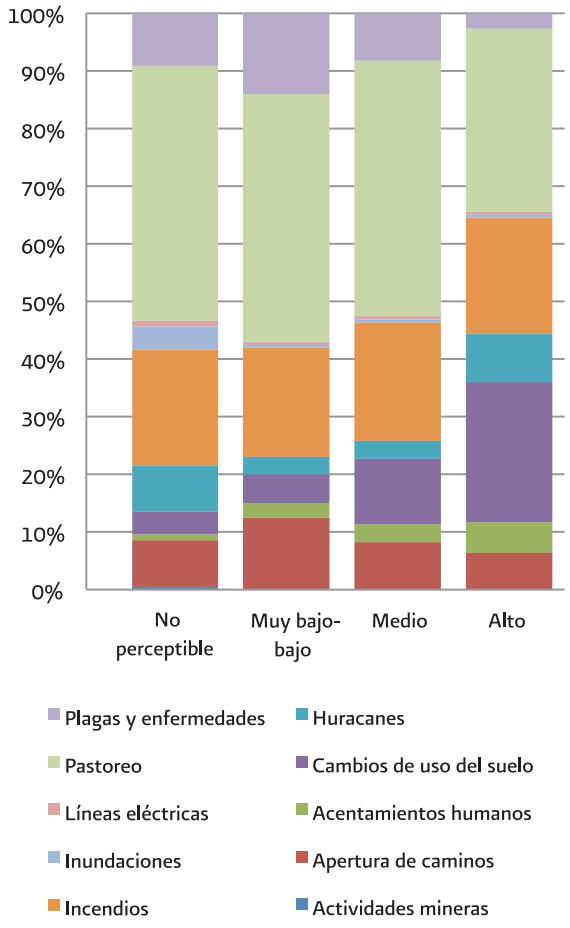



**Figura 75.** Proporcionalidad de los agentes causales de disturbio por nivel de severidad del impacto ambiental determinado, con base en los datos del INFyS 2004-2009.

Como primera observación en el comportamiento de los factores, nótese que el pastoreo es el agente causal que presenta mayor frecuencia como agente de disturbio, sin embargo, en la intensidad del impacto su participación es muy similar entre los impactos de tipo no perceptible, muy bajo a bajo y medio, siendo un poco menor hacia los impactos altos, donde comparte proporciones similares con los cambios de uso del suelo y los incendios (Figura 75).

Por su parte, los incendios mantienen una distribución más regular entre los cuatro niveles de intensidad, lo que se puede interpretar como la manifestación de la regularidad en que se presenta este factor en los ecosistemas forestales a través del tiempo. Es relevante señalar que, aunque en relativa menor proporción que el pastoreo en los impactos de mayor severidad, los incendios son de los factores de amenaza permanente para los recursos forestales, mismos que deben estar bajo monitoreo permanente y considerada su atención mediante estrategias de prevención.

Concentrando el análisis en los agentes causales que ocasionan los impactos de mayor intensidad se encontró que el pastoreo, los cambios de uso del suelo y los incendios son los principales agentes de disturbio y constituyen amenazas permanentes para la conservación e integridad de los ecosistemas forestales del país.

También podrá observarse (Figura 75) que, aunque en mucha menor escala que los tres factores arriba señalados, como cuarto agente causal de altos impactos ambientales se encuentran los huracanes. Relacionándolo con los agentes de daño, es consistente el análisis puesto que se encontró que el viento fue uno de los elementos que más fuertemente ha impactado, sobre todo en áreas de las selvas cálido-húmedas.

Finalmente le siguen en importancia la apertura de caminos y los asentamientos humanos, los que, sumados a los agentes antes señalados, aparecen como responsables de los impactos ambientales detectados en las zonas forestales de México.

Los mapas de las figuras 76 y 77 representan las áreas en términos de la intensidad de los impactos ambientales, tanto en los ecosistemas correspondientes a bosques y selvas como a los de zonas áridas y semiáridas, respectivamente. En estos mapas se ha realizado un ejercicio de ponderación de acuerdo con el tipo de agente de disturbio y la proporción del impacto mismo.

Bajo estas consideraciones, en el mapa de la Figura 76 se puede ver que, independientemente del agente causal, en general se registran impactos ambientales de muy baja a baja severidad en la mayoría de las

zonas arboladas del país. Proporcionalmente, los impactos severos son reducidos y poco significativos a la escala de trabajo del Inventario. Conviene hacer estudios de detalle en escala más grande (regional y local) para hacer las determinaciones precisas e implementar las acciones que coadyuven a controlar los agentes de disturbio que provocan estos impactos.

Las zonas áridas y semiáridas no son la excepción, pues en estas áreas el pastoreo extensivo y los aprovechamientos sin manejo de algunos recursos no maderables, ocasionan la degradación de los ecosistemas. No obstante, como puede apreciarse en la Figura 77, la mayoría de los impactos en estas zonas son más bien de una intensidad poco o nada perceptible a muy baja. No obstante conviene recordar la escala a la que se están dando estos resultados, pues es sabido del deterioro que el pastoreo de ganado caprino ha ocasionado en las zonas áridas y semiáridas de Nuevo León y otras áreas del Altiplano.

## Propiedad de los recursos forestales

Para la definición de políticas públicas de conservación, aprovechamiento, restauración y fomento de los recursos naturales de una nación, es necesario establecer de manera clara el esquema de propiedad de los mismos, es decir, la forma de apropiación y usufructo, que es un principio de orden para avanzar en el desarrollo democrático y sustentable de un país.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece en el Artículo 27 que:

"*La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada.*"

"*La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales...*"

En este sentido y referido al sector forestal, la legislación vigente deja claro a quién pertenecen los recursos forestales. El artículo 5 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable señala: "*La propiedad de los recursos forestales comprendidos dentro del territorio nacional, corresponde a los ejidos, las comunidades, pueblos y comunidades indígenas, personas físicas o morales, la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios que sean propietarios de los terrenos donde aquéllos se ubiquen. Los procedimientos establecidos por esta Ley no alterarán el régimen de propiedad de dichos terrenos.*"

**Composición de la superficie nacional**

De acuerdo con el INEGI (2007), de la superficie total (continental) del país –194.3 millones de hectáreas– el 71 por ciento está ocupado por vegetación forestal (33 por ciento son bosques y selvas y el 38 por ciento corresponde a otros tipos de vegetación), y el 29 por ciento restante corresponde a usos del suelo distinto al forestal, principalmente agrícola, pecuario, zonas urbanas, acuícola, entre otros (Figura 78).

En relación con la superficie forestal (71 por ciento de la superficie nacional), que son 138 millones de hectáreas, 47 por ciento está arbolada, es decir, está cubierta por bosques y selvas, mientras que 53 por ciento corresponde a otro tipo de vegetación forestal como el matorral xerófilo. Esto significa que la mayor superficie forestal corresponde a ecosistemas de tipo semiárido y árido (Figura 79).




**Figura 76.** Distribución (valores ponderados) de los impactos ambientales en función de su intensidad en Bosques y Selvas, con base en los datos del INFyS 2004-2009.




**Figura 77.** Distribución (valores ponderados) de los impactos ambientales en función de su intensidad en las Zonas Áridas y Semiáridas, con base en los datos del INFyS 2004-2009.

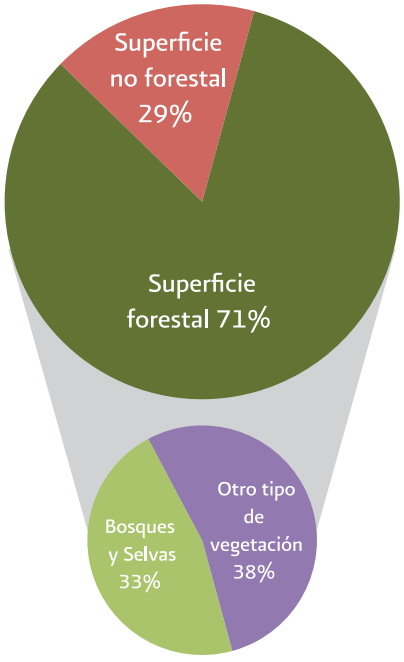



**Figura 78.** Distribución de la superficie nacional respecto de la vegetación forestal.

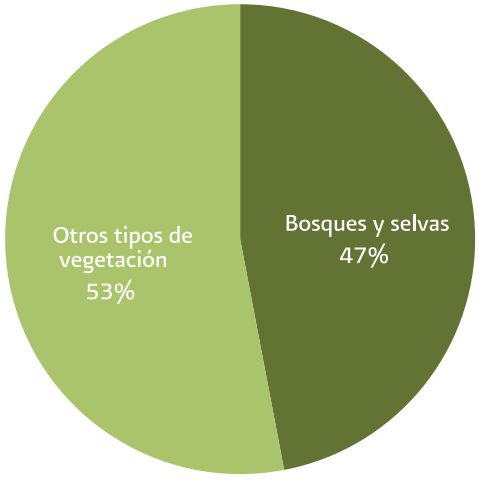



**Figura 79.** Composición de la superficie forestal nacional.

Bajo estas consideraciones, México es un país eminentemente forestal, aunque la mayor parte de esa superficie corresponda a terrenos con vegetación no arbórea, la cual genera una serie de bienes y servicios que no son netamente maderables; no obstante, algunos de éstos son la base del sustento económico de buena parte de la población rural que habita en esas regiones.

## Propiedad de los recursos forestales

Tratándose de la propiedad de la tierra en México, es recurrente la mención sobre la falta de coincidencia de los datos según la fuente, lo cual puede explicarse, en parte, por la forma del levantamiento de los datos. No obstante, recurriendo a la fuente oficial de la información –que en este caso es el Historial Agrario del Registro Agrario Nacional (HA-RAN)– hay que tomar en cuenta que ésta sólo considera a los núcleos agrarios de derecho que no tienen rezago agrario ni actividades jurídicas ni administrativas pendientes. Así mismo, reporta las cifras que aparecen en las resoluciones presidenciales, esto es, que los terrenos que se encuentran en litigio (la superficie asociada) no están considerados en las cifras reportadas. Es por esto que en los resultados que aquí se presentan aparece una superficie cercana a los 34 millones de hectáreas de superficie forestal (24 por ciento) como superficie sin un tipo de propiedad determinado.

Tomando en consideración lo antes mencionado, con información proporcionada por la Dirección General de Catastro Rural de la Secretaría de la Reforma Agraria, y con base en el Catastro Rural Histórico de 1982 a 1988 (RAN, 2009), se presenta la información correspondiente a la distribución de la superficie forestal nacional en función del régimen de propiedad de la tierra.

Se parte de la definición de los tipos de propiedad de la tierra que están reconocidos jurídicamente de acuerdo a la legislación vigente en el país (Ley Agraria de 1992 y Artículo 27 constitucional), mismos que pueden ser agrupados en tres tipos de propiedad en general, a saber:

1. ***Propiedad Pública*** (que agrupa a terreno baldío, terreno nacional y zona federal; ver Tabla 24): "Derecho real que ejercen dependencias y entidades públicas con personalidad jurídica sobre bienes de dominio público. El Estado goza de derechos de propiedad que le son otorgados en atención a la naturaleza del titular, a la relación

entre el propietario y el bien, y por las características del bien en sí mismo."

2. ***Propiedad Privada*** (que agrupa a condueñazgo, fraccionamiento, pequeña propiedad y propiedad privada; ver Tabla 24): "Es el derecho que tiene un particular, persona física o moral, para usar, gozar y disponer de un bien, con las limitaciones establecidas en la normatividad, de acuerdo con las modalidades que dice el interés público y de modo que no se perjudique a la colectividad."

3. ***Otras formas de propiedad (propiedad social)*** (que agrupa a ejidos y comunidades; ver Tabla 24): "Es una modalidad de la propiedad que considera la titularidad de derechos patrimoniales de ejidos y comunidades sobre sus bienes." Tanto el artículo 27 como la Ley Agraria le dan el sentido de "propiedad social" a esta forma de propiedad (Serna, 2005; Madrid *et al*., 2009).

**Tabla 24.** Tipos de propiedad de la tierra en México.

| Tipo de propiedad | Clase nacional | Definición |
|---|---|---|
| Propiedad pública | **Terreno baldío** | El artículo 157 de la Ley Agraria señala que: "Son baldíos los terrenos de la Nación que no han salido de su dominio por título legalmente expedido y que no han sido deslindados ni medidos." |
| | **Terreno nacional** | Son terrenos que pertenecen al Estado y donde se realizan actividades para la prestación de beneficios o asistencia administrativa, jurídica, social, recreativa, religiosa, educativa y médica de la población en general, así como para protección o conservación de la naturaleza. |
| | **Zona federal** | Son los terrenos que, de acuerdo con la legislación mexicana, se consideran como un bien del dominio público que forma parte del Patrimonio Nacional (Ley General de Bienes Nacionales). |
| Propiedad privada | **Condueñazgo** | Son los terrenos sobre los cuales tienen derechos varios propietarios. El uso al que se destina se basa en las reglas o lineamientos que el grupo de propietarios define. |
| | **Fraccionamiento** | Es cualquier terreno o parte de él, que se divida en tres o más fracciones, ya sea para su venta en lotes, o bien para construcciones habitacionales, hoteleros, uso pecuario o forestal y demás aprovechamientos y usos. |
| | **Pequeña propiedad** | Es la extensión de superficie rústica que puede disfrutar una persona física o moral sin exceder los límites superficiales que marca la ley. |
| | **Propiedad privada** | Son los terrenos sobre los cuales un individuo o una asociación tiene el derecho real que faculta a su titular para usar y/o disponer de él, con las limitaciones y modalidades que fijan las leyes nacionales. |
| Otras formas de propiedad (Propiedad social) | **Comunidad** | Es el núcleo de población conformado por el conjunto de tierras, bosques y aguas que le fueron reconocidos o restituidos, y de los cuales ha tenido presuntamente la posesión por tiempo inmemorial, con costumbres y prácticas comunales. |
| | **Ejido** | Son aquellos terrenos que han sido dotados al núcleo de población ejidal o que han sido incorporadas a éste por cualquier medio lícito. (art. 43, Ley Agraria). |

En términos generales, la distribución de la superficie forestal nacional por tipo de propiedad y tipo de ecosistema es como se muestra en la Figura 80. Nótese que los terrenos cubiertos por vegetación de zonas áridas y semiáridas son los ecosistemas donde se concentra la mayor proporción de superficie sin un tipo de propiedad determinado.

