Inventario Nacional Forestal y de Suelos

Informe de Resultados 2009-2014

“México tiene una gran riqueza natural. Sus bosques y selvas cubren 70% de su superficie y en ellos se aloja gran parte de nuestra vasta biodiversidad”.

Colección de Inventarios Estatales Forestales y de Suelos 2013-2014

Enrique Peña Nieto
Presidente de México

1ª edición: febrero de 2018
Portada: Bosque de coníferas, Tlaxcala

DR. © 2017. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)
Periférico Poniente No. 5360, Col. San Juan de Ocotán
C.P. 45019, Zapopan, Jalisco, México.
Tel. 01 (33) 3777-7000
www.gob.mx/conafor

Hecho en México. Distribución gratuita. Prohibida su venta.

Índice

Presentación 17

Capítulo I. Marco legal e institucional 19

1.1. Programa estratégico forestal 19

1.1.1. Objetivos 19

1.1.2. Estrategias 19

1.2. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) 19

1.3. Reglamento de la LGDFS 20

1.4. Documento Estratégico Rector del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 21

1.5. Información de interés nacional 21

Capítulo II. Objetivos 23

2.1. Objetivo general 23

2.2. Objetivos específicos 23

Capítulo III. Marco conceptual y estadístico 25

3.1. Diseño de muestreo 25

3.2. Tamaño de muestra del ciclo 2009-2014 26

3.3. Variables registradas 27

3.4. Estratificación y precisión alcanzada 30

3.5. Indicadores forestales y criterios de estimación 30

Capítulo IV. Resultados del ciclo de muestreo 2009-2014 35

4.1. Indicadores de composición y estructura 35

4.1.1. Superficie forestal nacional 35

Etapa sucesional de la vegetación

4.1.2. Composición 39

Diversidad por gradiente altitudinal

Riqueza de especies

Presencia de flora en riesgo

4.1.3. Estructura vertical **42**
Estrato arbóreo
Estrato arbustivo
Estrato herbáceo

4.1.4. Estructura horizontal **51**
Índice de Valor Forestal (IVF)
Índice de Valor de Importancia (IVI)
Diámetro promedio

4.2. Indicadores dasométricos **68**

4.2.1. Arbolado **68**
Densidad promedio
Distribución de la altura total
Distribución del diámetro normal
Cobertura de copa
Área basal promedio
Área basal por categoría diamétrica
Biomasa aérea
Carbono almacenado
Volumen maderable
Existencias reales
Incremento medio anual (IMA)
Tiempo de paso medio

4.2.2. Regeneración natural **88**
Densidad promedio
Distribución de alturas
Índice relativo de la regeneración natural (IRRN)

4.3. Indicadores de sanidad forestal **102**

4.3.1. Salud del arbolado **103**
Condición del arbolado
Arbolado dañado
Factores y agentes causales de daño
Especies con mayor incidencia de daño
Proporción de árboles muertos en pie y causas de muerte

4.3.2. Salud de la regeneración natural 112
Vigor y proporción de daños en la regeneración
Factores y agentes causales de daño
Especies con mayor incidencia de daño

4.4. Suelos 116

4.4.1. Grupo de suelos 116

4.4.2. Condición del suelo 116
Profundidad
Gradiente de la pendiente dominante
Uso actual del suelo

4.4.3. Afectación al suelo 122
Proporción de suelos con afectación
Tipos de afectación al suelo
Índice Compuesto de Riesgo a la Calidad del Suelo (ICRCS)

4.5. Indicadores de impacto ambiental 127

4.5.1. Factores de impacto ambiental 127
Causa de mayor incidencia
Distribución de impactos ambientales acumulados
Grados de afectación del impacto por recurso natural

4.5.2. Otros impactos a la vegetación 131
Afectación por incendios forestales

Capítulo V. Dinámica de cambios en la cobertura forestal 133

5.1. Variaciones en superficie 134

5.1.1. Cambios en la cobertura forestal y usos de suelo 134
Cobertura forestal
Usos de suelo

5.1.2. Tasa de deforestación y causas asociadas 138
Tasas de deforestación
Causas de deforestación

5.2. Variaciones en estructura 145

5.2.1. Cambios en valores promedio por hectárea 145

5.2.2. Cambios en existencias totales 150

Mapeo digital de los principales indicadores forestales generados a partir del ciclo de muestreo 2009-2014 del INFyS 157

Conclusiones y perspectivas 187

Bibliografía 189

Glosario de términos 193

Anexo digital 198

Índice de tablas

Tabla 1. Grupos de acuerdo con sus distanciamientos específicos 25

Tabla 2. Estatus de conglomerado (UMP) y tamaños de muestra por año 27

Tabla 3. Tamaño de muestra y variables registradas por sección 29

Tabla 4. Conjunto de indicadores a reportar por nivel de muestreo 32

Tabla 5. Superficie forestal nacional por ecosistema y formación forestal 35

Tabla 6. Superficie forestal nacional desagregada por tipo de vegetación 38

Tabla 7. Indicadores de composición de la vegetación 41

Tabla 8. Número de registros por forma biológica en el estrato arbóreo 43

Tabla 9. Alturas promedio en metros para árboles y arbustos en el estrato arbóreo 45

Tabla10. Alturas promedio en metros para otras formas biológicas e indeterminadas en el estrato arbóreo 45

Tabla 11. Individuos por forma biológica en el estrato arbustivo 46

Tabla 12. Individuos por categoría de altura y forma biológica en el estrato arbustivo para bosques 48

Tabla 13. Individuos por categoría de altura y forma biológica en el estrato arbustivo para selvas 49

Tabla 14. Individuos por categoría de altura y forma biológica en el estrato arbustivo para otras comunidades 50

Tabla 15. UMP con presencia de cobertura por forma biológica en el estrato herbáceo 51

Tabla 16. Taxones de mayor Índice de Valor Forestal (IVF) e Índice de Valor de Importancia (IVI) por formación forestal 53

Tabla 17. Diámetro normal promedio en centímetros para árboles y arbustos en el estrato arbóreo 66

Tabla 18. Diámetro normal promedio en centímetros para indeterminadas y otras formas biológicas en el estrato arbóreo 67
Tabla 19. Número de registros por hectárea 68
Tabla 20. Frecuencias por categorías de altura para formaciones forestales arboladas 70
Tabla 21. Frecuencias por categorías de altura para matorral xerófilo, otras áreas forestales y áreas no forestales 70
Tabla 22. Frecuencias por categoría diamétrica para formaciones forestales arboladas 73
Tabla 23. Frecuencias por categorías diamétrica para matorral xerófilo, otras áreas forestales y áreas no forestales 73
Tabla 24. Cobertura de copa promedio por formación forestal 74
Tabla 25. Área basal promedio por formación forestal 75
Tabla 26. Área basal por categoría diamétrica y ecosistema forestal 78
Tabla 27. Biomasa aérea promedio por formación forestal 79
Tabla 28. Carbono almacenado promedio por formación forestal 80
Tabla 29. Volumen maderable promedio por formación forestal 82
Tabla 30. Volumen maderable promedio por grupo de especies y formación forestal 82
Tabla 31. Existencias totales en vegetación primaria por formación forestal 84
Tabla 32. Existencias totales en vegetación secundaria por formación forestal 84
Tabla 33. Incremento medio anual (IMA) en ecosistemas de bosque 85
Tabla 34. Tiempo de paso medio por categoría diamétrica en ecosistemas de bosque 85
Tabla 35. Densidad de la regeneración natural por formación forestal 89
Tabla 36. Frecuencias de altura de la regeneración natural en bosques 90
Tabla 37. Frecuencias de altura de la regeneración natural en selvas 90
Tabla 38. Frecuencias de altura de la regeneración natural en otras comunidades 91
Tabla 39. Taxones de mayor Índice Relativo de Regeneración Natural (IRRN) en bosques 93
Tabla 40. Taxones de mayor Índice Relativo de Regeneración Natural (IRRN) en selvas 95
Tabla 41. Taxones de mayor Índice Relativo de Regeneración Natural (IRRN) en otras comunidades 99
Tabla 42. Frecuencias de registros del estrato arbóreo por condición 103
Tabla 43. Número de registros de arbolado vivo por hectárea en las formaciones forestales 104

Tabla 44. Proporción y número de registros dañados por formación forestal **105**

Tabla 45. Frecuencias de los agentes causales de daño por formación forestal **106**

Tabla 46. Taxones con mayor incidencia por agentes causales abióticos **108**

Tabla 47. Taxones con mayor incidencia por agentes causales bióticos **109**

Tabla 48. Taxones con mayor incidencia por agentes causales antropogénicos **109**

Tabla 49. Proporción y número de registros de arbolado muerto en pie por formación forestal **110**

Tabla 50. Frecuencias de agentes causales de daño en la regeneración natural **114**

Tabla 51. Taxones de mayor incidencia por agentes causales bióticos **115**

Tabla 52. Taxones de mayor incidencia por agentes causales antropogénicos **115**

Tabla 53. Taxones de mayor incidencia de daño por agentes causales abióticos **115**

Tabla 54. Superficie de los principales grupos de suelo en las formaciones forestales (hectáreas) **117**

Tabla 55. Profundidad efectiva promedio del suelo **118**

Tabla 56. Gradiente de la pendiente dominante promedio **119**

Tabla 57. Distribución de frecuencias de conglomerados con afectación al suelo **122**

Tabla 58. Niveles de riesgo a la calidad del suelo por formación forestal **126**

Tabla 59. Número de conglomerados por nivel de riesgo por formación forestal **126**

Tabla 60. Impactos ambientales acumulados por conglomerado **128**

Tabla 61. Porcentaje de afectación promedio por incendios forestales **131**

Tabla 62. Superficie forestal por ecosistema para el periodo 1993-2011 **135**

Tabla 63. Tasa de cambio en la cobertura forestal por ecosistema para el periodo 1993-2011 **135**

Tabla 64. Superficie de usos de suelo para el periodo 1993-2011 **136**

Tabla 65. Tasa de cambio en la superficie forestal y de usos de suelo para el periodo 1993-2011 **137**

Tabla 66. Superficie forestal arbolada por formación forestal para el periodo 1993-2011 **138**

Tabla 67. Tasa de deforestación por formación forestal para el periodo 1993-2011 **139**

Tabla 68. Extensión de bosque de 1990 a 2015 para México **140**

Tabla 69. Tasa de cambio anual de 1990 a 2015 para México **140**

Tabla 70. Causas de deforestación en conglomerados forestales con algún uso de suelo **142**

Tabla 71. Causas de deforestación en conglomerados con uso forestal 143

Tabla 72. Causas de deforestación en conglomerados con usos de suelo diferente al forestal 144

Tabla 73. Estatus de conglomerado (UMP) por ciclo de muestreo 145

Tabla 74. Indicadores dasométricos y de estructura para el ciclo de muestreo 2004-2009 149

Tabla 75. Indicadores dasométricos y de estructura para el ciclo de muestreo 2009-2014 150

Tabla 76. Existencias totales para los ciclos de muestreo 2004-2009 y 2009-2014 150

Tabla 77. Existencias totales en vegetación primaria para los ciclos de muestreo 2004-2009 y 2009-2014 154

Tabla 78. Existencias totales en vegetación secundaria para los ciclos de muestreo 2004-2009 y 2009-2014 155

Tabla 79. Varianza explicada, error cuadrático medio e incertidumbre de los modelos de variabilidad espacial para los indicadores forestales mapeados 158

Índice de figuras

Figura 1. Representación de la distribución de la malla de muestreo y unidades de muestreo 26

Figura 2. Proporción de la superficie forestal por formación y etapa sucesional 36

Figura 3. Número de taxones registrados por gradiente altitudinal 40

Figura 4. Número y proporción de especies según categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059 42

Figura 5. Proporción de formas biológicas en el estrato arbóreo 44

Figura 6. Altura promedio por forma biológica en el estrato arbóreo 44

Figura 7. Proporción de formas biológicas en el estrato arbustivo 47

Figura 8. Distribución de frecuencias de la altura total en ecosistemas de bosque 69

Figura 9. Distribución de frecuencias de la altura total en ecosistemas de selva, otras asociaciones y manglar 69

Figura 10. Distribución de frecuencias de la altura total en áreas no forestales 70

Figura 11. Distribución de frecuencias del diámetro normal en ecosistemas de bosque 71

Figura 12. Distribución de frecuencias del diámetro normal en ecosistemas de selva, otras asociaciones y manglar 72

Figura 13. Distribución de frecuencias del diámetro normal en áreas no forestales 72

Figura 14. Distribución de la cobertura de copa y su relación con la densidad 75

Figura 15. Distribución del área basal y su relación con la densidad 76

Figura 16. Área basal por categoría diamétrica y su relación con la densidad en ecosistemas de bosques 77

Figura 17. Área basal por categoría diamétrica y su relación con la densidad en ecosistemas de selvas 77

Figura 18. Área basal por categoría diamétrica y su relación con la densidad en ecosistemas de manglar 78

Figura 19. Tiempo de paso medio por categoría diamétrica para el género *Pinus* 86

Figura 20. Tiempo de paso medio por categoría diamétrica para el género *Juniperus* 87

Figura 21. Tiempo de paso medio por categoría diamétrica para género *Abies* 87

Figura 22. Tiempo de paso medio por categoría diamétrica para género *Cupressus* 88

Figura 23. Categorías de altura de la regeneración natural en bosques 90

Figura 24. Categorías de altura de la regeneración natural en selvas 91

Figura 25. Categorías de altura de la regeneración natural en otras comunidades 92

Figura 26. Proporción de la condición del arbolado por formación forestal 103

Figura 27. Proporción de registros dañados por los principales agentes causales y formación forestal 107

Figura 28. Distribución de agentes causales de daño por número de registros y número de taxones dañados 108

Figura 29. Factores causantes de muerte en el arbolado por formación forestal 110

Figura 30. Principales causas de muerte identificadas en el arbolado por formación forestal 111

Figura 31. Distribución de frecuencias del vigor en la regeneración sin evidencias de daño 112

Figura 32. Distribución de frecuencias del vigor en la regeneración con presencia de daño 113

Figura 33. Proporción de agentes causales de daños en la regeneración natural 115

Figura 34. Distribución de frecuencias por clase de profundidad del suelo 118

Figura 35. Distribución de frecuencias por clase de gradiente de la pendiente del suelo 120

Figura 36. Uso actual del suelo por formación forestal 121

Figura 37. Formas de degradación registradas por formación forestal 123

Figura 38. Formas de erosión registradas por formación forestal 123

Figura 39. Causas de impacto ambiental registradas por conglomerado 127

Figura 40. Distribución de causas de impacto ambiental por formación forestal 128

Figura 41. Distribución de la severidad de los impactos ambientales a la vegetación 129

Figura 42. Distribución de la severidad de los impactos ambientales al suelo 130

Figura 43. Distribución de la severidad de los impactos ambientales al agua 130

Figura 44. Tasas de cambio en la cobertura forestal y uso del suelo para el periodo 1993-2011 137

Figura 45. Superficie forestal arbolada y tasa de deforestación para el periodo 1993-2011 139

Figura 46. Proporción de usos de suelo en la muestra con cobertura de dosel menor al 10% 141

Figura 47. Proporción de las causas de deforestación en conglomerados forestales con algún uso de suelo 142

Figura 48. Proporción de las causas de deforestación en conglomerados con uso forestal 143

Figura 49. Proporción de las causas de deforestación en conglomerados con uso de suelo diferente al forestal 144

Figura 50. Comparación de la densidad del arbolado y diámetro normal promedio por ciclo de muestreo 146

Figura 51. Comparación de la densidad del arbolado y altura total promedio por ciclo de muestreo **147**

Figura 52. Comparación del área basal promedio por hectárea por ciclo de muestreo **147**

Figura 53. Comparación de la biomasa aérea promedio por hectárea por ciclo de muestreo **148**

Figura 54. Comparación del carbono almacenado promedio por hectárea por ciclo de muestreo **148**

Figura 55. Comparación del volumen maderable promedio por hectárea por ciclo de muestreo **149**

Figura 56. Tasa de cambio en las existencias de biomasa aérea para el periodo 2004-2014 **151**

Figura 57. Tasa de cambio en las existencias de carbono almacenado para el periodo 2004-2014 **152**

Figura 58. Tasa de cambio en las existencias maderables para el periodo 2004-2014 **153**

Índice de mapas

Mapa 1. Distribución de las formaciones forestales en México 37

Mapa 2. Distribución de la composición total registrada por UMP (conglomerado) 159

Mapa 3. Distribución de la densidad del arbolado por hectárea 161

Mapa 4. Distribución de la altura total máxima del arbolado 163

Mapa 5. Distribución de la altura total promedio del arbolado 165

Mapa 6. Distribución del diámetro normal máximo del arbolado 167

Mapa 7. Distribución del diámetro normal promedio del arbolado 169

Mapa 8. Distribución de la cobertura de copa del arbolado por hectárea 171

Mapa 9. Distribución del área basal promedio del arbolado por hectárea 173

Mapa 10. Distribución de la biomasa aérea promedio del arbolado por hectárea 175

Mapa 11. Distribución del carbono almacenado promedio del arbolado por hectárea 177

Mapa 12. Distribución del volumen maderable promedio del arbolado por hectárea 179

Mapa 13. Distribución de la densidad del arbolado muerto en pie por hectárea 181

Mapa 14. Distribución de la densidad de la regeneración natural por hectárea 183

Tamul, San Luis Potosí.

Presentación

Los inventarios forestales son el fundamento para la adopción de políticas que apoyen el manejo forestal sustentable y la conservación de los recursos, además permiten establecer un sistema continuo de evaluación y seguimiento de los ecosistemas forestales. En México el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS), satisface una demanda de información requerida por las distintas entidades que conforman al sector forestal, proporcionando información veraz, confiable y oportuna que aporta elementos de juicio para la toma de decisiones.

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), con la implementación del INFyS a partir del año 2004 y con la culminación del primer ciclo de inventario 2004-2009, marca la pauta para un programa de inventarios forestales con una metodología homogénea y una actualización periódica, establecida cada cinco años, con ello, se da continuidad al segundo ciclo de muestreo en 2009, como un momento clave para el monitoreo de los recursos forestales, el periodo de levantamiento de los datos de campo concluye en 2013 y como parte de una estrategia se definió el 2014 como un año para aumentar la precisión, mediante la recuperación de muestra de sitios inaccesibles y la mejora de procesos, que apoyarán, tanto las estimaciones para el segundo ciclo, como la estimación de los cambios, logrando completar un segundo periodo de medición de 2009 a 2014.

Con la información del periodo más reciente de muestreo 2009-2014, se integró el presente informe de resultados que recaba las adecuaciones que se han dado a lo largo del tiempo para el levantamiento de variables en campo, siguiendo un proceso de estandarización y estructuración de la base de datos, previo a un análisis de consistencia en los datos, de gran relevancia para ofrecer información veraz y adecuada para los usuarios, y a su vez, se elaboraron protocolos de estimación con los criterios y métodos de cálculo de los indicadores que se reportan.

Este informe, es el resultado del análisis estadístico y de la interpretación de las variables levantadas en campo, bajo la metodología completa del INFyS y ofrece la inclusión de temas como: tamaño de muestra, variables registradas en campo y como parte central, los principales indicadores forestales, caracterizando y cuantificando los recursos naturales a nivel de formación forestal.

Debido a que se cuenta con dos ciclos de muestreo concluidos bajo la misma metodología, fue posible incluir al reporte la comparación y análisis de las tendencias y cambios que se han registrado en las áreas forestales, con los datos registrados en un lapso de diez años, lo que apoyó en la generación de nuevos indicadores.

Por último, se incluyen mapas espacialmente explícitos (continuos nacionales) de los principales indicadores forestales, generados a partir de los datos del segundo ciclo del INFyS y mediante modelos geoespaciales, elaborados en colaboración con investigadores de la Universidad de Delaware, a fin de brindar mayores herramientas y fuentes de información actualizada.

Santo Domingo Zanatepec, Oaxaca.

Sierra Madre Oriental, Cardonal, Hidalgo.

Capítulo I. Marco legal e institucional

El Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS), bajo la metodología y esquema actual, dio inicio en el año 2004 y se ha conservado con el objetivo de mantener la consistencia y la posibilidad de comparar la información generada a lo largo del tiempo, las experiencias previas en materia de inventarios forestales, marcaron la pauta para asegurar que este propósito y el de contar con evaluaciones periódicas, se cumplieran bajo un esquema legal e institucional que garantizara la continuidad en la evaluación del recurso forestal del país, de acuerdo con los siguientes instrumentos normativos.

1.1. Programa Estratégico Forestal 2025

Los objetivos y estrategias principales para el desarrollo del inventario forestal a nivel nacional, están contenidos en el Programa Estratégico Forestal 2025, que es uno de los documentos base de política pública en materia forestal, publicado en 2001 y actualizado en 2013, estos son:

1.1.1. Objetivos

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 y los demás sistemas de información relativos al sector.

1.1.2. Estrategias

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.

1.2. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable promulgada en 2003, otorga al INFyS en su artículo 35 inciso III, el carácter de instrumento de política nacional en materia forestal, y establece en el artículo 44 que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), será la encargada de regular los procedimientos, además de mencionar que la CONAFOR será quien integre dicho inventario.

La integración que el INFyS debe realizar de acuerdo con lo que determina la LGDFS, está estipulado en el artículo 45 e indica el tipo de información a generar, en este informe se incluirá aquella que dependa directamente de los datos que se levantan en campo y de su análisis principalmente, que apliquen según los incisos de este artículo:

I. La superficie y localización de terrenos forestales y preferentemente forestales, la integración de su información estadística y cartográfica en sus distintos niveles de ordenación y manejo;

II. 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;

III. 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;

IV. 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; y

V. Los criterios e indicadores de sustentabilidad, deforestación y degradación de los ecosistemas forestales;

En el artículo 46, se señala que el INFyS será la base para:

I. La formulación, ejecución, control y seguimiento de programas y acciones en materia forestal;

II. El cálculo del volumen de madera o biomasa forestal en pie, su incremento y el volumen de corta o aprovechamiento forestal;

Finalmente el artículo 47 menciona los criterios a considerar en la formulación del INFyS y la Zonificación Forestal, como son:

I. La delimitación por cuencas y subcuencas hidrológico-forestales;

II. La naturaleza, características, diversidad de los ecosistemas o tipos de vegetación forestales existentes en el territorio nacional;

III. Los desequilibrios existentes en los ecosistemas por efecto de las actividades económicas o de otras actividades humanas o fenómenos naturales.

1.3. Reglamento de la LGDFS

En el reglamento de la LGDFS (artículo 9), se dispone que la promoción para la integración de los inventarios a nivel estatal, con criterios, procedimientos y metodologías unificadas, se hará a través de la Secretaría y la Comisión.

La información que deberá contener el INFyS por cada entidad federativa, además de lo dispuesto en el artículo 45 de la Ley, se establece en el artículo 10 y es la siguiente:

I. Cuencas hidrológico forestales;

II. Regiones ecológicas;

III. Recursos forestales por tipo de vegetación;

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

V. Degradación de suelos;

VI. Aquella otra contenida en los Inventarios Estatales Forestales y de Suelos.

La periodicidad en la actualización del proyecto, se establece en el artículo 11 cada cinco años, sin perjuicio de la revisión periódica sobre:

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.

El Artículo 12 por último, hace referencia a la revisión de la información a la que refiere el artículo anterior, conforme a los lineamientos técnicos y la metodología que emita la Secretaría.

1.4. Documento Estratégico Rector del Inventario Nacional Forestal y de Suelos

Las bases metodológicas y de estructura para el proyecto a nivel nacional, así como los niveles y lineamientos generales de participación federal y estatal, fueron formalizadas en este documento, además de establecer la temporalidad de acciones y presupuesto (SEMARNAT *et ál*., 2004).

Para la elaboración del Documento Estratégico Rector y su publicación en 2004, se contó con la participación de instituciones como la SEMARNAT, la CONAFOR, el INEGI, el INE y el INIFAP principalmente (SEMARNAT *et ál*., 2004).

1.5. Información de interés nacional

En 2015, se decretó el acuerdo mediante el cual el INFyS se determina como Información de Interés Nacional, con fundamento en los artículos 26 apartado B de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y los artículos 6, 30 fracción IV, 77 fracción II, 78 y 99 de la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica.

Este acuerdo menciona que el INFyS adquiere este carácter, ya que cumple con los criterios mencionados en dicha Ley, al ser información estadística y geográfica de interés nacional y que se genera en forma regular y periódica, elaborada con una metodología científicamente sustentada y que resulta necesaria para conocer la realidad del país en el aspecto del medio ambiente y cuyo propósito es contribuir a la toma de decisiones, el diseño, la implementación y la evaluación de políticas públicas de alcance nacional.

Reserva de la Biósfera Sierra Gorda de Guanajuato, Xichú, Guanajuato.

Carrizalillo, Colima.

Capítulo II. Objetivos

2.1. Objetivo general

El Inventario Nacional Forestal y de Suelos, tiene como objetivo general de acuerdo con el Documento Estratégico Rector, 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 (SEMARNAT *et ál*., 2004).

2.2. Objetivos específicos

Para cumplir con lo anterior, se presenta un informe de resultados, generado a partir de los datos recabados en campo para el ciclo de muestreo 2009-2014 y su análisis, cuyos objetivos particulares son:

I. Actualizar la información sobre la superficie, localización y estadísticas del recurso forestal a una escala nacional;

II. Generar indicadores de la condición actual de los ecosistemas del país, que ayuden a cuantificar los recursos forestales y su estado de conservación;

III. Estimar parámetros dasométricos del arbolado y de aquellas especies de interés;

IV. Determinar los agentes que impactan en la salud de los ecosistemas y causan desequilibrio en los recursos naturales, por efectos de actividad humana o fenómenos naturales;

V. Proporcionar información del muestreo de suelos en áreas forestales;

VI. Presentar información indicativa a diferentes niveles (regiones ecológicas, cuencas hidrológico forestales, tipos de vegetación y entidad federativa);

VII. La dinámica de cambios en los ecosistemas a partir de la comparación de datos de dos ciclos de muestreo y de los cambios en superficie y;

VIII. Cumplir con la información requerida en la Ley.

Humedales en Macuspana, Tabasco.

Bosque de pino encino, Coahuila.

Capítulo III. Marco conceptual

3.1. Diseño de muestreo

El Inventario Nacional Forestal y de Suelos, mantiene para su segundo ciclo de muestreo 2009-2014, un diseño estratificado sistemático por conglomerados en dos etapas, esta metodología sigue los criterios establecidos en el Documento Estratégico Rector y asegura la consistencia en la instrumentación de un nuevo periodo de medición, caracterización y monitoreo del recurso forestal.

Con ello, se da mayor certeza a la continuidad y comparabilidad de los datos con respecto al primer ciclo de muestreo 2004-2009 y que de acuerdo con el objetivo mismo del INFyS, obedece al requerimiento de cubrir las necesidades estratégicas del país en cuanto a generación de información.

La escala de trabajo, de acuerdo con los insumos utilizados es nacional, es importante esta consideración ya que, tanto la intensidad de muestreo como la escala cartográfica que lo sustenta, permiten generar estadísticas con un nivel de precisión adecuado para el reporte de país.

Siguiendo estas directrices, la base cartográfica y de definición para los estratos a evaluar, es la Carta de Uso de Suelo y Vegetación a escala 1:250,000 publicada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en sus diferentes series cartográficas, de acuerdo con el ciclo de muestreo se utilizó la siguiente información:

Primer ciclo del inventario (2004-2009):

- Serie III – 2002 para la planeación del levantamiento de datos en campo
- Serie IV – 2007 para fines de reporte y estimación de parámetros estadísticos

Segundo ciclo del inventario (2009-2014):

- Serie IV – 2007 para la planeación del levantamiento de datos en campo
- Serie VI – 2014 para fines de reporte y estimación de parámetros estadísticos

Con el objetivo de contar con elementos estadísticos que permitan estimar la confiabilidad del inventario e intensificar el muestreo en las zonas con mayor variabilidad en la población, el diseño de muestreo y las metodologías de medición en campo, están regidos por el establecimiento de una malla equidistante de cobertura nacional y la intensidad de muestreo está definida por las características del ecosistema y por grupo vegetal, estableciéndose tres distanciamientos diferenciados por bosques y selvas, comunidades semiáridas y comunidades áridas presentados en la tabla 1.

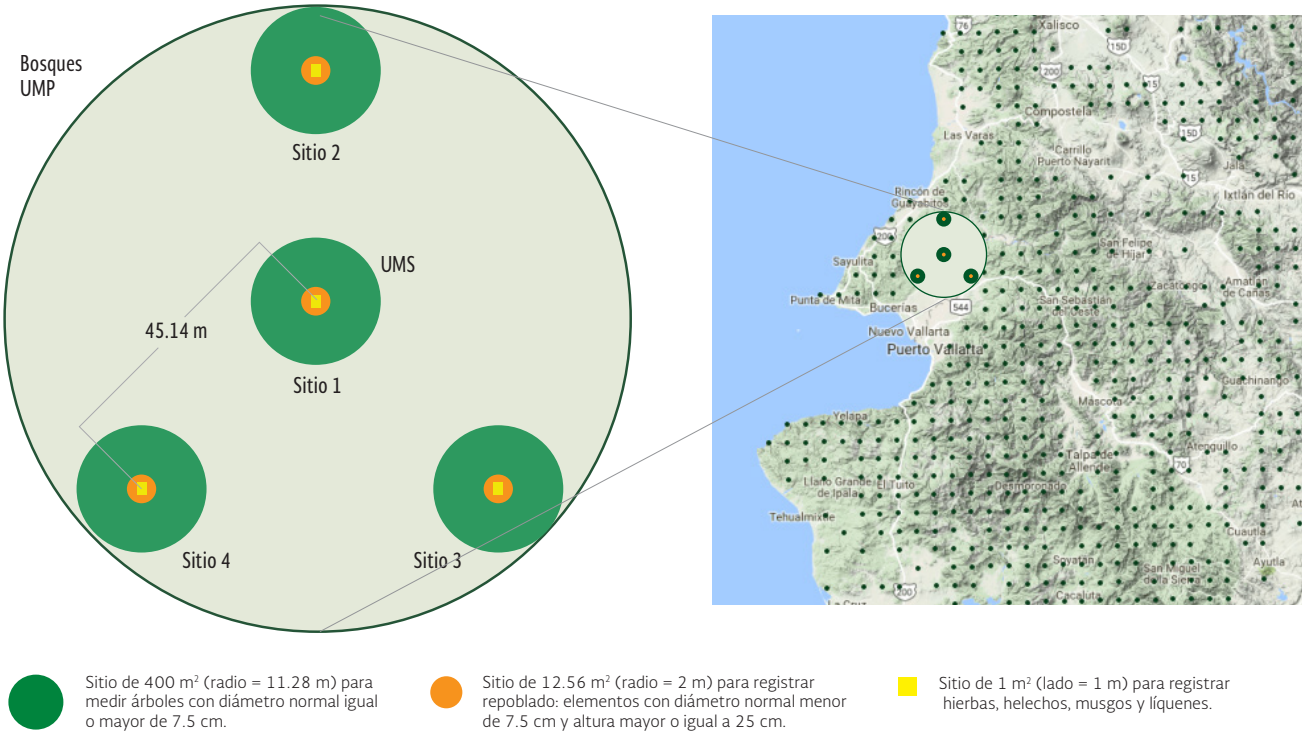
Los conglomerados además de extenderse sobre la cobertura vegetal del país, se encuentran distribuidos en áreas no forestales, exceptuando las zonas urbanas y asentamientos urbanos, identificados de manera cualitativa al momento del muestreo en campo, como "uso de suelo". En caso de encontrar vegetación aislada, el conglomerado es muestreado. Está información es importante desde el punto de vista de la evaluación de los árboles fuera del bosque, se aclara que el concepto no considera el muestreo de los bosques urbanos.

TABLA 1. GRUPOS DE ACUERDO CON SUS DISTANCIAMIENTOS ESPECÍFICOS

Distanciamiento (Km)	Grupo vegetal	
5 x 5	Bosques y selvas	Bosque, bosque cultivado, galería, manglar, palmar y selva alta y mediana
10 x 10	Comunidades semiáridas	Zonas semiáridas, selva baja y subacuática
20 x 20	Comunidades áridas	Zonas áridas y otros conceptos como áreas no forestales

En cuanto a la periodicidad del inventario, el levantamiento de la totalidad de los datos en campo, se realiza en ciclos de cinco años, para lo cual se distribuye de forma sistemática el 20% de la muestra anual, de tal forma que se cuenta con información representativa de todos los tipos de vegetación de manera oportuna.

FIGURA 1. REPRESENTACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA MALLA Y UNIDADES DE MUESTREO



En la malla de muestreo se ubican conglomerados o Unidades de Muestreo Primarias (UMP), que desde el punto de vista conceptual representan una parcela de una hectárea. En estos conglomerados se evalúan cuatro sitios o Unidades de Muestreo Secundarias (UMS), dispuestos geométricamente en forma de "Y" invertida con respecto al Norte, estas son circulares en el caso de bosques y vegetación de zonas áridas, y rectangulares en selvas. En estos sitios se recaba la mayor parte de la información dasométrica de los ecosistemas y de caracterización de los tres estratos vegetales de composición que son: arbóreo, arbustivo y herbáceo, como se muestra en la figura 1.