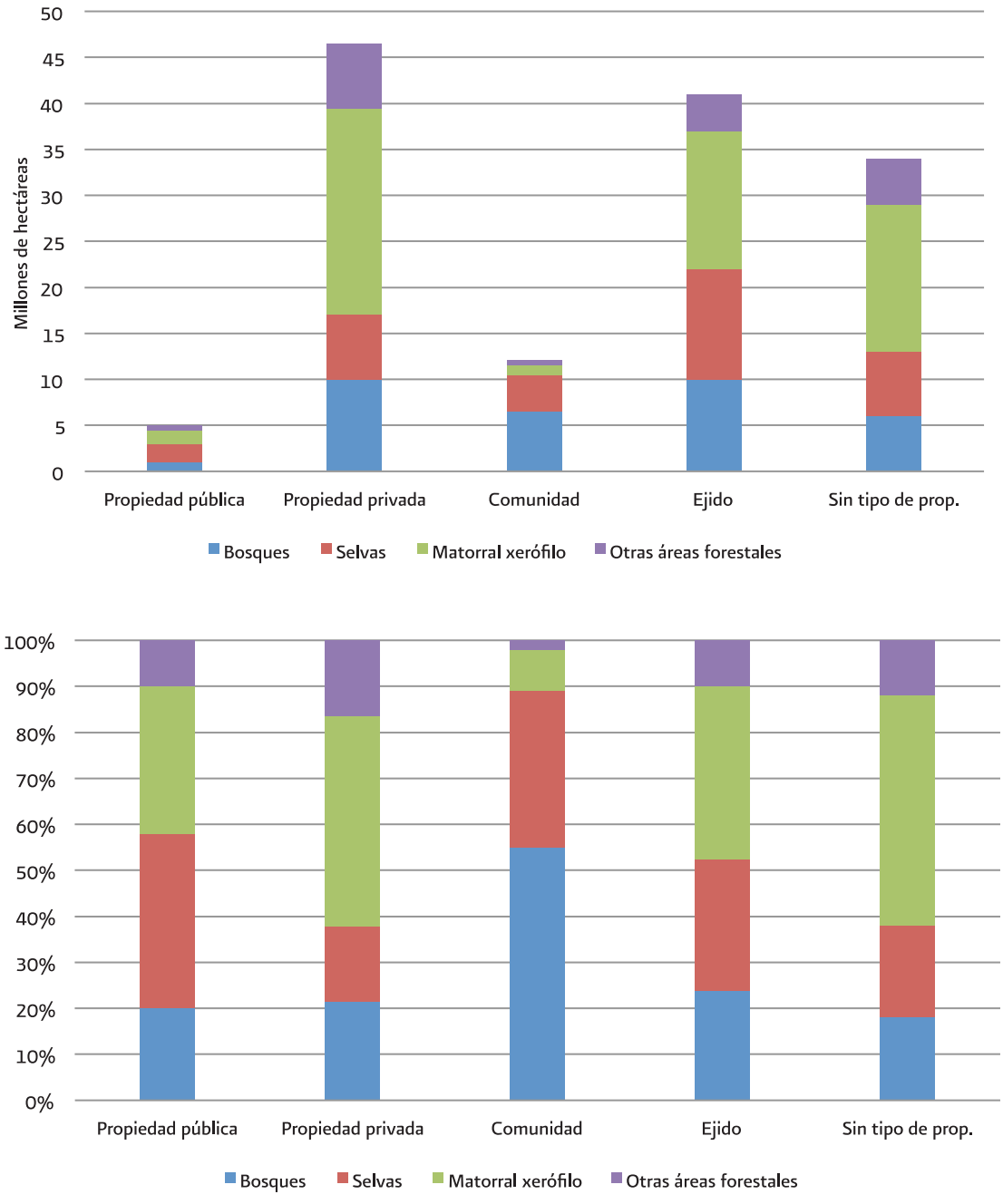



**Figura 80.** Distribución de la superficie nacional forestal por tipo de ecosistema y tipo de propiedad de la tierra (datos del RAN, 2009).

Por otro lado, de acuerdo con los datos del RAN (2009), 39 por ciento (53.07 millones de hectáreas) de la superficie forestal nacional corresponde a "Otras formas de propiedad", es decir que la mayor parte de los terrenos con cubierta forestal están en manos de ejidos y comunidades; 33 por ciento (46.18 millones de hectáreas) es de propiedad privada y sólo 4 por ciento (5 millones de hectáreas) es de propiedad pública. 24 por ciento de la superficie forestal nacional es reportada por el RAN (2009) como superficie sin definición de propiedad. De los 53 millones de hectáreas que están bajo el régimen de propiedad social, 78 por ciento es de propiedad ejidal y 22 por ciento, propiedad comunal (Figura 81).

Respecto de la superficie arbolada, según el RAN (2009), de los 64.8 millones de hectáreas de bosques y selvas, la mitad de la superficie está bajo el régimen de propiedad social y más aún, 68 por ciento de esta superficie es de propiedad ejidal (Figura 82), lo que implica que la superficie maderable la poseen principalmente ejidatarios que requieren apoyo para la organización, así como financiamiento y capacitación para la producción. 26 por ciento de la superficie arbolada nacional es propiedad privada, mientras que existe un 4 por ciento como propiedad pública. En este rubro, un 20 por ciento de la superficie está reportada sin determinación de tipo de propiedad, es decir, casi 13 millones de hectáreas de selvas y bosques, de acuerdo con el RAN (2009), es probable que se encuentren en litigio y, por lo tanto, serán áreas que quedan excluidas de manejo, protección, conservación y de un posible aprovechamiento.

En la Tabla 25 se presenta la distribución de la superficie forestal nacional atendiendo a la formación vegetal y en función del tipo de propiedad de la tierra. Aquí puede identificarse más detalladamente a qué corresponde ese 24 por ciento de superficie sin propiedad determinada.

Como puede observarse, 50 por ciento de los bosques de coníferas está en manos de ejidos y comunidades, mientras que los bosques de coníferas y latifoliadas están distribuidos más homogéneamente entre la propiedad social y la propiedad privada, siendo la

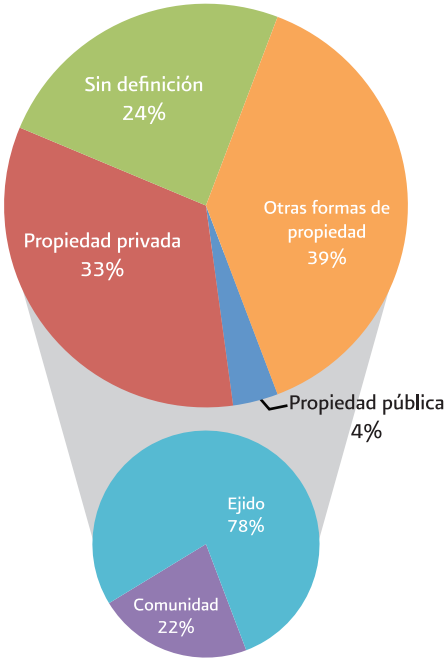



**Figura 81.** Distribución de la superficie forestal nacional de acuerdo con el tipo de propiedad de la tierra (RAN, 2009).

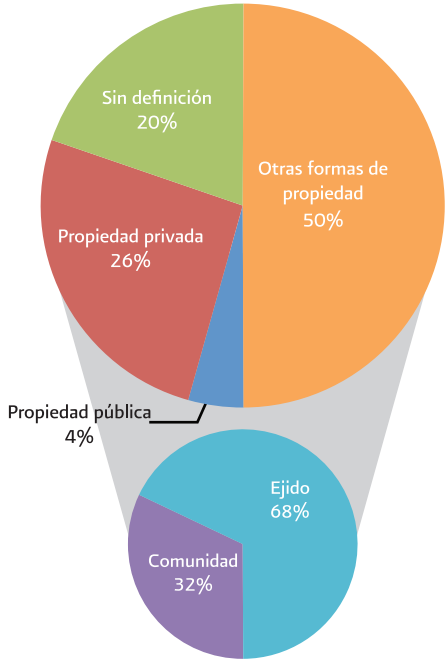



**Figura 82.** Distribución de la superficie forestal arbolada de acuerdo con el régimen de propiedad de la tierra (RAN, 2009).

propiedad pública quien aparece con la menor superficie (apenas 269,000 hectáreas). Los bosques de latifoliadas son predominantemente de propiedad privada (35 por ciento), mientras que las selvas altas y medianas están mayormente bajo el régimen de ejido (47 por ciento). El tipo de propiedad comunal apenas tiene el 11 por ciento de este tipo de formación, todavía por debajo de la propiedad privada, la cual posee 14 por ciento.

Conviene señalar que aunque la propiedad social aparece con la mayor superficie forestal arbolada, entre los ejidos y las comunidades se manifiesta una diferencia significativa. En las figuras 83 y 84 se representa la distribución de la superficie forestal por formación y tipo de propiedad ejidal y comunal. La mayor parte de la superficie forestal arbolada del país, independientemente del tipo de formación, es de propiedad ejidal (34 por ciento), mientras que las comunidades poseen un 16 por ciento de esta superficie.

Existen ejidos y comunidades forestales en todas las regiones del país; el régimen de propiedad social cubre los diferentes tipos de vegetación. Es importante considerar esto en la elaboración de las políticas públicas y en la definición de estrategias de desarrollo del sector forestal, pues denota circunstancias particulares que definen modelos de desarrollos forestales regionales y aún locales, tomando en cuenta la idiosincrasia, la cultura y la cosmogonía de los pueblos que poseen estas tierras.

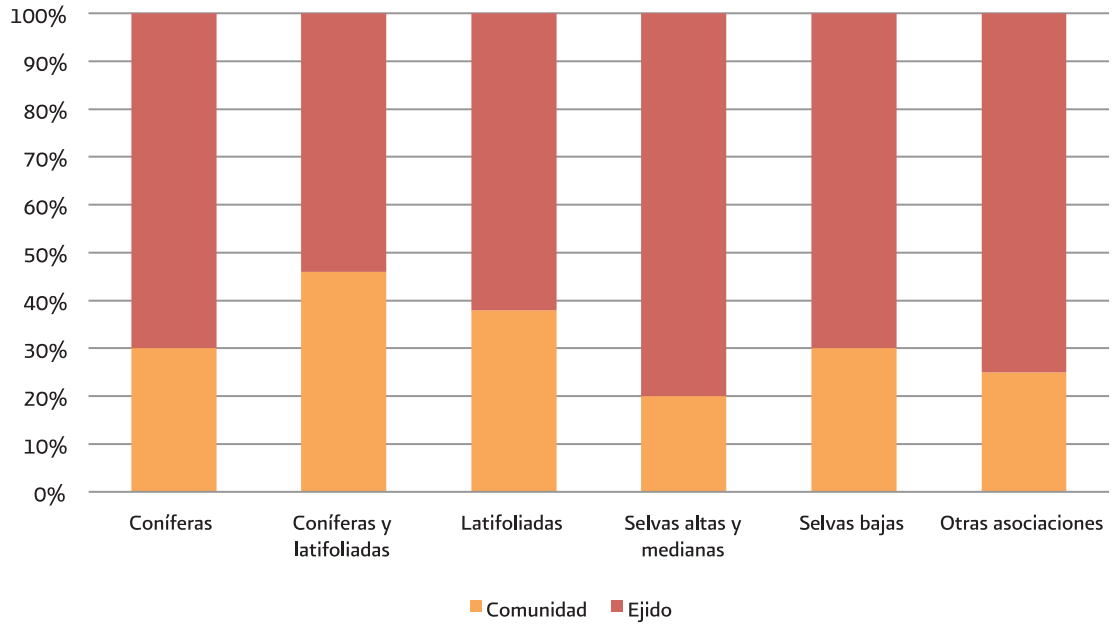



**Figura 83.** Distribución de la superficie forestal arbolada a nivel de formación, con régimen de propiedad ejidal y comunal.

**Tabla 25.** Distribución de la superficie forestal nacional de acuerdo con el tipo de propiedad y por formación vegetal.

| Ecosistema | Formación | Propiedad pública | Propiedad privada | Comunidad | Ejido | Total RAN | Sin tipo de propiedad definido | Total formación |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bosques | Coníferas | 111,280.97 | 1'778,894.99 | 1'161,681.54 | 2'766,003.84 | **5'817,861.34** | **1'965,623.00** | 7'783,484.34 |
| | Coníferas y latifoliadas | 269,122.11 | 3'668,163.09 | 3'218,820.47 | 3'724,699.06 | **10'880,804.72** | **1'994,120.26** | 12'874,924.98 |
| | Latifoliadas | 616,386.00 | 4'537,589.09 | 2'116,788.42 | 3'519,183.65 | **10'789,947.16** | **2'031,449.18** | 12'821,396.34 |
| | *Subtotal* | ***996,789.08*** | ***9'984,647.18*** | ***6'497,290.42*** | ***10'009,886.55*** | ***27'488,613.22*** | ***5'991,192.44*** | ***33'479,805.66*** |
| Selvas | Selvas altas y medianas | 971,746.85 | 2'012,104.42 | 1'602,382.84 | 6'592,041.26 | **11'178,275.37** | **2'883,931.20** | 14'062,206.57 |
| | Selvas bajas | 687,416.59 | 4'441,866.57 | 2'157,153.15 | 4'951,936.83 | **12'238,373.14** | **3'631,368.66** | 15'869,741.80 |
| | Otras asociaciones | 208,393.07 | 376,176.75 | 139,480.92 | 404,856.21 | **1'128,906.94** | **338,734.99** | 1'467,641.93 |
| | *Subtotal* | ***1'867,556.50*** | ***6'830,147.74*** | ***3'899,016.91*** | ***11'948,834.30*** | ***24'545,555.45*** | ***6'854,034.85*** | ***31'399,590.30*** |
| **Subtotal arbolado** | | **2'864,345.58** | **16'814,794.91** | **10'396,307.33** | **21'958,720.85** | **52'034,168.67** | **12'845,227.29** | **64'879,395.96** |
| Matorral xerófilo | Zonas semiáridas | 697,290.14 | 7'176,313.22 | 356,905.34 | 3'454,900.69 | **11'685,409.38** | **8'970,899.77** | 20'656,309.15 |
| | Zonas áridas | 947,922.59 | 14'822,147.68 | 624,022.51 | 12'061,051.14 | 28'455,143.92 | 7'817,803.25 | 36'272,947.17 |
| | *Subtotal* | ***1'645,212.72*** | ***21'998,460.90*** | ***980,927.85*** | ***15'515,951.82*** | ***40'140,553.30*** | ***16'788,703.02*** | ***56'929,256.32*** |
| **Otras áreas forestales** | | 496,698.06 | 7'375,371.55 | 330,879.38 | 3'893,014.94 | **12'095,963.93** | **4'136,629.19** | 16'232,593.12 |
| **Total** | | **5'006,256.37** | **46'188,627.36** | **11'708,114.55** | **41'367,687.62** | **104'270,685.90** | **33'770,559.50** | **138'041,245.40** |

*Fuente: *RAN (2009). Catastro Rural Histórico de 1982 a 1988. **INEGI (2007). Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1:250,000.*