De la información recabada a nivel de UMP, se determina el universo de conglomerados por unidad de reporte o estrato (que desde el punto de vista del muestreo estadístico se entiende como la subpoblación a analizar) y a este nivel se definen los tipos de vegetación y se registra información de caracterización del sitio; la UMS número uno es el centro de la UMP y el punto de georeferenciación del conglomerado; las UMS 2, 3 y 4 son periféricas y en conjunto son las unidades en las que se recaba la mayoría de los datos cuantitativos a nivel de individuo y es la base para realizar las estimaciones de los parámetros estadísticos e indicadores de evaluación y monitoreo forestal, así como las inferencias poblacionales que se presentan en este informe.

Las características que describen a detalle el diseño de muestreo del INFyS y las metodologías de levantamiento de las variables en campo, han sido incluidas en el Informe de Resultados 2004-2009 y están ampliamente descritas en los manuales de campo del INFyS publicados por la CONAFOR en formato digital, estos contienen las especificaciones y requerimientos técnicos para la estandarización y aseguramiento de la calidad de la información recabada y pueden ser consultados en la página electrónica: http://187.218.230.5/inventario-y-registro/inventario-nacional-forestal-y-suelos-INFyS/documentos-metodologicos.

3.2. Tamaño de muestra del ciclo 2009-2014

A partir de los criterios del diseño de muestreo ya mencionados, se estableció una malla de 26,220 conglomerados distribuidos a lo largo del país, con cobertura en todos los ecosistemas presentes, óptimo para la caracterización de estas comunidades vegetales.

Para el segundo ciclo de muestreo del INFyS, 95% de la malla de muestreo nacional fue programada para su levantamiento en campo, lo que representa un total de 24,889 conglomerados, de los cuales se pueden distinguir dos tipos, aquellos que cuentan con algún tipo de información o muestreados y los que por circunstancias naturales o sociales fueron de difícil acceso y no fue posible la toma de datos en el sitio, y son considerados como inaccesibles para este periodo, como se observa en la tabla 2.

Cabe mencionar que 5% de la muestra nacional (1,131 UMP), son conglomerados denominados de monitoreo satelital, ya que previo al muestreo y después de un análisis de factibilidad a partir de información de inaccesibilidad en el primer ciclo de muestreo e insumos geoespaciales, fueron excluidos desde gabinete por caer en condiciones fisiográficas inapropiadas para su acceso, cuerpos de agua o por considerarse de riesgo debido a problemas sociales y que posteriormente con el uso de imágenes de satélite, se determinará si cuentan con algún tipo de cobertura vegetal.

TABLA 2. ESTATUS DE CONGLOMERADO (UMP) Y TAMAÑOS DE MUESTRA POR AÑO

Estatus		2009	2010	2011	2012	2013	2014*	2009-2014	
								UMP	%
Muestreados	Con cubierta	4,047	3,859	3,950	4,121	3,814	1,862	21,653	82.6
	Sin cubierta	262	71	287	110	8	18	756	2.9
	Subtotal	**4,309**	**3,930**	**4,237**	**4,231**	**3,822**	**1,880**	**22,409**	**85.5**
Inaccesibles		150	108	136	62	207	1,817	2,480	9.5
Monitoreo satelital		-	-	-	-	-	-	1,331	5.1
Total		**4,459**	**4,038**	**4,373**	**4,293**	**4,029**	**3,697**	**26,220**	**100**

La planeación del inventario cumplió su segundo ciclo y llegó a 2013 con 78.3% de los conglomerados muestreados resultado de una alta inaccesibilidad, por lo que 2014 se definió como un año de recuperación de muestra, con lo que se logró incorporar datos de 1,880 conglomerados y se aumentó el número de UMP visitadas en campo y con información registrada a 85.5% del total y con ello poder incrementar la precisión en las estimaciones.

El diagnóstico indica que un conjunto de 22,409 conglomerados cuentan con información y es sobre los cuales se realiza el análisis e informe de resultados para este ciclo, solo 3% es considerado sin cobertura vegetal de algún tipo. La subcategorización de los conglomerados muestreados, en UMP con cubierta o sin cubierta vegetal, se determina según la evaluación que se hace sobre el registro de al menos una variable levantada sobre vegetación, los sitios sin cubierta vegetal cuentan con información asociada a algún otro recurso como pueden ser variables sobre suelos o impactos ambientales.

Con respecto a la inaccesibilidad, el comportamiento a nivel nacional para este ciclo no sobrepasa el 10% de la muestra. De acuerdo con McRoberts (2003), en la mayoría de los inventarios no se logra tener observaciones para todos los sitios de muestreo, sin embargo para aquellos en los que la inaccesibilidad va de 1 a 10%, el sesgo y la precisión en las estimaciones es aceptable cuando se usan técnicas que ignoran estas observaciones, como es el caso de este reporte, o bien que son reemplazadas.

3.3. Variables registradas

Por el tipo de información recabada, se dice que el INFyS es un inventario multipropósito y con un enfoque integral, para este segundo ciclo, se han incorporado y modificado variables que atienden a las demandas de información para diferentes proyectos, contando a la fecha con el levantamiento de hasta 36 variables cuantitativas y 171 variables cualitativas en cada unidad de muestreo, dependiendo del tipo de ecosistema donde se colecta la información y el año de levantamiento en campo.

La metodología contempla dos niveles de muestreo:

1. Unidad de Muestreo Primaria (UMP), donde se recopila información general de las características físicas y geográficas del conglomerado con variables de tipo cualitativo.

2. Unidades de Muestreo Secundarias (UMS) que conforman la UMP, en las que se concentra el mayor número de variables. Éstas van asociadas a dos tipos de comunidades vegetales que son *bosques*, *selvas* y otras comunidades dependiendo de las condiciones que se presenten en campo, contienen tres tamaños de sitios de muestreo, que son:

   a) Sitio de 400 m^2, se mide y registra el arbolado cuyo diámetro normal (DN) sea igual o mayor a 7.5 centímetros. En este apartado también se consideran todas aquellas cactáceas de crecimiento tipo "columnar", palmillas o yucas diferenciadas por el inventario como vegetación mayor, con diferencias en el levantamiento de variables con respecto al arbolado, ya que algunas de éstas no aplican debido a su forma de crecimiento.

   b) Sitio de 12.56 m^2, se mide y registra por género, la frecuencia y variables cualitativas del repoblado (regeneración natural), cuyas plantas o árboles pequeños tengan como mínimo 25 centímetros de altura, siempre que su diámetro normal (DN) sea menor a 7.5 centímetros. Asimismo, se registran los arbustos representativos de comunidades áridas y semiáridas, e incluso especies invasoras y de pastos nativos o inducidos (secciones de repoblado y vegetación menor).

   c) Sitio de 1 m^2, se miden y consignan las plantas herbáceas, helechos, musgos, líquenes y otras características del suelo presentes en el estrato herbáceo (sección de vegetación menor y cobertura del suelo).

   d) Transectos de muestreo (cuatro) de 15 metros, en los que se registra información de combustibles forestales y suelos, estos generalmente se ubican en el sitio 3.

Para fines de manejo de la información, las variables se agrupan de acuerdo con el nivel de muestreo y al tipo de información al que hacen referencia, de tal forma que los datos están diferenciados en 20 secciones y de acuerdo con las condiciones observadas, se define el universo de estudio o tamaño de muestra para cada sección en términos de la presencia o ausencia de las variables medidas (tabla 3).

Sierra la Marta, Rayones, Nuevo León / Foto: Juan Arturo García Santibáñez.

A través de un proceso de mejora continua, el INFyS ha realizado adecuaciones e inclusiones de variables a lo largo del tiempo, con la finalidad de dar un carácter multipropósito a este inventario y estar en posibilidad de responder a las necesidades en aumento sobre el monitoreo forestal, estos se han documentado en manuales de campo anuales, donde se describen los criterios y la forma de colecta de la información.

TABLA 3. TAMAÑO DE MUESTRA Y VARIABLES REGISTRADAS POR SECCIÓN

Nivel		Sección	UMP	Porcentaje de la muestra	Número de variables registradas		
					Cuantitativa	Cualitativa	Total
UMP		Información general	22,409	100	-	28	28
		Diversidad de especies por estrato	22,258	99.3	-	6	6
		Diversidad de epífitas en el arbolado	18,231	81.4	-	3	3
		Cuerpos de agua	4,284	19.1	-	9	9
		Impactos ambientales	20,064	89.5	-	5	5
		Información complementaria sobre incendios	6,928	30.9	-	5	5
		Información complementaria sobre plagas	4,475	20	-	6	6
		Subtotal			**-**	**62**	**62**
UMS	400 m^2	Información general	22,409	100	-	16	16
		Arbolado (bosque y selva)	17,731	79.1	5	24	29
		Arbolado (otras comunidades)	2,463	11	5	18	23
		Submuestra	17,667	78.8	5	3	8
	12.56 m^2	Repoblado (bosque y selva y otras comunidades)	20,797	92.8	2	11	13
		Vegetación menor (otras comunidades)	1,632	7.3	-	8	8
		Cobertura (renuevo, arbustos, hierbas)	18,131	80.9	-	3	3
	1 m^2	Vegetación menor y cobertura de suelo	21,657	96.6	-	2	2
	Subtotal				**17**	**80**	**97**
	Transecto	Información general	22,409	100	12	9	21
		Cobertura del suelo por la vegetación	22,379	99.9	-	3	3
		Erosión hídrica con pérdida de suelo	1,350	6	3	3	6
		Pérdida por viento	417	1.9	3	2	5
		Obras de suelo	98	0.4	1	2	3
		Combustibles menores	17,768	79.3	-	2	2
		Combustibles mayores	8,932	39.9	-	2	2
		Cobertura de dosel	15,929	71.1	-	1	1
		Hojarasca	16,701	74.5	-	5	5
	Subtotal				**19**	**29**	**48**
Total					**36**	**171**	**207**

Adicionalmente, el INFyS alberga el Sistema de Amplia Cobertura para el Monitoreo de la Diversidad (SAC-MOD) en cuanto al levantamiento de información en campo, en convenio con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), y el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN). Este proyecto se estableció como piloto en el año 2014 y se evaluaron 500 unidades de muestreo en las que se consideran variables sobre el estado de la diversidad biológica de especies invasoras y fauna silvestre.

En el tema de manglares, dada la importancia que tienen como ecosistema prioritario por su valor ecológico, en 2014 se realizaron modificaciones a las variables de estructura que se levantan tradicionalmente en el INFyS en estas zonas, para poder evaluar de una manera más adecuada los diferentes ecotipos que existen en México. A su vez, se implementaron variables físico químicas del agua, con lo que se tendrán parámetros asociados para analizar a futuro el estado de conservación de este recurso.

3.4. Estratificación y precisión alcanzada

La estratificación como un método que permite caracterizar componentes semejantes de una población, fue planteada para el INFyS de acuerdo con la agrupación de los tipos de vegetación del INEGI por afinidad ecológica y florística, a partir del cual se distinguen once formaciones forestales, que son grandes grupos delimitados principalmente por una fisonomía homogénea y de acuerdo con un conjunto de géneros y especies predominantes, además de considerar también las áreas no forestales que hayan sido registradas dentro del inventario.

Las formaciones forestales son la unidad de reporte, bajo las que se estiman y presentan estadísticas e indicadores forestales, se analiza en conjunto toda aquella información disponible por sección para poder caracterizar estos estratos a nivel nacional, así como para indicar la precisión alcanzada en cada indicador, considerando, tanto el tamaño de muestra, el estatus y el área muestreada.

El INFyS fue diseñado para obtener estimaciones con una confiabilidad estadística del 95% a nivel nacional, el tamaño de muestra necesario para estudiar poblaciones forestales de gran magnitud, la estratificación y el uso de estimadores de razón propuestos por Velasco *et ál.* (2005), se han desarrollado para incrementar la precisión y la eficiencia de la muestra lograda para cada ciclo. La aplicación de estos métodos en los cálculos de los indicadores dasométricos que se presentan en este informe, refleja una confiabilidad expresada mediante el error relativo de muestreo reportado para cada estimación, mediante el cual se puede observar la fiabilidad y precisión alcanzadas para el periodo en estudio.

Esta estratificación es compatible con los grupos vegetales de la malla de muestreo del INFyS y con otros informes nacionales e internacionales, como es el caso de la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (FRA, por sus siglas en inglés) publicada por la FAO y que considera como unidad de reporte aquella superficie forestal arbolada, como lo son bosques y selvas.

Es relevante esta distinción, ya que estos ecosistemas se clasifican de acuerdo con la definición de bosque de la FAO y es con base a esta superficie que se estima la tasa de deforestación, mientras que los ecosistemas con matorrales y estructuras vegetales como cactáceas y suculentas característicos de tierras secas, para el FRA se clasifican como otras tierras boscosas u otras tierras, pero que en reportes de país y de acuerdo con la definición de vegetación forestal de la legislación nacional, forman parte de la superficie forestal (Art. 7, fracc. XLVIII, LGDFS) y se incluyen dentro de las once formaciones aquí descritas de manera diferenciada.

Para una mayor comprensión de la estratificación, en la tabla 6 se pueden observar los tipos de vegetación del INEGI que corresponden a esta agrupación con sus correspondientes superficies a nivel más desagregado.

3.5. Indicadores forestales y criterios de estimación

De la información recabada en campo, se toman aquellas variables útiles para la caracterización de los ecosistemas, mediante la estimación de indicadores de estado, que bien pueden ser medidas cuantitativas (mesurables) o cualitativas (descriptivas) de los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo para monitorear la calidad de los recursos forestales.

Se han identificado seis conjuntos de indicadores que comparten criterios para su estimación y que pueden ser mapeados en términos del universo de datos usado y la naturaleza de las variables requeridas, siguiendo el nivel de muestreo y estrato al que pertenece cada variable medida, como se puede ver en la tabla 4.

Se describen a continuación los criterios y consideraciones que se siguieron en estos conjuntos y el listado de indicadores a reportar para cada uno de ellos.

1. **Composición y estructura**.- Define las características de ocupación vertical y horizontal de una masa forestal. Es fundamental para conocer la composición florística, la dinámica de los ecosistemas, así como las formas dominantes y su relación con el resto, además de definir el grado de heterogeneidad y equilibrio de dicho ecosistema por sus elementos.

Se analizan variables a nivel de conglomerado (UMP), para determinar la riqueza de especies se toman en consideración los registros de todos los sitios de muestreo (UMS) con identidad taxonómica de la vegetación (sitio de 400 m^2 y sitio de 12.56 m^2), incluyendo aquellas secciones con información complementaria como Diversidad de especies por estrato, para así contar con la totalidad de las especies registradas en la unidad de muestreo primaria. La estructura horizontal y vertical se analiza a partir de estas especies para definir estratos de composición arbóreo, arbustivo y herbáceo.

Para lograr una consistencia en la identidad taxonómica y evitar la sobreestimación del número de especies contabilizadas en el muestreo, se sigue un proceso de revisión continua y de depuración de los nombres científicos. Para ello se generó un *Catálogo de nomenclatura botánica* con información de varias fuentes como son bases de datos en línea (Wtropics y The Plant List) y de la revisión de nombres científicos del INFyS realizada por la CONABIO en 2011; este catálogo, además de los registros taxonómicos del INFyS, incluye una lista de nombres del resto de la flora del país de acuerdo con la compilación *Capital Natural de México* (CONABIO, 2008).

El uso del *Catálogo de nomenclatura botánica* se realiza en dos niveles, el primero para la corrección de tipo ortográfico y el segundo para la revisión y vinculación de nombres científicos aceptados y con sinonimias bajo dos sistemas de clasificación, el utilizado por la CONABIO referido principalmente para helechos y afines (Mickel y Beitel, 1988; Mickel, 1992), gimnospermas (McVaugh, 1992), monocotiledóneas (Dahlgre *et ál.*, 1985), y dicotiledóneas (Cronquist, 1981), así como Angiosperm Phylogeny Group (APG), esta última clasificación utilizada en este informe para fines de reporte.

2. **Indicadores dasométricos**.- Señala las características estructurales asociadas con las existencias y crecimiento de una masa forestal para su adecuado manejo, mediante la cuantificación a partir de la unidad mínima que es el individuo y sus componentes.

Para el análisis de esta información se identifican dos grupos, el denominado *arbolado*, orientado únicamente a aquellas especies arbóreas, levantadas en el sitio de 400 m^2, con dimensiones iguales o mayores a 7.5 centímetros de diámetro normal y cuya condición sea vivo o muerto en pie.

Como parte del control de calidad, se estandarizaron los datos atípicos de las variables diámetro normal, altura total y diámetro de copa que se detectaron como errores de captura, mediante el método estadístico Z-score, que consistió en obtener los valores medios observados por especie, para posteriormente asignarlos a aquellos valores que sobrepasan o están por debajo de 4.5 desviaciones estándar del valor de la media, es decir que están fuera de los rangos normales de crecimiento de las especies y que pueden sesgar las estimaciones.

Las existencias volumétricas y de biomasa aérea, se generaron a partir del cálculo individual de volumen y biomasa en árboles, mediante el uso de ecuaciones alométricas provenientes de diversas fuentes; para aquellos taxones que no cuentan con una ecuación específica se realizó una asignación siguiendo criterios de similitud taxonómica y geográfica, para lo cual se generó un árbol de decisión, utilizando insumos cartográficos y los parámetros estadísticos de los modelos biométricos.

El segundo grupo de información registrada, es el muestreado en el sitio de 12.56 m^2 o bien repoblado, está enfocado a parámetros que indican la capacidad del ecosistema para su recuperación por funcionalidad y complejidad en términos de la composición y estructura de las especies. El análisis de este nivel se enfoca a la regeneración o renuevo del arbolado. Para ello se consideran individuos con dimensiones menores a 7.5 centímetros de diámetro y mayores a 25 centímetros de altura.

Con el objetivo de aumentar la precisión en los parámetros calculados, los valores promedio o estimaciones puntuales y las inferencias poblacionales, se generan mediante "estimadores de razón" para compensar el sesgo de la media muestral, este se da por diferencias en las superficies muestreadas en cada conglomerado, la fuente de variación está identificada en el número de sitios o UMS levantados en campo y que inciden directamente en la superficie. Teóricamente se tienen cuatro UMS por conglomerado, sin embargo no siempre se cumplen las condiciones para que se pueda acceder al sitio y levantar los datos en campo, lo que denota un valor nulo por falta de información y sin una superficie muestreada asociada, que es importante identificar y diferenciar de un sitio con una superficie muestreada, pero con valores de cero en las variables medidas.

Para el INFyS esta metodología fue descrita por Velasco *et ál.*, 2005, la descripción detallada puede ser consultada en la siguiente página electrónica del INIFAP: http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/Forestales/article/view/55.

3. **Salud de la masa forestal.**- Reporta la evaluación de la condición en que se encuentra la masa forestal, las perturbaciones naturales y las causadas por el hombre, medidos a través de variables de evidencia de daños físicos y biológicos, que pueden en algún momento dado, intervenir en el desarrollo y gestión del recurso forestal, centrados en el registro de la muestra observada.

Los indicadores de salud se reportan para el arbolado y repoblado, los criterios de selección y el conjunto de datos analizados son los mismos que se describen en el componente de indicadores dasométricos, los criterios para delimitar la población en estudio en el caso del arbolado, se definen por la condición de vivo con presencia de daño y muerto en pie con relación al arbolado sin daños. En este apartado se incluyen aquellos registros identificados como *tocones* con o sin marca para el análisis del indicador de la condición del arbolado.

Cabe mencionar que una de las secciones que tuvo modificaciones en el registro de variables en campo a lo largo del ciclo de muestreo, fue la de salud forestal, la etapa y el grado de vigor del arbolado fueron variables medidas únicamente de 2009 a 2011 y sustituidas por un conjunto de variables de condición de copa. En cuanto a los agentes de daños para los años 2012 a 2014 se desagregaron y se cuenta con información específica en cuanto a insectos y enfermedades se refiere, lo que implicó realizar una estandarización de clases por factores de daño, para realizar el análisis del ciclo completo, razón por la cual, los indicadores generados a partir de estas variables, se presentan como datos indicativos.

4. **Suelos**.- Expone las características generales del suelo en cuanto al estado e impacto visible en campo.

El reporte de estos indicadores se realiza a nivel de conglomerado (UMP) y a partir de la información recabada sobre suelos en los transectos trazados en el sitio 3 (UMS). Las variables se agrupan para la caracterización de la condición y la afectación que ha sufrido el suelo por los signos registrados, a nivel de la frecuencia observada en la muestra. Se incluye un índice compuesto, a manera de valoración numérica para evaluar la calidad del suelo, con base en la ponderación de variables tanto cuantitativas como cualitativas sobre la condición protección y afectación observadas en campo.

5. **Impactos ambientales**.- Considera la modificación visible en el recurso agua, suelo y vegetación, en términos de la severidad del daño sobre la superficie muestreada, mediante variables cualitativas, basadas en el grado de afectación de la calidad y cantidad del recurso.

Estos indicadores se reportan a nivel de conglomerado (UMP). Adicionalmente se registran variables complementarias sobre incendios, plagas y enfermedades, que se relacionan con los impactos al arbolado por estos agentes de daño.

TABLA 4. CONJUNTO DE INDICADORES A REPORTAR POR NIVEL DE MUESTREO

Conjunto de indicadores	Componente	UMP	UMS			
		Información complementaria	400 m²	12.56 m²	1 m²	Transectos
			Estrato arbóreo	Estrato arbustivo	Estrato herbáceo	
Composición y estructura	Superficie forestal					
	Composición	Diversidad por gradiente altitudinal Riqueza de especies Presencia de flora en riesgo				
	Estructura vertical		Distribución de formas biológicas Alturas promedio	Distribución de formas biológicas Categorías de altura	Presencia de cobertura herbácea	
	Estructura horizontal		Índice de Valor Forestal (IVF) Índice de Valor de Importancia (IVI) Diámetro normal promedio			

Conjunto de indicadores	Componente	UMP	UMS			
		Información complementaria	400 m²	12.56 m²	1 m²	Transectos
			Estrato arbóreo	Estrato arbustivo	Estrato herbáceo	
Indicadores dasométricos	Arbolado		Densidad promedio Distribución de la altura total Distribución del diámetro normal Cobertura de copa Área basal promedio Área basal por categoría diamétrica Biomasa aérea Carbono almacenado Volumen maderable Existencias reales Incremento Medio Anual (IMA) Tiempo de paso medio			
	Regeneración natural			Densidad promedio Distribución de alturas Índice Relativo de la Regeneración Natural (IRRN)		
Sanidad forestal	Salud del arbolado		Condición del arbolado Factores y agentes causales de daño Especies con mayor incidencia de daño Proporción de árboles muertos en pie y causas de muerte			
	Salud de la regeneración natural			Vigor y proporción de daños Factores y agentes causales de daño Especies con mayor incidencia de daño		
Suelos	Condición del suelo	Uso actual del suelo			Cobertura del suelo	Profundidad del suelo Gradiente de la pendiente dominante
	Afectación al suelo	Índice Compuesto de Riesgo a la Calidad del Suelo (ICRCS)				Proporción de suelos degradados Formas de erosión Formas de degradación
Impactos ambientales	Factores de impacto ambiental	Distribución de impactos ambientales acumulados Grado de afectación del impacto por recurso natural Agentes de disturbio de mayor incidencia				
	Otros impactos a la vegetación	Proporción de conglomerados afectados por incendios Proporción de conglomerados afectados por plagas				

Cascada de Cusarare, Chihuahua

Capítulo IV. Resultados del ciclo de muestreo 2009-2014

4.1. Indicadores de composición y estructura

4.1.1. Superficie forestal nacional

A nivel nacional, el marco de referencia para conocer la distribución y superficie de ocupación de la cubierta vegetal, es el conjunto de datos vectoriales de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación a escala 1:250,000 publicada por el INEGI.

A partir de esta información para el año 2014 (Serie VI), se contabilizan cerca de 137.8 millones de hectáreas de superficie forestal, lo que representa 70.5% de las 195.6 millones de hectáreas del territorio nacional, en esta área se consideran 54 agrupaciones vegetales o tipos de vegetación, representadas a lo largo del país e incluidas en once formaciones forestales (mapa 1).

Etapa sucesional de la vegetación

El INEGI identifica el estado sucesional de la vegetación, tomando como parámetro para el estado primario aquella vegetación que no presenta alteración y para el estado secundario la vegetación con indicios de perturbación y que se ha visto modificada o eliminada. De tal manera que la vegetación primaria y secundaria, nos indica en cierta medida, el grado de alteración o degradación de la vegetación; las áreas forestales en etapa primaria predominan con una ocupación de 94.5 millones de hectáreas y se puede decir que conservan sus características o bien presentan una degradación moderada, representan el 48.3% con respecto a la superficie del país y el 68.6% en proporción con el área forestal; la vegetación secundaria en cambio, presenta alteraciones visibles con diferencias en estructura y composición, las comunidades en este estado sucesional se localizan en 43.3 millones de hectáreas, es decir 22.1% de la superficie nacional y 31.4% del área forestal.

La superficie arbolada en su conjunto ocupa 47.7% de la superficie forestal, lo que equivale a 65.70 millones de hectáreas, en estos ecosistemas se concentra una alta biodiversidad y la presencia de la mayoría de las especies maderables; las selvas bajas y las selvas altas y medianas son las formaciones forestales predominantes, con 30 millones de hectáreas, sin embargo son las que presentan una menor proporción de vegetación primaria.

TABLA 5. SUPERFICIE FORESTAL NACIONAL POR ECOSISTEMA Y FORMACIÓN FORESTAL

Ecosistema	Formación forestal	Vegetación primaria		Vegetación secundaria		Total	Proporción (%)	
		ha	%	ha	%	ha	Superficie forestal	Superfcie nacional
Bosques	Coníferas	5,210,733.81	64.3	2,892,356.99	35.7	8,103,090.80	5.9	4.1
	Coníferas y latifoliadas	8,136,657.76	62.8	4,813,112.81	37.2	12,949,770.57	9.4	6.6
	Latifoliadas	6,493,142.92	57.2	4,867,356.58	42.8	11,360,499.50	8.2	5.8
	Bosque mesófilo	823,141.16	46.1	963,924.16	53.9	1,787,065.32	1.3	0.9
Selvas	Selvas altas y medianas	3,236,411.45	23.9	10,325,893.05	76.1	13,562,304.50	9.8	6.9
	Selvas bajas	6,931,309.43	42.1	9,532,890.59	57.9	16,464,200.02	11.9	8.4
Otras asociaciones		533,828.21	98.8	6,331.76	1.2	540,159.97	0.4	0.3
Manglar		842,975.45	89.7	96,660.39	10.3	939,635.85	0.7	0.5
Subtotal arbolado		**32,208,200.20**	**49**	**33,498,526.34**	**51**	**65,706,726.54**	**47.7**	**33.6**
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	18,083,477.14	88.9	2,246,993.26	11.1	20,330,470.40	14.7	10.4
	Zonas áridas	32,733,431.42	91	3,241,108.13	9	35,974,539.55	26.1	18.4
Otras áreas forestales		11,488,048.38	72.6	4,345,352.75	27.4	15,833,401.13	11.5	8.1
Total forestal		**94,513,157.13**	**68.6**	**43,331,980.49**	**31.4**	**137,845,137.62**	**100**	**70.5**
Áreas no forestales						**55,063,142.08**		**28.1**
Agua						**2,752,844.61**		**1.4**
Total nacional						**195,661,124.31**		**100**

Fuente: Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, Serie VI-2014 y Marco Geoestadístico 2010 versión 5.0 A.

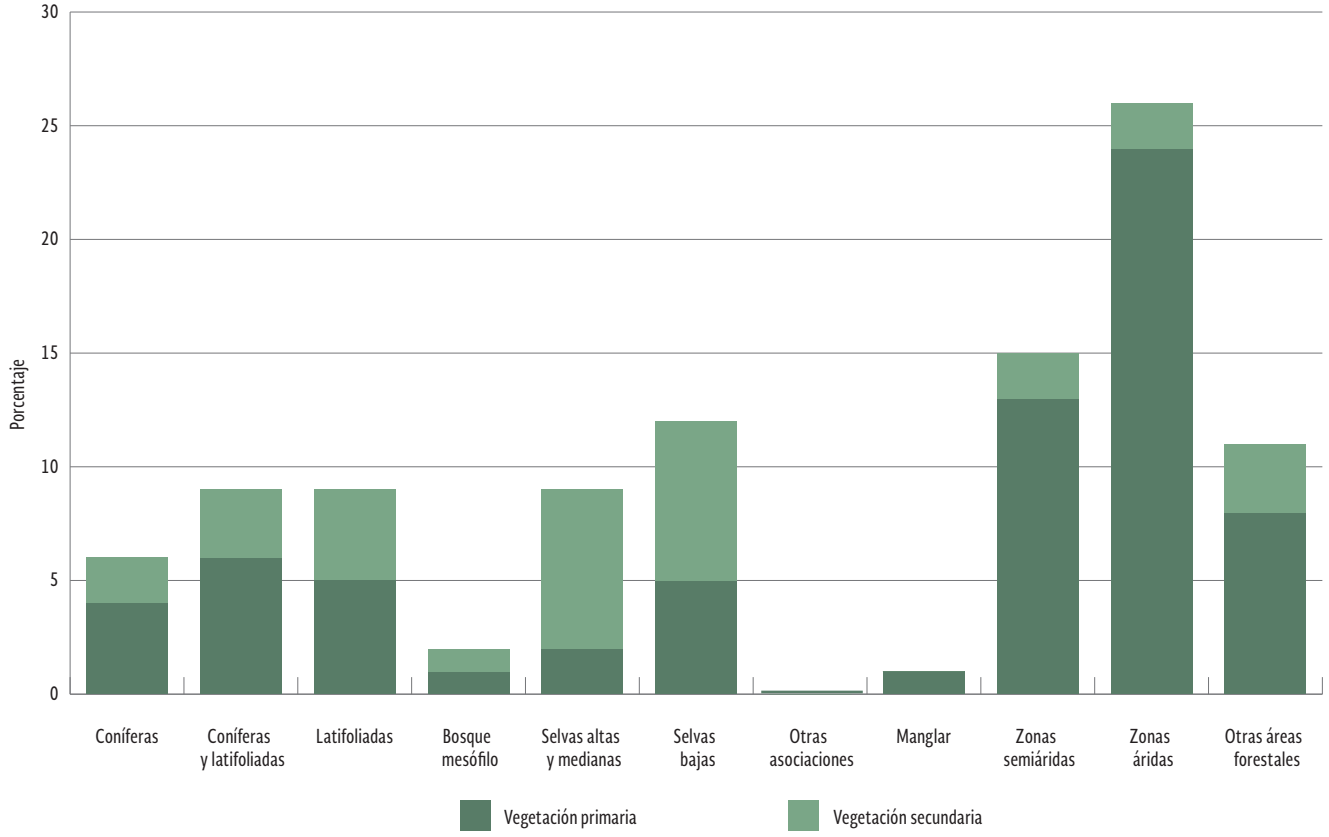
El matorral xerófilo es un ecosistema con similar importancia en cuanto a superficie con 40.8% del área forestal, comparable con la superficie arbolada y que incluye principalmente matorrales y plantas suculentas, son comunidades vegetales importantes por el número de endemismos y especies en estatus.

El bosque mesófilo y el manglar, son dos formaciones que tienen una distribución limitada, pero su mención es relevante, si bien la ocupación de ambas es alrededor de 2% del total forestal, son ecosistemas con una gran diversidad e incluso generadores de gran cantidad de biomasa, que en el caso del manglar aún conserva casi la totalidad de la vegetación primaria, no así en el bosque mesófilo, con menos de la mitad del área en su fase primaria, lo cual es un indicador de perturbación.

Estos dos ecosistemas, por el alto riesgo ecológico que supone su manejo, han sido considerados dentro de las zonas de conservación y aprovechamiento restringido o prohibido de la Zonificación Forestal (decretada por la LGDFS como uno de los instrumento de política nacional en materia forestal), en específico como áreas de protección, junto con las selvas altas perennifolias y la vegetación de galería (CONAFOR, 2011). Asimismo, han sido zonas incluidas en diversos programas y actividades de conservación y restauración y estudios específicos como el Sistema de Monitoreo de los Manglares en México de CONABIO.

Las formaciones forestales que mantienen alrededor del 90% de la vegetación en un estado original, con respecto al área total que ocupan, son las zonas áridas y semiáridas, así como los manglares; las de menor superficie primaria son las selvas y el bosque mesófilo y se pueden considerar como las comunidades vegetales con mayor degradación, de las cuales las selvas altas y medianas son las más impactadas, ya que presentan el menor porcentaje de vegetación primaria con 23% (figura 2).

FIGURA 2. PROPORCIÓN DE LA SUPERFICIE FORESTAL POR FORMACIÓN Y ETAPA SUCESIONAL



Es importante mencionar que para este informe en términos de superficie, la vegetación secundaria para todos los tipos de vegetación se compone de las fases sucesionales arbórea y arbustiva, la fase herbácea, al no tener una cobertura leñosa significativa, si bien se encuentra dentro del área forestal, se distingue como un conjunto clasificado dentro de la formación Otras áreas forestales y representa 207.7 mil hectáreas, lo cual se puede observar en la tabla 6.