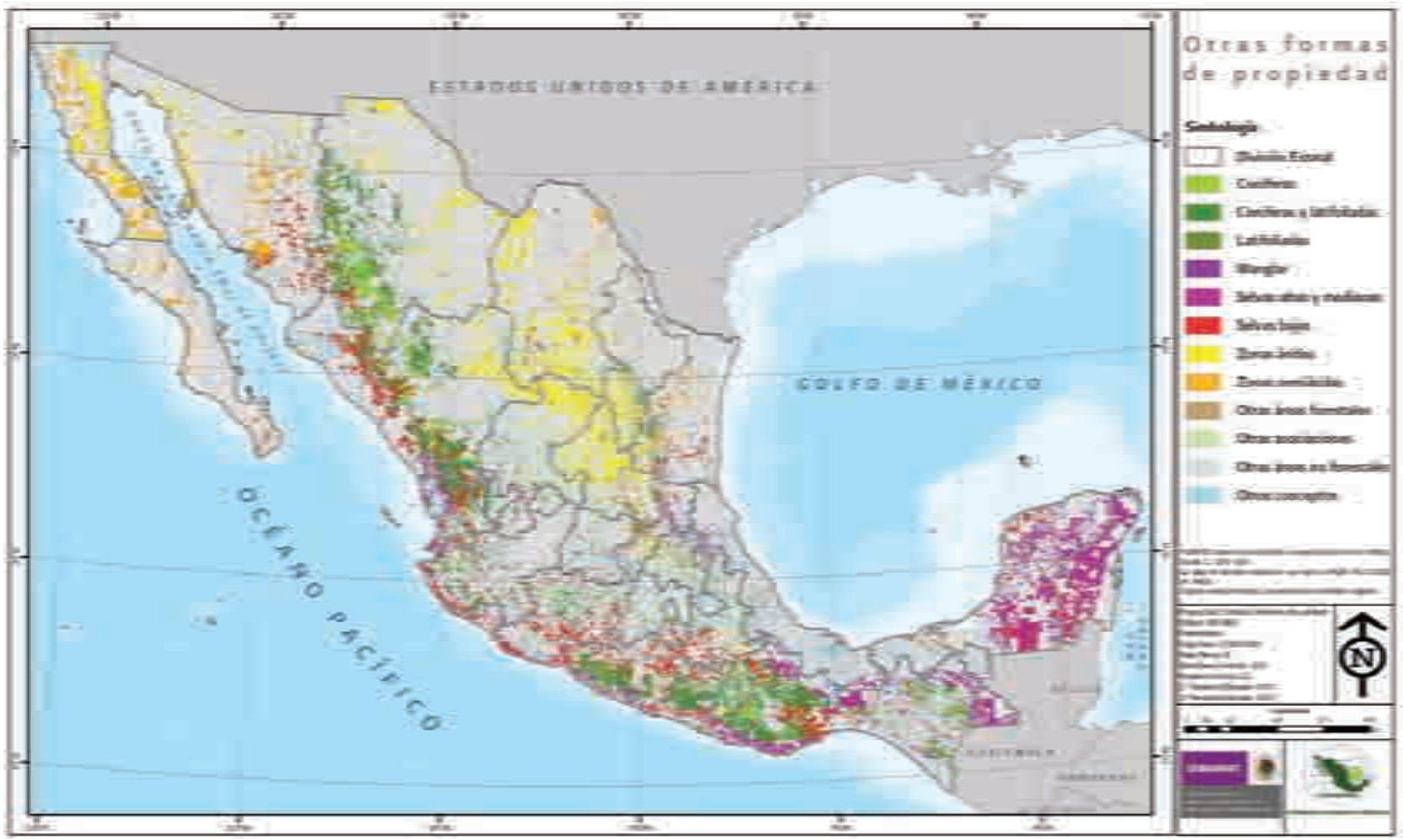



**Figura 84.** Distribución de la superficie forestal nacional, con régimen de propiedad ejidal y comunal (RAN, 2009).

Existen ejidos y comunidades forestales en todas las regiones del país; el régimen de propiedad social cubre los diferentes tipos de vegetación. Es importante considerar esto en la elaboración de las políticas públicas y en la definición de estrategias de desarrollo del sector forestal, pues denota circunstancias particulares que definen modelos de desarrollos forestales regionales y aún locales, tomando en cuenta la idiosincrasia, la cultura y la cosmogonía de los pueblos que poseen estas tierras.

En este mismo tenor, al observar la distribución de la superficie forestal nacional por formación y por tipo de propiedad (Figura 85), es notorio que, a la inversa de lo que sucede con la vegetación arbolada, la mayor superficie de terrenos con vegetación forestal de tipo árido y semiárido está bajo el régimen de propiedad privada, de la misma manera que lo que corresponde a otras áreas forestales (popal, tular, pastizales, etcétera); mientras que en las áreas de vegetación como manglares, selvas de galería, palmares (formación denominada "Otras asociaciones"), es donde se denota una participación más amplia de la propiedad pública sin ser el tipo de propiedad dominante, lo que correspondería principalmente a las áreas naturales protegidas.

En las figuras 86 y 87 podrá apreciarse en qué regiones del país se distribuye la superficie forestal respecto de la propiedad privada y la propiedad pública. La propiedad privada se concentra en los estados del norte del país, donde predomina la formación de matorral xerófilo, aunque también hay propiedad privada en bosques y selvas, como se observa para los estados de Jalisco, Michoacán, Chiapas, Veracruz, Tamaulipas, Tabasco, Campeche y Yucatán.

La propiedad pública es reducida, como ya se ha mencionado, y se restringe a pequeñas áreas localizadas al norte de la Sierra Madre Occidental y al sur en la Península de Yucatán, aunque hay algunos predios en zonas del desierto sonorense y el chihuahuense (Figura 87) que corresponderían a los terrenos que, bajo la zonificación forestal, están designados como áreas de protección.

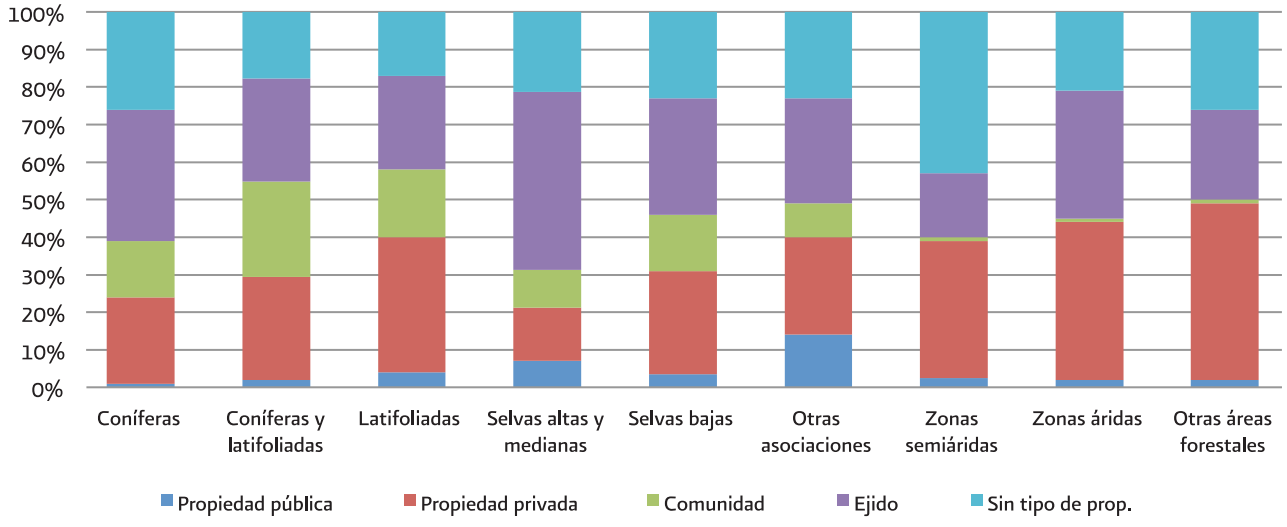



**Figura 85.** Distribución de la superficie forestal nacional de acuerdo con la formación y el régimen de propiedad de la tierra (RAN, 2009).

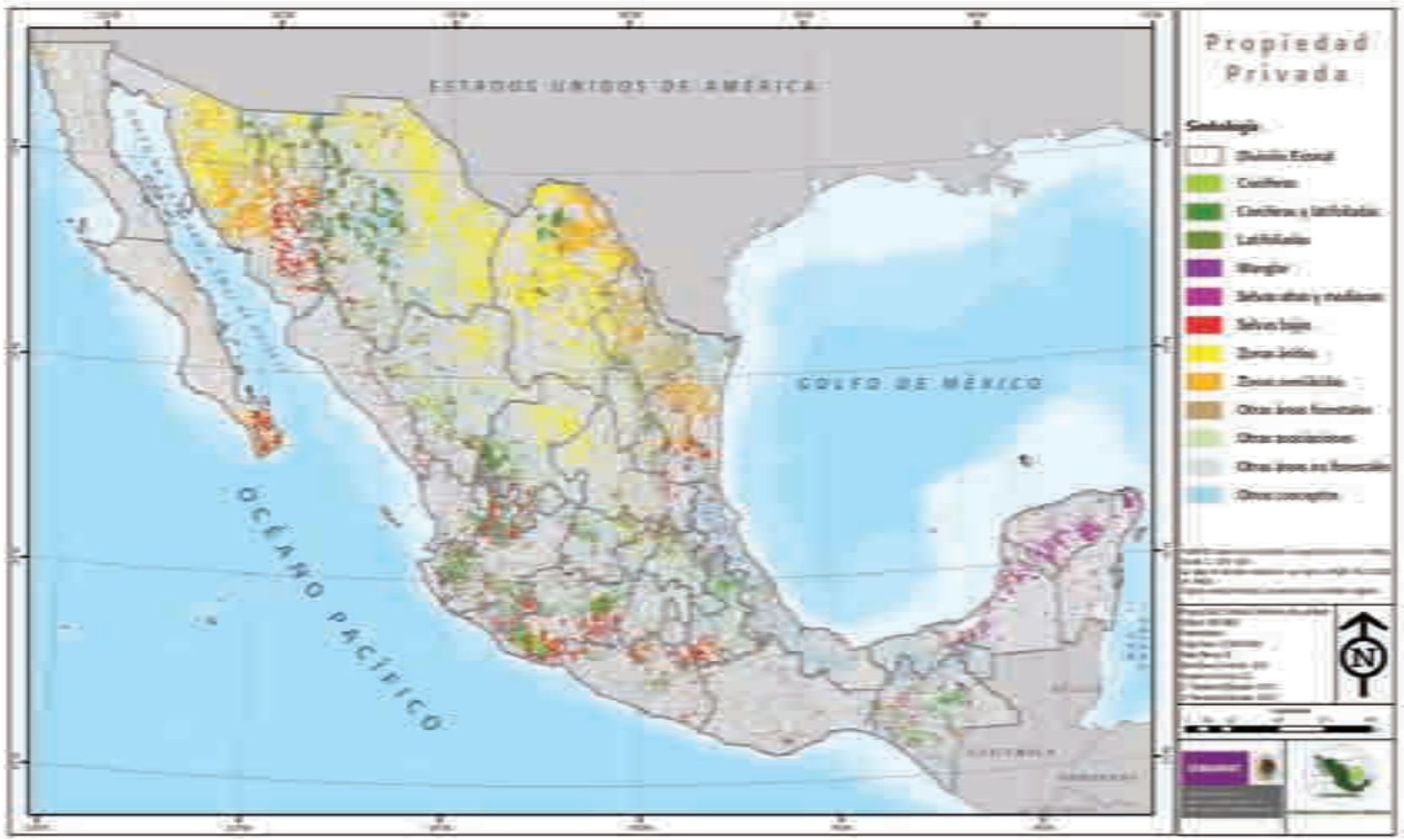



**Figura 86.** Distribución de la superficie forestal nacional bajo el régimen de propiedad privada (RAN, 2009).




**Figura 87.** Distribución de la superficie nacional forestal bajo el régimen de propiedad pública (RAN, 2009).

## Conglomerados muestreados

Respecto del levantamiento de información en campo que llevó a cabo el Inventario Nacional Forestal y de Suelos en el periodo 2004-2009, con relación al tipo de propiedad, se puede mencionar que 69 por ciento de los conglomerados muestreados se reportan de propiedad social, 27 por ciento de propiedad privada y 4 por ciento de propiedad pública (Figura 88).

En cuanto a las formaciones forestales, la distribución de conglomerados por tipo de propiedad, conforme con los datos del INFyS 2004-2009, se representa en la Figura 89. En el tipo de propiedad ejidal se muestrearon más conglomerados de la formación de selvas altas y medianas, mientras que en el tipo de propiedad comunal las formaciones mejor representadas fueron los bosques de coníferas y latifoliadas y el bosque de latifoliadas. En cuanto a la propiedad privada, la mayor parte de conglomerados fueron levantados en la formación de bosque de latifoliadas, toda vez que es ésta la formación donde prevalece dicho tipo de propiedad.

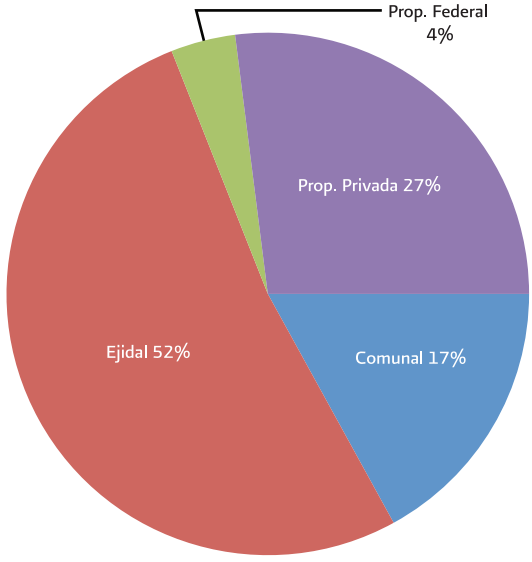



**Figura 88.** Distribución de conglomerados en el INFyS 2004-2009, de acuerdo con el tipo de propiedad de la tierra.

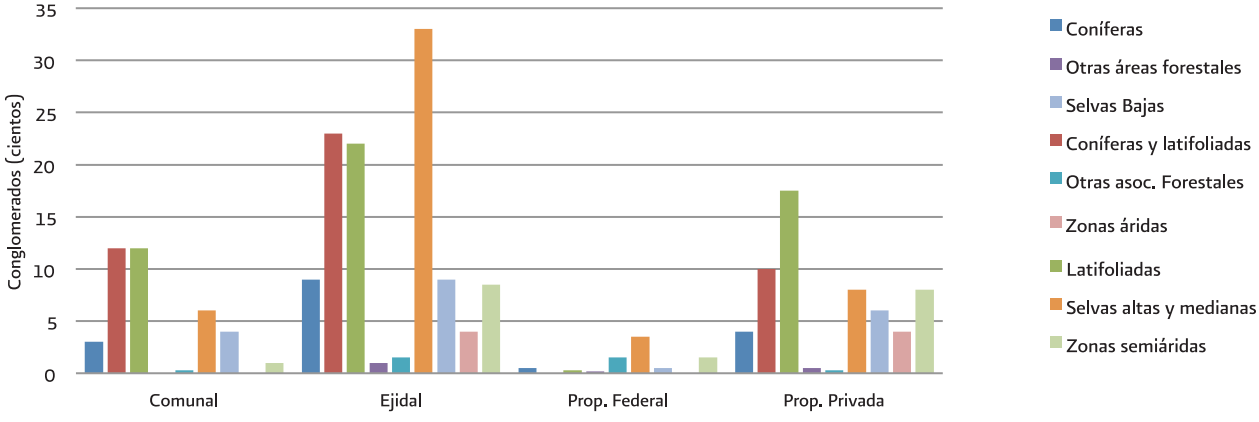



**Figura 89.** Distribución de conglomerados por formación, de acuerdo con el régimen de propiedad de la tierra (INFyS 2004-2009).