MAPA 1. DISTRIBUCIÓN DE LAS FORMACIONES FORESTALES EN MÉXICO

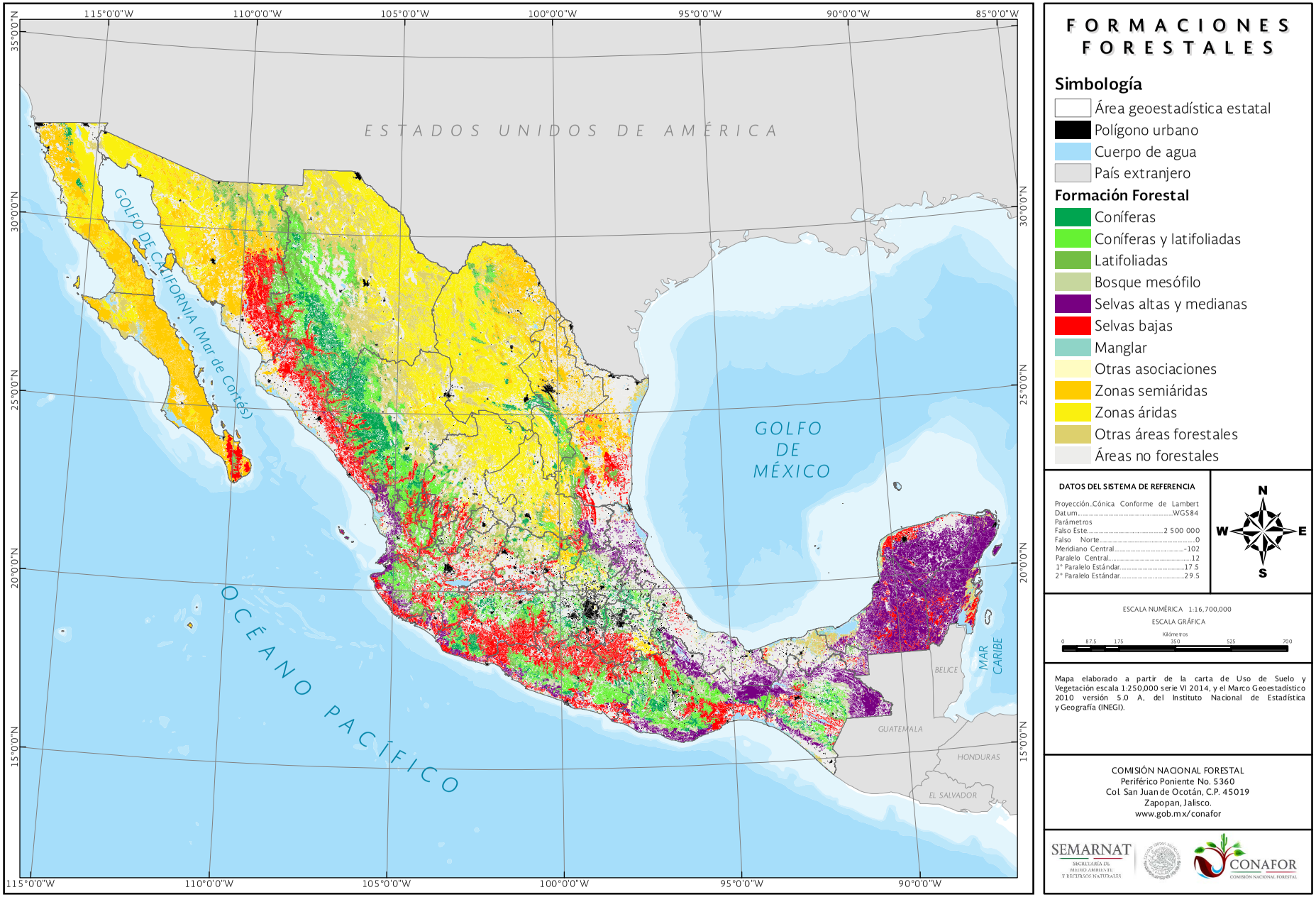


TABLA 6. SUPERFICIE FORESTAL NACIONAL DESAGREGADA POR TIPO DE VEGETACIÓN

Ecosistema	Formación forestal	Tipo de vegetación	Vegetación primaria (ha)	%	Vegetación secundaria (ha)	%	Total
Bosques	Coníferas	Bosque de ayarín	24,176.87	60.4	15,855.25	39.6	40,032.12
		Bosque de cedro	2,034.86	74.2	709.36	25.8	2,744.22
		Bosque de oyamel	128,840.01	81.7	28,876.72	18.3	157,716.73
		Bosque de pino	4,910,570.72	65	2,640,935.83	35	7,551,506.54
		Bosque de táscate	145,111.35	41.4	205,717.89	58.6	350,829.24
		Matorral de coníferas	0	0	261.94	100	261.94
	Subtotal		**5,210,733.81**	**64.3**	**2,892,356.99**	**35.7**	**8,103,090.80**
	Coníferas y latifoliadas	Bosque de encino-pino	2,950,106.68	67.4	1,430,151.44	32.6	4,380,258.12
		Bosque de pino-encino	5,186,551.08	60.5	3,382,961.38	39.5	8,569,512.45
	Subtotal		**8,136,657.76**	**62.8**	**4,813,112.81**	**37.2**	**12,949,770.57**
	Latifoliadas	Bosque de encino	6,472,137	57.1	4,864,689.28	42.9	11,336,826.28
		Bosque de galería	21,005.92	88.7	2,667.30	11.3	23,673.22
	Subtotal		**6,493,142.92**	**57.2**	**4,867,356.58**	**42.8**	**11,360,499.50**
	Bosque mesófilo	Bosque mesófilo de montaña	823,141.16	46.1	963,924.16	53.9	1,787,065.32
Selvas	Selvas altas y medianas	Selva alta perennifolia	1,226,418.87	40.2	1,822,075.44	59.8	3,048,494.31
		Selva alta subperennifolia	57,314.23	41.3	81,362.64	58.7	138,676.86
	Selvas altas y medianas	Selva mediana caducifolia	134,381.88	13	902,796.99	87	1,037,178.87
		Selva mediana perennifolia	284.52	36.1	503.98	63.9	788.50
		Selva mediana subcaducifolia	394,096.22	10.1	3,511,242.15	89.9	3,905,338.38
		Selva mediana subperennifolia	1,423,915.73	26.2	4,007,911.85	73.8	5,431,827.58
	Subtotal		**3,236,411.45**	**23.9**	**10,325,893.05**	**76.1**	**13,562,304.50**
	Selvas bajas	Selva baja caducifolia	6,152,430.58	42.3	8,407,749	57.7	14,560,179.58
		Selva baja espinosa caducifolia	201,199.68	32.1	425,518.51	67.9	626,718.19
		Selva baja espinosa subperennifolia	435,858.19	40.1	650,036.31	59.9	1,085,894.50
		Selva baja perennifolia	31,231.01	76.6	9,527.21	23.4	40,758.22
		Selva baja subcaducifolia	29,125.02	55.8	23,107.45	44.2	52,232.47
		Selva baja subperennifolia	81,464.96	82.8	16,952.11	17.2	98,417.07
	Subtotal		**6,931,309.43**	**42.1**	**9,532,890.59**	**57.9**	**16,464,200.02**
Otras asociaciones		Bosque cultivado	74,894.53	100	0	0	74,894.53
		Bosque inducido	5,046.82	100	0	0	5,046.82
		Palmar inducido	97,564.60	100	0	0	97,564.60
		Palmar natural	18,372	92.4	1,512.34	7.6	19,884.34
		Sabana	144,849.37	100	0	0	144,849.37
		Sabanoide	142,249.45	100	0	0	142,249.45
		Selva de galería	6,429.66	85.6	1,082.50	14.4	7,512.15
		Vegetación de petén	44,421.77	92.2	3,736.92	7.8	48,158.69
Subtotal			**533,828.21**	**98.8**	**6,331.76**	**1.2**	**540,159.97**
Manglar			842,975.45	89.7	96,660.39	10.3	939,635.85

Ecosistema	Formación forestal	Tipo de vegetación	Vegetación primaria (ha)	%	Vegetación secundaria (ha)	%	Total
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	Bosque de mezquite	216,233.88	74.5	74,113.15	25.5	290,347.03
		Chaparral	2,005,884.12	96.9	64,750.93	3.1	2,070,635.04
		Matorral espinoso tamaulipeco	2,379,169.28	73.3	868,283.98	26.7	3,247,453.26
		Matorral sarcocaule	5,123,396.99	97.7	121,494.50	2.3	5,244,891.50
		Matorral sarco-crasicaule	2,274,937.89	98.9	25,077.99	1.1	2,300,015.88
		Matorral sarco-crasicaule de neblina	550,920.50	96.9	17,428.20	3.1	568,348.70
		Matorral submontano	2,301,816.51	85	404,953.37	15	2,706,769.88
		Matorral subtropica	973,065.51	75.2	320,712.01	24.8	1,293,777.52
		Mezquital desértico	1,981,385.45	85.9	326,079.97	14.1	2,307,465.41
		Mezquital tropical	122,103.54	84.4	22,538.12	15.6	144,641.66
		Vegetación de galería	154,563.49	99	1,561.04	1	156,124.53
	Subtotal		**18,083,477.14**	**88.9**	**2,246,993.26**	**11.1**	**20,330,470.40**
	Zonas áridas	Matorral crasicaule	1,129,079.19	73.1	415,821.77	26.9	1,544,900.96
		Matorral desértico micrófilo	18,726,869.37	88.6	2,400,440.37	11.4	21,127,309.73
		Matorral desértico rosetófilo	10,311,384.38	96.5	374,431.22	3.5	10,685,815.60
		Matorral rosetófilo costero	439,907.99	94.3	26,505.18	5.7	466,413.17
		Vegetación de desiertos arenosos	2,126,190.49	98.9	23,909.60	1.1	2,150,100.09
	Subtotal		**32,733,431.42**	**91**	**3,241,108.13**	**9**	**35,974,539.55**
Otras áreas forestales		Pastizal gipsófilo	38,750.82	94.6	2,232.61	5.4	40,983.43
		Pastizal halófilo	1,666,149.98	91.6	152,590.95	8.4	1,818,740.93
		Pastizal natural	5,860,896.68	61.2	3,715,306.28	38.8	9,576,202.97
		Popal	151,547.57	100	0	0	151,547.57
		Pradera de alta montaña	17,710.05	100	0	0	17,710.05
		Tular	925,852.78	100	0	0	925,852.78
		Vegetación de dunas costeras	152,070.57	99.3	1,089.60	0.7	153,160.17
		Vegetación gipsófila	48,451.70	100	0	0	48,451.70
		Vegetación halófila xerófila	2,266,412.98	90.5	260,969.95	9.5	2,527,382.93
		Vegetación halófila hidrófila	360,205.24	99.9	5,458.43	0.1	365,663.67
		Vegetación secundaria herbácea	0	0	207,704.93	100	207,704.93
Subtotal			**11,488,048.38**	**72.6**	**4,345,352.75**	**27.4**	**15,833,401.13**
Total			**94,513,157.13**	**68.6**	**43,331,980.49**	**31.4**	**137,845,137.62**

4.1.2. Composición

La diversidad biológica puede medirse de acuerdo con el número de elementos que coexisten en un determinado tiempo y espacio, estos datos son un referente importante para conocer el buen funcionamiento, la capacidad de reacción y la adaptación ante presiones o cambios que los ecosistemas puedan sufrir y con ello poder tomar decisiones sobre el manejo o conservación de los mismos (Odum, E.P., Warret, G.W., 2006).

Para evaluar la composición de la vegetación, se analizó la información de campo en términos de las especies que se pueden encontrar a nivel de paisaje, haciendo una distinción de la flora en riesgo, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 059, que es la regulación técnica normativa que identifica las especies en riesgo según su estado de conservación y las integra en un listado con una serie de criterios para su categorización, además de información geográfica de caracterización del sitio como es la altitud.

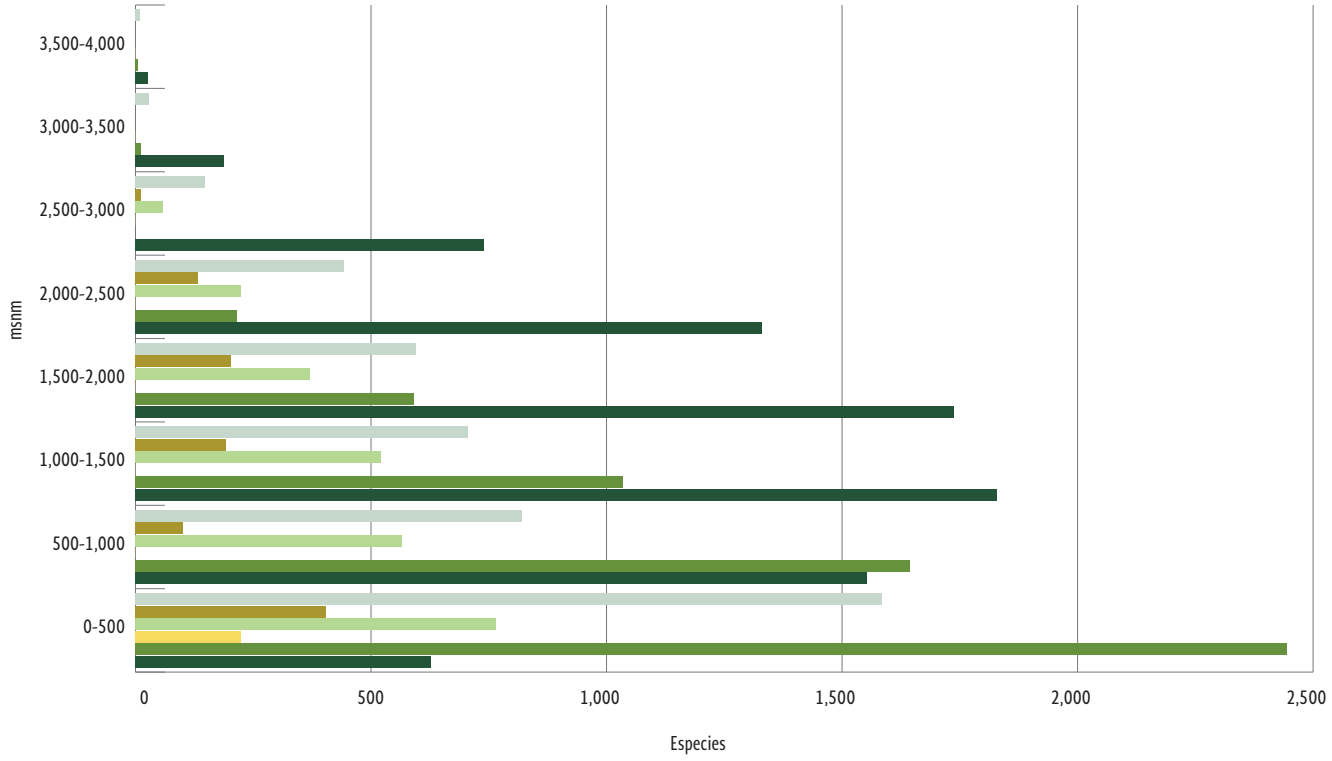
En los conglomerados con algún tipo de cubierta vegetal en el estrato arbóreo, arbustivo o herbáceo en conjunto, se registró un total de 4,486 taxones; 1,110 identificados a nivel de género, 3,376 a nivel de especie y 69 variedades o subespecies diferentes, de acuerdo con el sistema de clasificación Angiosperm Phylogeny Group (APG), de los cuales 143 taxones presentan algún estatus bajo las categorías de riesgo de la NOM059.

Diversidad por gradiente altitudinal

La relación entre el número de especies presentes por ecosistema y el gradiente altitudinal es alto, si bien a nivel nacional la variación altitudinal por tipo de vegetación es muy amplio, este parámetro puede ser un referente sobre los cambios de temperatura y el rango de distribución de las comunidades vegetales y se usó para representar el número de taxones totales registrados por faja altitudinal, con base en Holdrige que considera rangos de progresión geométrica de 500 msnm para definir zonas de vida (Holdrige, L. R., 2000).

Como se observa en la figura 3, los bosques del país registraron un mayor número de taxones entre los 1,000 y 2,000 msnm, estos muestran una amplia distribución ya que se presentan desde los 0 a los 4,000 msnm; como es sabido un ecosistema propio de zonas costeras es el manglar, el cual se encuentra restringido al rango de 0 a 500 msnm, en este mismo rango, las selvas cuentan con la mayor diversidad ya que están asociadas con altas temperaturas y gradientes altitudinales bajos, y conforme aumenta la altitud, disminuye su distribución, se puede decir que el máximo rango altitudinal para las selvas fue de 2,000 a 3,000 msnm con el menor número de especies registrado, de igual forma sucede con el matorral xerófilo, aunque están asociados con ambientes más secos.

FIGURA 3. NÚMERO DE TAXONES REGISTRADOS POR GRADIENTE ALTITUDINAL



Altitud	Bosques	Selvas	Manglar	Matorral xerófilo	Otras áreas forestales	Áreas no forestales
0-500	627	2,444	224	766	405	1,584
500-1,000	1,552	1,644	-	565	100	821
1,000-1,500	1,829	1,035	-	522	192	705
1,500-2,000	1,738	591	-	370	203	596
2,000-2,500	1,329	215	-	224	132	443
2,500-3,000	739	-	-	58	12	148
3,000-3,500	188	12	-	-	-	29
3,500-4,000	27	5	-	-	-	9

En el tema de la identificación de las especies, es importante mencionar que para 2.3% de los registros, el reconocimiento taxonómico no fue posible, este porcentaje queda catalogado como “indeterminado”, sin embargo, la medición de variables en campo como altura o diámetr,o según sea su condición, se mantiene, de tal forma que es posible caracterizar este subgrupo. Los indicadores de diversidad descritos se pueden precisar con el apoyo de colectas botánicas y la identificación taxonómica en herbarios a detalle, ésta es un área de oportunidad que el INFyS está implementando de manera paulatina con este fin.

Riqueza de especies

Una forma de evaluar la riqueza de especies por formación forestal, es a través de índices de diversidad alfa y gama. Para generar estos índices se consideraron los datos registrados a nivel de especie únicamente, los registros a nivel de género se omitieron con la finalidad de contar con una mejor representación y evaluación de la diversidad de los ecosistemas por el nivel de reconocimiento al que se logró llegar y se expresan bajo los siguientes criterios.

- Diversidad alfa: número de especies totales registradas en el conglomerado (UMP).
- Diversidad gamma: número de especies totales registradas en la formación forestal.

De los 22,409 conglomerados muestreados, en 21,827 hubo taxones identificados, presentados en la tabla 7, con lo que se puede inferir que las formaciones forestales más heterogéneas y con una mayor riqueza de especies, son las selvas altas y medianas, tanto por el número promedio de especies registradas por conglomerado (diversidad alfa), como en toda la formación (diversidad gamma) con un total de 1,708 especies, seguidas de las latifoliadas, selvas bajas y los bosques de coníferas y latifoliadas.

TABLA 7. INDICADORES DE COMPOSICIÓN DE LA VEGETACIÓN

Ecosistema	Formación forestal	UMP	Taxones identificados					Riqueza de especies	
			Totales	Géneros	Especies	Infra-especies	En riesgo	Diversidad alfa promedio	Diversidad gamma
Bosques	Coníferas	2,647	1,449	429	998	21	56	6.97	998
	Coníferas y latifoliadas	4,159	1,875	523	1,323	28	71	5.97	1,323
	Latifoliadas	3,357	1,987	522	1,435	29	67	5.58	1,435
	Bosque mesófilo	500	1,184	359	807	17	43	8.35	807
Selva	Selvas altas y medianas	3,802	2,366	624	1,708	32	70	25.41	1,708
	Selvas bajas	1,494	1,850	471	1,361	17	51	12.1	1,361
Otras asociaciones		66	346	79	265	1	11	7.76	265
Manglar		206	224	56	164	2	6	3.57	164
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	1,836	1,048	285	752	10	34	7	752
	Zonas áridas	880	632	177	444	10	17	4.59	444
Otras áreas forestales		493	716	177	529	8	19	4.13	529
Áreas no forestales		2,387	2,244	575	1,634	33	72	8.03	1,634

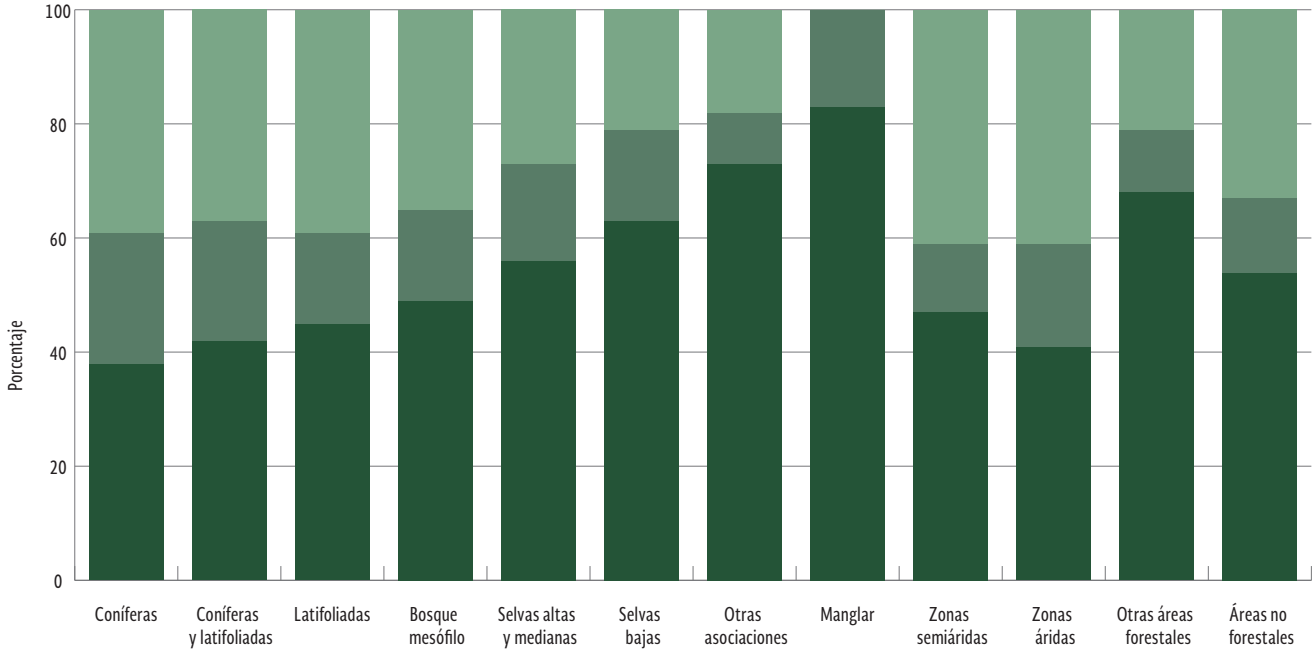
Sin embargo, todas las formaciones de bosque y las zonas semiáridas presentan un número considerable de especies, lo que nos habla de una amplia variedad en la composición de las mismas, esto se ha logrado captar también en las áreas no forestales en donde todavía es posible encontrar remanentes de vegetación en áreas reducidas, que no son captadas por la escala del mapa a nivel nacional para su representación y al estar dispersas en todo el país agrupan una riqueza considerable.

Presencia de flora en riesgo

De acuerdo con lo contenido en la NOM059, los taxones bajo alguna de las categorías en peligro de extinción (P), amenazada (A) o sujeta a protección especial (Pr), no sobrepasa 5% de la composición florística total, el estatus que predomina de manera general por el número de taxones son las especies amenazadas, no obstante varía en el análisis por formación forestal como se observa en la figura 4.

El listado de taxones registrados para cada una de las formaciones forestales, a nivel de género, especie, infra especie, categoría de riesgo y forma biológica, se encuentran como anexo digital de este informe.

FIGURA 4. NÚMERO Y PROPORCIÓN DE ESPECIES SEGÚN CATEGORÍA DE RIESGO DE ACUERDO CON LA NOM-059



	Coníferas	Coníferas y latifoliadas	Latifoliadas	Bosque mesófilo	Selvas altas y medianas	Selvas bajas	Otras asociaciones	Manglar	Zonas semiáridas	Zonas áridas	Otras áreas forestales	Áreas no forestales
Pr	22	26	26	15	19	11	2	0	14	7	4	24
P	13	15	11	7	12	8	1	1	4	3	2	9
A	21	30	30	21	39	32	8	5	16	7	13	39

4.1.3. Estructura vertical

La estructura vertical es también conocida como la estratificación de la vegetación de acuerdo con los pisos definidos por las alturas de las estructuras vegetales predominantes, está relacionada con la dirección media de la luz y con la distribución de la vegetación de un ecosistema desde el nivel del suelo al piso más alto alcanzado por las copas de los árboles o dosel, estos estratos están en función de las condiciones ambientales y son un indicador del estado de desarrollo de la vegetación.

Otra forma de caracterizar los estratos vegetales está en función de las formas biológicas en las que se agrupan las especies de acuerdo con la semejanza en su estructura morfológica y biológica. Estas formas de vida están naturalmente relacionadas con la adaptación al medio en el que se desarrollan, lo que explica su mayor o menor presencia (Rzedowski, 2006).

Como se ha mencionado a lo largo de este informe, son tres los estratos diferenciados por el INFyS, el estrato arbóreo con un cubrimiento de 90.1% de la muestra nacional, el arbustivo con 92.8% y el herbáceo con 99%.

Estrato arbóreo

Considera todos aquellos taxones registrados en el sitio de 400 m^2 con un diámetro normal por arriba de 7.5 centímetros que pertenecen a la sección de arbolado.

Para el INFyS se utilizaron nueve tipos de formas biológicas asignadas según el *catálogo de nomenclatura botánica* que son: árbol, arbusto, otras formas biológicas que integra aquellas formas con menor presencia para efectos de reporte (arborescente, bambú, palma, bejuco, cactus y rosetófila), así como aquellos registros indeterminados en su forma biológica por la falta de una identificación taxonómica a nivel de especie o bien que por su condición no fue posible determinar (muertos en pie), sin embargo para muchos de estos registros se cuenta con identificación a nivel de género y se ha podido inferir que un gran número de ellos tienen un desarrollo arbóreo o arbustivo como es el caso del género *Pinus* y *Quercus* y que por sus dimensiones como se verá más adelante, se concluyó incluir este conjunto de datos al análisis del arbolado.

Es importante mencionar que el INFyS hasta el año 2012, consideraba todos aquellos fustes o tallos de una sola planta como registros individuales, por lo que los números presentados en este informe no determinan el número de individuos y el término "registro" para el estrato arbóreo, hace referencia al número de fustes o tallos propiamente; la diferenciación de individuos monopódicos o simpódicos se realiza a partir de 2013, lo que permite identificar árboles bifurcados.

El total de la muestra levantada en este estrato se contabilizó en 1,608,837 registros, que son en su mayoría vivos y muertos en pie, solo 2.6% fue identificado bajo la condición de tocón con o sin marca, a partir de esta distinción el análisis del estrato arbóreo se realizó con 1,566,459 registros.

A nivel nacional 80% de los registros fueron reconocidos como árboles, 11% corresponde a especies indeterminadas en su forma biológica, 6% son arbustos y el 3% pertenecen a otras formas biológicas.

El porcentaje de arbolado (tomando en cuenta los registros indeterminados) como se puede observar, está por arriba de 92% en bosques y de 83% en selvas con importante presencia de arbustos, en las zonas de matorral xerófilo la proporción de árboles desciende por debajo de 60% y cobran importancia los arbustos y otras formas biológicas como cactus y arborescentes.

TABLA 8. NÚMERO DE REGISTROS POR FORMA BIOLÓGICA EN EL ESTRATO ARBÓREO

Ecosistema	Formación forestal	UMP	Frecuencia					Proporción				
			Árbol	Arbusto	Indeter-minada	Otras formas biológicas	Total	Árbol	Arbusto	Indeter-minada	Otras formas biológicas	Total
Bosques	Coníferas	2,636	178,166	1,764	14,314	1,972	**196,216**	0.91	0.01	0.07	0.01	**1**
	Coníferas y latifoliadas	4,137	242,276	5,666	34,990	1,839	**284,771**	0.85	0.02	0.12	0.01	**1**
	Latifoliadas	3,310	163,831	7,568	30,135	6,378	**207,912**	0.79	0.04	0.14	0.03	**1**
	Bosque mesófilo	487	25,395	2,352	7,111	535	**35,393**	0.72	0.07	0.20	0.02	**1**
Selvas	Selvas altas y medianas	3,750	424,843	47,121	40,797	8,264	**521,025**	0.82	0.09	0.08	0.02	**1**
	Selvas bajas	1,481	98,907	13,687	21,093	10,031	**143,718**	0.69	0.10	0.15	0.07	**1**
Otras asociaciones		62	3,505	163	491	366	**4,525**	0.77	0.04	0.11	0.08	**1**
Manglar		161	12,950	80	952	177	**14,159**	0.91	0.01	0.07	0.01	**1**
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	1,553	30,203	9,077	4,405	13,100	**56,785**	0.53	0.16	0.08	0.23	**1**
	Zonas áridas	407	2,920	464	626	2,337	**6,347**	0.46	0.07	0.10	0.37	**1**
Otras áreas forestales		267	6,873	555	483	470	**8,381**	0.82	0.07	0.06	0.06	**1**
Áreas no forestales		1,918	67,614	5,073	11,288	3,252	**87,227**	0.78	0.06	0.13	0.04	**1**
Total		**20,169**	**1,257,483**	**93,570**	**166,685**	**48,721**	**1,566,459**	**0.80**	**0.06**	**0.11**	**0.03**	**1**

Como referencia de los pisos de las estructuras vegetales, se estimó el promedio de la altura total por forma biológica en cada formación forestal, de tal manera que se pueda diferenciar y comparar el comportamiento de crecimiento de dichas estructuras, tanto en el mismo entorno como en diferentes ecosistemas y su magnitud como se puede apreciar en la figura 5.

Se puede concluir que las mayores alturas en promedio se encuentran en los bosques mesófilos con 10 metros y las selvas altas y medianas con 9.53 metros.

Las especies indeterminadas presentaron alturas promedio considerables de entre 3.5 hasta 8.5 metros, lo que indica una alta presencia de árboles o arbustos, además de pertenecer a géneros con estas formas de desarrollo, por lo tanto es un grupo importante a considerar en la estimación de los indicadores dasométricos del arbolado.

En las tablas 9 y 10 se presenta el detalle estadístico resultado de la estimación de las alturas promedio por forma biológica.