## Estimación de parámetros dasométricos

Uno de los objetivos fundamentales de todo inventario forestal es la cuantificación de los recursos y la determinación de algunos indicadores que permitan diseñar políticas para el manejo sustentable e impulsar las actividades del sector con información de calidad.

En el presente capítulo se exponen los resultados derivados del procesamiento de datos de campo del INFyS 2004-2009. Para el cálculo de volumen se utilizaron las ecuaciones del primer Inventario Nacional Forestal; así mismo, para la estimación de los parámetros dasométricos se ha utilizado un estimador de razón.

## Volumen maderable

En la Tabla 26 puede verse el volumen estimado por formación. Los bosques mixtos de coníferas y latifoliadas son los que presentan mayor volumen total árbol por unidad de área con 96 m³/ha, seguidos por los bosques de coníferas con casi 91 m³/ha. En tercer lugar están las selvas altas y medianas con 77 m³/ha, mientras que las latifoliadas y las selvas bajas registran una productividad menor de 37 y casi 24 m³/ha, respectivamente. Obsérvense los porcentajes de error que en general son pequeños.

En la Figura 90 se ilustra la distribución de la productividad medida en metros cúbicos por hectárea, para las diferentes formaciones forestales en el país. Como podrá observarse, los valores más altos se ubican en los macizos forestales más importantes del país, tanto de bosques templados como de selvas. Es en los bosques del estado de Durango donde se localizan las áreas más productivas, con valores por arriba de los 100 metros cúbicos por hectárea, aunque podemos encontrar algunas áreas más pequeñas en Chiapas, Oaxaca y Guerrero. En lo que respecta a las selvas, Chiapas, Campeche y Quintana Roo tienen las áreas más productivas. La mayor parte de las áreas forestales son más bien de productividad baja, correspondiendo a formaciones más bien de tipo de selva baja; no obstante, formaciones arboladas localizadas en diferentes entidades con amplia vocación forestal podrían, a través de mejoras en el manejo forestal, incrementar o al menos mejorar la productividad de sus bosques y selvas.

**Tabla 26.** Estimación de volumen total árbol por formación, de acuerdo con los datos de campo del INFyS 2004-2009.

| Ecosistema | Formación | Volumen total promedio ($m^3$/ha) | *E (%) |
|---|---|---|---|
| Bosques | Coníferas | 90.82 | 3.29 |
| | Coníferas y latifoliadas | 96.29 | 1.63 |
| | Latifoliadas | 37.23 | 2.26 |
| Selvas | Selvas altas – medianas | 77.30 | 2.03 |
| | Selvas bajas | 23.72 | 3.10 |

**Error estándar.*

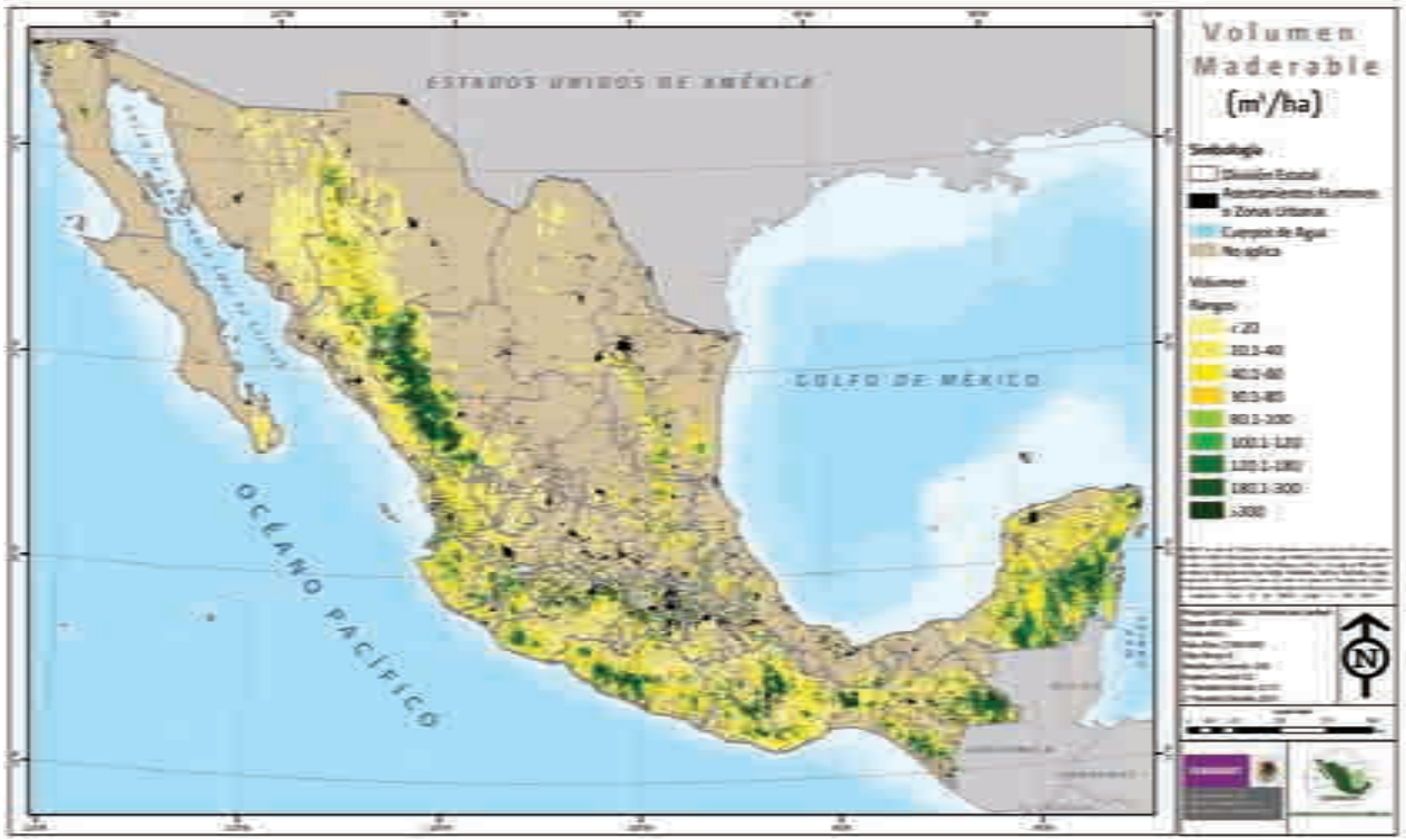



**Figura 90.** Distribución de la capacidad productiva medida en metros cúbicos por hectárea, para bosques y selvas, de acuerdo con los datos del INFyS 2004-2009.

## Existencias maderables

Las existencias maderables se refieren básicamente a los volúmenes de madera con los que cuenta una región o país en sus bosques y selvas en forma de árboles vivos. Además del tipo de vegetación, también el estado de conservación afecta el volumen maderable existente: aquellas áreas que sufren los efectos de la fragmentación tienen un contenido comparativamente menor que los bosques o selvas primarios. El indicador "Existencias maderables en bosques y selvas" muestra los volúmenes existentes de los recursos forestales nacionales.




**Figura 91.** Proporción de existencias totales de madera en rollo ($m^3$) en bosques y selvas.

De acuerdo con la Tabla 27, México tiene una existencia de madera en rollo en pie de 3,887 millones de metros cúbicos, distribuidos en 63 millones de hectáreas. De éstos, las mayores existencias se localizan en la superficie que corresponde a la formación vegetal de coníferas y latifoliadas (32%), seguido por la formación de selvas altas y medianas (28%); el bosque de coníferas ocupa el tercer lugar con 18 por ciento de las existencias totales, seguido por las latifoliadas (12%) y finalmente las selvas bajas, formación que guarda el menor volumen de existencias maderables (10%) (Figura 91).

De manera general, los bosques templados tienen una existencia total de madera del orden de 2,424 millones de metros cúbicos, mientras que las selvas guardan un volumen de 1,463 millones de metros cúbicos.

Abordando el análisis de existencias maderables desde la consideración de la condición de vegetación primaria y secundaria, los resultados se concentran en la Tabla 28. Podrá observarse que la productividad es mayor en la condición primaria; así, la productividad por unidad de área es superior a los 100 metros cúbicos por hectárea para las formaciones arboladas

**Tabla 27.** Existencias maderables en bosques y selvas.

| Ecosistema | Formación | Superficie (ha) | Volumen medio total ($m^3$/ha) | Total existencias maderables ($m^3$ rollo en pie) |
|---|---|---|---|---|
| **Bosques** | Coníferas | 7'783,484 | 90.82 | 706'896,017 |
| | Coníferas y latifoliadas | 12'874,925 | 96.29 | 1,239'726,528 |
| | Latifoliadas | 12'821,396 | 37.23 | 477'340,573 |
| **Selvas** | Selvas altas y medianas | 14'062,207 | 77.30 | 1,087'008,601 |
| | Selvas bajas | 15'869,742 | 23.72 | 376'430,280 |
| **Total** | | **63'411,754** | | **3,887'402,000** |

*Nota: No se considera la superficie de Otras asociaciones dentro del ecosistema de Selvas.*

**Tabla 28.** Productividad media (volumen en m³/ha) y existencias maderables totales en bosques y selvas, según la condición de vegetación primaria y secundaria.

| Ecosistema | Formación | Vegetación primaria | | | Vegetación secundaria | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Superficie (ha) | Volumen medio (m³/ha) | Existencias totales (m³ rta) | Superficie (ha) | Volumen medio (m³/ha) | Existencias totales (m³ rta) |
| Bosques | Coníferas | 5,497,355 | 108.43 | 596,078,221 | 2,286,129 | 74.22 | 169,676,507 |
| | Coníferas y latifoliadas | 8,840,642 | 103.67 | 916,509,324 | 4,034,283 | 86.19 | 347,714,877 |
| | Latifoliadas | 7,799,967 | 38.09 | 297,100,746 | 5,021,429 | 36.62 | 183,884,740 |
| Subtotal | | 22,137,964 | | 1,809,688,291 | 11,341,842 | | 701,276,124 |
| Selvas | Selvas altas y medianas | 3,557,921 | 112.30 | 399,554,516 | 10,504,286 | 71.84 | 754,627,884 |
| | Selvas bajas | 7,254,473 | 28.60 | 207,477,932 | 8,615,269 | 21.10 | 181,782,169 |
| Subtotal | | 10,812,394 | | 607,032,447 | 19,119,554 | | 936,410,053 |
| TOTAL | | 32,950,358 | | 2,416,720,739 | 30,461,396 | | 1,637,686,177 |

de mayor importancia comercial, de éstos sobresale que las selvas altas y medianas serían las más productivas, con 112 metros cúbicos por hectárea, seguidas por los bosques de coníferas, con 108 metros cúbicos por hectárea. En tercer lugar están los bosques mixtos de coníferas y latifoliadas con 103 metros cúbicos por hectárea, quedando la menor productividad para las selvas bajas, que apenas registran cerca de 29 metros cúbicos por hectárea. Todavía la formación de latifoliadas es mayor a las selvas bajas al presentar 38 metros cúbicos por hectárea.

La productividad se reduce en la condición de vegetación secundaria. En esta situación, los bosques mixtos de coníferas y latifoliadas presentan los valores mayores al registrar 86 metros cúbicos por hectárea; los bosques de coníferas alcanzan 74 metros cúbicos por hectárea, mientras que las selvas bajas siguen siendo las de menor productividad, con 21 metros cúbicos por hectárea. Las selvas altas y medianas aparecen con una productividad menor que los bosques de coníferas y de coníferas y latifoliadas al reducir su productividad a 72 metros cúbicos por hectárea, cuando en la condición primaria presentaban la mayor productividad, lo que pone de manifiesto el efecto degenerativo de las alteraciones sufridas por estas formaciones.

Con esta productividad, las existencias maderables en la vegetación primaria están arriba en 779,000 metros cúbicos sobre las existencias registradas en la vegetación secundaria. La vegetación primaria concentra 2,417 millones de metros cúbicos de existencias totales mientras que la vegetación secundaria concentra 1,638 millones de metros cúbicos en existencias maderables totales.

Puede apreciarse en la gráfica de la Figura 92 que en las selvas altas y medianas las mayores existencias totales se encuentran en la condición secundaria, esto obedece a que la mayor superficie que cubre esta formación se encuentra bajo la condición de vegetación secundaria, sumamente alterada. Las selvas bajas mantienen existencias casi similares en ambas condiciones dado que la superficie que cubre esta formación se distribuye más o menos igual entre la vegetación primaria y la secundaria y la productividad se mantiene por arriba de los 20 metros cúbicos por hectárea.

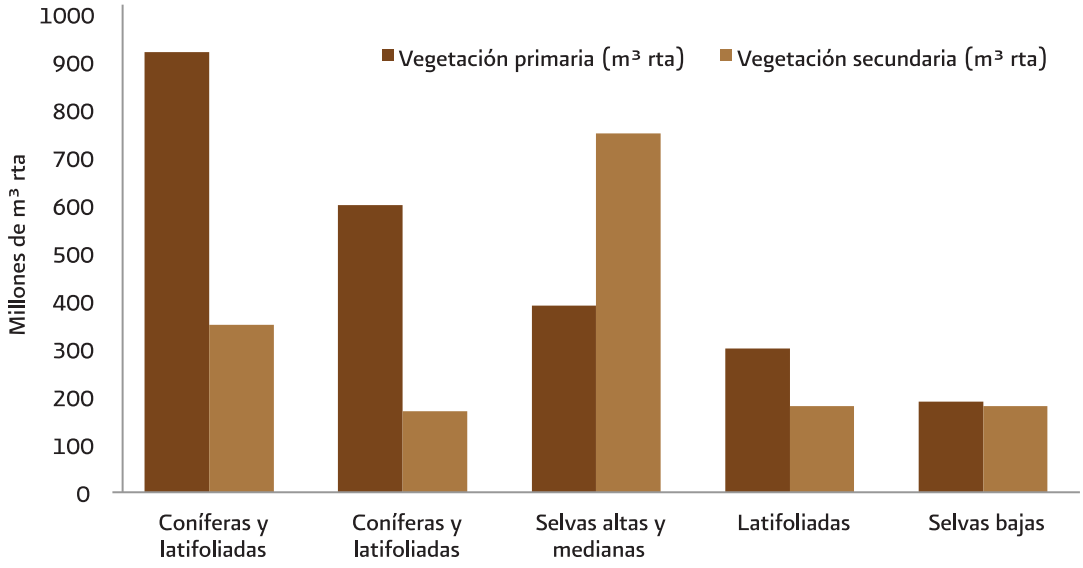



**Figura 92.** Existencias totales maderables en la vegetación primaria y la vegetación secundaria, conforme con los resultados de campo del INFyS 2004-2009.