FIGURA 5. PROPORCIÓN DE FORMAS BIOLÓGICAS EN EL ESTRATO ARBÓREO

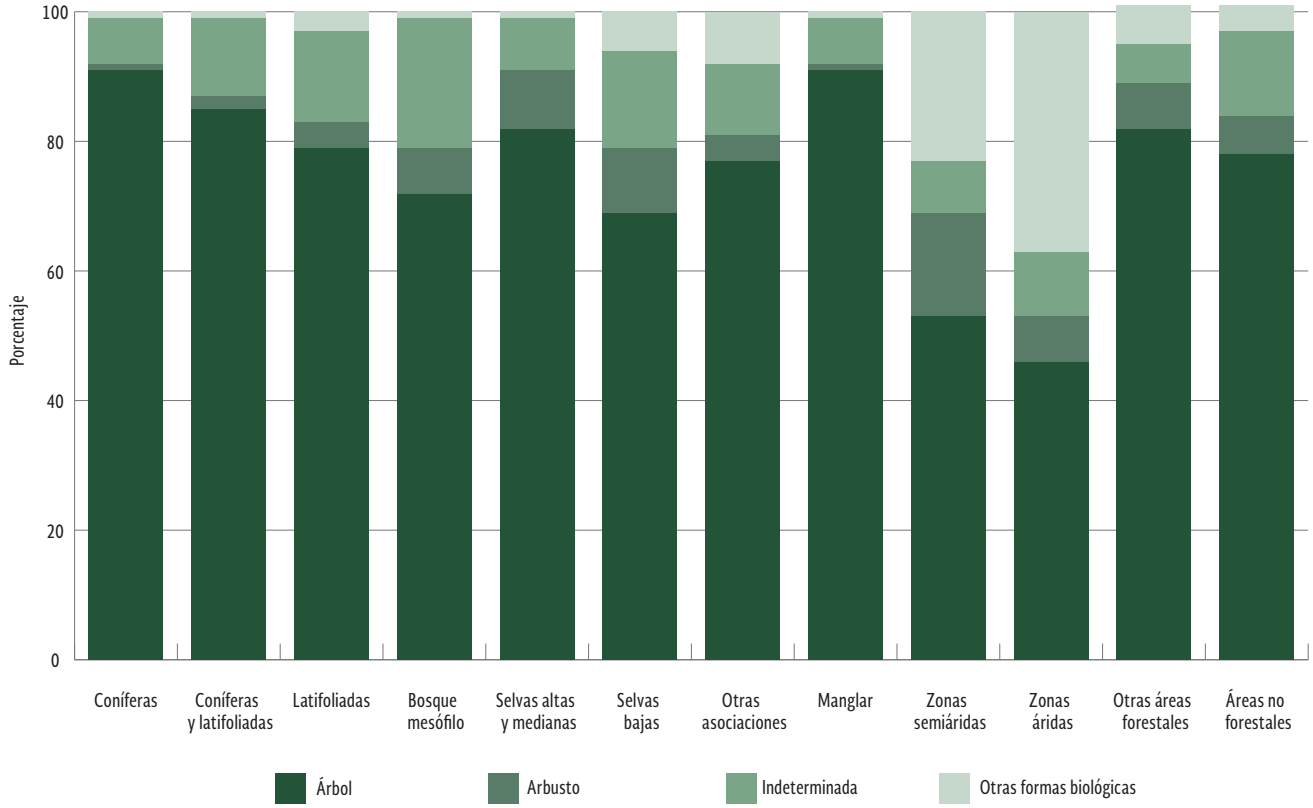
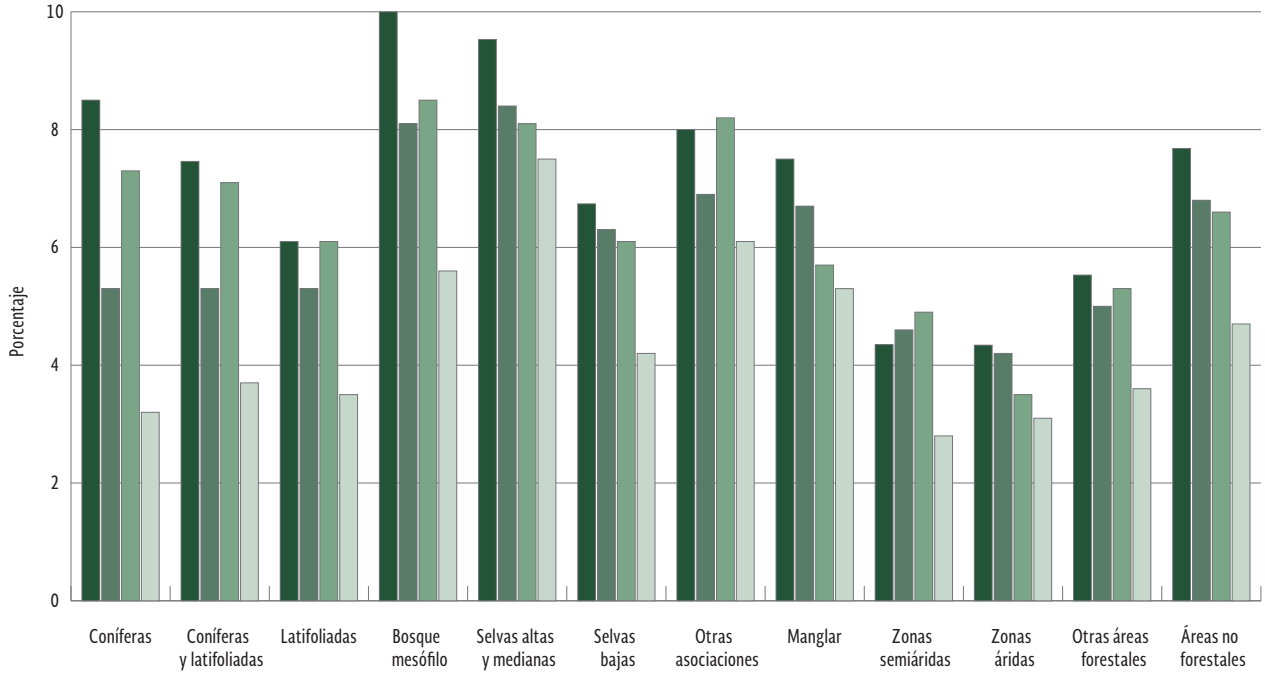


FIGURA 6. ALTURA PROMEDIO POR FORMA BIOLÓGICA EN EL ESTRATO ARBÓREO



Árbol	8.5	7.46	6.1	10	9.53	6.74	8	7.5	4.35	4.34	5.53	7.68
Arbusto	5.3	5.3	5.3	8.1	8.4	6.3	6.9	6.7	4.6	4.2	5	6.8
Indeter-minada	7.3	7.1	6.1	8.5	8.1	6.1	8.2	5.7	4.9	3.5	5.3	6.6
Otras	3.2	3.7	3.5	5.6	7.5	4.2	6.1	5.3	2.8	3.1	3.6	4.7

TABLA 9. ALTURAS PROMEDIO EN METROS PARA ÁRBOLES Y ARBUSTOS EN EL ESTRATO ARBÓREO

Ecosistema	Formación forestal	Árboles									Arbustos								
		UMP	Registros	Media	Mín	Máx	LI	LS	Ds	Er	UMP	Registros	Media	Mín	Máx	LI	LS	Ds	Er
Bosques	Coníferas	2,551	178,166	8.50	1.3	58.5	8.48	8.52	4.77	0.23	238	1,764	5.3	1.3	19.3	5.17	5.39	2.37	2.23
	Coníferas y latifoliadas	4,025	242,276	7.46	1.3	46.5	7.44	7.48	4.12	0.26	652	5,666	5.3	1.3	21.2	5.23	5.35	2.40	1.11
	Latifoliadas	3,105	163,831	6.10	1.3	40.3	6.09	6.11	2.87	0.32	831	7,568	5.3	1.3	18	5.23	5.33	2.20	1.11
	Bosque mesófilo	466	25,395	10	1.3	39.5	9.94	10.06	4.65	0.59	224	2,352	8.1	1.3	28.4	7.96	8.22	3.22	1.70
Selvas	Selvas altas y medianas	3,686	424,843	9.53	1.3	37.5	9.52	9.54	2.98	0	2,848	47,121	8.4	1.3	24.7	8.35	8.39	2.39	0.23
	Selvas bajas	1,423	98,907	6.74	1.3	29.2	6.72	6.76	2.46	0.29	865	13,687	6.3	1.3	18.4	6.28	6.36	2.10	0.62
Otras asociaciones		59	3,505	8	1.3	30	7.85	8.15	4.56	1.96	20	163	6.9	2.5	18	6.4	7.34	3.06	6.85
Manglar		156	12,950	7.50	1.3	29.4	7.44	7.56	3.61	0.78	19	80	6.7	1.7	15.5	6.02	7.32	2.92	9.70
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	1,252	30,203	4.35	1.3	20.6	4.33	4.37	1.63	0.45	707	9,077	4.6	1.3	12.3	4.58	4.64	1.27	0.43
	Zonas áridas	192	2,920	4.34	1.3	10	4.3	4.38	1.16	0.90	61	464	4.2	1.6	9.1	4.12	4.3	1.03	2.33
Otras áreas forestales		230	6,873	5.53	1.3	30	5.47	5.59	2.69	1.06	64	555	5	1.3	12.6	4.78	5.2	2.52	4.32
Áreas no forestales		1,789	67,614	7.68	1.3	51.7	7.66	7.7	3.32	0.26	611	5,073	6.8	1.3	23.1	6.72	6.84	2.34	0.87
Total		**18,934**	**1,257,483**								**7,140**	**93,570**							

Ds = Desviación estándar. Er= Error relativo.

TABLA 10. ALTURAS PROMEDIO EN METROS PARA OTRAS FORMAS BIOLÓGICAS E INDETERMINADAS EN EL ESTRATO ARBÓREO

Ecosistema	Formación forestal	Indeterminadas									Otras formas biológicas								
		UMP	Registros	Media	Mín	Máx	LI	LS	Ds	Er	UMP	Registros	Media	Mín	Máx	LI	LS	Ds	Er
Bosques	Coníferas	1,109	14,314	7.3	1.3	33.1	7.28	7.42	4.44	1.07	223	1,972	3.2	1.3	12.8	3.17	3.29	1.26	1.82
	Coníferas y latifoliadas	2,167	34,990	7.1	1.3	35.3	7.09	7.17	3.88	0.55	263	1,839	3.7	1.3	22	3.57	3.77	2.10	2.67
	Latifoliadas	1,711	30,135	6.1	1.3	27	6.05	6.11	3.10	0.64	699	6,378	3.5	1.3	20	3.48	3.56	1.72	1.11
	Bosque mesófilo	399	7,111	8.5	1.3	30.2	8.42	8.62	4.43	1.15	61	535	5.6	1.3	18.4	5.4	5.9	2.54	3.87
Selvas	Selvas altas y medianas	2,682	40,797	8.1	1.3	32.7	8.04	8.1	3.36	0.49	1,330	8,264	7.5	1.3	29.8	7.38	7.52	3.20	1.05
	Selvas bajas	970	21,093	6.1	1.3	25.3	6.09	6.15	2.42	0.64	701	10,031	4.2	1.3	19.2	4.14	4.22	2.13	0.94
Otras asociaciones		35	491	8.2	1.3	25.1	7.73	8.67	5.31	5.74	26	366	6.1	1.5	18	5.71	6.41	3.36	5.82
Manglar		55	952	5.7	1.3	16.8	5.53	5.91	2.96	3.43	20	177	5.3	1.39	17.5	4.96	5.66	2.36	6.64
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	332	4,405	4.9	1.3	18.4	4.79	4.91	2.07	1.21	1,046	13,100	2.8	1.3	15.1	2.73	2.79	1.68	0.71
	Zonas áridas	79	626	3.5	1.3	15	3.4	3.7	1.86	3.86	279	2,337	3.1	1.3	12.7	3.03	3.15	1.46	1.90
Otras áreas forestales		77	483	5.3	1.3	18	5.04	5.56	2.94	4.81	72	470	3.6	1.3	12.7	3.38	3.78	2.22	5.47
Áreas no forestales		962	11,288	6.6	1.3	27.1	6.58	6.7	3.23	0.89	458	3,252	4.7	1.3	25	4.55	4.77	3.19	2.52
Total		**10,578**	**166,685**								**5,178**	**48,721**							

Ds = Desviación estándar. Er= Error relativo.

Estrato arbustivo

Incluye todos aquellos taxones muestreados en el sitio de 12.56 m^2 con un diámetro normal menor a 7.5 centímetros que pertenecen a la sección de repoblado, cuyas alturas fueron registradas por el INFyS en categorías predefinidas en términos de la frecuencia de individuos, bajo los formatos de bosques, selvas y otras comunidades.

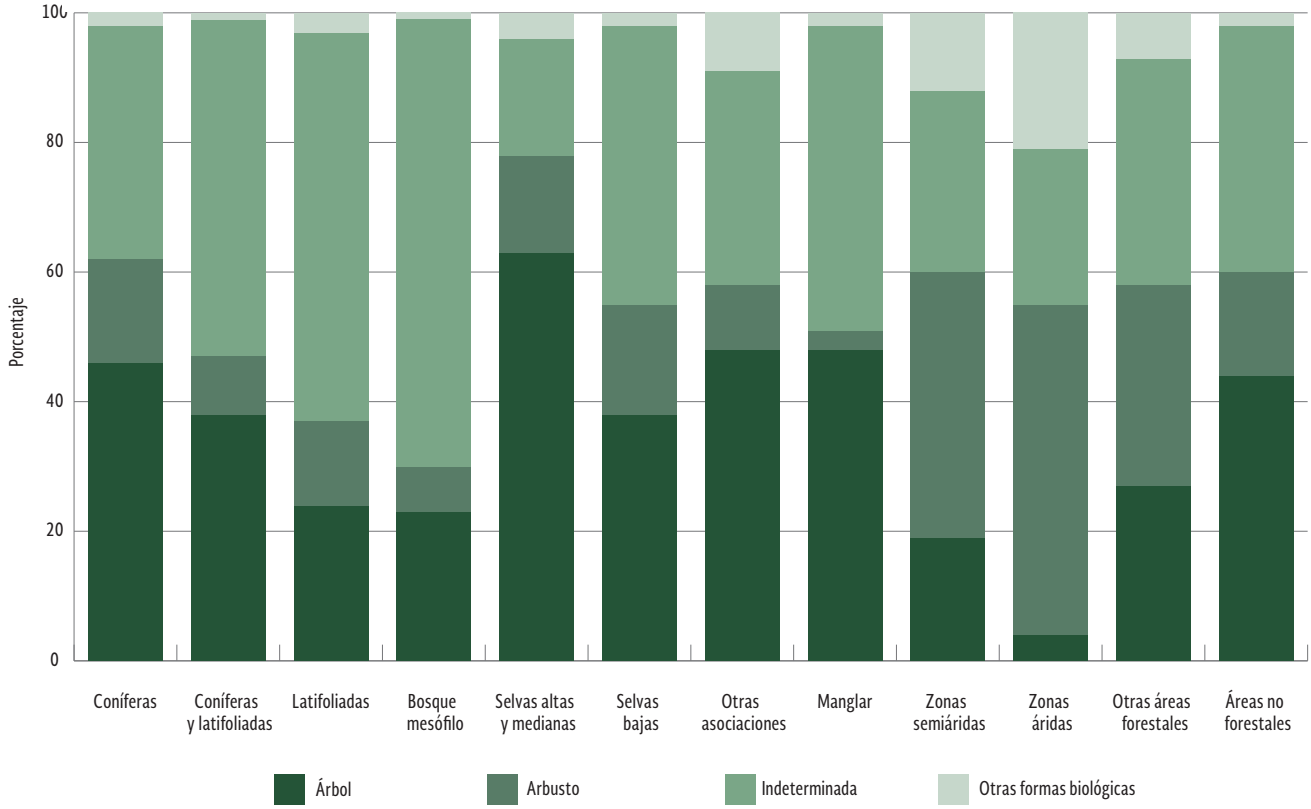
Se logró el muestreo de 881,767 individuos, si bien se distinguen nueve tipos de formas biológicas al igual que en el estrato arbóreo y se determinan de acuerdo con el *catálogo de nomenclatura botánica*, las de mayor presencia son árboles (43%) y especies indeterminadas en su forma biológica (35%), además de arbustos (18%) y las pertenecientes a otras formas biológicas (4%), que se valoran en proporción, tanto por formación forestal como por categoría de altura.

TABLA 11. INDIVIDUOS POR FORMA BIOLÓGICA EN EL ESTRATO ARBUSTIVO

Ecosistema	Formación forestal	UMP	Frecuencia					Proporción				
			Árbol	Arbusto	Indeter-minada	Otras formas biológicas	Total	Árbol	Arbusto	Indeter-minada	Otras formas biológicas	Total
Bosques	Coníferas	2,576	37,850	12,907	29,788	2,393	**82,938**	0.46	0.16	0.36	0.03	**1**
	Coníferas y latifoliadas	3,972	39,997	9,588	54,747	1,423	**105,755**	0.38	0.09	0.52	0.01	**1**
	Latifoliadas	3,203	20,484	11,549	52,188	2,552	**86,773**	0.24	0.13	0.60	0.03	**1**
	Bosque mesófilo	480	4,666	1,407	14,215	316	**20,604**	0.23	0.07	0.69	0.02	**1**
Selvas	Selvas altas y medianas	3,761	183,586	43,528	53,341	10,212	**290,667**	0.63	0.15	0.18	0.04	**1**
	Selvas bajas	1,472	23,247	10,087	26,415	1,151	**60,900**	0.38	0.17	0.43	0.02	**1**
Otras asociaciones		63	1,330	275	894	248	**2,747**	0.48	0.10	0.33	0.09	**1**
Manglar		197	12,202	716	12,132	505	**25,555**	0.48	0.03	0.47	0.02	**1**
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	1,814	12,478	27,191	18,791	7,988	**66,448**	0.19	0.41	0.28	0.12	**1**
	Zonas áridas	836	1,879	21,877	10,182	9,162	**43,100**	0.04	0.51	0.24	0.21	**1**
Otras áreas forestales		426	3,344	3,801	4,310	844	**12,299**	0.27	0.31	0.35	0.07	**1**
Áreas no forestales		1,997	37,111	13,304	31,552	2,014	**83,981**	0.44	0.16	0.38	0.02	**1**
Total		**20,797**	**378,174**	**156,230**	**308,555**	**38,808**	**881,767**	**0.43**	**0.18**	**0.35**	**0.04**	**1**

En el estrato arbustivo es notable la proporción de especies indeterminadas, sobre todo en bosques de latifoliadas y bosques mesófilos, para muchos de los registros se determinó el género y un gran número son árboles y son parte del renuevo del arbolado o arbustos; en las zonas semiáridas y áridas los arbustos ocupan el 41 y 51% respectivamente, los arbustos son de gran importancia en éstas zonas no solo por estar asociados a una alta diversidad y por las funciones protectoras al suelo, sino también por que han sido sujetos de extracción de productos como leña o sustancias aromáticas que bajo un adecuado manejo tienen un alto potencial productivo.

FIGURA 7. PROPORCIÓN DE FORMAS BIOLÓGICAS EN EL ESTRATO ARBUSTIVO



Dado que los formatos de levantamiento de datos en campo por ecosistema determinaron las categorías de alturas, los resultados se presentan por tipo de ecosistema y formación forestal, de tal forma que el número de registros presentados en la tabla 11 puede tener variaciones con respecto a otros indicadores por formación forestal, no así en el total, de acuerdo con esta precisión se presenta lo siguiente:

Bosques: en este ecosistema se evaluó 34% de la muestra total del repoblado (298,974 individuos), en proporción las especies indeterminadas predominan en 52%, seguidas de las formas biológicas arboladas con 35%; la categoría de altura que representa al repoblado en bosques es de 0.25 a 1.5 metros, ya que para todas las formas biológicas y en todas las formaciones forestales es la de mayor frecuencia; esta sección se enfoca a bosques principalmente, sin embargo un porcentaje menor (8%) pertenece a otras formaciones forestales por adecuarse al formato y se incluyen como parte del ecosistema.

Selvas: representa 51% de la muestra total del estrato arbustivo (450,543 individuos) y sobresalen en 57% las especies arbóreas; en el caso de las categorías de altura, la que prevalece en todas las formaciones es de 0.25 a 0.75 metros con frecuencias que van de 28 a 42%, si bien esta es la categoría predominante, para árboles y arbustos la categoría >2.75 metros también es importante con 21 y 22% con respecto al resto de las categorías y para otras formas biológicas y las especies indeterminadas las alturas de 0.76 a 1.25 metros son las segundas en importancia; en términos de frecuencia de individuos por formación forestal, más de la mitad se encuentran en selvas altas y medianas.

Otras comunidades: corresponde al restante 15% del estrato arbustivo (132,250 individuos), cerca de 43% son arbustos y es de destacar que las cactáceas así como las rosetófilas (agrupadas dentro de "otras formas biológicas"), aumentan a 14% de forma consistente con el ecosistema evaluado; las categorías de altura representativas por forma biológica se encuentran entre 0.25 a 0.50 y 0.51 a 0.75 metros, a excepción de los árboles cuya altura más frecuente es la de >1.50 metros, aunque la proporción en cuanto a categorías de altura que guarda el arbolado de otras comunidades es equilibrada ya que va del 13 a 25%.

TABLA 12. INDIVIDUOS POR CATEGORÍA DE ALTURA Y FORMA BIOLÓGICA EN EL ESTRATO ARBUSTIVO PARA BOSQUES

Forma biológica	Categoría de altura (m)	Frecuencia						Proporción						Proporción total
		Bosques				Otras formaciones forestales	Total	Bosques				Otras formaciones forestales	Total	
		Coníferas	Coníferas y latifoliadas	Latifoliadas	Bosque mesófilo			Coníferas	Coníferas y latifoliadas	Latifoliadas	Bosque mesófilo			
Árbol	0.25 -1.50	29,052	29,028	11,742	2,250	3,707	**75,779**	0.28	0.28	0.11	0.02	0.04	**0.73**	**0.35**
	1.51 - 2.75	4,535	5,769	3,520	973	1,067	**15,864**	0.04	0.06	0.03	0.01	0.01	**0.15**	
	> 2.75	3,822	4,272	2,630	880	641	**12,245**	0.04	0.04	0.03	0.01	0.01	**0.12**	
	Subtotal	**37,409**	**39,069**	**17,892**	**4,103**	**5,415**	**103,888**	**0.36**	**0.38**	**0.17**	**0.04**	**0.05**	**1**	
Arbusto	0.25 -1.50	10,453	7,152	6,828	413	1,356	**26,202**	0.31	0.21	0.20	0.01	0.04	**0.77**	**0.11**
	1.51 - 2.75	1,348	1,481	1,846	348	357	**5,380**	0.04	0.04	0.05	0.01	0.01	**0.16**	
	> 2.75	**441**	**593**	**788**	**376**	**142**	**2,340**	**0.01**	**0.02**	**0.02**	**0.01**	**0**	**0.07**	
	Subtotal	**12,242**	**9,226**	**9,462**	**1,137**	**1,855**	**33,922**	**0.36**	**0.27**	**0.28**	**0.03**	**0.06**	**1**	
Otras formas biológicas	0.25 -1.50	1,809	908	1,845	135	453	**5,150**	0.30	0.15	0.31	0.02	0.08	**0.86**	**0.02**
	1.51 - 2.75	71	207	184	114	71	**647**	0.01	0.04	0.03	0.02	0.01	**0.11**	
	> 2.75	5	86	32	53	11	**187**	0.00	0.01	0.01	0.01	0	**0.03**	
	Subtotal	**1,885**	**1,201**	**2,061**	**302**	**535**	**5,984**	**0.32**	**0.20**	**0.34**	**0.05**	**0.09**	**1**	
Indeterminadas	0.25 -1.50	20,128	37,073	30,609	7,959	10,647	**106,416**	0.13	0.24	0.20	0.05	0.07	**0.69**	**0.52**
	1.51 - 2.75	5,881	10,596	9,222	3,272	4,025	**32,996**	0.04	0.07	0.06	0.02	0.03	**0.21**	
	> 2.75	**2,489**	**5,016**	**4,234**	**2,083**	**1,946**	**15,768**	**0.02**	**0.03**	**0.03**	**0.01**	**0.01**	**0.10**	
	Subtotal	**28,498**	**52,685**	**44,065**	**13,314**	**16,618**	**15,5180**	**0.18**	**0.34**	**0.28**	**0.09**	**0.11**	**1**	
Frecuencia total		**80,034**	**102,181**	**73,480**	**18,856**	**24,423**	**298,974**	**0.27**	**0.34**	**0.25**	**0.06**	**0.08**	**1**	**1**

TABLA 13. INDIVIDUOS POR CATEGORÍA DE ALTURA Y FORMA BIOLÓGICA EN EL ESTRATO ARBUSTIVO PARA SELVAS

Forma biológica	Categoría de altura (m)	Frecuencia						Proporción						Proporción total
		Selvas			Manglar	Otras formaciones forestales	Total	Selvas		Otras asociaciones	Manglar	Otras formaciones forestales	Total	
		Selvas altas y medianas	Selvas bajas	Otras asociaciones				Selvas altas y medianas	Selvas bajas					
Árbol	0.25 - 0.75	68,594	7,047	281	5,577	11,787	**93,286**	0.27	0.03	0.001	0.02	0.05	**0.37**	**0.57**
	0.76 - 1.25	29,777	3,462	261	2,083	7,198	**42,781**	0.12	0.01	0.001	0.01	0.03	**0.17**	
	1.26 - 1.75	19,041	2,304	209	1,265	5,356	**28,175**	0.08	0.01	0.001	0.01	0.02	**0.11**	
	1.76 - 2.25	13,930	1,982	101	1,068	3,526	**20,607**	0.06	0.01	0	0	0.01	**0.08**	
	2.26 - 2.75	12,343	1,943	36	809	2,565	**17,696**	0.05	0.01	0	0	0.01	**0.07**	
	>2.75	39,446	4,901	93	1,395	6,510	**52,345**	0.16	0.02	0	0.01	0.03	**0.21**	
	Subtotal	**183,131**	**21,639**	**981**	**12,197**	**36,942**	**254,890**	**0.72**	**0.09**	**0.003**	**0.05**	**0.15**	**1**	
Arbusto	0.25 - 0.75	12,584	2,394	28	141	3,423	**18,570**	0.19	0.04	0	0	0.05	**0.29**	**0.14**
	0.76 - 1.25	6,868	1,621	6	270	2,446	**11,211**	0.11	0.03	0	0	0.04	**0.17**	
	1.26 - 1.75	4,966	1,115	3	252	1,795	**8,131**	0.08	0.02	0	0	0.03	**0.13**	
	1.76 - 2.25	4,017	988	3	26	1,061	**6,095**	0.06	0.02	0	0	0.02	**0.09**	
	2.26 - 2.75	3,424	839	10	5	881	**5,159**	0.05	0.01	0	0	0.01	**0.08**	
	>2.75	11,653	2,018	26	22	2,038	**15,757**	0.18	0.03	0	0	0.03	**0.24**	
	Subtotal	**43,512**	**8,975**	**76**	**716**	**11,644**	**64,923**	**0.67**	**0.14**	**0**	**0.01**	**0.18**	**1**	
Otras formas biológicas	0.25 - 0.75	4,153	439	29	333	658	**5,612**	0.31	0.03	0.002	0.03	0.05	**0.42**	**0.03**
	0.76 - 1.25	2,287	262	8	34	276	**2,867**	0.17	0.02	0.001	0	0.02	**0.22**	
	1.26 - 1.75	1,633	98	3	49	159	**1,942**	0.12	0.01	0	0	0.01	**0.15**	
	1.76 - 2.25	890	53	0	2	223	**1,168**	0.07	0	0	0	0.02	**0.09**	
	2.26 - 2.75	497	71	0	1	99	**668**	0.04	0.01	0	0	0.01	**0.05**	
	>2.75	692	48	1	38	292	**1,071**	0.05	0.00	0	0	0.02	**0.08**	
	Subtotal	**10,152**	**971**	**41**	**457**	**1,707**	**13,328**	**0.76**	**0.07**	**0.003**	**0.04**	**0.13**	**1**	
Indeterminadas	0.25 - 0.75	13,459	7,009	108	2,185	9,568	**32,329**	0.12	0.06	0.001	0.02	0.08	**0.28**	**0.26**
	0.76 - 1.25	10,176	5,602	77	1,828	6,908	**24,591**	0.09	0.05	0.001	0.02	0.06	**0.21**	
	1.26 - 1.75	7,487	3,699	30	1,619	4,523	**17,358**	0.06	0.03	0	0.01	0.04	**0.15**	
	1.76 - 2.25	5,712	2,572	41	2,133	3,250	**13,708**	0.05	0.02	0	0.02	0.03	**0.12**	
	2.26 - 2.75	5,051	1,856	29	1,881	2,625	**11,442**	0.04	0.02	0	0.02	0.02	**0.10**	
	>2.75	8,898	2,674	57	2,474	3,871	**17,974**	0.08	0.02	0	0.02	0.03	**0.15**	
	Subtotal	**50,783**	**23,412**	**342**	**12,120**	**30,745**	**117,402**	**0.43**	**0.20**	**0.002**	**0.10**	**0.26**	**1**	
Frecuencia total		**287,578**	**54,997**	**1,440**	**25,490**	**81,038**	**450,543**	**0.64**	**0.12**	**0.003**	**0.06**	**0.18**	**1**	**1**

TABLA 14. INDIVIDUOS POR CATEGORÍA DE ALTURA Y FORMA BIOLÓGICA EN EL ESTRATO ARBUSTIVO PARA OTRAS COMUNIDADES

Forma biológica	Categoría de altura (m)	Frecuencia						Proporción						Proporción total
		Matorral xerófilo		Otras áreas forestales	Áreas no forestales	Otras formaciones forestales	Total	Matorral xerófilo		Otras áreas forestales	Áreas no forestales	Otras formaciones forestales	Total	
		Zonas semiáridas	Zonas áridas					Zonas semiáridas	Zonas áridas					
Árbol	0.25 - 0.50	1,826	473	267	308	498	**3,372**	0.09	0.02	0.014	0.02	0.03	**0.17**	0.15
	0.51 - 0.75	1,908	381	154	292	517	**3,252**	0.10	0.02	0.008	0.02	0.03	**0.17**	
	0.76 - 1.00	2,003	293	64	220	402	**2,982**	0.10	0.02	0.003	0.01	0.02	**0.15**	
	1.01 - 1.25	1,595	225	77	246	269	**2,412**	0.08	0.01	0.004	0.01	0.01	**0.13**	
	1.26 - 1.50	1,646	233	216	216	317	**2,628**	0.09	0.01	0.011	0.01	0.02	**0.14**	
	>1.50	3,279	262	105	585	519	**4,750**	0.17	0.01	0.005	0.03	0.03	**0.25**	
	Subtotal	**12,257**	**1,867**	**883**	**1,867**	**2,522**	**19,396**	**0.63**	**0.10**	**0.045**	**0.10**	**0.13**	**1**	
Arbusto	0.25 - 0.50	7,007	10,122	1,253	1,046	764	**20,192**	0.12	0.18	0.022	0.02	0.01	**0.35**	0.43
	0.51 - 0.75	6,701	5,347	708	596	821	**14,173**	0.12	0.09	0.012	0.01	0.01	**0.25**	
	0.76 - 1.00	4,636	2,751	409	359	612	**8,767**	0.08	0.05	0.007	0.01	0.01	**0.15**	
	1.01 - 1.25	2,558	1,339	215	183	329	**4,624**	0.05	0.02	0.004	0	0.01	**0.08**	
	1.26 - 1.50	2,116	1,125	132	222	302	**3,897**	0.04	0.02	0.002	0	0.01	**0.07**	
	>1.50	3,794	1,168	104	322	344	**5,732**	0.07	0.02	0.002	0.01	0.01	**0.10**	
	Subtotal	**26,812**	**21,852**	**2,821**	**2,728**	**3,172**	**57,385**	**0.47**	**0.38**	**0.049**	**0.05**	**0.06**	**1**	
Otras formas biológicas	0.25 - 0.50	4,096	6,431	226	422	784	**11,959**	0.21	0.33	0.01	0.02	0.04	**0.61**	0.15
	0.51 - 0.75	1,928	1,738	39	153	318	**4,176**	0.10	0.09	0	0.01	0.02	**0.21**	
	0.76 - 1.00	986	372	23	95	159	**1,635**	0.05	0.02	0	0.01	0.01	**0.08**	
	1.01 - 1.25	370	92	17	25	86	**590**	0.02	0.01	0	0	0	**0.03**	
	1.26 - 1.50	238	57	18	30	38	**381**	0.01	0.00	0	0	0	**0.02**	
	>1.50	291	393	15	28	28	**755**	0.02	0.02	0	0	0	**0.04**	
	Subtotal	**7,909**	**9,083**	**338**	**753**	**1,413**	**19,496**	**0.41**	**0.47**	**0.02**	**0.04**	**0.07**	**1**	
Indeterminadas	0.25 - 0.50	5,835	5,311	697	709	1,167	**13,719**	0.16	0.15	0.019	0.02	0.03	**0.38**	0.27
	0.51 - 0.75	3,728	2,202	306	550	839	**7,625**	0.10	0.06	0.009	0.02	0.02	**0.21**	
	0.76 - 1.00	2,610	930	191	285	815	**4,831**	0.07	0.03	0.005	0.01	0.02	**0.14**	
	1.01 - 1.25	1,599	467	116	165	408	**2,755**	0.04	0.01	0.003	0.01	0.01	**0.08**	
	1.26 - 1.50	1,560	373	80	185	574	**2,772**	0.04	0.01	0.002	0.01	0.02	**0.08**	
	>1.50	2,575	671	112	321	592	**4,271**	0.07	0.02	0.003	0.01	0.02	**0.12**	
	Subtotal	**17,907**	**9,954**	**1,502**	**2,215**	**4,395**	**35,973**	**0.50**	**0.28**	**0.041**	**0.06**	**0.12**	**1**	
Frecuencia total		64,885	42,756	5,544	7,563	11,502	**132,250**	0.49	0.32	0.04	0.06	0.09	**1**	**1**

Estrato herbáceo

Se consideran todos aquellos registros muestreados en el sitio de 1 m^2 con datos de proporción de cobertura, que pertenecen a la sección de vegetación menor para bosques y selvas.

A diferencia de los dos estratos anteriores, en esta sección no se realiza una determinación taxonómica de especies, solo se observa el porcentaje de cobertura que existe para cinco formas biológicas, en las que cada una puede alcanzar 100% del cubrimiento del área muestreada, su valoración se realiza de forma cualitativa a partir de la presencia o ausencia de la forma biológica en la UMP y su proporción con respecto al total de conglomerados con cubierta vegetal.

TABLA 15. UMP CON PRESENCIA DE COBERTURA POR FORMA BIOLÓGICA EN EL ESTRATO HERBÁCEO

Ecosistema		Gramíneas	Helechos	Musgos	Líquenes	Hierbas	Total
Bosques y selvas	Frec	17,099	4,531	10,046	10,808	19,908	**21,657**
	Prop	0.79	0.21	0.46	0.50	0.92	**1**

4.1.4. Estructura horizontal

La estructura horizontal de la vegetación se determina por la distribución de los individuos dominantes de la vegetación. Esta condición suele influir en otros factores ambientales como luz, temperatura, nutrientes y otros, por lo tanto condicionan la distribución y ambiente del resto de los organismos de la comunidad, como puede ser la distribución de las plántulas de regeneración del arbolado o la presencia de claros en el dosel.

Los indicadores de estructura horizontal que se incluyen son el Índice de Valor Forestal (IVF), el Índice de Valor de Importancia (IVI) y el Diámetro Promedio (DP), se describen únicamente para el estrato arbóreo, a partir del mismo conjunto de datos utilizado para definir la estructura vertical, es decir, un total de 1,566,459 registros, están relacionados con la distribución del diámetro normal y la altura total, así como con el área basal de los individuos presentes y los patrones de distribución de las especies, bajo todos los niveles de identificación taxonómica, como pueden ser género, especie o infraespecie.