En cuanto a los bosques templados, especialmente los de coníferas y los mixtos de coníferas y latifoliadas, aunque la superficie que se encuentra en la condición de vegetación secundaria corresponde aproximadamente a la mitad de la superficie que conserva vegetación primaria, la productividad por unidad de área se reduce aproximadamente en 32 y 17 por ciento, respectivamente, con relación a la vegetación primaria; comparativamente con las selvas altas y medianas, en la condición secundaria la productividad se reduce en 36 por ciento con respecto a la condición primaria. Los bosques de latifoliadas presentan números muy parecidos tanto en superficie como en productividad en ambas condiciones de conservación, por lo que los cambios no son significativos; sin embargo, en las selvas bajas el descenso en la productividad es del orden del 25 por ciento con respecto a la condición primaria.

**Resumen de parámetros dasométricos estimados**

En la Tabla 29 se presenta un resumen de los parámetros dasométricos estimados. Estos parámetros ya fueron abordados en el apartado "Estructura de las masas forestales" de este mismo Informe, por lo que aquí sólo se señalarán de manera general.

Los parámetros que el INFyS estima son la densidad medida en términos del número de árboles por hectárea, la cobertura de copa dada en porciento de superficie cubierta por hectárea, el área basal medida en metros cuadrados por hectárea y el volumen (en metros cúbicos por hectárea, referido al volumen total árbol). El análisis de estos datos permite describir la situación actual de las masas forestales nacionales.

***Densidad (número de árboles por hectárea)***

Las selvas altas y medianas son las más altamente pobladas al registrar en promedio 514 árboles por hectárea, mientras que las selvas bajas registran una densidad de 221 árboles/ha. De los bosques templados, el de coníferas y latifoliadas presenta la mayor densidad con 228 árboles/ha, seguido por el bosque de coníferas con 175 árboles/ha. El bosque de latifoliadas es el menos poblado, con 156 árboles/ha (Figura 93).

**Tabla 29.** Resumen de estadísticas del arbolado.

| Ecosistema | Formación | Densidad | | Cobertura | | Área basal | | Volumen | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Árboles/ha | *E (%) | %/ha | *E (%) | $m^2$/ha | *E (%) | $m^3$/ha | *E (%) |
| Bosques | Coníferas | 175 | 2.33 | 30.85 | 2.81 | 9.67 | 2.48 | 90.82 | 3.29 |
| | Coníferas y latifoliadas | 228 | 1.30 | 40.49 | 1.48 | 11.06 | 1.21 | 96.29 | 1.63 |
| | Latifoliadas | 156 | 1.70 | 29.70 | 1.79 | 6.53 | 1.67 | 37.23 | 2.26 |
| Selvas | Selvas altas y medianas | 514 | 1.17 | 45.72 | 1.40 | 12.03 | 2.06 | 77.30 | 2.03 |
| | Selvas bajas | 221 | 2.65 | 30.29 | 2.62 | 4.74 | 2.50 | 23.72 | 3.10 |

**Error estándar.*

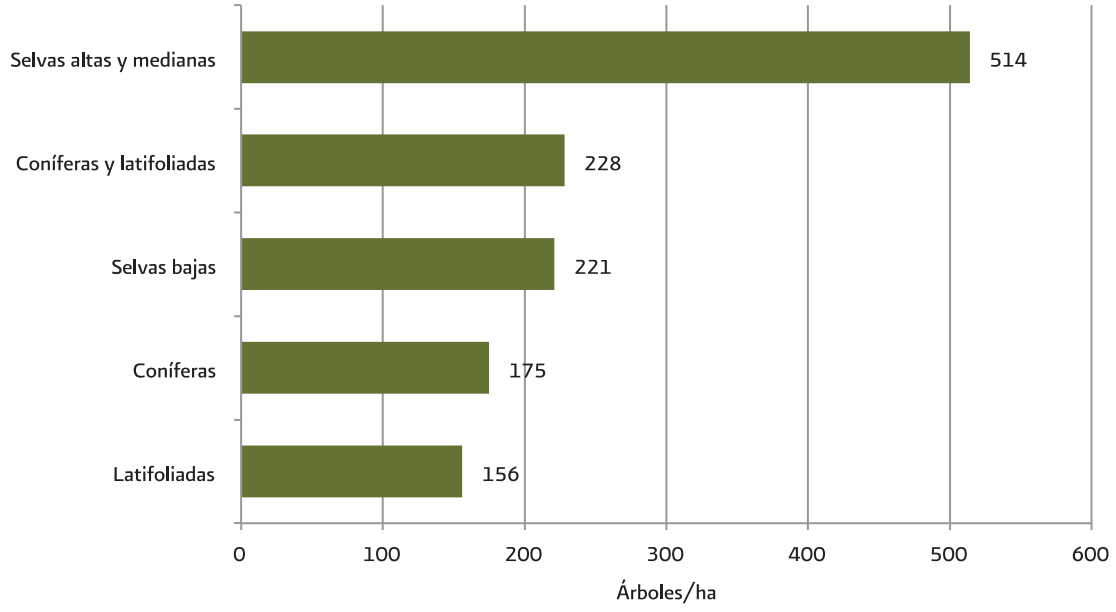



**Figura 93.** Densidad promedio del arbolado nacional.

No obstante que las selvas altas y medianas presentan la mayor densidad de árboles por unidad de superficie, son los bosques mixtos y los bosques de coníferas los que aparecen con los mayores rendimientos en volumen por hectárea con 96 y 91 $m^3$ rollo total árbol, respectivamente (Figura 94). Esto tiene que ver con el espacio de crecimiento y la disponibilidad de recursos (agua, nutrientes, luz) para cada árbol, pero también con el grado de perturbación de las áreas arboladas. Como ya se señaló con anterioridad, la mayor superficie que cubre la formación de selvas altas y medianas se encuentra en una condición secundaria, lo que implicaría arbolado joven con dimensiones pequeñas; por lo mismo, presentan productividad relativamente baja.

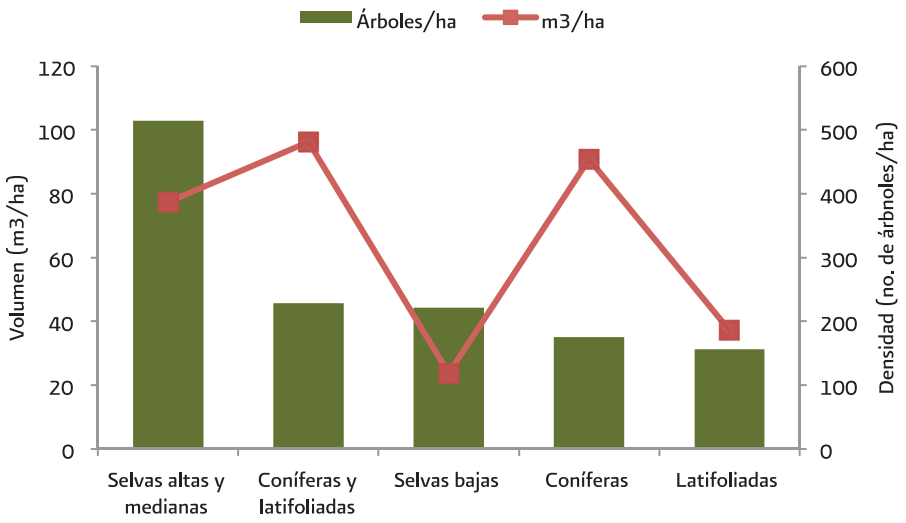



**Figura 94.** Comportamiento del volumen respecto de la densidad del arbolado por unidad de superficie y por formación vegetal.

### *Cobertura (porcentaje de superficie cubierta por la copa de los árboles)*

Definida la "cobertura" como la proyección de la copa del estrato arbóreo o arbustivo en el suelo, medido en porcentaje por hectárea, se presentan los resultados que describen la condición del arbolado en la superficie forestal nacional.

De acuerdo con la Tabla 26, las selvas altas y medianas son las que registran el mayor porcentaje de cobertura de copa con 46 por ciento, lo que es consistente con la densidad, pues es la formación con el mayor número de árboles por hectárea. Le siguen los bosques de coníferas y latifoliadas con 40 por ciento de cobertura, mientras que los bosques de coníferas presentan 31 por ciento; el bosque de latifoliadas y las selvas bajas apenas se diferencian de la formación de coníferas al presentar una cobertura similar de 30 por ciento (Figura 95). Estas últimas formaciones también son las que presentan las densidades más bajas.

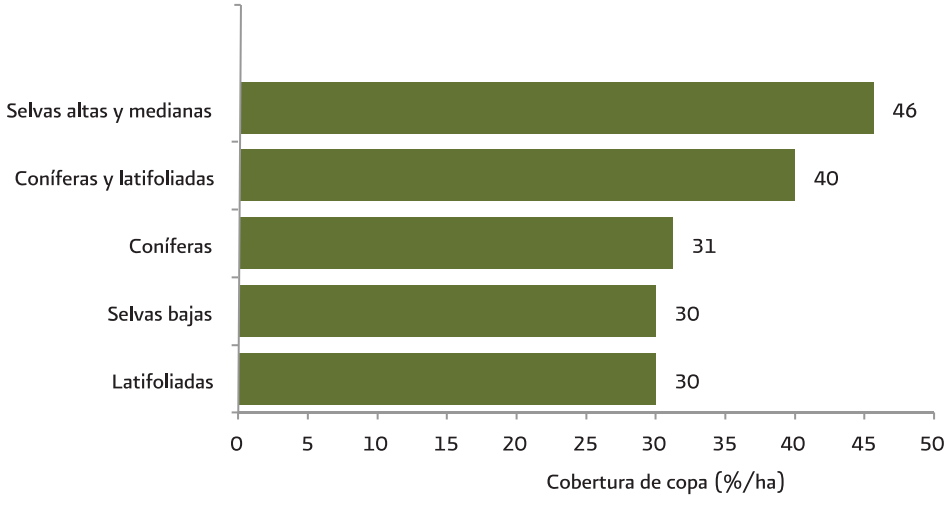



**Figura 95.** Cobertura de copa promedio de las áreas arboladas nacionales.

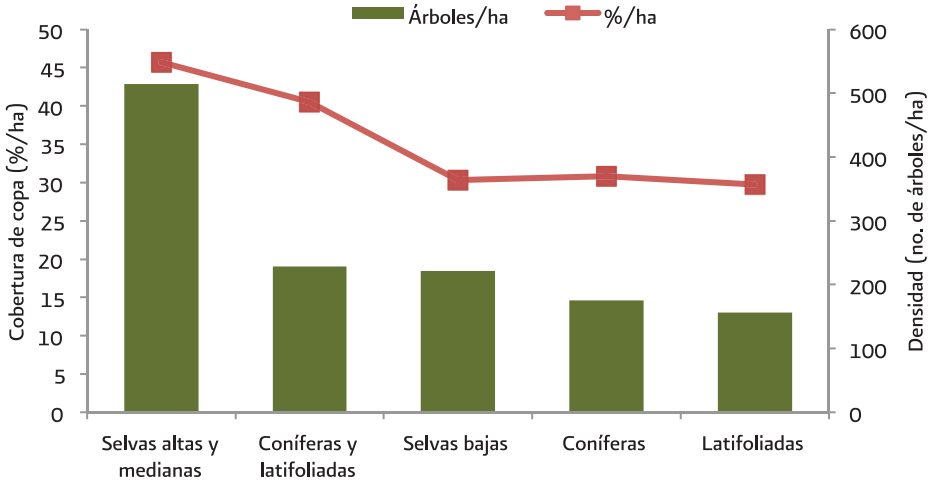



**Figura 96.** Relación de la densidad con la cobertura de copa, de acuerdo con la formación vegetal de las masas arboladas del país.

En la gráfica de la Figura 96 se aprecia la relación aparentemente proporcional que existe entre la densidad del arbolado y la cobertura de copa. A una mayor densidad hay una mayor cobertura de copa, aunque para arbolado de grandes dimensiones o en bosques abiertos esto no siempre es así, y puede ser observado en los bosques mixtos de coníferas y latifoliadas en los que, aunque la densidad es menor, la cobertura de copa resulta mayor. Estos bosques, de acuerdo con los datos de densidad, serían más bien abiertos y con copas amplias, lo que hace que la cobertura no sea directamente proporcional al número de árboles por unidad de área.

### *Área basal (m²/ha)*

Con respecto al área basal, los valores más altos se presentan en las selvas altas y medianas, con 12 m²/ha, mientras que los valores más bajos son para la formación de latifoliadas y selvas bajas, con 7 y 5 m²/ha, respectivamente. Los bosques de coníferas y coníferas y latifoliadas están en el orden de los 10 y 11 m²/ha (Figura 97).

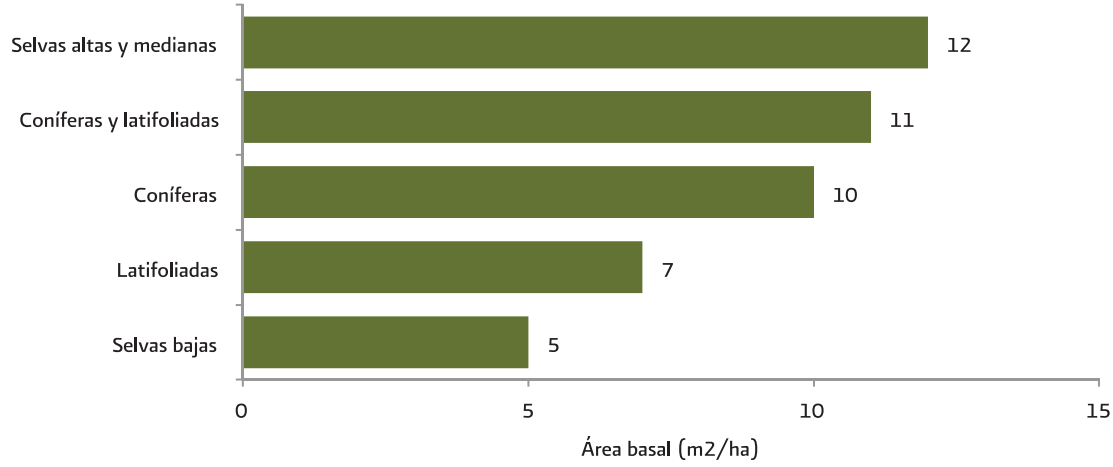



**Figura 97.** Área basal promedio por formación vegetal.

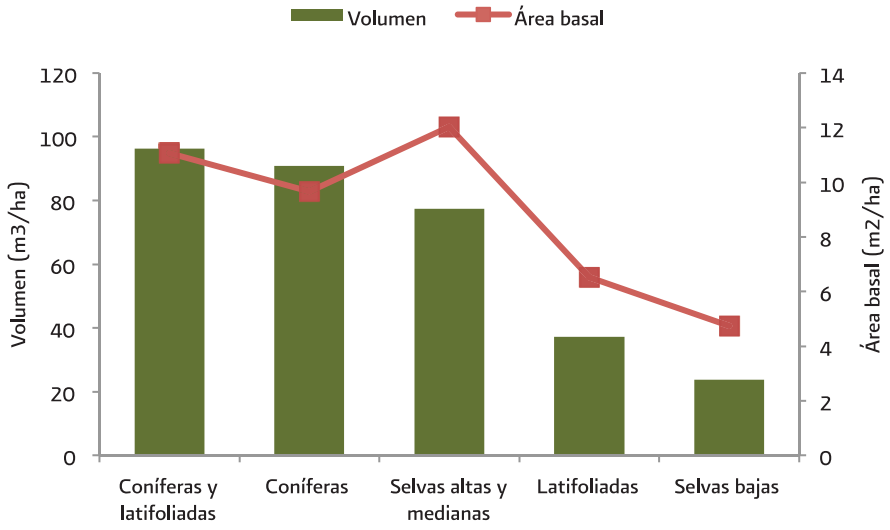



**Figura 98.** Comportamiento del volumen y el área basal por unidad de superficie y formación vegetal para las masas arboladas nacionales.