Índice de Valor Forestal (IVF)

Es el valor que permite determinar la importancia de las especies en términos de sus dimensiones, por lo que es un índice que representa primordialmente especies arbóreas, para su estimación se considera:

- Diámetro relativo: relación entre el diámetro de la especie y el área muestreada
- Altura relativa: relación entre la altura total de la especie y el área muestreada
- Cobertura relativa: relación entre la cobertura de la especie y el área muestreada

Como es sabido, los géneros más representativos de los ecosistemas de bosque son dos, *Pinus* y *Quercus*, que se encuentran con altos valores de IVF, así como en una amplia distribución a lo largo del país y con una gran variedad de especies; otro ecosistema muy característico son los manglares, que tienen una distribución restringida y se acotan a la presencia en su mayoría de tres especies *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* que si bien coexisten con un amplio número de especies más, son las de mayor importancia.

En el caso de las selvas y matorrales xerófilos, la gran diversidad que sustentan se refleja en una mayor variedad de especies con IVF alto, los géneros más recurrentes son *Bursera*, *Lysiloma* y *Brosimum* para selvas y *Prosopis*, *Pinus* y *Yucca* en zonas áridas y semiáridas.

En la tabla 16 se pueden observar las tres especies con mayor IVF por gradiente altitudinal y para todas las formaciones forestales. Los resultados en su totalidad, se incluyen como anexo digital.

Índice de Valor de Importancia (IVI)

Valor que permite determinar las especies más relevantes por su presencia en la población y el grado de heterogeneidad del ecosistema, considerando la abundancia, dominancia y frecuencia de las especies.

- Abundancia: número de registros que pertenecen a una especie muestreada
- Dominancia: cobertura del área ocupada por los registros que pertenecen a una especie en función del área basal
- Frecuencia: número de conglomerados (UMP) con presencia de una especie con relación al total de conglomerados en la formación forestal

El término "registro" como ya se ha mencionado, es usado para definir la abundancia y densidad de las especies en función del número de fustes o tallos.

En ecosistemas de bosques y selvas con mayor presencia de especies leñosas el IVI y el IVF suelen estar relacionados y tener valores similares, sin embargo para los matorrales xerófilos no ocurre así, dentro de las especies de mayor IVI se encuentran otras formas biológicas que son de tallas menores y no son de igual representatividad en términos de dimensiones como son los árboles, pero si en términos de presencia y de importancia ecológica, tales como palmas, cactáceas y rosetófilas.

Si bien en la tabla 16, se presentan únicamente los IVF más importantes y su correspondiente IVI, los valores de ambos índices para la totalidad de las especies se pueden consultar en el anexo digital.

Como mención, las especies con mayores IVI para las zonas semiáridas son *Pachycereus pringlei*, *Stenocereus gummosus*, *Fouquieria diguetii*, *Yucca carnerosana*, *Isolatocereus dumortieri*, *Beaucarnea gracilis*, *Pachycormus discolor* y para las zonas áridas, *Lophocereus schottii*, *Cylindropuntia imbricata*, *Carnegiea gigantea*, *Opuntia engelmannii*, *Opuntia robusta* y *Opuntia streptacantha*, entre otras.

Vegetación secundaria de selva baja, Durango.

TABLA 16. TAXONES DE MAYOR ÍNDICE DE VALOR FORESTAL (IVF) E ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI) POR FORMACIÓN FORESTAL

Formación forestal	Estrato				Nombre científico	Diámetro		Altura		Cobertura		IVF	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	Gradiente altitudinal	UMP	Número de taxones	Número de registros		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	
Coníferas	0-500	1	5	22	*Sabal mexicana*	322.21	30.85	36.81	16.75	0.20	75.86	189.75	17	77.27	2.09	92.48	100	20	123.47
					Cochlospermum vitifolium	186.67	17.87	53.33	24.27	0.02	5.78	26.29	1	4.55	0.04	1.74	100	20	47.92
					Spondias purpurea	215.83	20.67	50.83	23.13	0.01	4.01	26.88	1	4.55	0.05	2.33	100	20	47.81
					Resto de especies	319.58	30.60	78.75	35.84	0.04	14.35	57.08	3	13.64	0.08	3.44	200	40	80.79
					Subtotal	**1,044.29**	**100**	**219.73**	**100**	**0.26**	**100**	**300**	**22**	**100**	**2.26**	**100**	**500**	**100**	**300**
	500-1000	81	288	5,015	*Pinus oocarpa*	2.16	0.56	1.09	0.56	0.06	11.97	33.07	454	9.05	31.70	19.67	39.51	4.34	13.10
					Quercus	1.63	0.42	0.75	0.39	0.02	3.95	6.16	121	2.41	4.51	2.80	8.64	0.95	4.76
					Quercus glaucescens	1.31	0.34	0.65	0.33	0.02	3.76	6.47	143	2.85	3.65	2.27	12.35	1.36	4.43
					Resto de especies	377.72	98.67	192.59	98.72	0.43	80.32	254.29	4,297	85.68	121.25	75.26	849.38	93.35	277.71
					Subtotal	**382.82**	**100**	**195.08**	**100**	**0.54**	**100**	**300**	**5,015**	**100**	**161.12**	**100**	**909.88**	**100**	**300**
	1000-1500	153	326	8,347	*Pinus oocarpa*	1.01	0.43	0.52	0.47	0.07	14.04	33.38	871	10.43	45.58	16.70	39.22	6.24	14.94
					Quercus magnoliifolia	0.95	0.40	0.37	0.33	0.05	10.65	16.97	498	5.97	22.08	8.09	18.30	2.91	11.38
					Quercus elliptica	1.01	0.43	0.40	0.36	0.02	4.55	8.35	210	2.52	11.09	4.06	11.11	1.77	5.34
					Resto de especies	233.79	98.74	109.25	98.83	0.33	70.76	241.30	6,768	81.08	194.18	71.15	559.48	89.07	268.34
					Subtotal	**236.77**	**100**	**110.54**	**100**	**0.47**	**100**	**300**	**8,347**	**100**	**272.93**	**100**	**628.10**	**100**	**300**
	1500-2000	275	353	17,148	*Pinus oocarpa*	0.52	0.37	0.30	0.48	0.05	10.04	21.72	1,286	7.50	55.99	10.75	20.36	3.47	10.89
					Quercus magnoliifolia	0.43	0.31	0.19	0.30	0.05	9.58	17.37	1,280	7.46	36.76	7.05	16.73	2.85	10.19
					Pinus douglasiana	0.70	0.50	0.36	0.56	0.02	3.44	8.25	301	1.76	23.19	4.45	12	2.05	4.51
					Resto de especies	137.39	98.81	62.55	98.66	0.41	76.93	252.66	14,281	83.28	405.07	77.75	537.45	91.63	274.41
					Subtotal	**139.04**	**100**	**63.40**	**100**	**0.53**	**100**	**300**	**17,148**	**100**	**521.02**	**100**	**586.55**	**100**	**300**
	2000-2500	1,257	327	100,127	*Pinus durangensis*	0.10	0.33	0.05	0.40	0.05	10.11	27.93	10,935	10.92	304.37	11.26	36.44	5.75	10.83
					Pinus cembroides	0.08	0.28	0.03	0.27	0.03	5.60	10.52	4,481	4.48	105.59	3.90	13.52	2.13	6.15
					Pinus lumholtzii	0.09	0.29	0.04	0.36	0.02	4.80	12.93	4,506	4.50	109.55	4.05	27.76	4.38	5.44
					Resto de especies	29.96	99.10	12.16	98.98	0.40	79.49	248.62	80,205	80.10	2,184.49	80.79	555.77	87.73	277.58
					Subtotal	**30.23**	**100**	**12.28**	**100**	**0.50**	**100**	**300**	**100,127**	**100**	**2,704**	**100**	**633.49**	**100**	**300**
	2500-3000	757	230	67,930	*Pinus durangensis*	0.16	0.43	0.08	0.55	0.07	12.80	33.71	9,561	14.07	256.84	13.05	42.27	6.59	13.78
					Quercus sideroxyla	0.16	0.44	0.07	0.47	0.05	9.09	27.69	6,579	9.68	208.04	10.57	47.69	7.43	10
					Pinus arizonica	0.15	0.42	0.08	0.52	0.04	7.14	19.88	5,924	8.72	153.91	7.82	21.40	3.34	8.08
					Resto de especies	35.97	98.71	15.05	98.46	0.38	70.97	218.72	45,866	67.52	1,349.50	68.56	530.12	82.64	268.14
					Subtotal	**36.44**	**100**	**15.29**	**100**	**0.53**	**100**	**300**	**67,930**	**100**	**1,968.29**	**100**	**641.48**	**100**	**300**

Formación forestal	Estrato				Nombre científico	Diámetro		Altura		Cobertura		IVF	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	Gradiente altitudinal	UMP	Número de taxones	Número de registros		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	
Coníferas	3000-3500	93	71	7,868	*Abies religiosa*	1.78	1.70	1.03	2.36	0.26	39.24	82.82	2,328	29.59	159.67	40.64	54.84	12.59	43.30
					Pinus pseudostrobus	2.11	2.02	1	2.30	0.05	6.77	18.88	382	4.86	38.60	9.82	18.28	4.20	11.09
					Pinus	2.43	2.32	0.80	1.84	0.03	4.75	11.18	185	2.35	18.20	4.63	18.28	4.20	8.91
					Resto de especies	98.44	93.97	40.84	93.50	0.33	49.24	187.12	4,973	63.21	176.41	44.90	344.09	79.01	236.70
					Subtotal	**104.76**	**100**	**43.68**	**100**	**0.67**	**100**	**300**	**7,868**	**100**	**392.88**	**100**	**435.48**	**100**	**300**
	3500-4000	19	10	1,386	*Pinus hartwegii*	8.26	10.07	2.87	8.55	0.20	32.39	88.50	363	26.19	22.95	32.89	52.63	29.41	51
					Pinus	10.86	13.23	5.49	16.36	0.12	18.50	43.08	154	11.11	16.15	23.14	15.79	8.82	48.09
					Pinus montezumae	7.56	9.21	3.36	10.03	0.12	18.92	30.16	159	11.47	8.94	12.81	10.53	5.88	38.15
					Resto de especies	55.40	67.49	21.83	65.07	0.19	30.20	138.27	710	51.23	21.74	31.16	100	55.88	162.75
					Subtotal	**82.08**	**100**	**33.55**	**100**	**0.63**	**100**	**300**	**1,386**	**100**	**69.78**	**100**	**178.95**	**100**	**300**
Coníferas y latifoliadas	0-500	43	161	2,561	*Quercus resinosa*	2.71	0.58	1.61	0.70	0.08	14.27	16.66	215	8.40	4.93	7.70	4.65	0.57	15.55
					Quercus glaucescens	2.40	0.51	1.22	0.53	0.04	7.08	23.49	297	11.60	5.62	8.78	25.58	3.12	8.13
					Pinus oocarpa	4.95	1.06	2.29	1	0.03	5.13	14.86	81	3.16	6.22	9.72	16.28	1.98	7.18
					Resto de especies	457.47	97.85	224.46	97.77	0.42	73.52	244.98	1,968	76.84	47.20	73.80	774.42	94.33	269.13
					Subtotal	**467.53**	**100**	**229.58**	**100**	**0.58**	**100**	**300**	**2,561**	**100**	**63.96**	**100**	**820.93**	**100**	**300**
	500-1000	368	594	20,975	*Pinus oocarpa*	0.47	0.27	0.22	0.24	0.06	10.44	27.79	1,656	7.90	103.33	15.62	32.88	4.27	10.95
					Quercus magnoliifolia	0.37	0.21	0.17	0.18	0.06	9.59	17.52	1,475	7.03	54.69	8.27	17.12	2.22	9.99
					Quercus glaucescens	0.34	0.19	0.17	0.19	0.05	7.98	17.53	1,554	7.41	51.06	7.72	18.48	2.40	8.36
					Resto de especies	174.76	99.33	89.88	99.38	0.42	71.99	237.16	16,290	77.66	452.44	68.39	701.36	91.10	270.70
					Subtotal	**175.94**	**100**	**90.44**	**100**	**0.59**	**100**	**300**	**20,975**	**100**	**661.51**	**100**	**769.84**	**100**	**300**
	1000-1500	586	683	32,861	*Quercus magnoliifolia*	0.22	0.17	0.10	0.16	0.07	12.18	25.56	3,611	10.99	110.33	10.86	22.70	3.72	12.50
					Pinus oocarpa	0.30	0.23	0.16	0.26	0.05	9.14	21.18	1,891	5.75	113.32	11.15	26.11	4.27	9.63
					Quercus	0.22	0.17	0.08	0.14	0.02	3.90	8.58	1,118	3.40	34.21	3.37	11.09	1.82	4.21
					Resto de especies	128.21	99.43	60.29	99.45	0.41	74.78	244.68	26,241	79.85	758.56	74.63	550.85	90.19	273.66
					Subtotal	**128.95**	**100**	**60.63**	**100**	**0.55**	**100**	**300**	**32,861**	**100**	**1,016.43**	**100**	**610.75**	**100**	**300**
	1500-2000	986	576	64,440	*Quercus magnoliifolia*	0.12	0.19	0.05	0.19	0.06	10.45	20.14	5,297	8.22	150.56	8.35	19.78	3.57	10.83
					Pinus oocarpa	0.14	0.23	0.08	0.27	0.04	7.33	16.37	3,238	5.02	141.18	7.83	19.47	3.52	7.83
					Quercus resinosa	0.12	0.19	0.05	0.18	0.04	7.44	14.06	3,873	6.01	103.65	5.75	12.78	2.31	7.81
					Resto de especies	61.18	99.38	28.16	99.36	0.41	74.79	249.43	52,032	80.74	1,408.29	78.08	501.72	90.60	273.53
					Subtotal	**61.56**	**100**	**28.34**	**100**	**0.54**	**100**	**300**	**64,440**	**100**	**1,803.68**	**100**	**553.75**	**100**	**300**

Formación forestal	Estrato				Nombre científico	Diámetro		Altura		Cobertura		IVF	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	Gradiente altitudinal	UMP	Número de taxones	Número de registros		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	
Coníferas y latifoliadas	2000-2500	1,713	428	133,582	*Pinus cembroides*	0.06	0.23	0.02	0.19	0.04	7.32	19.81	9,712	7.27	198.18	6.04	35.61	6.50	7.74
					Quercus arizonica	0.05	0.22	0.02	0.15	0.02	5.04	19.56	12,337	9.24	210.34	6.41	21.42	3.91	5.41
					Quercus laeta	0.06	0.23	0.02	0.20	0.02	4.90	14.34	8,324	6.23	162.81	4.96	17.22	3.14	5.33
					Resto de especies	24.76	99.33	10.95	99.46	0.40	82.74	246.29	103,209	77.26	2,708.76	82.58	473.73	86.45	281.52
					Subtotal	**24.92**	**100**	**11.01**	**100**	**0.48**	**100**	**300**	**133,582**	**100**	**3,280.09**	**100**	**547.99**	**100**	**300**
	2500-3000	430	223	38,734	*Pinus pseudostrobus*	0.36	0.65	0.21	0.81	0.04	6.67	12.41	1,334	3.44	78.01	6.96	12.09	2.01	8.13
					Quercus rugosa	0.26	0.46	0.11	0.41	0.04	6.49	16.97	2,688	6.94	70.46	6.29	22.56	3.75	7.36
					Quercus crassifolia	0.25	0.44	0.11	0.42	0.03	5.74	14.37	2,323	6	55.74	4.97	20.47	3.40	6.60
					Resto de especies	55.14	98.45	25.40	98.36	0.46	81.10	256.24	32,389	83.62	916.27	81.78	546.98	90.85	277.92
					Subtotal	**56.00**	**100**	**25.82**	**100**	**0.57**	**100**	**300**	**38,734**	**100**	**1,120.48**	**100**	**602.09**	**100**	**300**
	3000-3500	14	33	1,226	*Pinus*	14.15	3.42	5.37	3.16	0.14	16.90	26.92	116	9.46	8.40	14.56	14.29	2.90	23.48
					Abies religiosa	15.20	3.67	8.77	5.16	0.10	11.71	21.98	74	6.04	6.69	11.59	21.43	4.35	20.54
					Pinus douglasiana	30.54	7.37	9.77	5.75	0.05	5.68	11.09	17	1.39	4.76	8.25	7.14	1.45	18.80
					Resto de especies	354.40	85.54	145.96	85.93	0.55	65.70	240.01	1,019	83.12	37.85	65.59	450	91.30	237.17
					Subtotal	**414.29**	**100**	**169.86**	**100**	**0.84**	**100**	**300**	**1,226**	**100**	**57.71**	**100**	**492.86**	**100**	**300**
Latifoliadas	0-500	105	299	7,499	*Lysiloma divaricatum*	0.99	0.31	0.59	0.38	0.05	7.13	15.56	510	6.80	10.34	5.85	23.81	2.91	7.82
					Quercus resinosa	1.42	0.45	0.56	0.36	0.03	4.74	12.19	273	3.64	12.65	7.15	11.43	1.40	5.56
					Quercus magnoliifolia	1.47	0.47	0.61	0.40	0.03	4.01	8.46	184	2.45	8.57	4.85	9.52	1.16	4.87
					Resto de especies	309.86	98.76	152.86	98.86	0.53	84.12	263.79	6,532	87.10	145.24	82.15	774.29	94.53	281.75
					Subtotal	**313.74**	**100**	**154.62**	**100**	**0.63**	**100**	**300**	**7,499**	**100**	**176.79**	**100**	**819.05**	**100**	**300**
	500-1000	454	653	28,494	*Quercus magnoliifolia*	0.31	0.21	0.13	0.19	0.07	12.02	23	2,198	7.71	84.31	12.18	22.03	3.11	12.42
					Lysiloma divaricatum	0.22	0.15	0.13	0.18	0.03	4.90	9.88	1,206	4.23	21.26	3.07	18.28	2.58	5.23
					Guazuma ulmifolia	0.20	0.14	0.10	0.15	0.02	2.89	8.69	1,006	3.53	14.43	2.08	21.81	3.08	3.17
					Resto de especies	145.57	99.50	69.77	99.49	0.48	80.19	258.42	24,084	84.52	572.18	82.66	646.48	91.23	279.17
					Subtotal	**146.30**	**100**	**70.13**	**100**	**0.60**	**100**	**300**	**28,494**	**100**	**692.18**	**100**	**708.59**	**100**	**300**
	1000-1500	837	716	45,290	*Quercus magnoliifolia*	0.16	0.18	0.07	0.17	0.04	8.91	16.63	2,695	5.95	89.28	8.23	12.78	2.45	9.26
					Quercus chihuahuensis	0.14	0.15	0.04	0.09	0.02	4	13.40	2,491	5.50	58.42	5.38	13.14	2.52	4.25
					Quercus resinosa	0.17	0.19	0.07	0.19	0.02	3.34	6.18	1,010	2.23	35.18	3.24	3.70	0.71	3.71
					Resto de especies	89.19	99.48	38.43	99.55	0.40	83.75	263.79	39,094	86.32	902.37	83.15	492	94.32	282.78
					Subtotal	**89.65**	**100**	**38.60**	**100**	**0.48**	**100**	**300**	**45,290**	**100**	**1,085.24**	**100**	**521.62**	**100**	**300**

Formación forestal	Estrato				Nombre científico	Diámetro		Altura		Cobertura		IVF	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	Gradiente altitudinal	UMP	Número de taxones	Número de registros		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	
Latifoliadas	1500-2000	1,040	668	66,872	*Quercus magnoliifolia*	0.11	0.17	0.05	0.18	0.06	12.59	22.41	6,240	9.33	148.94	10.25	14.33	2.83	12.94
					Quercus resinosa	0.11	0.18	0.05	0.18	0.04	8.05	13.32	3,564	5.33	91.61	6.30	8.56	1.69	8.41
					Quercus arizonica	0.10	0.16	0.03	0.12	0.02	4.44	15.80	4,516	6.75	91.75	6.31	13.85	2.73	4.72
					Resto de especies	62.82	99.49	26.08	99.52	0.33	74.92	248.47	52,552	78.59	1,120.95	77.13	470.19	92.75	273.93
					Subtotal	**63.14**	**100**	**26.21**	**100**	**0.44**	**100**	**300**	**66,872**	**100**	**1,453.25**	**100**	**506.92**	**100**	**300**
	2000-2500	745	365	52,177	*Quercus magnoliifolia*	0.13	0.25	0.05	0.29	0.03	6.39	13.06	3,054	5.85	53.44	5.33	8.32	1.88	6.92
					Pinus cembroides	0.14	0.27	0.05	0.27	0.02	5.66	14.82	2,547	4.88	52.16	5.20	20.94	4.74	6.20
					Quercus resinosa	0.15	0.29	0.05	0.29	0.02	5.52	8.55	1,710	3.28	39.79	3.97	5.77	1.31	6.10
					Resto de especies	50.93	99.19	18.76	99.16	0.35	82.43	263.57	44,866	85.99	857.93	85.51	407.11	92.08	280.78
					Subtotal	**51.34**	**100**	**18.92**	**100**	**0.43**	**100**	**300**	**52,177**	**100**	**1,003.32**	**100**	**442.15**	**100**	**300**
	2500-3000	127	139	11,658	*Quercus crassifolia*	0.90	0.65	0.42	0.87	0.09	13.58	26.02	1,292	11.08	29.98	10.71	18.90	4.23	15.10
					Quercus rugosa	0.80	0.58	0.37	0.77	0.05	8.39	20.74	1,038	8.90	20.32	7.25	20.47	4.59	9.74
					Quercus	1.01	0.73	0.39	0.81	0.04	5.76	13.18	524	4.49	15.44	5.51	14.17	3.17	7.30
					Resto de especies	135.53	98.04	46.48	97.55	0.46	72.27	240.05	8,804	75.52	214.33	76.53	392.91	88.01	267.86
					Subtotal	**138.24**	**100**	**47.65**	**100**	**0.64**	**100**	**300**	**11,658**	**100**	**280.06**	**100**	**446.46**	**100**	**300**
	3000-3500	3	11	178	*Quercus*	63.55	13.57	35.67	19.17	0.32	68.93	69.65	56	31.46	2.77	29.85	33.33	8.33	101.67
					Prunus	35.59	7.60	27.85	14.97	0.06	13.51	19.25	13	7.30	0.33	3.61	33.33	8.33	36.08
					Crataegus	34.17	7.30	20.21	10.86	0.04	9.49	16.25	11	6.18	0.16	1.74	33.33	8.33	27.66
					Resto de especies	334.89	71.53	102.28	54.99	0.04	8.07	194.86	98	55.06	6	64.80	300	75	134.59
					Subtotal	**468.20**	**100**	**186.00**	**100**	**0.47**	**100**	**300**	**178**	**100**	**9.27**	**100**	**400**	**100**	**300**
Bosque mesófilo	0-500	7	51	404	*Cymbopetalum baillonii*	22.44	2.00	15.85	2.76	0.14	18.34	25.24	49	12.13	1.61	11.52	14.29	1.59	23.09
					Swietenia	18.01	1.60	15.64	2.72	0.09	11.60	16.97	36	8.91	0.90	6.47	14.29	1.59	15.93
					Cedrela odorata	50.47	4.49	16.23	2.83	0.05	5.78	17.44	10	2.48	1.65	11.79	28.57	3.17	13.09
					Resto de especies	1,033.56	91.91	526.59	91.69	0.51	64.28	240.35	309	76.49	9.80	70.21	842.86	93.65	247.89
					Subtotal	**1,124.48**	**100**	**574.31**	**100**	**0.79**	**100**	**300**	**404**	**100**	**13.96**	**100**	**900**	**100**	**300**
	500-1000	68	306	3,779	*Quercus glaucescens*	2.06	0.34	1.16	0.36	0.03	6.09	12.91	197	5.21	6.51	6.19	14.71	1.51	6.79
					Quercus elliptica	2.05	0.33	0.92	0.29	0.03	5.49	9.74	146	3.86	4.91	4.67	11.76	1.21	6.11
					Bursera simaruba	1.87	0.30	0.91	0.28	0.02	4.37	10.03	146	3.86	3.47	3.30	27.94	2.87	4.95
					Resto de especies	608.01	99.03	319.74	99.07	0.48	84.06	267.32	3,290	87.06	90.27	85.84	920.59	94.42	282.16
					Subtotal	**613.99**	**100**	**322.73**	**100**	**0.57**	**100**	**300**	**3,779**	**100**	**105.16**	**100**	**975**	**100**	**300**

Formación forestal	Estrato				Nombre científico	Diámetro		Altura		Cobertura		IVF	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	Gradiente altitudinal	UMP	Número de taxones	Número de registros		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	
Bosque mesófilo	1000-1500	192	553	13,027	*Liquidambar styraciflua*	0.87	0.22	0.53	0.26	0.03	3.69	8.31	311	2.39	14.69	3.66	21.88	2.27	4.17
					Inga vera	0.82	0.21	0.41	0.20	0.02	2.96	5.91	222	1.70	9.51	2.37	17.71	1.84	3.37
					Pinus oocarpa	0.99	0.25	0.48	0.23	0.02	2.68	8.41	297	2.28	20.51	5.11	9.90	1.03	3.16
					Resto de especies	390.86	99.32	205.95	99.31	0.73	90.67	277.36	12,197	93.63	357.06	88.87	914.06	94.86	289.30
					Subtotal	**393.54**	**100**	**207.37**	**100**	**0.81**	**100**	**300**	**13,027**	**100**	**401.78**	**100**	**963.54**	**100**	**300**
	1500-2000	125	454	11,260	*Quercus laurina*	1.05	0.24	0.54	0.21	0.03	3.41	5.42	245	2.18	8.27	2.62	5.60	0.62	3.86
					Quercus scytophylla	1.07	0.24	0.70	0.28	0.03	3.17	6.21	282	2.50	10.01	3.17	4.80	0.53	3.69
					Liquidambar styraciflua	1.11	0.25	0.69	0.28	0.02	2.82	7.39	271	2.41	8.96	2.84	19.20	2.14	3.34
					Resto de especies	439.84	99.27	248.63	99.23	0.73	90.60	280.98	10,462	92.91	287.94	91.36	869.60	96.71	289.10
					Subtotal	**443.07**	**100**	**250.56**	**100**	**0.80**	**100**	**300**	**11,260**	**100**	**315.17**	**100**	**899.20**	**100**	**300**
	2000-2500	68	231	6,181	*Quercus candicans*	2.93	0.64	1.42	0.61	0.04	4.31	6.28	96	1.55	6.73	3.44	10.29	1.29	5.57
					Clethra pringlei	2.20	0.48	1.28	0.55	0.04	4.48	4.37	109	1.76	4.03	2.06	4.41	0.55	5.52
					Quercus crassifolia	1.75	0.38	1.03	0.45	0.04	4.26	9.60	284	4.59	6.56	3.35	13.24	1.66	5.09
					Resto de especies	447.93	98.49	227.60	98.39	0.84	86.94	279.74	5,692	92.09	178.47	91.16	769.12	96.49	283.82
					Subtotal	**454.81**	**100**	**231.33**	**100**	**0.97**	**100**	**300**	**6,181**	**100**	**195.78**	**100**	**797.06**	**100**	**300**
	2500-3000	26	86	2,290	*Quercus laurina*	4.81	0.95	2.76	1.13	0.08	11.05	32.10	331	14.45	10.75	10.09	50.00	7.56	13.14
					Pinus pseudostrobus	9.91	1.96	5.38	2.21	0.07	8.83	27.61	129	5.63	19.08	17.90	26.92	4.07	13
					Pinus	9.53	1.88	4.71	1.94	0.05	6.94	10.43	59	2.58	7.13	6.69	7.69	1.16	10.76
					Resto de especies	482.11	95.21	230.27	94.72	0.56	73.17	229.86	1,771	77.34	69.62	65.32	576.92	87.21	263.10
					Subtotal	**506.37**	**100**	**243.12**	**100**	**0.77**	**100**	**300**	**2,290**	**100**	**106.58**	**100**	**661.54**	**100**	**300**
	3000-3500	1	2	54	*Pinus lawsonii*	125.64	37.44	55.20	55.72	0.60	100.00	226.04	48	88.89	1.92	87.15	100	50	193.17
					Pinus	209.90	62.56	43.85	44.28	0	0	73.96	6	11.11	0.28	12.85	100.00	50	106.83
					Subtotal	**335.53**	**100**	**99.05**	**100**	**0.60**	**100**	**300**	**54**	**100**	**2.20**	**100**	**200.00**	**100**	**300**
Selvas altas y medianas	0-500	3,324	1,443	492,755	*Lysiloma latisiliquum*	0.03	0.08	0.02	0.08	0.06	7.96	18.03	32,390	6.57	786.52	9.17	50.06	2.29	8.12
					Bursera simaruba	0.03	0.07	0.02	0.08	0.05	7.45	21.22	43,233	8.77	763.50	8.90	77.56	3.54	7.59
					Piscidia piscipula	0.03	0.06	0.02	0.08	0.04	5.40	13.21	28,032	5.69	423.40	4.94	56.50	2.58	5.54
					Resto de especies	40.97	99.79	24.84	99.77	0.57	79.19	247.54	389,100	78.96	6,601.94	76.99	2,005.17	91.59	278.75
					Subtotal	**41.06**	**100**	**24.90**	**100**	**0.72**	**100**	**300**	**492,755**	**100**	**8,575.35**	**100**	**2,189.29**	**100**	**300**

Formación forestal	Estrato				Nombre científico	Diámetro		Altura		Cobertura		IVF	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	Gradiente altitudinal	UMP	Número de taxones	Número de registros		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	
Selvas altas y medianas	500-1000	351	857	27,422	*Heliocarpus donnellsmithii*	0.32	0.11	0.20	0.13	0.02	3.28	6.70	767	2.80	15.84	2.41	17.66	1.49	3.52
					Brosimum alicastrum	0.45	0.16	0.23	0.15	0.02	2.50	7.01	498	1.82	26.04	3.97	14.53	1.23	2.81
					Bursera simaruba	0.37	0.13	0.19	0.12	0.02	2.30	7.01	553	2.02	13.69	2.09	34.47	2.91	2.55
					Resto de especies	282.86	99.60	153.77	99.60	0.70	91.91	279.28	25,604	93.37	600.90	91.53	1,117.66	94.37	291.11
					Subtotal	**284.00**	**100**	**154.39**	**100**	**0.76**	**100**	**300**	**27,422**	**100**	**656.48**	**100**	**1,184.33**	**100**	**300**
	1000-1500	64	358	5,447	*Brosimum alicastrum*	3.19	0.42	1.75	0.44	0.04	3.91	8	104	1.91	6.75	4.82	14.06	1.27	4.76
					Hedyosmum mexicanum	1.43	0.19	1.07	0.27	0.03	3.71	7.67	268	4.92	3.07	2.19	6.25	0.57	4.17
					Quercus conspersa	4.34	0.57	2.27	0.57	0.02	2.48	3.96	56	1.03	3.71	2.65	3.13	0.28	3.62
					Resto de especies	753.16	98.83	392.45	98.72	0.82	89.90	280.37	5,019	92.14	126.63	90.35	1,081.25	97.88	287.45
					Subtotal	**762.11**	**100**	**397.54**	**100**	**0.91**	**100**	**300**	**5,447**	**100**	**140.16**	**100**	**1,104.69**	**100**	**300**
	1500-2000	15	107	1,105	*Oreomunnea mexicana*	14.98	1.61	8.62	1.72	0.08	9.96	19.29	47	4.25	4.55	14.30	6.67	0.74	13.29
					Juglans	10.78	1.15	6	1.20	0.06	7.58	7.14	30	2.71	1.17	3.69	6.67	0.74	9.94
					Juniperus deppeana var. gamboana	25.58	2.74	7.37	1.48	0.03	4.08	9.12	13	1.18	2.29	7.21	6.67	0.74	8.30
					Resto de especies	882.19	94.50	477.78	95.60	0.65	78.38	264.44	1,015	91.86	23.80	74.81	880	97.78	268.48
					Subtotal	**933.53**	**100**	**499.78**	**100**	**0.83**	**100**	**300**	**1,105**	**100**	**31.81**	**100**	**900**	**100**	**300**
	2000-2500	1	6	85	*Pinus*	359.02	38.03	136.16	37.44	0.16	23.68	72.93	7	8.24	1.85	48.03	100	16.67	99.16
					Alnus	85.30	9.04	53.25	14.64	0.37	53.69	109.17	55	64.71	1.07	27.80	100	16.67	77.37
					Quercus	144.58	15.32	70.16	19.29	0.13	19.31	40.25	12	14.12	0.36	9.46	100	16.67	53.92
					Resto de especies	355.10	37.62	104.06	28.62	0.02	3.33	77.65	11	12.94	0.57	14.71	300	50	69.56
					Subtotal	**944.00**	**100**	**363.63**	**100**	**0.69**	**100**	**300**	**85**	**100**	**3.84**	**100**	**600**	**100**	**300**
Selvas bajas	0-500	685	869	81,128	*Lysiloma divaricatum*	0.15	0.14	0.07	0.13	0.04	6.78	12.47	3,636	4.48	71.72	5.82	30.66	2.16	7.05
					Bursera simaruba	0.14	0.13	0.07	0.13	0.02	2.77	8.41	2,100	2.59	38.02	3.09	38.83	2.74	3.03
					Acacia cochliacantha	0.11	0.10	0.07	0.12	0.01	2.46	4.62	1,540	1.90	14.78	1.20	21.61	1.52	2.68
					Resto de especies	105.76	99.63	56.44	99.62	0.52	87.99	274.50	73,852	91.03	1,107.65	89.89	1,325.99	93.57	287.24
					Subtotal	**106.15**	**100**	**56.65**	**100**	**0.59**	**100**	**300**	**81,128**	**100**	**1,232.17**	**100**	**1,417.08**	**100**	**300**
	500-1000	361	687	33,615	*Lysiloma divaricatum*	0.26	0.14	0.14	0.16	0.08	12.86	25.46	3,495	10.40	57.57	10.59	44.32	4.47	13.17
					Lysiloma acapulcense	0.30	0.16	0.15	0.17	0.03	3.95	7.85	852	2.53	19.48	3.58	17.17	1.73	4.29
					Acacia cochliacantha	0.21	0.11	0.13	0.15	0.02	3.07	6.70	888	2.64	8.54	1.57	24.65	2.49	3.34
					Resto de especies	180.73	99.58	84.17	99.52	0.53	80.11	259.99	28,380	84.43	457.84	84.25	905.82	91.32	279.21
					Subtotal	**181.49**	**100**	**84.58**	**100**	**0.66**	**100**	**300**	**33,615**	**100**	**543.43**	**100**	**991.97**	**100**	**300**