Al comparar el comportamiento del volumen con el área basal se puede ver que, aunque las selvas altas y medianas presentan el valor más alto en área basal por unidad de superficie, no es la formación que genera el mayor volumen (Figura 98).

De acuerdo con Daniel *et al*. (1982), a medida que el número de árboles por hectárea aumenta, el área basal aumentará con cada árbol, sumando al total una cantidad de área basal hasta el momento en que los árboles empiezan a competir entre sí; entonces, el área basal total aumenta pero el área basal individual disminuye. El mismo autor señala que el volumen en metros cúbicos de un rodal está en función de su área basal y su altura. Esto implica que, de acuerdo con los datos que aquí se analizan, debería esperarse que las selvas tuvieran un mayor volumen, sin embargo, esto no sucede en virtud de que en este caso el área basal total obedece al número de árboles por hectárea (densidad) y no al diámetro normal que alcanzan los árboles medidos.

Como se menciona en el apartado "Estructura de las masas forestales", los bosques y selvas del país presentan valores de área basal relativamente bajos, aunque haya una densidad considerable en formaciones como las selvas altas y medianas; esto es un indicador de que son masas de segundo y tercer crecimiento, dependiendo de la región de que se trate. Son masas jóvenes con diámetros normales dentro de las categorías diamétricas de 15 a 35 cm y alturas que no rebasan los 20 metros.

También se puede inferir que son escasas o nulas las áreas que permanecen prístinas: la mayor parte de la superficie arbolada del país ha sido intervenida, con diferentes propósitos y por diferentes agentes de disturbio, lo que ha dado como resultado masas forestales abiertas, en la mayoría de los casos formando masas mezcladas, encontrándose además diferentes etapas y procesos sucesionales.

Todo lo anterior conlleva y motiva un análisis profundo del sector forestal para ajustar los principios del manejo y llevarlos a la sustentabilidad, para revisa los distintos métodos de ordenación, sus principios y evaluar su efectividad a la luz de estos resultados, y hacer una revisión de la parte tecnológica y la capacidad instalada y su renovación en el interés de ajustarla a las características actuales de la materia prima; todo esto en el marco de una adecuación de las políticas de producción y productividad del sector forestal.

## Incremento Medio Anual en volumen (IMA)

El Incremento Medio Anual (IMA) en volumen es la medida que indica la productividad por unidad de tiempo y por unidad de área de un tipo de vegetación en particular. En este caso se ha determinado el IMA para tres de los géneros más importantes de coníferas: *Pinus*, *Pseudotsuga* y *Abies*, que son los géneros registrados en la submuestra.

De acuerdo con los datos del INFyS 2004-2009, los bosques de coníferas incrementan en 2.29 m³/ha/año, mientras que los géneros referidos, localizados en bosques mixtos de coníferas y latifoliadas, reducen el incremento medio anual a 1.88 m³/ha/año (Tabla 30). De manera general, las coníferas presentan un incremento medio anual de 1.99 m³/ha/año.

Con este incremento medio anual, los bosques de coníferas representan un aumento en volumen total al año de 15.48 millones de metros cúbicos, sin considerar lo que aportan los bosques mixtos de coníferas y latifoliadas. Estos datos, comparados con los reportes de producción maderable en el país, permiten suponer que México tiene que adecuar sus técnicas de manejo y de aprovechamiento y su infraestructura de transformación, entre otras cosas, para impulsar al sector forestal y aprovechar la riqueza con la que se cuenta, convirtiendo a esta actividad como una rama potencial y potenciadora de la economía nacional.

## Tiempos de paso medio en coníferas

Con base en los datos del INFyS 2004-2009 se encuentra que, en términos generales, las coníferas requieren entre 15 y 17 años para pasar de una categoría diamétrica a otra, sobre todo en las categorías entre 10 y 35 centímetros, que es en el rango donde se ubica la mayoría del arbolado de estos bosques y selvas (Figura 99).

**Tabla 30.** Estimación del Incremento Medio Anual en volumen para coníferas.

| Formación | IMA ($m^3$/ha/año) | *E (%) |
|---|---|---|
| Coníferas | 2.29 | 4.48 |
| Coníferas y latifoliadas** | 1.88 | 2.54 |
| General | 1.99 | 2.23 |

*Error estándar.
**Se refiere exclusivamente a las coníferas dentro de la formación de bosque mixto.

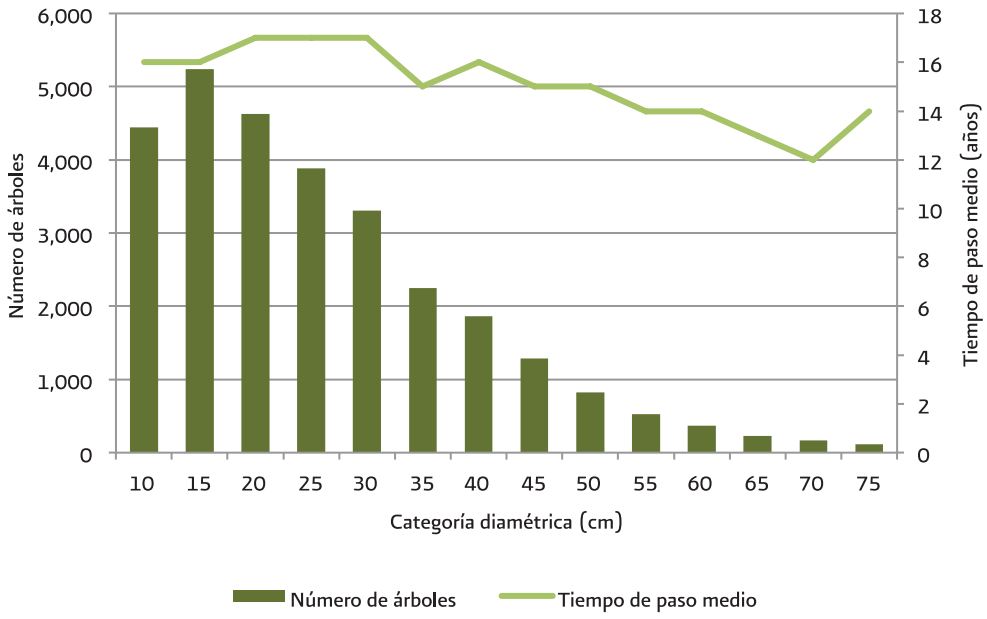



**Figura 99.** Distribución del tiempo de paso medio para coníferas, de acuerdo con los datos del INFyS 2004-2009.

En la Figura 98 se puede observar en qué categorías diamétricas se distribuye el arbolado muestreado. Asimismo, puede notarse que a medida que la categoría diamétrica se incrementa, se reduce el número de individuos y el tiempo de paso medio también disminuye sensiblemente.

Analizando por separado a los tres géneros de coníferas maderables de mayor interés considerados en el INFyS 2004-2009, se muestra el comportamiento de los tiempos de paso medio (Figura 100). La curva es más homogénea en el género *Pinus*, con tiempo de paso entre 15 y 17 años para las categorías diamétricas de 10 hasta 45 centímetros; categorías diamétricas superiores requieren tiempos de paso menores a 15 años. En *Abies* se registran los tiempos de paso más cortos para las primeras categorías diamétricas y tiende a incrementarse ligeramente al aumentar el diámetro. Para *Pseudotsuga*, al parecer no hay un patrón regular, no obstante, el tiempo de paso medio es menor para las categorías diamétricas inferiores pero se incrementa conforme la categoría diamétrica es mayor. Cabe señalar que tanto para *Pseudotsuga* como para *Abies* no se cuenta con un número suficiente de individuos muestreados para que los datos sean representativos, por ello las curvas aparecen menos homogéneas y con patrones irregulares.

Es claro que el tiempo que tarda en crecer un árbol, ya sea en altura o en diámetro, dependerá de las condiciones del sitio y de la especie; sin embargo, esta información da una idea de la dinámica que guardan las masas forestales en el país, y de esta manera se pueden perfilar estrategias de manejo que permitan modificar el comportamiento y la productividad de las áreas de interés.

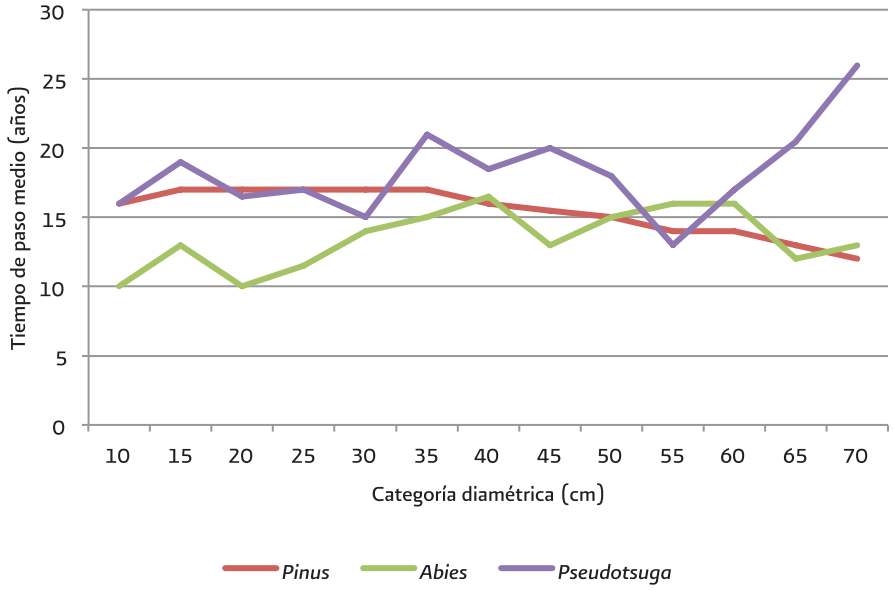
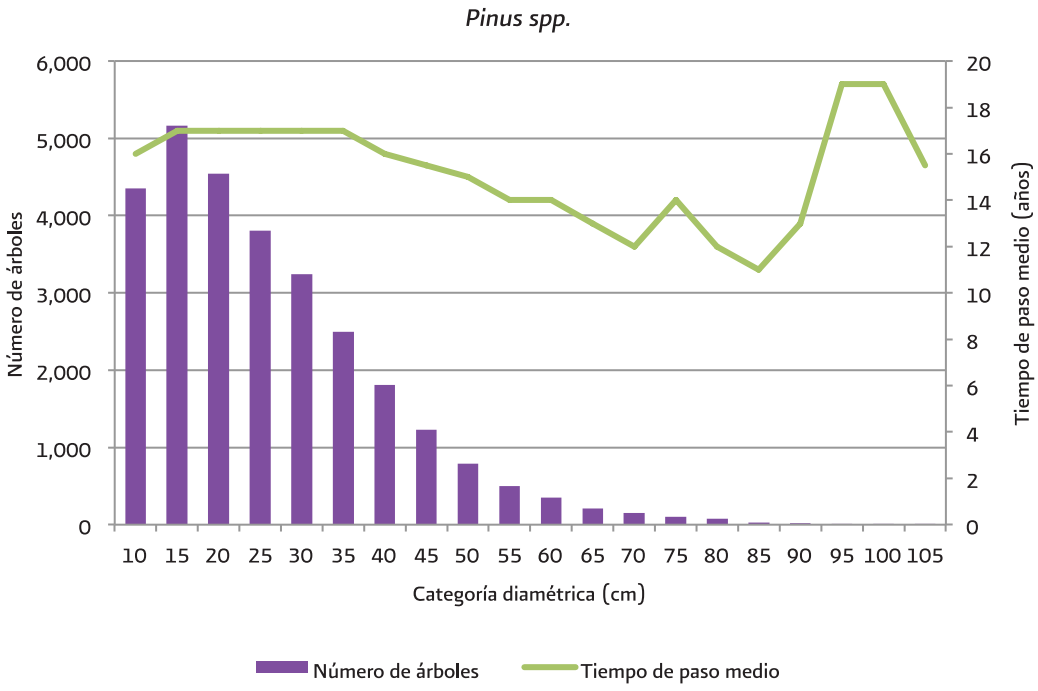



**Figura 100.** Patrón de distribución de los tiempos de paso medio para los géneros *Pinus, Abies* y *Pseudotsuga*, reportados por el INFyS 2004-2009.

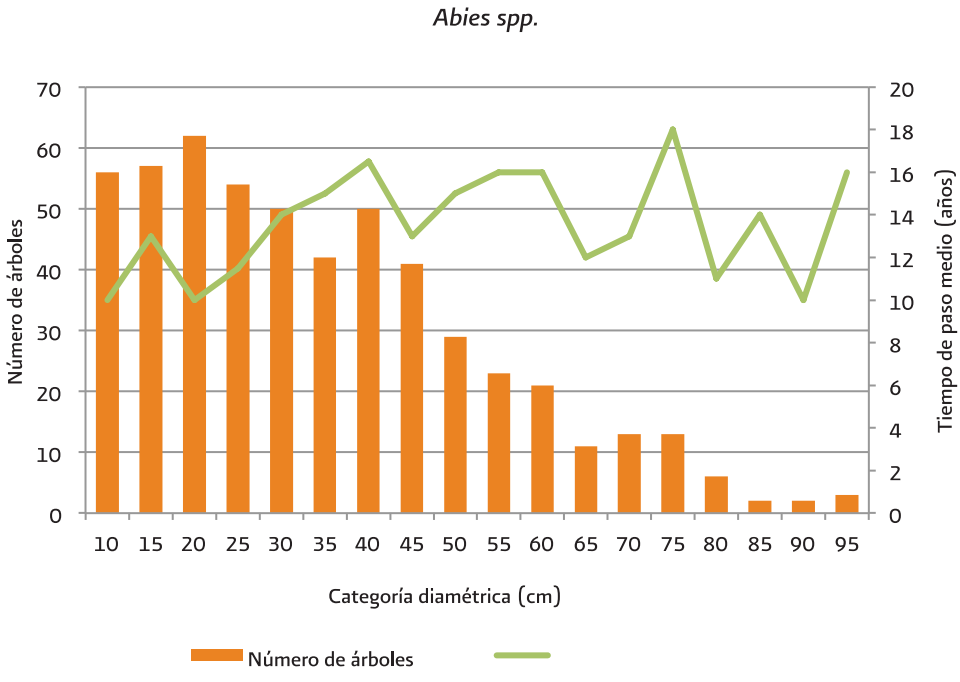
En la Figura 101 se representa una descripción gráfica del comportamiento de los tres géneros de coníferas aquí mencionados. En ella se muestra la distribución del arbolado por categoría diamétrica y se marcan los tiempos de paso medios para cada género (ver Tabla 31).

Para el género *Pinus*, a medida que se va incrementando la categoría diamétrica el número de individuos va disminuyendo, manifestando un comportamiento de equilibrio en la masa y una estructura balanceada al distribuirse gradualmente en las diferentes categorías de diámetro; para este género los tiempos de paso más cortos son de 11 años, aunque el valor promedio es de 17 años. Para *Abies* el comportamiento es menos uniforme pero el arbolado también se concentra en las categorías diamétricas más delgadas. El tiempo de paso medio está entre los 10 y los 14 años para la mayoría del arbolado muestreado. En *Pseudotsuga* el comportamiento es menos regular, aunque el número de observaciones tiende a reducirse enormemente dado que es un género que mantiene una distribución restringida y áreas prácticamente relictuales. En este caso, el tiempo de paso comprende un rango más amplio que va desde los 13 hasta los 20 años. En todos los casos los picos no son considerados pues la información es escasa para ser concluyente o dibujar una tendencia, aunque pareciera que los tiempos de paso se incrementan al llegar a categorías diamétricas mayores de los 70 ó 90 centímetros, según se trate de *Abies, Pseudotsuga* o *Pinus*, respectivamente.

**a)**


Pinus spp.
Número de árboles
Tiempo de paso medio (años)
Categoría diamétrica (cm)
Número de árboles
Tiempo de paso medio

**b)**


Abies spp.
Número de árboles
Tiempo de paso medio (años)
Categoría diamétrica (cm)
Número de árboles

c)

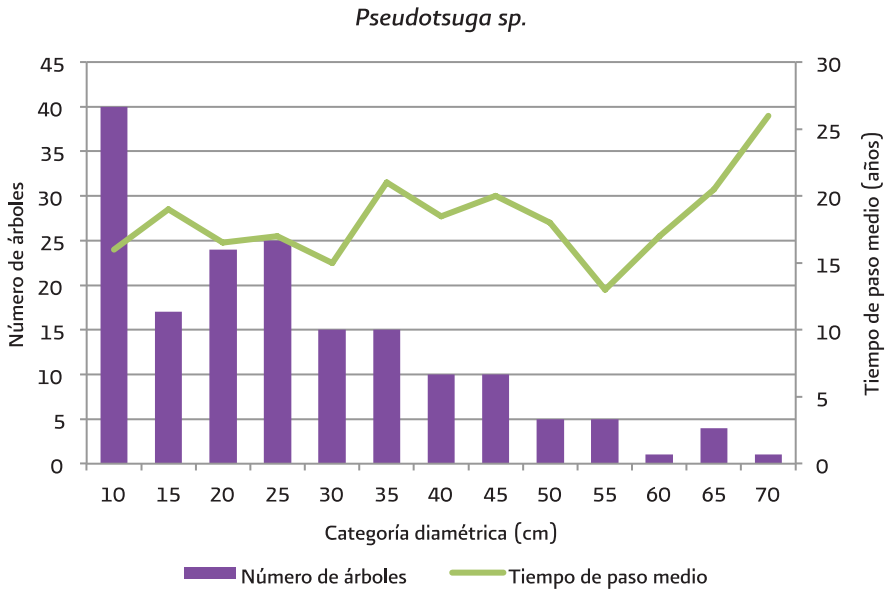



**Figura 101.** Descripción de la distribución del arbolado por categoría diamétrica y el comportamiento de los tiempos de paso medio para tres géneros de coníferas(a, b y c).

**Tabla 31.** Tiempos de paso medio para los géneros de coníferas maderables, de acuerdo con los datos de campo del INFyS.

| Categoría diamétrica | *Pinus* | *Abies* | *Pseudotsuga* |
|---|---|---|---|
| 10 | 16.0 | 10 | 16 |
| 15 | 17.0 | 13 | 19 |
| 20 | 17.0 | 10 | 16.5 |
| 25 | 17.0 | 11.5 | 17 |
| 30 | 17.0 | 14 | 15 |
| 35 | 17.0 | 15 | 21 |
| 40 | 16.0 | 16.5 | 18.5 |
| 45 | 15.5 | 13 | 20 |
| 50 | 15.0 | 15 | 18 |
| 55 | 14.0 | 16 | 13 |
| 60 | 14.0 | 16 | 17 |
| 65 | 13.0 | 12 | 20.5 |
| 70 | 12.0 | 13 | 26 |
| 75 | 14.0 | 18 | 0 |
| 80 | 12.0 | 11 | 0 |
| 85 | 11.0 | 14 | 0 |
| 90 | 13.0 | 10 | 0 |
| 95 | 19.0 | 16 | 0 |
| 100 | 19.0 | 0 | 0 |
| 105 | 15.5 | 0 | 0 |
| 110 | 0.0 | 7 | 0 |
| 115 | 16.0 | 7 | 0 |
| 120 | 0.0 | 36 | 0 |
| 125 | 42.0 | 0 | 0 |
| 130 | 22.0 | 0 | 0 |
| 135 | 12.5 | 0 | 0 |

# Glosario de términos importantes para el INFyS

**Árbol.** Aquel individuo que presente altura mayor a 4 metros y diámetro normal igual o mayor a 7.5 centímetros, con una copa definida, aunque pueda haber múltiples tallos. (Definición utilizada para determinar la forma biológica).

**Arbusto.** Son aquellas plantas que no alcanzan los 4 metros de altura, que pueden tener tallos múltiples, aquí quedan incluidos los agaves y las palmas pequeñas, las cícadas y los sotoles. (Definición utilizada para determinar la forma biológica).

**Bosque.** La tierra que abarca más de 0.5 hectáreas, con cubierta de árboles cuya altura es superior a 5 metros y con una cubierta de copas de 10 por ciento, o árboles capaces de alcanzar estos límites mínimos *in situ*. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano (FAO, 2010).

–Vegetación forestal principalmente de zonas de clima templado, en la que predominan especies leñosas perennes que se desarrollan en forma espontánea, con una cobertura de copa mayor al 10 por ciento de la superficie que ocupa, siempre que formen masas mayores a 1,500 metros cuadrados. Esta categoría incluye todos los tipos de bosque señalados en la clasificación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 2005).

**Brinzal (*sapling, gaule*).** Término general para designar un árbol joven, que no es una plántula pero tampoco un árbol adulto, es decir que mide aproximadamente más de un metro de altura y de 1.5 a 10 centímetros de diámetro (*Society of American Foresters*, 1971, 1983).

–Etapa de desarrollo de un rodal correspondiente a cuando la regeneración se presenta en forma de manchas y los ejemplares tienen hasta un metro de altura (*http://www.infor.cl/ciacef/glosario.htm*).

**Cambio de uso del suelo en terreno forestal.** La remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 2003).

**Deforestación.** Se define como la transformación del bosque en otro uso de la tierra o reducción, a largo plazo, de la cubierta de copa por debajo del umbral mínimo del 10 por ciento. La deforestación implica la pérdida duradera o permanente de la cubierta forestal y la transformación del bosque en tierras dedicadas a otros usos (FAO, 2000).

**Degradación forestal.** Es una pérdida de un nivel deseado de mantenimiento en el tiempo de la diversidad biológica, la integridad biótica y los procesos ecológicos (*http://www.biblioteca.org.ar/libros/88769.pdf*).

–Cambios continuos en la situación actual o en el proceso de desarrollo de un ecosistema forestal, provocados

por distintos factores de perturbación, que disminuyen su capacidad para mantener o aplicar su potencial de productividad. Produce la reducción de densidad, biomasa, calidad del arbolado e impacta en las condiciones del suelo, sin implicar un cambio de uso del suelo o disminución de la superficie forestal afectada (*http://app1.Semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/estadisticas_ambientales_2000/03_Dimension_Ambiental/03_05_Forestales/GlosarioIII.5.pdf*).

**Desarrollo sostenible o sustentable.** Se aplica al desarrollo socio-económico y fue formalizado por primera vez en el documento conocido como *Informe Brundtland* (1987), fruto de los trabajos de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, creada en Asamblea de las Naciones Unidas en 1983. Dicha definición se asumiría en el Principio 3° de la Declaración de Río (1992): "Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades" (*http://ringofpeace.org/environment/brundtland.html*).

**Desarrollo sostenible (*sustainable development*).** Desarrollo que responde a las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas. El desarrollo sostenible implica satisfacer las necesidades básicas de todos y proporcionar a cada uno la oportunidad de satisfacer sus aspiraciones para una vida mejor. Más que un estado de armonía inmutable, es un proceso de cambio en el cual la explotación de los recursos, la orientación de las inversiones, el sentido del desarrollo tecnológico y la evolución de las instituciones tienen en cuenta tanto las necesidades futuras como las presentes (*World Commission on Environment and Development*, 1987).

**Diámetro normal.** Medición del diámetro del fuste a 1.30 m de altura a partir del nivel del suelo.

**Ecosistema forestal.** El conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales (art. 7, frac. XLV, LGDFS, 2003).

**Estructura de la vegetación.** Es la distribución y organización espacial de los diferentes componentes de la comunidad vegetal; es función en gran medida de la forma biológica de los mismos.

**Existencias en formación.** Volumen con corteza de todos los árboles vivos de más de 7.5 centímetros de diámetro normal. Se considera la altura total del árbol. También se le conoce como volumen en pie (FAO, 2010).

**Forestación.** Establecimiento de bosque mediante plantación y/o siembra deliberada en tierra que, hasta el momento, no había sido clasificada como bosque (FAO, 2010).

–El establecimiento y desarrollo de vegetación forestal en terrenos preferentemente forestales o temporalmente forestales con propósitos de conservación, restauración o producción forestal (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 2003).

**Fustal.** Etapa de desarrollo de un rodal en que se alcanza la madurez de los individuos. Se termina la poda natural. La altura de los ejemplares supera los 20 metros y el diámetro varía entre 30 y 50 centímetros (*http://www.infor.cl/ciacef/glosario.htm*).

**Inventario Nacional Forestal.** Es un conjunto de técnicas y procedimientos para la obtención de información cuantitativa y cualitativa de los recursos forestales, vegetación asociada, componentes y características del territorio donde se localiza el bosque. Los inventarios deben ser consistentes y comparables en el tiempo (SNIF-CONAFOR).

**Latizal.** Etapa de desarrollo de un rodal en que se intensifica la poda natural en los individuos, y se alcanza el máximo crecimiento en altura. Se inicia la diferenciación de copas. Existe latizal bajo, donde los individuos alcanzan 8-15 metros de altura y 10 a 20 centímetros de diámetro; y latizal alto, donde se aprecian alturas medias de 15 a 20 metros y diámetros entre 20 y 30 centímetros (*http://www.infor.cl/ciacef/glosario.htm*).

**Otras arborescentes.** Se considera a las palmas, los helechos, las yucas, el bambú, que logran alturas superiores a los 4 metros aunque no presenten crecimiento secundario o leñoso. (Definición utilizada para determinar la forma biológica).

**Otras tierras boscosas.** La tierra no clasificada como "Bosque", que se extiende por más de 0.5 hectáreas, con árboles de una altura superior a 5 m y una cubierta de copas de más de 5-10 por ciento, o árboles capaces de alcanzar estos límites mínimos *in situ*; o que cuentan con una cubierta mixta de matorrales, arbustos y árboles superior al 10 por ciento. No incluye la tierra que se encuentra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano (FAO, 2010).

**Otras tierras.** Todas las tierras que no han sido clasificadas como "Bosque" u "Otras tierras boscosas" (FAO, 2010).

**Pérdida.** Se considera como pérdida de vegetación primaria toda aquella área que pasó a un uso del suelo distinto al original, como también la pérdida de vegetación secundaria que pasó a un uso del suelo distinto al original.

**Recuperación.** Se refiere a la vegetación secundaria que pasó a vegetación primaria. Comprende también la vegetación secundaria que se recuperó dentro de su misma condición secundaria, pero que pasó a un estado de sucesión mayor (arbustivo a arbóreo o herbáceo a arbustivo); y por último se incluyen también los usos de la tierra que pasaron a vegetación secundaria.

**Reforestación.** Restablecimiento de bosque mediante plantación y/o siembra deliberada en tierra clasificada como "Bosque" (FAO, 2010).

–Establecimiento inducido de vegetación forestal en terrenos forestales (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 2003).

**Resiliencia ecológica.** En ecología de comunidades y ecosistemas, el término resiliencia se define como "la velocidad a la cual una comunidad regresa a su estado inicial después de que ha sido perturbada y desplazada de ese estado" (Begon *et al.* 2006).

–Habilidad de un sistema para absorber las perturbaciones, mantener su identidad (estructura básica y maneras de funcionar) y naturaleza ecológica (Resilience Alliance, 2010).

**rta.** Rollo total árbol. Concepto aplicado al volumen calculado o medido para el árbol completo.

**Selva.** Vegetación forestal de clima tropical en la que predominan especies leñosas perennes que se desarrollan en forma espontánea, con una cobertura de copa mayor al 10 por ciento de la superficie que ocupa, siempre que formen masas mayores a 1,500 metros cuadrados, excluyendo a los acahuales. En esta categoría se incluyen todos los tipos de selva, manglar y palmar de la clasificación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

**Terreno forestal.** El que está cubierto por vegetación forestal.

**Terreno no forestal.** Aquel terreno forestal en el que, mediante el cambio de uso del suelo, se realiza la remoción total o parcial de la vegetación para destinarlo a actividades no forestales.

**Terreno preferentemente forestal.** Aquel terreno que, habiendo estado, en la actualidad no se encuentre cubierto por vegetación forestal, pero por sus condiciones de clima, suelo y topografía resulte más apto para el uso forestal que para otros usos alternativos, excluyendo los ya urbanizados.

**Vegetación forestal.** El conjunto de plantas y hongos que crece y se desarrolla en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales (art. 7, frac. XLV, LGDFS, 2003).