Formación forestal	Estrato				Nombre científico	Diámetro		Altura		Cobertura		IVF	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	Gradiente altitudinal	UMP	Número de taxones	Número de registros		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	
Selvas bajas	1000-1500	238	492	17,167	*Lysiloma divaricatum*	0.37	0.19	0.20	0.25	0.03	6.04	9.87	685	3.99	9.69	3.28	22.69	2.60	6.48
					Lysiloma acapulcense	0.41	0.21	0.19	0.23	0.03	4.98	10.54	638	3.72	11.64	3.94	25.21	2.89	5.42
					Guazuma ulmifolia	0.37	0.19	0.17	0.20	0.02	3.96	8.07	525	3.06	7.43	2.51	21.85	2.50	4.35
					Resto de especies	191.10	99.40	81.22	99.32	0.44	85.03	271.52	15,319	89.24	266.89	90.27	803.78	92.02	283.75
					Subtotal	**192.25**	**100**	**81.78**	**100**	**0.52**	**100**	**300**	**17,167**	**100**	**295.65**	**100**	**873.53**	**100**	**300**
	1500-2000	151	325	10,811	*Ipomoea murucoides*	0.64	0.33	0.21	0.28	0.03	5.64	14.94	571	5.28	10.50	6.10	25.83	3.56	6.25
					Eysenhardtia polystachya	0.52	0.27	0.21	0.28	0.02	5.17	14.02	599	5.54	6.75	3.92	33.11	4.56	5.71
					Lysiloma acapulcense	0.69	0.35	0.29	0.37	0.02	4.97	10.95	343	3.17	7.42	4.31	25.17	3.46	5.70
					Resto de especies	194.47	99.05	75.86	99.07	0.40	84.22	260.10	9,298	86	147.47	85.67	642.38	88.42	282.34
					Subtotal	**196.33**	**100**	**76.57**	**100**	**0.47**	**100**	**300**	**10,811**	**100**	**172.14**	**100**	**726.49**	**100**	**300**
	2000-2500	47	128	3,414	*Ipomoea murucoides*	1.87	0.73	0.61	0.65	0.04	10.96	24.91	329	9.64	5.14	9.72	34.04	5.56	12.34
					Quercus eduardi	2.25	0.88	0.83	0.89	0.02	4.61	8.84	109	3.19	2.25	4.26	8.51	1.39	6.38
					Eysenhardtia polystachya	1.60	0.63	0.70	0.75	0.02	4.79	14.43	187	5.48	1.98	3.75	31.91	5.21	6.17
					Resto de especies	249.89	97.76	91.24	97.72	0.30	79.63	251.82	2,789	81.69	43.50	82.28	538.30	87.85	275.11
					Subtotal	**255.61**	**100**	**93.37**	**100**	**0.38**	**100**	**300**	**3,414**	**100**	**52.87**	**100**	**612.77**	**100**	**300**
Otras asociaciones arboladas	0-500	31	113	2,666	*Eucalyptus urophylla*	6.12	1.65	6.27	2.71	0.04	8.26	7.90	55	2.06	3.26	5.39	3.23	0.45	12.61
					Sabal mexicana	8.89	2.39	1.87	0.81	0.05	9.20	23.65	93	3.49	11.39	18.82	9.68	1.35	12.40
					Quercus glaucescens	3.64	0.98	2.47	1.06	0.04	7.66	10.35	125	4.69	2.89	4.77	6.45	0.90	9.70
					Resto de especies	352.71	94.98	221.10	95.42	0.40	74.88	258.09	2,393	89.76	42.99	71.02	700	97.31	265.29
					Subtotal	**371.35**	**100**	**231.71**	**100**	**0.54**	**100**	**300**	**2,666**	**100**	**60.53**	**100**	**719.35**	**100**	**300**
	500-1000	6	43	535	*Pinus caribaea*	25.11	3.04	18.51	5.22	0.36	45.69	82.17	178	33.27	6.25	47.05	16.67	1.85	53.95
					Enterolobium cyclocarpum	45.86	5.55	10.19	2.87	0.06	7.15	11.30	8	1.50	1.06	7.96	16.67	1.85	15.58
					Clethra lanata	13.28	1.61	9.87	2.78	0.05	6.93	13.15	44	8.22	0.41	3.07	16.67	1.85	11.32
					Resto de especies	741.87	89.80	316.31	89.13	0.31	40.22	193.38	305	57.01	5.57	41.92	850	94.44	219.15
					Subtotal	**826.11**	**100**	**354.89**	**100**	**0.78**	**100**	**300**	**535**	**100**	**13.29**	**100**	**900**	**100**	**300**
	1000-1500	11	60	621	*Inga jinicuil*	9.16	1.88	5.84	2.83	0.04	8.67	13.40	34	5.48	0.87	6.97	9.09	0.95	13.38
					Quercus salicifolia	18.26	3.74	6.27	3.05	0.02	5.71	13.14	15	2.42	1.22	9.77	9.09	0.95	12.50
					Litsea glaucescens	8.46	1.73	4.54	2.21	0.03	6.39	3.04	7	1.13	0.12	0.96	9.09	0.95	10.33
					Resto de especies	451.69	92.64	189.28	91.91	0.34	79.23	270.42	565	90.98	10.26	82.30	927.27	97.14	263.79
					Subtotal	**487.56**	**100**	**205.93**	**100**	**0.43**	**100**	**300**	**621**	**100**	**12.46**	**100**	**954.55**	**100**	**300**

Formación forestal	Estrato				Nombre científico	Diámetro		Altura		Cobertura		IVF	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	Gradiente altitudinal	UMP	Número de taxones	Número de registros		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	
Otras asociaciones arboladas	1500-2000	6	21	219	*Quercus magnoliifolia*	18.80	6.15	6.50	5.80	0.07	33.24	50.11	41	18.72	1.18	24.94	33.33	6.45	45.19
					Brahea dulcis	18.76	6.14	3.68	3.29	0.03	14.95	101.53	88	40.18	2.14	45.22	83.33	16.13	24.38
					Arbutus xalapensis	10.48	3.43	5.22	4.66	0.02	12.34	15.54	20	9.13	0.15	3.18	16.67	3.23	20.43
					Resto de especies	257.70	84.29	96.60	86.25	0.08	39.47	132.82	70	31.96	1.26	26.66	383.33	74.19	210.00
					Subtotal	**305.74**	**100**	**112.01**	**100**	**0.20**	**100**	**300**	**219**	**100**	**4.73**	**100**	**516.67**	**100**	**300**
	2000-2500	5	14	360	*Quercus castanea*	23.34	9.21	9.03	9.68	0.04	9.75	23.28	19	5.28	0.53	7.48	40	10.53	28.64
					Pinus teocote	24.20	9.55	10.95	11.74	0.02	4.10	20.01	20	5.56	0.65	9.19	20	5.26	25.38
					Quercus candicans	15.11	5.96	7.74	8.29	0.03	7.93	20.48	35	9.72	0.39	5.50	20	5.26	22.19
					Resto de especies	190.88	75.29	65.57	70.29	0.34	78.22	236.23	286	79.44	5.54	77.84	300	78.95	223.79
					Subtotal	**253.54**	**100**	**93.29**	**100**	**0.43**	**100**	**300**	**360**	**100**	**7.12**	**100**	**380**	**100**	**300**
	3000-3500	2	6	168	*Abies religiosa*	85.67	23.20	48.88	26.56	0.50	63.57	127.19	65	38.69	2.70	59.93	100	28.57	113.33
					Pinus douglasiana	83.52	22.62	46.10	25.05	0.18	22.60	51.98	25	14.88	1.03	22.81	50	14.29	70.27
					Buddleja cordata	40.63	11	34.38	18.68	0	0.37	15.81	2	1.19	0.02	0.34	50	14.29	30.05
					Resto de especies	159.46	43.18	54.68	29.71	0.11	13.45	105.02	76	45.24	0.76	16.93	150	42.86	86.35
					Subtotal	**369.28**	**100**	**184.03**	**100**	**0.79**	**100**	**300**	**168**	**100**	**4.51**	**100**	**350**	**100**	**300**
	3500-4000	1	1	58	*Pinus hartwegii*	116.10	100	43.24	100	0.33	100	300	58	100	1.94	100	100	100	300
Manglar	0-500	162	130	14,520	*Rhizophora mangle*	0.67	0.81	0.43	1.08	0.14	25.36	47.87	2,479	17.07	46.82	18.74	43.21	12.05	27.25
					Laguncularia racemosa	0.67	0.81	0.35	0.88	0.12	21.83	61.14	3,498	24.09	65.03	26.03	39.51	11.02	23.52
					Avicennia germinans	0.63	0.76	0.35	0.89	0.09	16.24	39.66	2,356	16.23	37.89	15.17	29.63	8.26	17.89
					Resto de especies	80.92	97.62	38.70	97.15	0.20	36.57	151.33	6,187	42.61	100.03	40.05	246.30	68.67	231.34
					Subtotal	**82.90**	**100**	**39.84**	**100**	**0.56**	**100**	**300**	**14,520**	**100**	**249.76**	**100**	**358.64**	**100**	**300**
Zonas semiáridas	0-500	1,014	262	37,939	*Bursera microphylla*	0.08	0.36	0.02	0.26	0.04	11.79	28.69	4,721	12.44	48.14	8.83	32.64	7.42	12.41
					Olneya tesota	0.09	0.40	0.04	0.42	0.03	8.42	10.50	1,363	3.59	17.11	3.14	16.57	3.77	9.24
					Cercidium microphyllum	0.08	0.35	0.04	0.42	0.02	5.91	8.42	954	2.51	9.10	1.67	18.64	4.24	6.67
					Resto de especies	23.03	98.89	9.08	98.90	0.22	73.88	252.39	30,901	81.45	471.12	86.37	371.79	84.57	271.68
					Subtotal	**23.29**	**100**	**9.18**	**100**	**0.30**	**100**	**300**	**37,939**	**100**	**545.46**	**100**	**439.64**	**100**	**300**
	500-1000	356	193	12,988	*Prosopis velutina*	0.29	0.51	0.10	0.52	0.04	12.36	14.28	716	5.51	10.06	4.96	15.17	3.81	13.39
					Bursera microphylla	0.24	0.43	0.06	0.31	0.02	7.17	20.22	1,207	9.29	12.30	6.06	19.38	4.87	7.91
					Olneya tesota	0.28	0.49	0.11	0.54	0.02	5.65	7.42	347	2.67	4.63	2.28	9.83	2.47	6.68
					Resto de especies	56.05	98.58	19.81	98.62	0.25	74.82	258.08	10,718	82.52	175.98	86.70	353.93	88.86	272.02
					Subtotal	**56.86**	**100**	**20.09**	**100**	**0.33**	**100**	**300**	**12,988**	**100**	**202.97**	**100**	**398.31**	**100**	**300**

Formación forestal	Estrato				Nombre científico	Diámetro		Altura		Cobertura		IVF	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	Gradiente altitudinal	UMP	Número de taxones	Número de registros		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	
Zonas semiáridas	1000-1500	119	141	4,178	*Prosopis velutina*	0.89	0.70	0.35	0.77	0.04	12.94	9.66	184	4.40	2.31	3.59	5.04	1.67	14.41
					Gochnatia hypoleuca	0.90	0.70	0.38	0.83	0.03	10.10	19.32	358	8.57	4.59	7.14	10.92	3.61	11.63
					Prosopis laevigata	1.08	0.85	0.34	0.74	0.02	8.16	11.73	148	3.54	2.94	4.57	10.92	3.61	9.74
					Resto de especies	124.70	97.75	44.76	97.66	0.20	68.80	259.29	3,488	83.48	54.47	84.69	275.63	91.11	264.21
					Subtotal	**127.58**	**100**	**45.83**	**100**	**0.29**	**100**	**300**	**4,178**	**100**	**64.31**	**100**	**302.52**	**100**	**300**
	1500-2000	50	73	1,801	*Prosopis laevigata*	2.69	1.31	0.76	1.33	0.07	23.40	31.85	238	13.21	5.10	13.37	14	5.26	26.04
					Pinus quadrifolia	2.51	1.22	1.06	1.84	0.02	7.82	12.45	85	4.72	1.51	3.97	10	3.76	10.88
					Gochnatia hypoleuca	1.91	0.93	0.75	1.30	0.02	5.71	12.63	119	6.61	1.15	3.01	8	3.01	7.94
					Resto de especies	198.64	96.54	54.88	95.53	0.18	63.07	243.08	1,359	75.46	30.37	79.65	234	87.97	255.14
					Subtotal	**205.75**	**100**	**57.45**	**100**	**0.28**	**100**	**300**	**1,801**	**100**	**38.14**	**100**	**266**	**100**	**300**
	2000-2500	11	21	203	*Pinus cembroides*	13.17	4.82	4.87	7.65	0.03	26.35	19.54	24	11.82	0.55	4.27	9	3.45	38.82
					Rhus virens	9.37	3.43	2.73	4.28	0.03	28.86	19.50	28	13.79	0.29	2.26	9.09	3.45	36.57
					Yucca filifera	39.40	14.42	3.07	4.83	0	4.27	63.04	27	13.30	5.09	39.39	27.27	10.34	23.52
					Resto de especies	211.27	77.33	52.99	83.24	0.05	40.51	197.92	124	61.08	6.99	54.08	218.18	82.76	201.08
					Subtotal	**273.20**	**100**	**63.66**	**100**	**0.11**	**100**	**300**	**203**	**100**	**12.93**	**100**	**263.64**	**100**	**300**
	2500-3000	5	12	84	*Pinus cembroides*	32.80	6.02	10.58	6.20	0.05	61.26	50.06	26	30.95	0.70	11.96	20	7.14	73.47
					Pinus	35.58	6.53	96.15	56.28	0	0	8.98	1	1.19	0.04	0.64	20	7.14	62.81
					Yucca periculosa	74.77	13.72	8.64	5.06	0.01	18.10	74.80	20	23.81	2.16	36.70	40	14.29	36.87
					Resto de especies	401.90	73.74	55.46	32.46	0.02	20.65	166.17	37	44.05	2.98	50.69	200	71.43	126.85
					Subtotal	**545.04**	**100**	**170.84**	**100**	**0.08**	**100**	**300**	**84**	**100**	**5.88**	**100**	**280**	**100**	**300**
Zonas áridas	0-500	69	37	1,343	*Cercidium microphyllum*	1.56	2.81	0.68	4.19	0.10	32.83	46.44	259	19.29	3.11	13.68	37.68	13.47	39.84
					Bursera microphylla	1.32	2.38	0.46	2.85	0.09	30.31	37.55	300	22.34	2.51	11.07	11.59	4.15	35.54
					Olneya tesota	1.76	3.18	0.68	4.19	0.04	14.03	26.17	106	7.89	1.44	6.36	33.33	11.92	21.40
					Resto de especies	50.79	91.63	14.39	88.77	0.07	22.82	189.85	678	50.48	15.65	68.90	197.10	70.47	203.22
					Subtotal	**55.43**	**100**	**16.21**	**100**	**0.31**	**100**	**300**	**1,343**	**100**	**22.71**	**100**	**279.71**	**100**	**300**
	500-1000	68	52	1,271	*Cercidium microphyllum*	1.38	1.41	0.64	2.43	0.10	32.76	49.26	279	21.95	2.47	10.16	44.12	17.14	36.60
					Prosopis velutina	1.80	1.83	0.76	2.90	0.07	22.41	30.10	168	13.22	2.58	10.60	16.18	6.29	27.14
					Olneya tesota	1.66	1.69	0.62	2.36	0.03	10.77	22.51	100	7.87	1.34	5.50	23.53	9.14	14.82
					Resto de especies	93.50	95.08	24.31	92.31	0.10	34.06	198.13	724	56.96	17.94	73.74	173.53	67.43	221.44
					Subtotal	**98.34**	**100**	**26.33**	**100**	**0.30**	**100**	**300**	**1,271**	**100**	**24.33**	**100**	**257.35**	**100**	**300**

Formación forestal	Estrato				Nombre científico	Diámetro		Altura		Cobertura		IVF	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	Gradiente altitudinal	UMP	Número de taxones	Número de registros		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	
Zonas áridas	1000-1500	114	52	1,088	*Prosopis laevigata*	1.42	1.83	0.45	2.19	0.03	21.99	20.59	117	10.75	1.59	4.05	8.77	5.78	26.01
					Prosopis juliflora	1.32	1.69	0.46	2.22	0.02	18.13	22.05	124	11.40	1.46	3.71	10.53	6.94	22.04
					Prosopis velutina	1.20	1.54	0.50	2.41	0.02	17.55	15.23	76	6.99	0.74	1.88	9.65	6.36	21.50
					Resto de especies	73.98	94.94	19.18	93.19	0.06	42.33	242.14	771	70.86	35.51	90.35	122.81	80.92	230.46
					Subtotal	**77.92**	**100**	**20.58**	**100**	**0.13**	**100**	**300**	**1,088**	**100**	**39.31**	**100**	**151.75**	**100**	**300**
	1500-2000	97	46	1,634	*Prosopis laevigata*	1.20	1.89	0.41	2.38	0.05	45.68	34.21	277	16.95	3.48	5.49	20.62	11.76	49.94
					Prosopis glandulosa	1.52	2.39	0.51	2.95	0.01	8.35	8.14	48	2.94	1.06	1.67	6.19	3.53	13.69
					Yucca carnerosana	3.34	5.24	0.35	2.00	0.01	4.25	84.27	295	18.05	28.57	45.04	37.11	21.18	11.49
					Resto de especies	57.64	90.49	16.12	92.68	0.05	41.72	173.38	1,014	62.06	30.31	47.80	111.34	63.53	224.89
					Subtotal	**63.70**	**100**	**17.39**	**100**	**0.12**	**100**	**300**	**1,634**	**100**	**63.42**	**100**	**175.26**	**100**	**300**
	2000-2500	56	40	924	*Acacia farnesiana*	2.63	2.69	0.58	2.68	0.02	17.77	17.56	105	11.36	0.91	2.71	7.14	3.48	23.13
					Prosopis glandulosa	1.59	1.63	0.68	3.16	0.01	9.13	7.09	41	4.44	0.31	0.92	3.57	1.74	13.91
					Yucca carnerosana	4.52	4.62	0.60	2.79	0.01	5.76	84.08	193	20.89	13.26	39.71	48.21	23.48	13.17
					Resto de especies	89.05	91.06	19.64	91.38	0.08	67.35	191.27	585	63.31	18.92	56.66	146.43	71.30	249.78
					Subtotal	**97.79**	**100**	**21.50**	**100**	**0.11**	**100**	**300**	**924**	**100**	**33.40**	**100**	**205.36**	**100**	**300**
	2500-3000	4	9	135	*Quercus*	48.32	14.49	18.13	33.99	0.04	44.09	53.69	21	15.56	1.47	28.13	25	10	92.57
					Yucca filifera	40.88	12.26	5.64	10.57	0.03	32.51	79.05	44	32.59	1.90	36.45	25	10	55.34
					Nolina parviflora	30.77	9.23	4.89	9.18	0.01	9.45	36.41	22	16.30	0.53	10.12	25	10	27.85
					Resto de especies	213.38	64.01	24.68	46.27	0.01	13.95	130.85	48	35.56	1.32	25.30	175	70	124.23
					Subtotal	**333.35**	**100**	**53.34**	**100**	**0.09**	**100**	**300**	**135**	**100**	**5.21**	**100**	**250**	**100**	**300**
Otras áreas forestales	0-500	68	183	3,158	*Haematoxylum campechianum*	1.93	0.57	0.86	0.47	0.02	7.30	15.51	208	6.59	3.74	6.83	14.71	2.10	8.34
					Metopium brownei	1.74	0.51	0.92	0.51	0.02	5.87	19.05	250	7.92	3.69	6.73	30.88	4.40	6.89
					Avicennia germinans	1.80	0.53	0.77	0.43	0.01	4.93	9.31	139	4.40	2.23	4.07	5.88	0.84	5.89
					Resto de especies	334.34	98.39	178.75	98.59	0.23	81.89	256.12	2,561	81.10	45.11	82.36	650	92.66	278.88
					Subtotal	**339.81**	**100**	**181.30**	**100**	**0.28**	**100**	**300**	**3,158**	**100**	**54.77**	**100**	**701.47**	**100**	**300**
	500-1000	11	33	309	*Ceiba pentandra*	92.07	20.29	12.07	8.71	0.01	2.92	3.04	1	0.32	0.02	0.39	9.09	2.33	31.93
					Prosopis juliflora	7.94	1.75	3.08	2.23	0.06	23.14	34.63	55	17.80	0.58	9.85	27.27	6.98	27.12
					Prosopis laevigata	18.88	4.16	4.56	3.29	0.04	13.14	14.98	13	4.21	0.50	8.44	9.09	2.33	20.59
					Resto de especies	334.82	73.80	118.88	85.77	0.16	60.80	247.36	240	77.67	4.79	81.31	345.45	88.37	220.37
					Subtotal	**453.72**	**100**	**138.59**	**100**	**0.27**	**100**	**300**	**309**	**100**	**5.89**	**100**	**390.91**	**100**	**300**

Formación forestal	Estrato				Nombre científico	Diámetro		Altura		Cobertura		IVF	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	Gradiente altitudinal	UMP	Número de taxones	Número de registros		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	
Otras áreas forestales	1000-1500	42	56	981	*Prosopis velutina*	2.79	1.28	1.13	1.52	0.08	20.16	24.10	126	12.84	1.52	6.53	11.90	4.72	22.96
					Quercus resinosa	4	1.84	1.97	2.64	0.05	12.12	25.71	98	9.99	2.77	11.95	9.52	3.77	16.60
					Prosopis laevigata	3	1.38	1.07	1.43	0.04	10.81	15.21	80	8.15	0.98	4.23	7.14	2.83	13.62
					Resto de especies	207.79	95.50	70.40	94.42	0.22	56.91	234.98	677	69.01	17.94	77.29	223.81	88.68	246.82
					Subtotal	**217.58**	**100**	**74.57**	**100**	**0.38**	**100**	**300**	**981**	**100**	**23.21**	**100**	**252.38**	**100**	**300**
	1500-2000	92	74	2,418	*Juniperus deppeana*	1.32	1.30	0.38	1.15	0.02	13.56	41.58	474	19.60	6.46	14.84	17.39	7.14	16.01
					Prosopis laevigata	1.35	1.32	0.55	1.68	0.01	7.91	8.16	75	3.10	1.23	2.83	5.43	2.23	10.91
					Quercus grisea	1.40	1.37	0.34	1.04	0.01	8.38	27.16	255	10.55	4.51	10.36	15.22	6.25	10.79
					Resto de especies	97.77	96.01	31.42	96.13	0.12	70.15	223.10	1,614	66.75	31.34	71.97	205.43	84.37	262.28
					Subtotal	**101.84**	**100**	**32.69**	**100**	**0.18**	**100**	**300**	**2,418**	**100**	**43.55**	**100**	**243.48**	**100**	**300**
	2000-2500	54	58	1,633	*Pinus cembroides*	2.91	2.26	1.21	3.01	0.03	10.98	25.17	114	6.98	3.29	10.89	18.52	7.30	16.25
					Quercus grisea	2.55	1.98	0.63	1.58	0.03	12.23	34.69	221	13.53	4.63	15.31	14.81	5.84	15.79
					Schinus molle	4.14	3.22	1.55	3.86	0.01	4.42	2.74	9	0.55	0.44	1.46	1.85	0.73	11.50
					Resto de especies	118.96	92.53	36.81	91.56	0.17	72.38	237.41	1,289	78.93	21.86	72.34	218.52	86.13	256.47
					Subtotal	**128.55**	**100**	**40.21**	**100**	**0.23**	**100**	**300**	**1,633**	**100**	**30.21**	**100**	**253.70**	**100**	**300**
	2500-3000	2	10	95	*Juniperus flaccida*	75.69	10.35	20.37	8.38	0.21	39.40	75.68	28	29.47	1.30	36.21	50	10	58.13
					Quercus rugosa	78.11	10.68	19.64	8.09	0.16	30.08	50.83	17	17.89	0.83	22.93	50	10	48.84
					Pinus arizonica	124.17	16.97	67.74	27.88	0.01	2.35	21.32	3	3.16	0.29	8.16	50	10	47.21
					Resto de especies	453.53	62	135.19	55.65	0.15	28.17	152.17	47	49.47	1.18	32.70	350	70	145.82
					Subtotal	**731.50**	**100**	**242.94**	**100**	**0.54**	**100**	**300**	**95**	**100**	**3.60**	**100**	**500**	**100**	**300**
Áreas no forestales	0-500	1,052	917	53,104	*Bursera simaruba*	0.10	0.10	0.06	0.11	0.02	5.01	18.34	3,956	7.45	57.70	6.46	36.69	4.43	5.22
					Guazuma ulmifolia	0.10	0.10	0.05	0.10	0.02	5	8.80	1,819	3.43	25.49	2.85	20.91	2.53	5.20
					Piscidia piscipula	0.09	0.09	0.06	0.12	0.02	4.73	14.60	3,374	6.35	42.80	4.79	28.61	3.46	4.94
					Resto de especies	100.15	99.71	53.14	99.67	0.30	85.26	258.26	43,955	82.77	767.79	85.90	741.44	89.58	284.65
					Subtotal	**100.44**	**100**	**53.31**	**100**	**0.35**	**100**	**300**	**53,104**	**100**	**893.77**	**100**	**827.66**	**100**	**300**
	500-1000	216	523	9,309	*Quercus magnoliifolia*	0.73	0.23	0.29	0.21	0.01	3.65	6.64	195	2.09	8.02	3.92	4.63	0.62	4.10
					Guazuma ulmifolia	0.45	0.14	0.21	0.15	0.01	3.06	8.23	292	3.14	3.78	1.85	24.07	3.24	3.35
					Bursera simaruba	0.72	0.23	0.26	0.19	0.01	2.69	8.30	202	2.17	6.29	3.07	22.69	3.05	3.11
					Resto de especies	310.65	99.39	137.07	99.45	0.33	90.61	276.84	8,620	92.60	186.48	91.16	691.20	93.08	289.44
					Subtotal	**312.55**	**100**	**137.83**	**100**	**0.37**	**100**	**300**	**9,309**	**100**	**204.57**	**100**	**742.59**	**100**	**300**

Formación forestal	Estrato				Nombre científico	Diámetro		Altura		Cobertura		IVF	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	Gradiente altitudinal	UMP	Número de taxones	Número de registros		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	
Áreas no forestales	1000-1500	165	416	7,052	*Lysiloma acapulcense*	0.78	0.25	0.34	0.24	0.02	4.74	6.97	165	2.34	4.05	2.75	11.52	1.87	5.23
					Pinus oocarpa	1.08	0.34	0.57	0.40	0.01	4.36	15.20	278	3.94	14.80	10.07	7.27	1.18	5.10
					Quercus	0.68	0.22	0.35	0.25	0.01	3.60	5.60	164	2.33	3.65	2.49	4.85	0.79	4.06
					Resto de especies	310.49	99.19	140.25	99.11	0.28	87.30	272.24	6,445	91.39	124.46	84.69	591.52	96.16	285.60
					Subtotal	**313.03**	**100**	**141.51**	**100**	**0.32**	**100**	**300**	**7,052**	**100**	**146.96**	**100**	**615.15**	**100**	**300**
	1500-2000	219	332	10,201	*Quercus magnoliifolia*	0.58	0.30	0.23	0.30	0.04	11.46	21.14	919	9.01	21.47	9.21	14.16	2.92	12.07
					Quercus resinosa	0.53	0.28	0.22	0.28	0.02	4.56	9.59	465	4.56	9.08	3.90	5.48	1.13	5.12
					Ficus pertusa	6.24	3.24	0.92	1.19	0	0.02	0.11	1	0.01	0.02	0.01	0.46	0.09	4.44
					Resto de especies	185.35	96.18	76.39	98.23	0.33	83.95	269.16	8,816	86.42	202.41	86.88	465.30	95.86	278.37
					Subtotal	**192.71**	**100**	**77.76**	**100**	**0.39**	**100**	**300**	**10,201**	**100**	**232.98**	**100**	**485.39**	**100**	**300**
	2000-2500	215	226	10,329	*Pinus arizonica*	0.63	0.47	0.24	0.47	0.02	5.50	14.18	588	5.69	14.61	6.08	11.16	2.40	6.44
					Quercus crassifolia	0.57	0.43	0.26	0.52	0.02	5.21	11.49	451	4.37	10.61	4.42	12.56	2.71	6.15
					Lepidaploa polypleura	5.76	4.29	0.28	0.54	0	0	0.11	1	0.01	0.01	0	0.47	0.10	4.83
					Resto de especies	127.38	94.82	50.12	98.47	0.31	89.28	274.22	9,289	89.93	215.06	89.50	440	94.79	282.57
					Subtotal	**134.35**	**100**	**50.90**	**100**	**0.35**	**100**	**300**	**10,329**	**100**	**240.29**	**100**	**464.19**	**100**	**300**
	2500-3000	51	79	2,865	*Pinus pseudostrobus*	3.61	1.39	2.04	2.17	0.06	14.01	32.85	259	9.04	15.85	17.29	29.41	6.52	17.57
					Pinus arizonica	3	1.15	1.23	1.31	0.04	9.16	24.91	306	10.68	9.85	10.75	15.69	3.48	11.62
					Quercus crispipilis	14.56	5.59	2.43	2.59	0	0.64	0.73	5	0.17	0.11	0.12	1.96	0.43	8.82
					Resto de especies	239.39	91.87	88.14	93.93	0.34	76.19	241.52	2,295	80.10	65.88	71.85	403.92	89.57	262
					Subtotal	**260.57**	**100**	**93.83**	**100**	**0.45**	**100**	**300**	**2,865**	**100**	**91.69**	**100**	**450.98**	**100**	**300**
	3000-3500	7	12	298	*Abies religiosa*	55.98	16.74	45.08	34.51	0.28	44.19	83.03	63	21.14	6.11	46.10	42.86	15.79	95.45
					Pinus hartwegii	23.79	7.12	12.90	9.88	0.22	34.38	77.55	124	41.61	4.07	30.67	14.29	5.26	51.38
					Cupressus lusitanica	20.35	6.09	12.92	9.89	0.03	4.19	11.33	13	4.36	0.23	1.70	14.29	5.26	20.17
					Resto de especies	234.17	70.05	59.73	45.72	0.11	17.23	128.09	98	32.89	2.85	21.52	200	73.68	133.01
					Subtotal	**334.29**	**100**	**130.62**	**100**	**0.63**	**100**	**300**	**298**	**100**	**13.25**	**100**	**271.43**	**100**	**300**
	3500-4000	2	4	16	*Pinus*	141.00	15.75	46.55	20.80	0.14	65.12	148.28	11	68.75	0.82	54.53	50	25	101.67
					Abies religiosa	208.75	23.32	71.25	31.84	0.05	22.65	55.83	2	12.50	0.27	18.33	50	25	77.81
					Pinus hartwegii	260.50	29.11	59.50	26.59	0.03	12.19	45.50	1	6.25	0.21	14.25	50	25	67.88
					Resto de especies	284.75	31.82	46.50	20.78	0	0.05	50.39	2	12.50	0.19	12.89	50	25	52.64
					Subtotal	**895**	**100**	**223.80**	**100**	**0.22**	**100**	**300**	**16**	**100**	**1.50**	**100**	**200**	**100**	**300**

Diámetro promedio

Otro indicador relevante para definir la estructura horizontal de la vegetación es el diámetro promedio que refleja el área de ocupación de las especies, para el análisis de esta variable se tienen 1,556,820 registros del estrato arbóreo, a diferencia de los indicadores anteriores, el número de registros es menor ya que dentro de las especificaciones técnicas sobre las medidas dasométricas del INFyS, se determina que la medición del diámetro normal no se reportará para especies como *Pachycereus* spp., *Stenocereus* spp., *Agave* spp., *Dasylirion* spp., *Myrtillocactus* spp., *Fouqueria splendens*, y *Jatropha* sp., (9,639 registros).

Los mayores diámetros promedio para árboles se encuentran en los bosques templados, particularmente en los bosques mesófilos con hasta 17.4 cm. Un comportamiento similar lo presentan las especies indeterminadas con hasta 16.7 y 16.8 cm como media en bosques mesófilos y coníferas respectivamente; en el caso de los arbustos, las formaciones con valores promedio más altos se encuentran en manglares, zonas áridas, y otras asociaciones arboladas, y en otras formas biológicas se registran diámetros mayores, ya que están conformadas por individuos de crecimiento monopódico como palmas y yucas o sin un tallo bien definido, así como con estructuras que asemejan tallos.

Bosque mesófilo de montaña, Reserva de la Biósfera El Cielo, Tamaulipas / Foto: Elí García Padilla.

TABLA 17. DIÁMETRO NORMAL PROMEDIO EN (CM) PARA ÁRBOLES Y ARBUSTOS EN EL ESTRATO ARBÓREO

Ecosistema	Formación forestal	Árboles									Arbustos								
		UMP	Registros	Media	Mín	Máx	LI	LS	Ds	Er	UMP	Registros	Media	Mín	Máx	LI	LS	Ds	Er
Bosques	Coníferas	2,551	178,166	17	7.5	122.1	16.95	17.05	9.91	0.23	238	1,764	11.3	7.5	50	11.08	11.5	4.48	1.91
	Coníferas y latifoliadas	4,025	242,276	16.48	7.5	133.1	16.44	16.52	9.40	0.24	652	5,666	11.5	7.5	67	11.42	11.66	4.79	1.02
	Latifoliadas	3,105	163,831	15.20	7.5	106.5	15.16	15.24	7.83	0.26	831	7,568	11.3	7.5	60.5	11.24	11.44	4.24	0.86
	Bosque mesófilo	466	25,395	17.40	7.5	117.4	17.26	17.54	11.48	0.79	224	2,352	13	7.5	78.2	12.74	13.26	6.35	1.96
Selvas	Selvas altas y medianas	3,686	424,843	13.74	7.5	189	13.72	13.76	6.94	0.14	2,848	47,121	10.8	7.5	80	10.81	10.87	3.77	0.36
	Selvas bajas	1,423	98,907	13.23	7.5	95.5	13.19	13.27	6.10	0.30	865	13,687	10.9	7.5	57.8	10.87	10.99	3.74	0.54
Otras asociaciones		59	3,505	14.45	7.5	78	14.21	14.69	7.29	1.63	20	163	11.6	7.5	28.7	10.9	12.26	4.41	5.92
Manglar		156	12,950	13.50	7.5	88.3	13.39	13.61	6.38	0.87	19	80	11.9	7.5	27.1	10.94	12.84	4.27	7.91
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	1,252	30,203	11.94	7.5	60.5	11.89	11.99	4.35	0.49	707	9,077	10.8	7.5	45.8	10.71	10.85	3.43	0.73
	Zonas áridas	192	2,920	12.04	7.5	37.5	11.9	12.18	3.99	1.14	61	464	11.8	7.5	37.2	11.4	12.22	4.48	3.49
Otras áreas forestales		230	6,873	13.87	7.5	83.5	13.7	14.04	7.00	1.13	64	555	10.4	7.5	30.9	10.18	10.68	3.00	2.44
Áreas no forestales		1,789	67,614	14.17	7.5	101.8	14.11	14.23	7.91	0.41	611	5,073	11.2	7.5	47.6	11.12	11.36	4.36	1.05
Total		18,934	1,257,483								7,140	93,570							

Ds = Desviación estándar. Er= Error relativo.

TABLA 18. DIÁMETRO NORMAL PROMEDIO EN (CM) PARA INDETERMINADAS Y OTRAS FORMAS BIOLÓGICAS EN EL ESTRATO ARBÓREO

Ecosistema	Formación forestal	Indeterminadas									Otras formas biológicas								
		UMP	Registros	Media	Mín	Máx	LI	LS	Ds	Er	UMP	Registros	Media	Mín	Máx	LI	LS	Ds	Er
Bosques	Coníferas	1,109	14,314	16.8	7.5	99.5	16.64	16.98	10.45	1.05	223	1,965	25.7	7.5	75	25.23	26.15	10.40	1.75
	Coníferas y latifoliadas	2,167	34,988	16.1	7.5	97.4	16.02	16.22	9.35	0.61	263	1,765	18.1	7.5	64	17.74	18.48	7.91	2.06
	Latifoliadas	1,711	30,127	14.8	7.5	106.4	14.68	14.86	7.81	0.53	699	5,926	17	7.5	77.8	16.84	17.2	7.03	1.04
	Bosque mesófilo	399	7,111	16.7	7.5	93.4	16.47	16.95	10.11	1.41	61	535	14.3	7.6	37.4	13.84	14.72	5.15	3.02
Selvas	Selvas altas y medianas	2,682	40,796	13.6	7.5	76.8	13.56	13.7	7.05	0.43	1,330	8,202	15.9	7.5	95	15.7	16.1	9.29	1.23
	Selvas bajas	970	21,019	12.6	7.5	56.5	12.47	12.63	5.69	0.62	701	8,098	15.1	7.5	83.4	14.99	15.27	6.37	0.91
Otras asociaciones		35	491	15.1	7.5	55	14.44	15.7	7.13	4.16	26	366	23.3	7.7	57.3	22.17	24.39	10.84	4.80
Manglar		55	952	13.5	7.5	58.3	13.03	13.87	6.56	3.06	20	173	11.3	7.5	45	10.25	12.41	7.19	9.51
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	332	4,398	12.7	7.5	93.5	12.53	12.89	6.19	1.39	1,046	6,610	22.7	7.5	99	22.42	22.92	10.41	1.12
	Zonas áridas	79	626	16.3	7.5	48.9	15.61	16.99	8.84	4.21	279	2,124	24.8	7.5	75	24.29	25.35	12.40	2.13
Otras áreas forestales		77	483	13.8	7.5	44.4	13.17	14.37	6.66	4.27	72	438	18.4	7.5	72.7	17.42	19.34	10.27	5.23
Áreas no forestales		962	11,273	13.9	7.5	99	13.76	14.04	7.52	0.99	458	2,987	18	7.5	90	17.64	18.38	10.31	2.07
Total		10,578	166,578								5,178	39,189							

Ds = Desviación estándar. Er= Error relativo.

4.2. Indicadores dasométricos

4.2.1. Arbolado

De acuerdo con la evaluación del estrato arbóreo, el conjunto de datos para determinar los indicadores dasométricos se centra en 91% de la muestra y comprende árboles con diámetro normal igual o mayor a 7.5 centímetros, cuya condición es vivo y muerto en pie (1,424,168 registros). Se consideran los registros indeterminados dentro del subconjunto de árboles por sus dimensiones y dado que se cuenta con identificación a nivel género, denotando formas de vida arbóreas en su mayoría.

Densidad promedio

La densidad del arbolado está relacionada con la ocupación espacial disponible para crecer, en términos del número de registros por unidad de área que se estima de acuerdo con la muestra. Como ya se ha mencionado, cuando se habla de "registro" se hace referencia al número de fustes o tallos y la densidad promedio está en función de este criterio.

Las mayores densidades se encuentran en las selvas altas y medianas, manglares y coníferas con 775, 513 y 462 registros por hectárea respectivamente. La densidad de los bosques está entre 369 y 462 registros por hectárea, en donde el bosque de coníferas es el de mayor concentración, la menor cantidad de registros en el país se ubica en los matorrales xerófilos y para estos ecosistemas se estima entre 25 y 117 registros por hectárea.

TABLA 19. NÚMERO DE REGISTROS POR HECTÁREA

Ecosistema	Formación forestal	Superficie (ha)	UMP	Reg/ha	LI	LS	Ds	Er
Bosques	Coníferas	8,103,090.80	2,659	462	451	473	5.73	2.43
	Coníferas y latifoliadas	12,949,770.60	4,188	428	420	437	4.38	2
	Latifoliadas	11,360,499.50	3,396	369	360	379	4.85	2.57
	Bosque mesófilo	1,787,065.30	504	435	406	463	14.66	6.61
Selvas	Selvas altas y medianas	13,562,304.50	3,830	775	760	789	7.45	1.88
	Selvas bajas	16,464,200	1,513	513	496	531	8.98	3.43
Otras asociaciones		540,160	68	373	287	459	43.89	23.08
Manglar		939,635.80	218	404	347	461	29	14.08
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	20,330,470.40	1,857	117	110	125	3.76	6.27
	Zonas áridas	35,974,539.50	888	25	20	30	2.39	18.74
Otras áreas forestales		15,833,401.10	549	85	70	99	7.25	16.82
Áreas no forestales		54,513,694.70	2,739	182	173	192	4.78	5.14
Total		**192,358,832.20**	**22,409**					

Ds = Desviación estándar. Er= Error relativo.

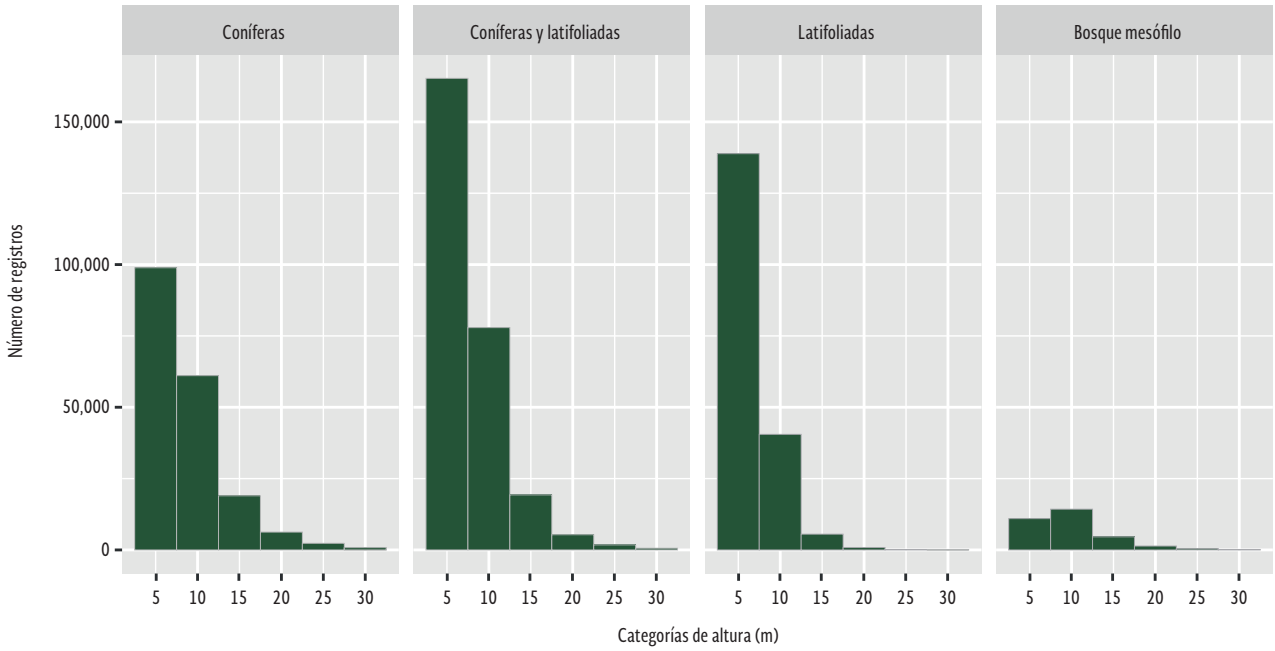
Distribución de la altura total

La distribución de alturas del arbolado, es una forma para determinar la etapa de desarrollo de una masa forestal en función de sus dimensiones en clases artificiales y por la mayor o menor presencia de registros por categoría.

Para todos los ecosistemas en general, las categorías de altura predominantes en más de 90%, se encuentran entre dos categorías, las de 5 y 10 metros de altura, lo que nos indica que son masas semi-regulares jóvenes.

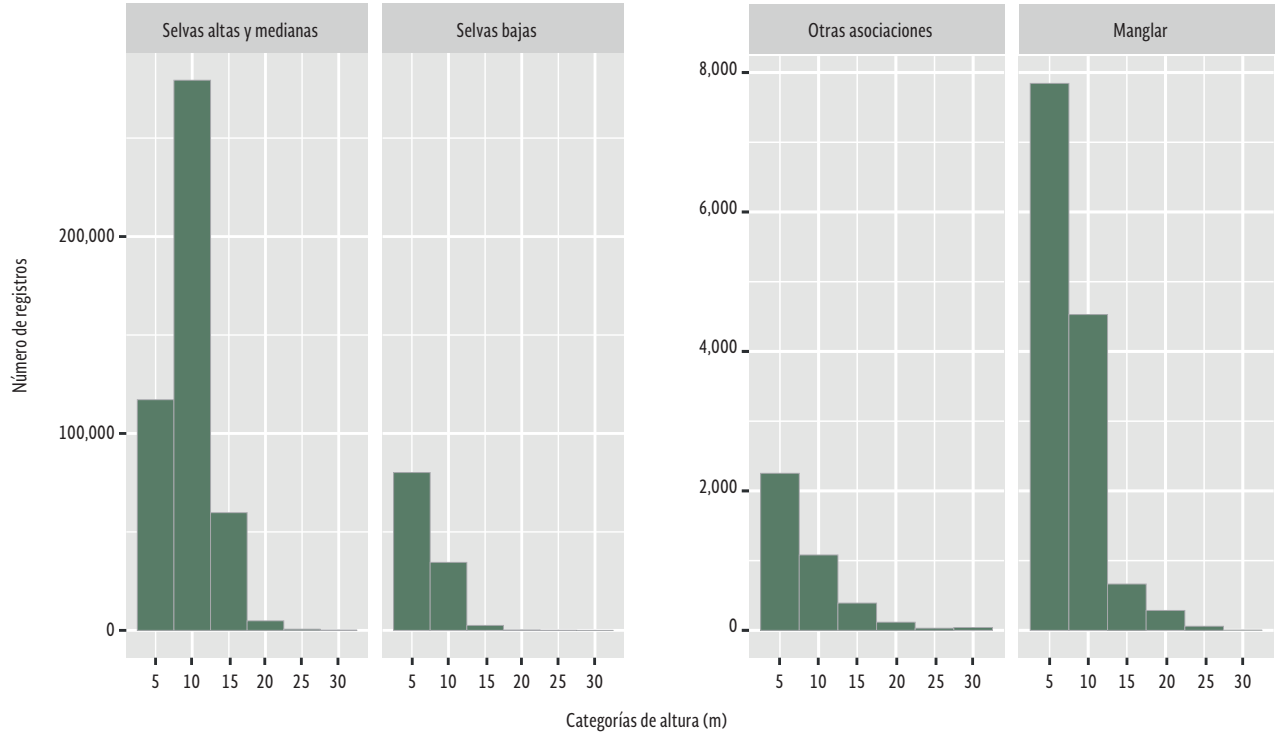
En ecosistemas templados, como es el caso de los bosques, la mayoría de los registros se ubican en la categoría de 5 metros (61%), a excepción de los bosques mesófilos con una ligero incremento en la categoría de 10 centímetros, 38.7% del arbolado de estos ecosistemas están entre los rangos de 10 a 25 metros y solo el 0.3% alcanzó alturas mayores.

FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LA ALTURA TOTAL EN ECOSISTEMAS DE BOSQUE



Con un comportamiento similar, para los ecosistemas tropicales, las categorías de 5 y 10 metros son las que dominan (87.9%), la mayor cantidad de registros se ubica en la categoría de 5, a excepción de las selvas altas y medianas donde el mayor número de registros está en 10 metros, 12% de los registros se encuentran entre el rango de 15 a 25 metros y solo 0.1% pertenece a la categoría de 30 metros.

FIGURA 9. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LA ALTURA TOTAL EN ECOSISTEMAS DE SELVA, OTRAS ASOCIACIONES Y MANGLAR



El arbolado en las zonas de matorral xerófilo y otras áreas forestales se concentra en su mayoría, en la categoría de altura de 5 metros (93%), es visible que el número de registros es menor y las masas arboladas son regulares y las tallas alcanzadas son las menores en el país, se observa también una mayor distribución de registros en rangos de mayores alturas en las áreas no forestales, que llega hasta la categoría de 25 metros.

FIGURA 10. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LA ALTURA TOTAL EN ÁREAS NO FORESTALES

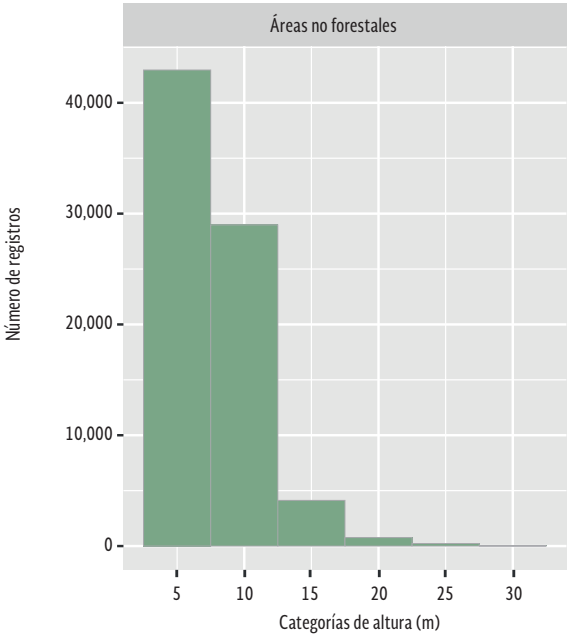


TABLA 20. FRECUENCIAS POR CATEGORÍAS DE ALTURA PARA FORMACIONES FORESTALES ARBOLADAS

Categoría de altura (m)	Coníferas		Coníferas y latifoliadas		Latifoliadas		Bosque mesófilo		Selvas altas y medianas		Selvas bajas		Otras asociaciones		Manglar	
	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop
[1.3,7.5)	100,042	0.52	168,724	0.61	144,702	0.75	11,054	0.34	114,871	0.25	80,870	0.67	2,294	0.57	8,126	0.58
[7.5,12.5)	62,622	0.33	80,404	0.29	42,373	0.22	14,611	0.45	282,708	0.61	36,216	0.30	1,113	0.28	4,730	0.34
[12.5,17.5)	19,763	0.10	20,005	0.07	5,828	0.03	4,749	0.15	62,273	0.13	2,710	0.02	399	0.10	684	0.05
[17.5,22.5)	6,310	0.03	5,466	0.02	867	0	1,395	0.04	5,041	0.01	193	0	119	0.03	297	0.02
[22.5,27.5)	2,514	0.01	1,830	0.01	165	0	486	0.01	610	0	10	0	30	0.01	62	0
[27.5,32.5)	825	0	593	0	24	0	147	0	121	0	1	0	41	0.01	3	0
[32.5,37.5)	248	0	185	0	3	0	58	0	15	0	0	0	0	0	0	0
[>37.5)	156	0	59	0	4	0	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Total	**192,480**	**1**	**277,266**	**1**	**193,966**	**1**	**32,506**	**1**	**465,640**	**1**	**120,000**	**1**	**3,996**	**1**	**13,902**	**1**

TABLA 21. FRECUENCIAS POR CATEGORÍAS DE ALTURA PARA MATORRAL XERÓFILO, OTRAS ÁREAS FORESTALES Y ÁREAS NO FORESTALES

Categoría de altura (m)	Zonas semiáridas		Zonas áridas		Otras áreas forestales		Áreas no forestales	
	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop
[1.3,7.5)	32,910	0.95	3,485	0.98	5,787	0.79	43,424	0.55
[7.5,12.5)	1,624	0.05	58	0.02	1,436	0.20	30,073	0.38
[12.5,17.5)	67	0	3	0	116	0.02	4,321	0.05
[>17.5)	7	0	0	0	17	0	1,084	0.01
Total	**34,608**	**1**	**3,546**	**1**	**7,356**	**1**	**78,902**	**1**

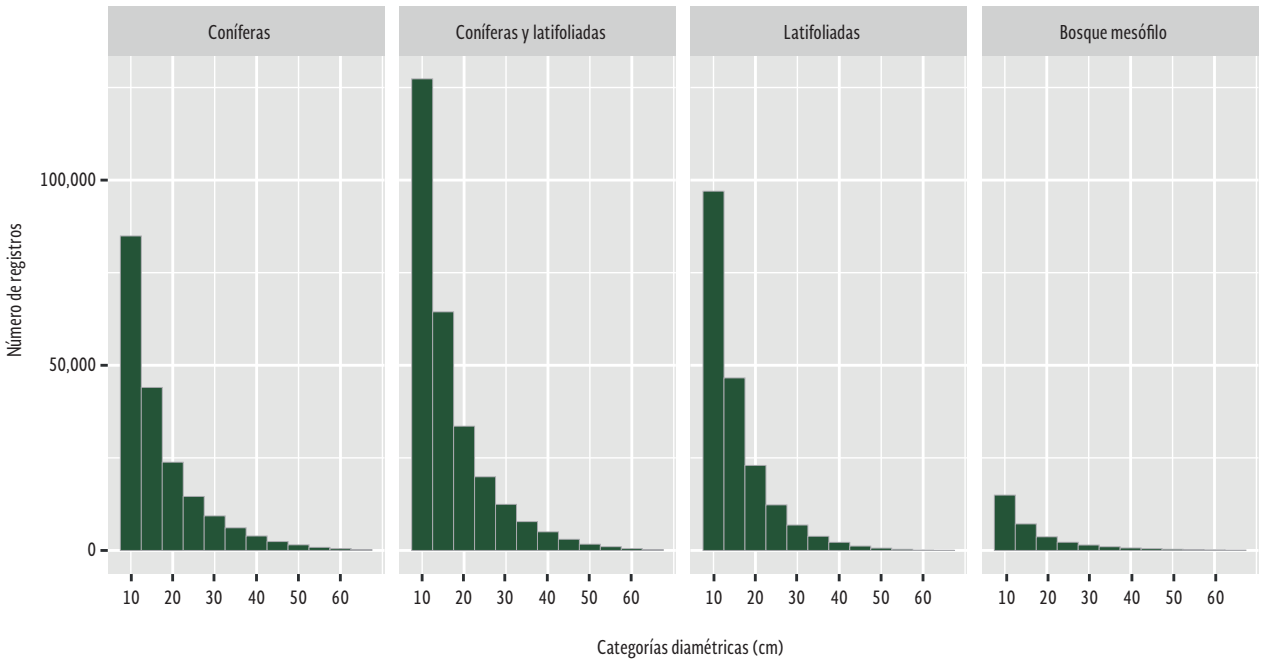
Distribución del diámetro normal

De igual forma, la distribución del diámetro normal de los árboles, está relacionada con la etapa de desarrollo de la masa forestal y permite evaluar la capacidad que tiene un ecosistema de sustitución de los individuos que lo componen en términos de la composición de su estructura.

Para todos los ecosistemas en general, las categorías diamétricas más representativas en términos de frecuencia de registros son las de 10, 15 y 20 centímetros. Éstas abarcan 86% del arbolado y por ello se puede observar una tendencia en la distribución con forma de J invertida, que además de las características de altura, indica que son bosques secundarios con masas arboladas jóvenes y árboles adultos en poca cantidad, este puede ser un indicador del nivel de degradación que han sufrido los ecosistemas en el país y de la relevancia del manejo forestal sustentable adecuado.

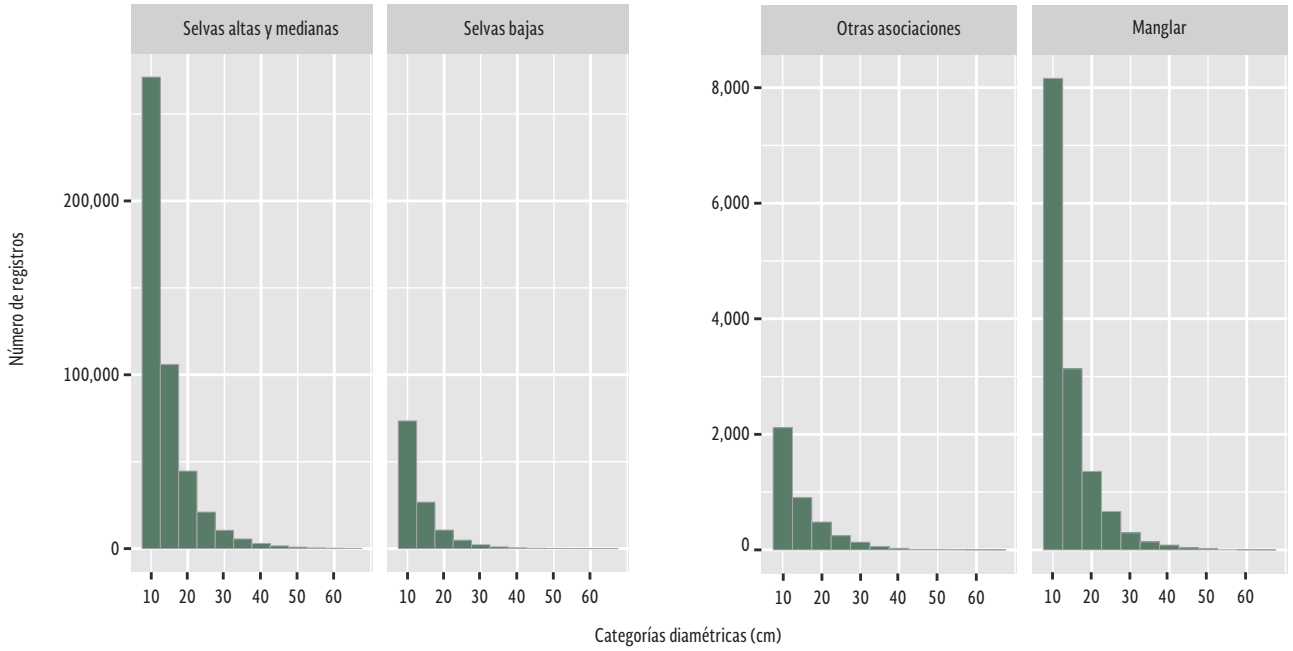
En los ecosistemas de bosques como se ve en la figura 11, predominan los rangos de 10 a 20 centímetros de diámetro en 81%. Entre los rangos de 25 a 35 en 14.2% y arriba de la categoría de 40 centímetros solo se registra el 4.1%, se llegaron a registrar individuos en los rangos de 100 y hasta 135 centímetros aunque en un número bastante reducido.

FIGURA 11. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DEL DIÁMETRO NORMAL EN ECOSISTEMAS DE BOSQUE



En selvas y manglares es marcada la concentración de individuos en la categoría diamétrica de 10 centímetros (57.9%) y en segundo término con una proporción menor se encuentra la de 15 centímetros (23.2%), se llegó a registrar un mínimo de individuos con diámetros hasta de 90 centímetros, sin embargo el resto de la muestra se concentró principalmente entre los rangos de 20 a 50 centímetros.

FIGURA 12. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DEL DIÁMETRO NORMAL EN ECOSISTEMAS DE SELVA, OTRAS ASOCIACIONES Y MANGLAR



Los rangos diamétricos alcanzados en los matorrales xerófilos, se encuentran casi en su totalidad entre 10 a 25 centímetros, 88% de los registros están entre las categorías diamétricas de 10 y 15 centímetros; en las áreas no forestales una proporción similar (89%) se ubica entre los rangos de 10 a 20 centímetros, el resto se agrupa hasta la categoría de 35 centímetros, si bien se llegan a tener valores mayores estos no son representativos.

FIGURA 13. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DEL DIÁMETRO NORMAL EN ÁREAS NO FORESTALES

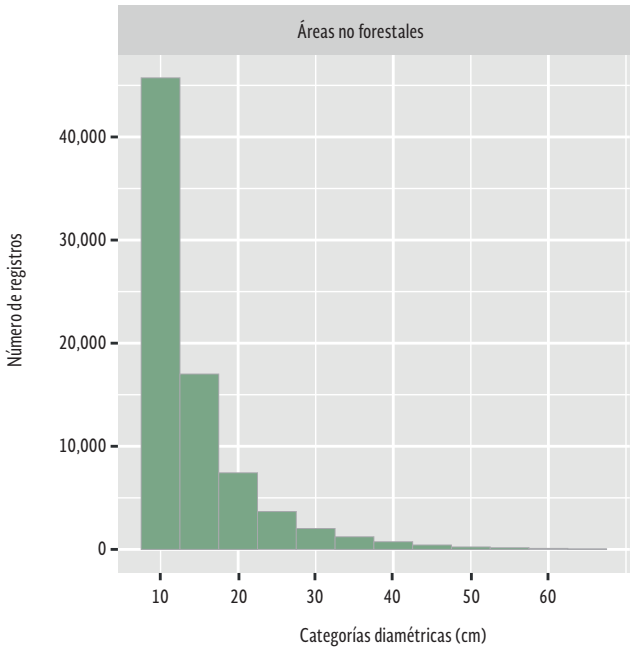


TABLA 22. FRECUENCIAS POR CATEGORÍA DIAMÉTRICA PARA FORMACIONES FORESTALES ARBOLADAS

Categoría diamétrica (cm)	Coníferas		Coníferas y latifoliadas		Latifoliadas		Bosque mesófilo		Selvas altas y medianas		Selvas bajas		Otras asociaciones		Manglar	
	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop
[7.5,12.5)	83,129	0.43	124,679	0.45	95,136	0.49	14,651	0.45	266,983	0.57	72,394	0.60	2,081	0.52	8,003	0.58
[12.5,17.5)	44,867	0.23	65,740	0.24	47,577	0.25	7,313	0.22	108,462	0.23	27,431	0.23	916	0.23	3,236	0.23
[17.5,22.5)	24,180	0.13	34,127	0.12	23,365	0.12	3,741	0.12	45,603	0.10	10,946	0.09	492	0.12	1,389	0.10
[22.5,27.5)	14,813	0.08	20,220	0.07	12,485	0.06	2,217	0.07	21,459	0.05	4,945	0.04	253	0.06	679	0.05
[27.5,32.5)	9,433	0.05	12,572	0.05	6,976	0.04	1,459	0.04	10,772	0.02	2,292	0.02	135	0.03	301	0.02
[32.5,37.5)	6,188	0.03	7,895	0.03	3,859	0.02	1,018	0.03	5,672	0.01	1,037	0.01	64	0.02	146	0.01
[37.5,42.5)	3,963	0.02	5,113	0.02	2,229	0.01	666	0.02	3,015	0.01	534	0	27	0.01	82	0.01
[42.5,47.5)	2,417	0.01	3,036	0.01	1,193	0.01	483	0.01	1,628	0	212	0	9	0	40	0
[47.5,52.5)	1,543	0.01	1,705	0.01	632	0	316	0.01	896	0	113	0	9	0	20	0
[52.5,57.5)	838	0	1,028	0	305	0	239	0.01	482	0	50	0	5	0	0	0
[57.5,62.5)	483	0	515	0	107	0	148	0	261	0	19	0	2	0	2	0
[62.5,67.5)	254	0	244	0	41	0	92	0	153	0	11	0	1	0	1	0
[67.5,72.5)	155	0	172	0	30	0	65	0	98	0	9	0	0	0	2	0
[72.5,77.5)	94	0	98	0	13	0	46	0	59	0	3	0	1	0	0	0
[77.5,82.5)	61	0	61	0	9	0	19	0	41	0	1	0	1	0	0	0
[82.5,87.5)	30	0	28	0	2	0	11	0	15	0	0	0	0	0	0	0
[87.5,92.5)	9	0	15	0	3	0	8	0	8	0	1	0	0	0	1	0
[>92.5)	23	0	18	0	4	0	14	0	33	0	2	0	0	0	0	0
Total	**192,480**	**1**	**277,266**	**1**	**193,966**	**1**	**32,506**	**1**	**465,640**	**1**	**120,000**	**1**	**3,996**	**1**	**13,902**	**1**

TABLA 23. FRECUENCIAS POR CATEGORÍAS DIAMÉTRICA PARA MATORRAL XERÓFILO, OTRAS ÁREAS FORESTALES Y ÁREAS NO FORESTALES

Categoría diamétrica (cm)	Zonas semiáridas		Zonas áridas		Otras áreas forestales		Áreas no forestales	
	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop
[7.5,12.5)	23,578	0.68	2,270	0.64	4,162	0.57	45,075	0.57
[12.5,17.5)	7,521	0.22	825	0.23	1,746	0.24	17,392	0.22
[17.5,22.5)	2,134	0.06	243	0.07	737	0.10	7,599	0.10
[22.5,27.5)	860	0.02	108	0.03	311	0.04	3,722	0.05
[27.5,32.5)	286	0.01	49	0.01	175	0.02	2,043	0.03
[32.5,37.5)	131	0	25	0.01	102	0.01	1,263	0.02
[37.5,42.5)	53	0	14	0	68	0.01	741	0.01
[42.5,47.5)	20	0	7	0	28	0	436	0.01
[47.5,52.5)	15	0	5	0	12	0	241	0
[52.5,57.5)	6	0	0	0	8	0	170	0
[57.5,62.5)	3	0	0	0	4	0	94	0
[>62.5)	1	0	0	0	3	0	126	0
Total	**34,608**	**1**	**3,546**	**1**	**7,356**	**1**	**78,902**	**1**

Cobertura de copa

Este indicador reporta el área promedio de proyección de la copa del arbolado en el suelo, se expresa en porcentaje por hectárea y está relacionado con el número de individuos presentes por unidad de superficie; la cobertura de copa influye directamente en la cantidad de luz solar que llega al suelo, lo que puede limitar o favorecer el crecimiento, tanto de especies de sotobosque, como de ramas en las especies leñosas, además de ser importante para la protección del suelo contra la erosión y una mejor infiltración de agua de los mantos freáticos entre otras funciones.