**Vegetación forestal de zonas áridas.** Aquélla que se desarrolla en forma espontánea en regiones de clima árido o semiárido, formando masas mayores a 1,500 metros cuadrados. Se incluyen todos los tipos de matorral, selva baja espinosa y chaparral de la clasificación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, así como cualquier otro tipo de vegetación espontánea arbórea o arbustiva que ocurra en zonas con precipitación media anual inferior a 500 milímetros.

**Vegetación primaria.** Es aquella en la que la vegetación no presenta alteración (INEGI, 2009a). La vegetación que se desarrollaría en un área, en condiciones ambientales similares a las actuales, sin la influencia humana. Indica que la comunidad de vegetación representada en la cartografía de Uso del Suelo y Vegetación a escala 1:250,000, del INEGI, conserva en su mayoría las especies del ecosistema original (primaria) (INEGI, 2009b). (Disponible en: *http://mapserver.inegi.gob.mx/map/datos_basicos/vegetacion/descripcion.cfm*).

**Vegetación secundaria.** Es el estado sucesional de la vegetación en el que hay indicios de que ha sido eliminada o perturbada a un grado tal, que ha sido modificada sustancialmente (INEGI, 2009b). Indica que hubo la destitución total o parcial de la comunidad de vegetación, representada en el sistema de clasificación del INEGI, ya sea por algún cambio de uso del suelo o por causas naturales o inducidas; y actualmente es evidente la recuperación de la comunidad vegetal, en alguna de las etapas sucesionales de vegetación secundaria arbórea, arbustiva o herbácea (INEGI, 2009b).

**Vigor.** Desde el punto de vista biológico, el vigor es la fuerza con que se expresa el crecimiento y el desarrollo de un individuo. (Disponibles en: *http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec_10.htm, consultada el 4 de febrero de 2011*).

# Siglas y acrónimos

**ACAAN.** Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte.

**CCA.** Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte.

**Conafor.** Comisión Nacional Forestal.

**ETM.** Mapeador temático mejorado, por sus siglas en inglés (Enhanced Thematic Mapper)

**FAO.** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, por sus siglas en inglés (Food and Agriculture Organization).

**FRA.** Evaluación de los recursos forestales, por sus siglas en inglés (Forest Resources Assessment)

**IDW.** Ponderación de distancia inversa, por sus siglas en ingés (Inverse Distance Weighting)

**IMA.** Incremento medio anual en volumen.

**INE.** Instituto Nacional de Ecología.

**INEGI.** Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

**INFyS.** Inventario Nacional Forestal y de Suelos.

**INIFAP.** Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

**LGDFS.** Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

**msnm.** Metros sobre el nivel del mar.

**PEF 2025.** Programa Estratégico Forestal para México 2025.

**RAN.** Registro Agrario Nacional.

**SARH.** Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

**SEMARNAP.** Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

**SEMARNAT.** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**SNIF.** Sistema Nacional de Información Forestal.

**TLC.** Tratado de Libre Comercio.

**UCODEFO.** Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal.

**UMP.** Unidad de Muestreo Primaria.

**UMS.** Unidad de Muestreo Secundaria.

**UNAM.** Universidad Nacional Autónoma de México.

**UTM.** Sistema de Coordenadas, por sus siglas en inglés (Universal Transverse Mercator). Proyección Universal Transversa de Mercator.

# Bibliografía


**Acosta, S. (2004).** "Afinidades de la flora genérica de algunos bosques mesófilos de montaña del nordeste, centro y sur de México: un enfoque fenético". En: *Anales del Instituto de Biología*. Serie Botánica 75(1):61-72. UNAM.

**Aldana, B. R. (2007).** *Evaluación de la producción de fibra de lechuguilla (Agave lechuguilla Torrey) bajo manejo intensivo en plantación.* Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. 62 pp.

**Alfaro, I. R.; Singh, P. (1997).** *La salud del bosque en el contexto de la gestión del ecosistema*. XI Congreso Forestal Mundial. Antalya, Turquía. Vol. 1. Tema 5.

**Begon, M., Townsend, C. R. & Harper, J. L. (2006).** *Ecology from individuals to ecosystems: individuals, populations and community structure*. Chapter 21. Pp. 762-763. 4a ed. Ed. Blackwell Publishing. Australia.

**Benítez, D. H. y Neyra, G. (1997).** "La biodiversidad de México y su potencial económico". En: *Economía Ambiental; lecciones de América Latina* (pp. 195-204). INE- Semarnap. México.

**Bosque, S. J. (1997).** *Sistemas de información geográfica* (2ª ed. corr.). Ediciones Rialp. Madrid. 452 pp.

**Caballero, D. M. (1998).** *El inventario forestal en México: evolución y perspectivas.* North American Science Symposium. Guadalajara, México.

**Centeno, L. R.; Rivera, R. R.; Díaz, E. R. A. (s/f).** *La regeneración natural y su relación con las especies arbóreas del dosel, en selvas secundarias de la Península de Yucatán*. Fundación Produce. INIFAP-CIRSCE, Mococha, Yucatán. Recuperado el 14 de febrero de 2011, de www.fpy.org.mx/index.php?id=138

**Chen, D. & W. Brutsaert (1998).** "Satellite-sensed distribution and spatial patterns of vegetation parameters over a tallgrass prairie". En: *Journal of the Atmospheric Sciences* 55(7): 1225-1238.

**Cochran, W. G. (1986).** *Técnicas de muestreo*. 6ª impresión. Compañía Editorial Continental. México. 513 pp.

**Comisión Nacional Forestal (2001).** *Programa Estratégico Forestal para México 2025*. México.

**Comisión Nacional Forestal (2004).** *Documento Estratégico Rector del Inventario Nacional Forestal y de Suelos*. México.

**Comisión Nacional Forestal (2007).** *Manual y procedimientos para el muestreo de campo. INFyS 2004-2009*. México.

**Comisión Nacional Forestal (2008).** *Programa institucional 2007-2012*. México.

**Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2008).** *Manglares de México*. México. 35 pp.

**Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2010).** "Manglares de México". En: *Biodiversidad mexicana*. Recuperado el 15 de febrero de 2011, de www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares/manglares.html

**Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2010a).** *Formas y espectros biológicos*. México. Recuperado el 20 de octubre de 2010 de www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/Vegetacion MxC7.pdf

**Comisión Nacional Forestal-Sistema Nacional de Información Forestal (2010).** *Tipos de vegetación forestal y de suelos*. México. Recuperado el 8 de octubre de 2010 de http://148.223.105.188:2222/gif/snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=12&Itemid=7

**Comisión para la Cooperación Ambiental (1997).** *Regiones Ecológicas de América del Norte. Hacia una perspectiva común*. Canadá.

**Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible-Red de Monitoreo de Políticas Públicas (2006).** *Indicadores forestales: superficie forestal*. Nota informativa núm. 5, mayo. México.

**Daniel, W. T.; Helms, A. J.; Backer, S. F. (1982).** *Principios de silvicultura*. McGraw-Hill. México. Pp. 297-336.

**Diario Oficial de la Federación (1917).** *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Texto vigente. Últimas reformas: DOF 13-10-2011. México. Disponible en *http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1.pdf*

**Encinas, D. J. A.; Zárate, L. A.; Estrada, C. E.; Valdés, R. J.; Villareal, Q. J. A. (2009).** "Composición y aspectos estructurales de los bosques de encino de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila". En: *Acta Botánica Mexicana* núm. 86. México.

**Estrada, M. C. (1997).** *Evaluación de la regeneración natural en bosques de pino de la UCODEFO No. 4 de Durango, México*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L. 81 pp.

**FAO (2000).** *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales. Informe principal*. Estudio FAO: Montes 140. Roma, Italia.

**FAO (2010).** *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales. Informe principal*. Estudio FAO: Montes 163. Roma, Italia.

**Harper, J. L. (1977).** *Population biology of plants*. Academic Press. London, England. 892 pp.

**Hussain, M. Z. (1995).** "La silvicultura de manglares". En: *Unasylva*, vol. 46, núm. 181. FAO.

**Instituto Nacional de Ecología (2000).** 2. *Recursos forestales*. 2.1. Presión. México. Recuperado el 9 de noviembre de 2010, de http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/312/bosquespres.html

**Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2007).** *Conjunto de Datos Vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación*, escala 1:250,000, Serie IV (continuo nacional). México.

**Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2009a).** *Conjunto de Datos Vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación*, escala 1:250,000, Serie IV (continuo nacional). México.

**Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2009b).** *Datos generales de México*. México. Disponible en: http://mapserver.inegi.gob.mx/map/datos_basicos/vegetacion/descripcion.cfm

**Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (1984).** *Memoria del primer encuentro nacional sobre inventarios forestales*. Publicación especial núm. 45. México.

**Instituto Nacional de Investigaciones Forestales-FAO (1961-1964).** *Inventario forestal de México. Informe técnico: Trabajos realizados*. Vol. I. México.

**Kravchenko, A. (2003).** "Influence of spatial structure on accuracy of interpolation methods". En: *Soil Science Society of American Journal* 67:1564-1571.

**Ley Agraria (1992).** Texto vigente. México.

**Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (2003).**

**Lipper, L. (2000).** *Degradación Forestal y Seguridad Alimentaria*. Recuperado el 9 de noviembre de 2010, de www.biblioteca.org.ar/libros/88769.pdf

**Luján, A. C. (2003).** "El desarrollo forestal sustentable en México: un esfuerzo de cambio". En: *XII Congreso Forestal Mundial. Quebec, Canadá*. Recuperado el 27 de enero de 2011, de www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/WFC/XII/0059-C1.HTM

**Madrid, L.; Nuñez, J. M.; Quiroz, G. y Rodríguez, Y. (2009).** "La propiedad social forestal en México". En: *Investigación ambiental* 1(2):179-196.

**Noguera, P. A.; Vega, R. J. H.; García, A. y Quesada, A. M. (2002).** *Historia natural de Chamela*. Instituto de Biología. UNAM. México. Pp. 151-153.

**Pritchett, W. L. (1986).** *Suelos forestales*. Ed. Limusa. México. Pp. 535-556.

**Pulido, F. J. 2002.** "Biología reproductiva y conservación: el caso de la regeneración de los bosques templados y subtropicales de robles (Quercus spp.)". En: *Revista Chilena de Historia Natural* 75:5-15. Chile.

**Registro Agrario Nacional (2009).** *Catastro Rural Histórico de 1982 a 1988*. Dirección General de Catastro Rural. Secretaría de la Reforma Agraria. México.

**Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (2005).**

**Reyes, A. J. A.; Aguirre, R. J. R. y Peña, V. C. B. (2000).** "Biología y aprovechamiento de Agave lechuguilla Torrey". En: *Boletín de la Sociedad Botánica* 67: 75-88. México.

**Rzedowski, J. (1994).** *Vegetación de México*. Ed. Limusa. 6ª impresión. México. 425 pp.

**Rzedowski, J. (1996).** "Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México". En: *Acta Botánica Mexicana* 35: 25-44. México.

**Rzedowski, J. (2006).** *Vegetación de México* (1a. ed. Digital). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

**Sampson, R. y Lester De Coster, A. (1998).** *American forest*. Recuperado el 21 de febrero de 2011, de www.idahoforest.org/health2.htm

**Sarmiento, F. O. (2000).** *Diccionario de ecología: paisajes, conservación y desarrollo sustentable para Latinoamérica*. Ed. Abya Yala. 226 pp.

**Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (1996).** *Norma Oficial Mexicana NOM-008-RECNAT-1996*. México. Recuperado el 8 de octubre de 2010, de www.semarnat.gob.mx/pfnm/NOM-008.html

**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2002).** *Inventarios forestales y tasas de deforestación*. México. Recuperado el 3 de enero de 2011, de http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe-04/02-vegetacion/recuadros/c_rec3_02.htm

**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2005).** *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales*. México.

**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2010).** *El ambiente en números. Selección de estadísticas ambientales para consulta rápida*. México.

**Serna de la G. J. M. (2005).** "El régimen constitucional de la propiedad en México". *Congreso internacional de derecho comparado Asia-México*. Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM.

**Society of American Foresters (1971, 1983).** *Terminology of forest science technology practice and products*. F. C. Ford-Robertson. Washington, D. C.

**Toledo, T. (2009).** "El bosque de niebla". En: *Biodiversitas* 83:1-6. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

**Velasco, B. E.; Ramírez, M. H.; Moreno, S. F. y De la Rosa, V. A. (2003).** "Estimadores de razón para el Inventario Nacional Forestal de México". En: *Ciencia Forestal*, vol. 28(94):23-43.

**Veruette, F. J. (1984).** "Desarrollo histórico de los inventarios forestales en México". En: *Memoria del primer encuentro nacional sobre inventarios forestales*. INIFAP. Publicación especial núm. 45.

**Villatoro, M.; Heríquez, C. y Sancho, F. (2008).** "Comparación de los interpoladores IDW y Kriging en la variación espacial de pH, Ca, CICE y P del suelo". En: *Agronomía Costarricense* 32(1):95-105.

**WAFLA (2006).** *Especies objetivo para sistemas agroforestales en zonas secas de América Latina. Gestión integrada de recursos hídricos y agroforestería en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de América Latina.*

**World Commission on Environment and Development (1987).** *Our common future*. Oxford University Press. Oxford, England.

**Zavala, Ch. F. (2000).** "El fuego y la presencia de encinos". En: *Ciencia Ergo Sum*, vol. 7(3): 269-276.

## Páginas electrónicas consultadas

*http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/estadisticas_ambientales_2000/03_Dimension_Ambiental/03_05_Forestales/GlosarioIII.5.pdf* (consultada el 20 de octubre de 2010).

*http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/02_vegetacion/recuadros/c_rec3_02.htm* (consultada el 8 de noviembre de 2010).

*http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec_10.htm* (consultada el 4 de febrero de 2011).

*http://www.chihuahuandesert.org/s.cdecaboutus.html* (consultada el 10 de octubre de 2010).

*http://cruzadabosquesagua.semarnat.gob.mx/ecosistemas.html* (consultada el 10 de octubre de 2010).

*http://ringofpeace.org/environment/brundtland.html)* (consultada el 4 de febrero de 2010).

*http://www.biblioteca.org.ar/libros/88769.pdf* (consultada el 4 de febrero de 2010).

*http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares/manglares.html* (consultada el 2 de septiembre de 2010).

*http://www.elpais.com/fotogaleria/Hispanos/unidos/America/elpgal/20100704elpepuint_1/Zes/4* (consultada el 10 de octubre de 2010).

*http://www.infor.cl/ciacef/glosario.htm* (consulta el 4 de febrero de 2011).

*http://www.flickr.com/photos/aztekium/135541628/* (consultada el 10 de octubre de 2010).

*http://jehuite.blogspot.com/2008_06_01_archive.html* (consultada el 10 de octubre de 2010).

*http://maps.thefullwiki.org/California_chaparral_and_woodlands* (consultada el 10 de octubre de 2010).

*http://www.whsrn.org/es/perfil-de-sitio/llano-de-la-soledad* (consultada el 10 de octubre de 2010).



www.conafor.gob.mx