De acuerdo con la clasificación que se hace del dosel en términos del porcentaje de la cobertura de copa, se puede decir que la superficie arbolada del país en general, tiene una cobertura de copa media (30 a 65%), es decir un dosel en el que las ramas y copas de los árboles son moderadamente cerradas, la formación forestal con la cobertura de copa promedio cerrada (65%) es el bosque mesófilo y los de menor densidad de dosel con cobertura de copa abierta (menor al 16%) son los matorrales xerófilos y otras áreas forestales, de acuerdo con las estimaciones realizadas (tabla 24).

TABLA 24. COBERTURA DE COPA PROMEDIO POR FORMACIÓN FORESTAL

Ecosistema	Formación forestal	Superficie	UMP	%/ha	LI	LS	Ds	Er
Bosques	Coníferas	8,103,091	2,659	48.8	47.41	50.19	0.71	2.85
	Coníferas y latifoliadas	12,949,771	4,188	48.62	47.45	49.78	0.59	2.4
	Latifol iadas	11,360,500	3,396	41.44	40.12	42.76	0.67	3.18
	Bosque mesófilo	1,787,065	504	64.59	59.39	69.8	2.65	8.05
Selvas	Selvas altas y medianas	13,562,305	3,830	62.16	60.47	63.86	0.86	2.72
	Selvas bajas	16,464,200	1,513	48.34	46.26	50.42	1.06	4.31
Otras asociaciones		540,160	68	36.65	25.28	48.02	5.8	31.02
Manglar		939,636	218	33.83	27.7	39.96	3.13	18.13
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	20,330,470	1,857	15.97	14.72	17.22	0.64	7.83
	Zonas áridas	35,974,540	888	4.57	3.52	5.63	0.54	23.12
Otras áreas forestales		15,833,401	549	7.76	6.27	9.25	0.76	19.2
Áreas no forestales		54,513,695	2,739	18.36	17.36	19.37	0.51	5.49
Total		**192,358,832**	**22,409**					

Ds = Desviación estándar. Er= Error relativo.

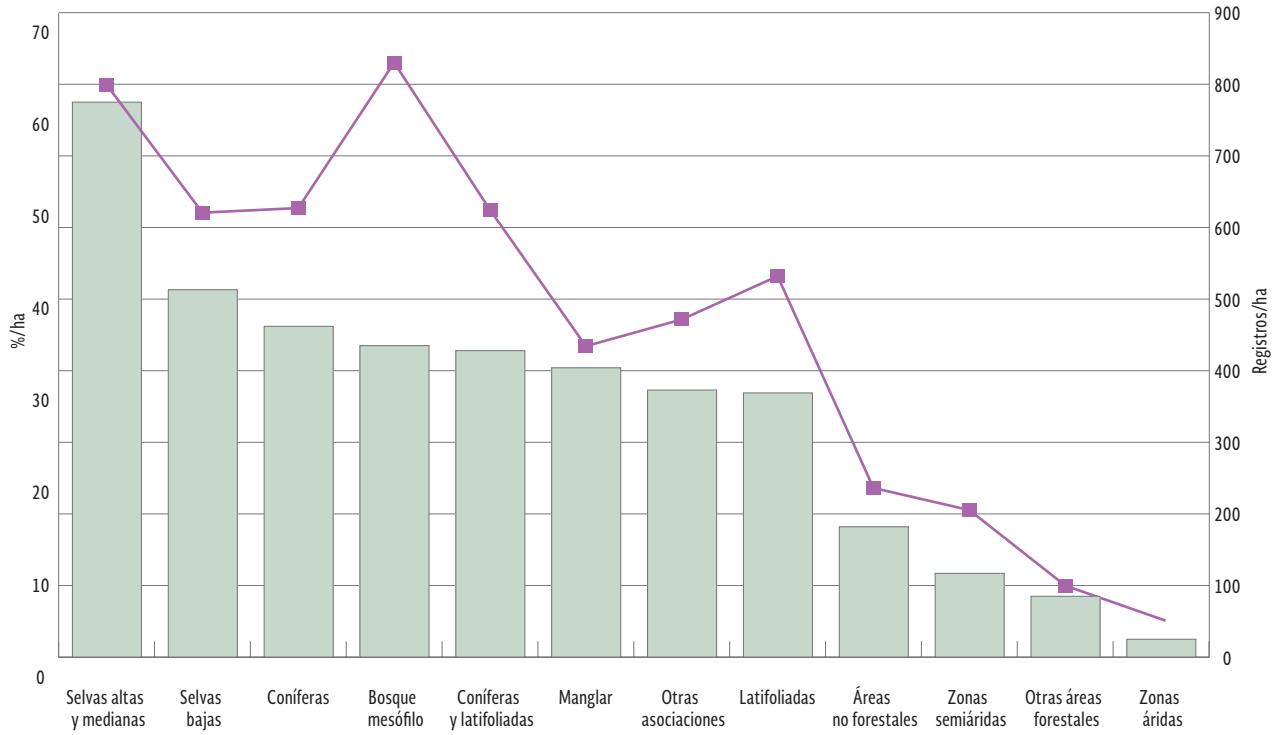
Si bien la cobertura de copa está en relación con la densidad del arbolado, a mayor número de individuos mayor cobertura de copa, existen otros factores que influyen en ello como son propiamente las dimensiones del arbolado, tal es el caso del bosque mesófilo con una densidad menor que las selvas, pero que tiene el mayor promedio tanto en altura total con 10 metros como en diámetro normal con 17 centímetros (registrados en el apartado de estructura y composición), lo que se ve reflejado en una mayor cobertura de copa, como se observa en la figura 14. Las selvas altas y medianas, son las formaciones con mayor densidad y la altura total promedio fluctúa entre 9.5 y 6.7 metros, sin embargo son masas arboladas con diámetros promedio entre 13.7 y 13.2 centímetros respectivamente.

Área basal promedio

El área basal promedio es una medida de la densidad del arbolado en un área determinada, ya que es una relación directa del número de individuos y su ocupación en el espacio, suele ser usado como un indicador para determinar el crecimiento de los individuos por categoría diamétrica y refleja la capacidad productiva de un sitio y con el que se puede determinar el potencial de crecimiento de los individuos.

El valor promedio de este indicador en bosques y selvas se encuentra entre los rangos de 8.4 hasta 14.4 m^2/ha, el mayor área basal estimado por hectárea se encuentra en bosques mesófilos; en ecosistemas de tierras secas y otras áreas no forestales disminuye en un rango de 0.38 a 3.74 m^2/ha; (tabla 25).

FIGURA 14. DISTRIBUCIÓN DE LA COBERTURA DE COPA Y SU RELACIÓN CON LA DENSIDAD



	Selvas altas y medianas	Selvas bajas	Coníferas	Bosque mesófilo	Coníferas y latifoliadas	Manglar	Otras asociaciones	Latifoliadas	Áreas no forestales	Zonas semiáridas	Otras áreas forestales	Zonas áridas
Densidad	775	513	462	435	428	404	373	369	182	117	85	25
Cobertura de copa	62.2	48.3	48.8	64.6	48.6	33.8	36.7	41.4	18.4	16	7.8	4.6

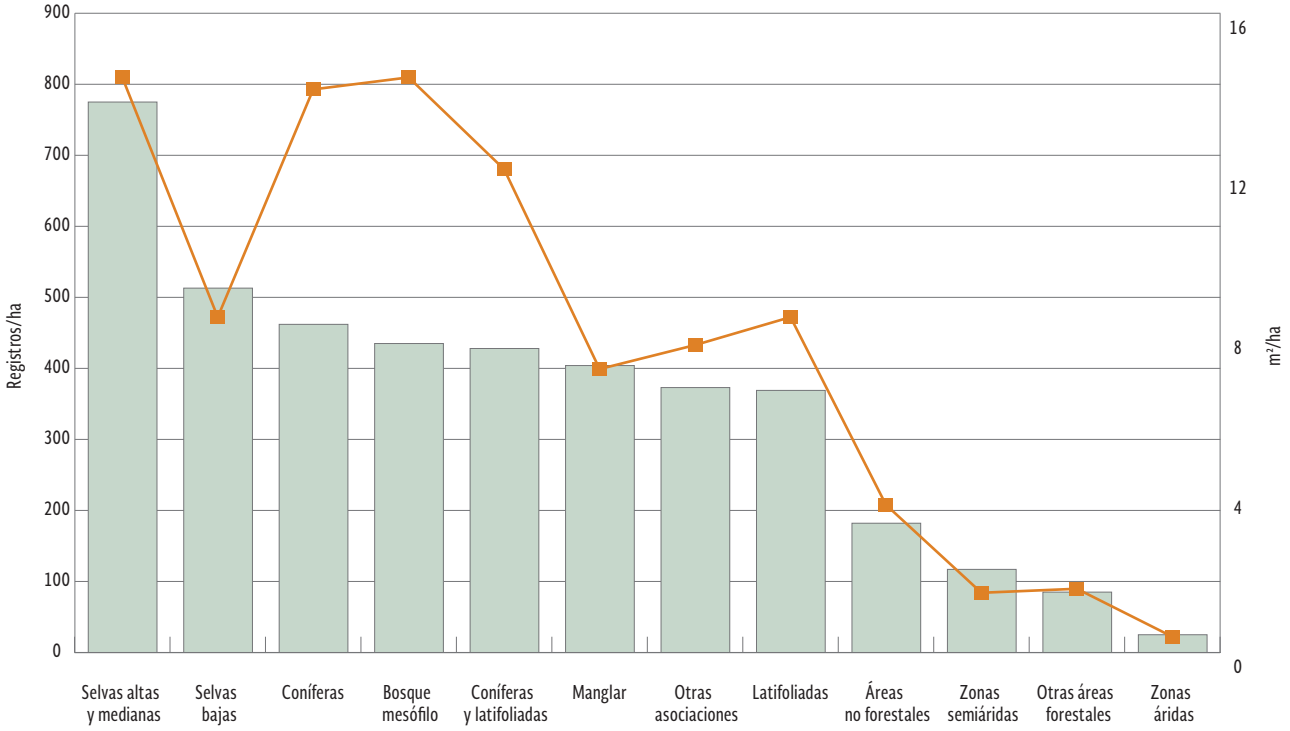
Estimaciones promedio.

TABLA 25. ÁREA BASAL PROMEDIO POR FORMACIÓN FORESTAL

Ecosistema	Formación forestal	Superficie	UMP	m²/ha	LI	LS	Ds	Er
Bosques	Coníferas	8,103,091	2,659	14.07	13.72	14.43	0.18	2.51
	Coníferas y latifoliadas	12,949,771	4,188	12.06	11.82	12.3	0.12	1.98
	Latifoliadas	11,360,500	3,396	8.42	8.2	8.64	0.11	2.59
	Bosque mesófilo	1,787,065	504	14.43	13.43	15.44	0.51	6.94
Selvas	Selvas altas y medianas	13,562,305	3,830	14.4	14.13	14.68	0.14	1.92
	Selvas bajas	16,464,200	1,513	8.39	8.08	8.71	0.16	3.74
Otras asociaciones		540,160	68	7.73	5.71	9.75	1.03	26.19
Manglar		939,636	218	7.07	5.94	8.2	0.58	16.04
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	20,330,470	1,857	1.54	1.43	1.64	0.06	7.12
	Zonas áridas	35,974,540	888	0.38	0.29	0.47	0.04	22.65
Otras áreas forestales		15,833,401	549	1.6	1.32	1.87	0.14	17.24
Áreas no forestales		54,513,695	2,739	3.74	3.55	3.93	0.1	5.18
Total		192,358,832	22,409					

Ds = Desviación estándar. Er= Error relativo.

FIGURA 15. DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA BASAL Y SU RELACIÓN CON LA DENSIDAD



	Selvas altas y medianas	Selvas bajas	Coníferas	Bosque mesófilo	Coníferas y latifoliadas	Manglar	Otras asociaciones	Latifoliadas	Áreas no forestales	Zonas semiáridas	Otras áreas forestales	Zonas áridas
Densidad	775	513	462	435	428	404	373	369	182	117	85	25
Área basal	14.4	8.4	14.1	14.4	12.1	7.1	7.7	8.4	3.7	1.5	1.6	0.4

Estimaciones promedio.

La relación del área basal con respecto a la densidad, tiene un comportamiento similar a lo presentado para otros indicadores en donde, en este caso el valor del área basal total de un ecosistema, aumenta a medida que hay un incremento en el número de árboles por hectárea. Sin embargo, el área basal individual disminuye debido a la competencia por recursos (Daniel *et ál.*, 1982, citado por CONAFOR, 2012). En los bosques mesófilos, coníferas y coníferas y latifoliadas, el incremento en el área basal por hectárea obedece a la presencia de individuos de dimensiones mayores, no así a la densidad.

Área basal por categoría diamétrica

Por ecosistema se estimó el área basal y la densidad promedio por hectárea para las categorías diamétricas con suficientes datos, el comportamiento del área basal en las zonas forestales del país, mantiene una estrecha relación entre el número de individuos y las categorías diamétricas con la mayor densidad, como se puede ver en las figuras 16, 17 y 18, son aquellas en las que se concentra el área basal.

El mayor área basal estimado se encuentra en la categoría diamétrica de 10 centímetros y gradualmente disminuye, a excepción de los bosques templados en los que la categoría diamétrica de 15 centímetros presenta un promedio de área basal ligeramente mayor al resto de las clases.

FIGURA 16. ÁREA BASAL POR CATEGORÍA DIAMÉTRICA Y SU RELACIÓN CON LA DENSIDAD EN ECOSISTEMAS DE BOSQUES

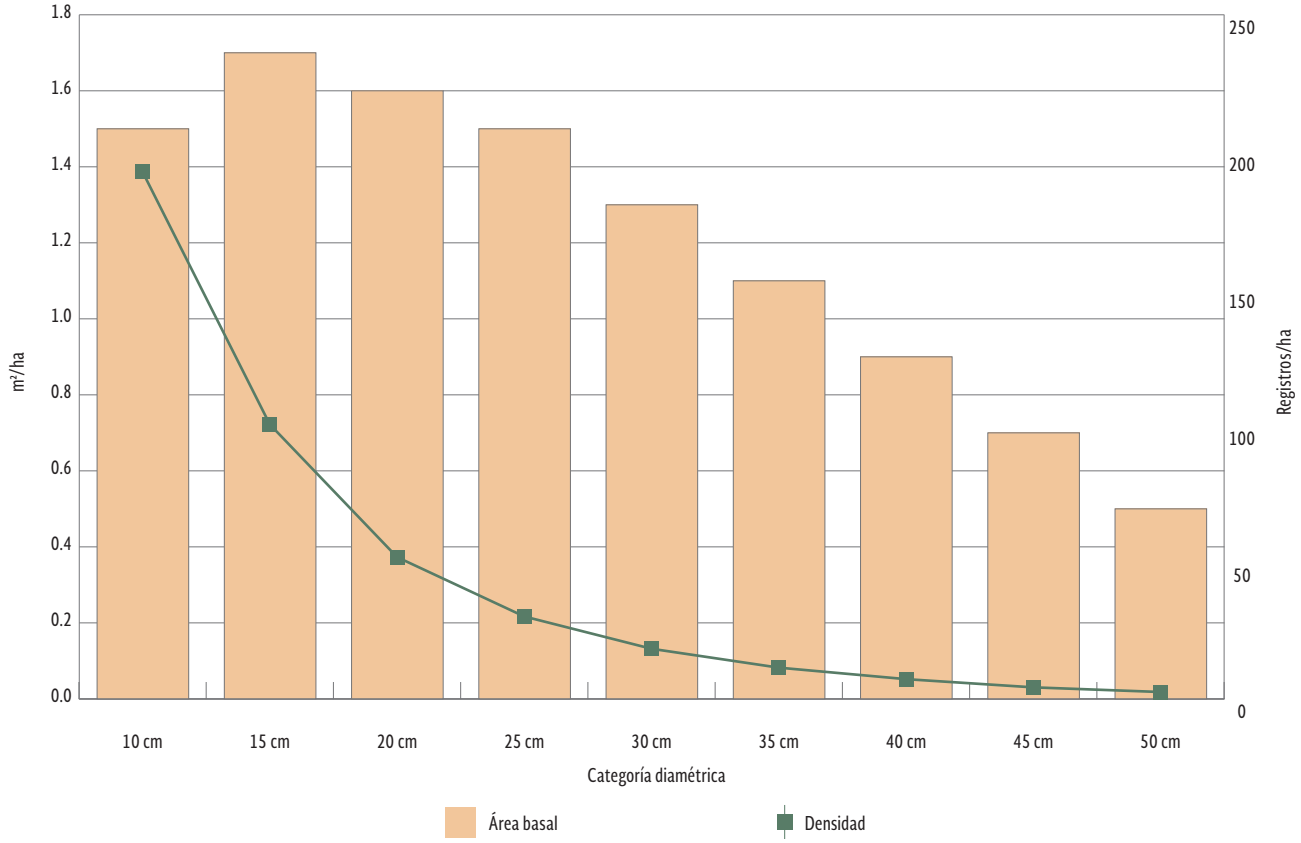


FIGURA 17. ÁREA BASAL POR CATEGORÍA DIAMÉTRICA Y SU RELACIÓN CON LA DENSIDAD EN ECOSISTEMAS DE SELVAS

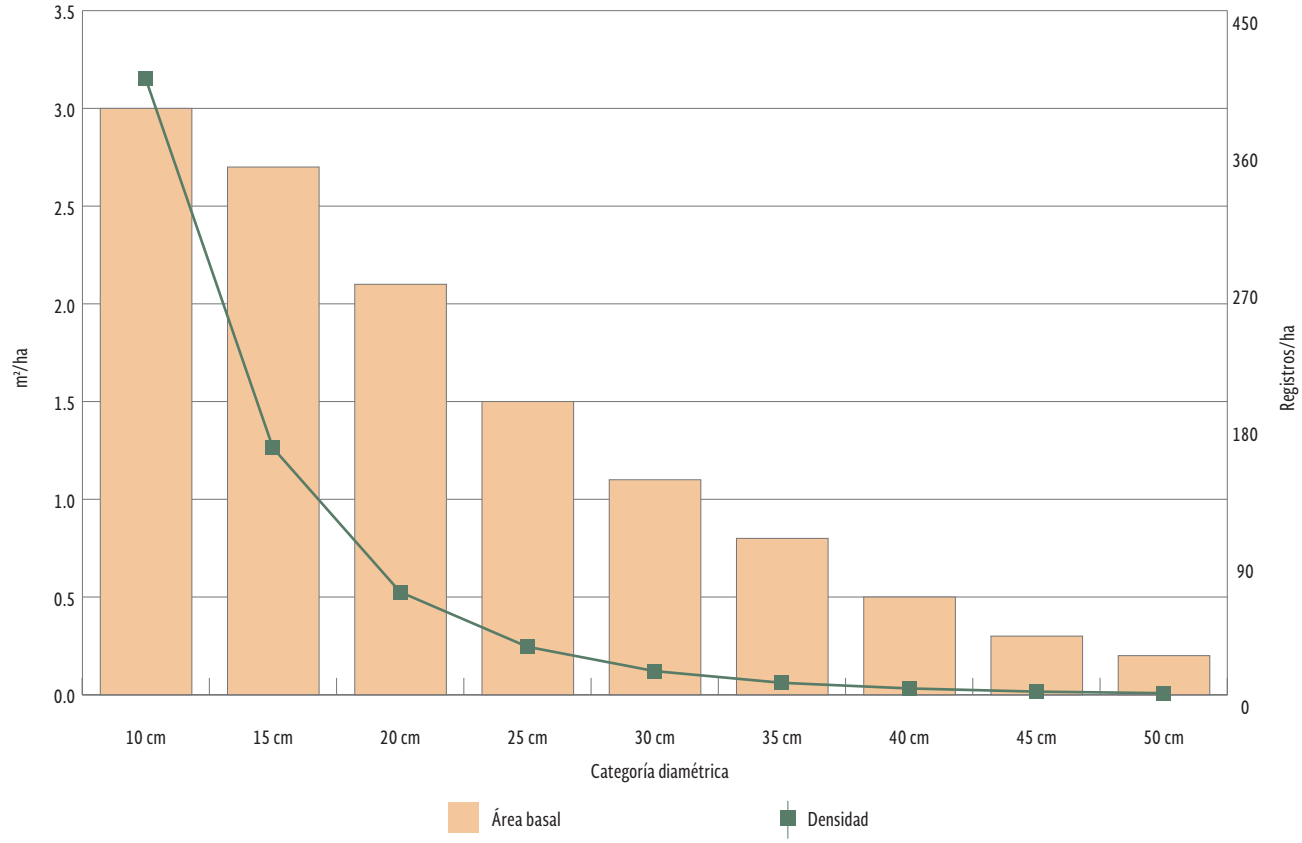


FIGURA 18. ÁREA BASAL POR CATEGORÍA DIAMÉTRICA Y SU RELACIÓN CON LA DENSIDAD EN ECOSISTEMAS DE MANGLAR

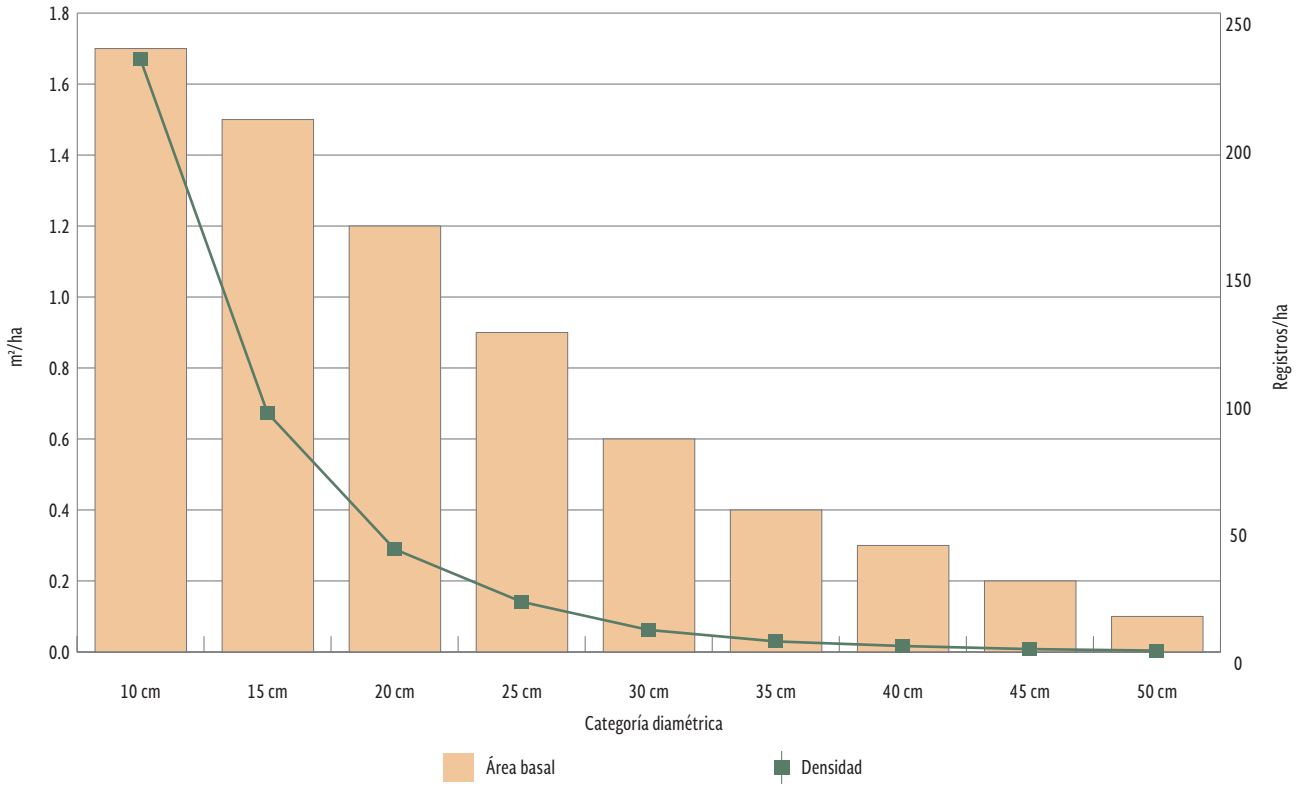


TABLA 26. ÁREA BASAL POR CATEGORÍA DIAMÉTRICA Y ECOSISTEMA FORESTAL

Categoría diamétrica (cm)			10	15	20	25	30	35	40	45	50
Bosques	Área basal	m²/ha	1.47	1.71	1.59	1.46	1.29	1.09	0.90	0.68	0.50
		Er	1.71	1.58	1.61	1.75	1.94	2.25	2.72	3.31	4.24
	Densidad	Reg/ha	192.65	100.41	51.88	30.21	18.45	11.52	7.28	4.33	2.55
		Er	1.73	1.58	1.61	1.75	1.93	2.25	2.71	3.31	4.24
Selvas	Área basal	m²/ha	3	2.73	2.05	1.52	1.08	0.76	0.53	0.35	0.23
		Er	1.89	1.96	2.24	2.58	3.06	3.74	4.64	5.74	7.62
	Densidad	Reg/ha	405.31	162.51	67.74	31.66	15.68	8.03	4.26	2.21	1.20
		Er	1.90	1.96	2.23	2.57	3.05	3.73	4.62	5.73	7.60
Manglar	Área basal	m²/ha	1.71	1.55	1.22	0.94	0.60	0.40	0.29	0.18	0.11
		Er	14.70	16.79	20.30	25.87	26.96	30.04	32.69	42.89	57.10
	Densidad	Reg/ha	232.03	93.61	40.30	19.69	8.71	4.24	2.38	1.16	0.58
		Er	14.86	16.65	20.21	25.89	26.90	30.15	32.89	42.95	57.37

Biomasa aérea

La biomasa vegetal en un ecosistema se contabiliza a partir de la cantidad total de materia orgánica acumulada de los individuos que en él habitan y que se genera a partir de la fotosíntesis, aporta información sobre la capacidad productiva y eficiencia de un sistema, en cuanto a la cantidad de energía que es capaz de aprovechar, convirtiéndola en materia viva o biomasa propiamente.

A partir de la biomasa se determina la proporción de carbono y otros elementos químicos que la forman, y que es relevante conocer para la estimación del carbono almacenado en la vegetación de los diferentes ecosistemas, a su vez es un referente para identificar las etapas de crecimiento de un bosque y su estado de madurez, ya que en un bosque joven generalmente se presenta un aumento en la biomasa, mientras que en uno maduro, la biomasa de los bosques ya no aumenta y el balance en la producción neta se hace cero.

El carbono determinado a partir de la biomasa vegetal, puede diferenciarse de acuerdo con su procedencia o reservorio, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), considera cinco reservorios: biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta (que incluye el material leñoso caído, el arbolado muerto en pie, tocones y hojarasca), mantillo y carbono orgánico del suelo.

En este reporte se incluye únicamente la biomasa aérea de árboles y especies indeterminadas bajo la condición de "vivo" (1,459,793 registros), para lo cual se utilizaron 475 modelos alométricos, entre los que se incluyen modelos por especie, género, tipo de vegetación y modelos generales.

La estimación de la biomasa requirió de una asignación de modelos para aquellas especies que no contaban con una ecuación específica. Como criterios técnicos de asignación se consideró la coincidencia en ecorregión, tipo de vegetación y los parámetros estadísticos del modelo, como el tamaño de muestra y la amplitud del rango diamétrico.

Para aquellos registros a los que se les asignó un modelo alométrico general, se tomó en cuenta la densidad de la madera, este dato es obtenido de 21,000 valores generados a partir de virutas muestreadas por el INFyS y de su análisis en laboratorio, además de valores incluidos en la literatura y proyectos afines.

En los bosques mesófilos, coníferas, selvas altas y medianas y coníferas y latifoliadas, es donde se encuentra la mayor cantidad de biomasa aérea, con valores que van desde 53.66 a 75.1 toneladas por hectárea; en las zonas áridas y semiáridas, la biomasa es menor con 0.71 y 3.55 toneladas por hectárea debido a que solo se está cuantificando el estrato arbóreo, específicamente las especies con formas de vida arboladas (tabla 27).

TABLA 27. BIOMASA AÉREA PROMEDIO POR FORMACIÓN FORESTAL

Ecosistema	Formación forestal	Superficie	UMP	Ton/ha	LI	LS	Ds	Er
Bosques	Coníferas	8,103,091	2,659	63.43	61.37	65.49	1.05	3.25
	Coníferas y latifoliadas	12,949,771	4,188	53.66	52.26	55.05	0.71	2.6
	Latifoliadas	11,360,500	3,396	34.25	33.11	35.38	0.58	3.31
	Bosque mesófilo	1,787,065	504	75.1	68.37	81.83	3.43	8.96
Selvas	Selvas altas y medianas	13,562,305	3,830	56.68	55.22	58.13	0.74	2.57
	Selvas bajas	16,464,200	1,513	25	23.83	26.18	0.6	4.71
Otras asociaciones		540,160	68	36.24	24.04	48.45	6.23	33.67
Manglar		939,636	218	36.18	29.14	43.21	3.59	19.45
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	20,330,470	1,857	3.55	3.23	3.86	0.16	8.97
	Zonas áridas	35,974,540	888	0.71	0.51	0.91	0.1	28.78
Otras áreas forestales		15,833,401	549	5.4	4.33	6.48	0.55	19.96
Áreas no forestales		54,513,695	2,739	14.3	13.36	15.24	0.48	6.58
Total		**192,358,832**	**22,409**					

Ds = Desviación estándar. Er= Error relativo.

De acuerdo con la literatura, las especies arboladas concentran la mayor cantidad de biomasa en un ecosistema, sin embargo en el estrato arbustivo y herbáceo existe un gran número de especies cuya aportación al potencial de estas áreas como sumideros de carbono es relevante, sobre todo en países como México donde los ecosistemas áridos y semiáridos ubicados principalmente en los desiertos de Chihuahua y Sonora hasta la península de Baja California y gran parte de Sonora, representan 40.8% de la superficie forestal, con una gran presencia de matorrales y comunidades vegetales de porte arbustivo. Muchas de estas especies no se cuenta con modelos alométricos precisos para la estimación de biomasa, por lo tanto se excluyeron como una medida conservadora.

No solo en los matorrales xerófilos el estrato arbustivo y herbáceo cobra importancia, en los bosques templados y tropicales el sotobosque tiene una importante cobertura, incluyendo la regeneración del arbolado y que forma parte de la biomasa del ecosistema. En este sentido se identifica un área de oportunidad para el monitoreo de los recursos forestales a desarrollarse, dado que el INFyS recaba información básica de estos estratos.

Carbono almacenado

Como es sabido, el carbono es un compuesto que como resultado de la fotosíntesis, es retenido en la biomasa vegetal, principalmente en la parte leñosa, la importancia de la valoración del carbono en los ecosistemas radica en la capacidad de los bosques y selvas para capturar, almacenar o liberar este gas a la atmósfera, el carbono es uno de los gases de efecto invernadero (GEI) más importante producido por las actividades humanas, incluida la deforestación, y que ha contribuido a un aumento en las concentraciones de CO_2 en la atmósfera de la Tierra, la reversión de los efectos de la deforestación implica recapturar el carbono y disminuir la concentración de GEI para ayudar a reducir el calentamiento global y mitigar sus efectos.

Para transformar el valor de biomasa a carbono y conocer el potencial de los ecosistemas como sumideros de carbono, se utiliza una fracción de carbono obtenida de una base de datos con 47 valores, además de un valor promedio (0.48) utilizado para aquellos registros sin fracción de carbono específico e indeterminados, esto se realiza para los 1,459,793 registros utilizados en la estimación de biomasa.

En los resultados se puede ver la relación de la cantidad de biomasa con el carbono almacenado, las formaciones con mayor contenido de carbono son las mismas, de tal forma que los bosques mesófilos, coníferas, selvas altas y medianas y coníferas y latifoliadas son los sumideros más importantes con rangos de 35.24 a 25.12 toneladas de CO_2 almacenadas por hectárea y en la estimación para el arbolado, los matorrales xerófilos almacenan una menor cantidad con valores de 0.32 a 1.55 toneladas de CO_2 almacenadas por hectárea (tabla 28).

TABLA 28. CARBONO ALMACENADO PROMEDIO POR FORMACIÓN FORESTAL

Ecosistema	Formación forestal	Superficie	UMP	Ton C/ha	LI	LS	Ds	Er
Bosques	Coníferas	8,103,091	2,659	30	29.01	30.98	0.5	3.28
	Coníferas y latifoliadas	12,949,771	4,188	25.12	24.46	25.78	0.34	2.63
	Latifoliadas	11,360,500	3,396	15.7	15.18	16.23	0.27	3.35
	Bosque mesófilo	1,787,065	504	35.24	32.03	38.45	1.64	9.1
Selvas	Selvas altas y medianas	13,562,305	3,830	25.25	24.6	25.9	0.33	2.58
	Selvas bajas	16,464,200	1,513	11.04	10.52	11.56	0.27	4.72
Otras asociaciones		540,160	68	16.34	10.71	21.98	2.87	34.45
Manglar		939,636	218	15.79	12.71	18.87	1.57	19.52
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	20,330,470	1,857	1.55	1.41	1.69	0.07	8.91
	Zonas áridas	35,974,540	888	0.32	0.23	0.41	0.05	28.64
Otras áreas forestales		15,833,401	549	2.48	1.98	2.97	0.25	19.94
Áreas no forestales		54,513,695	2,739	6.54	6.11	6.98	0.22	6.68
Total		**192,358,832**	**22,409**					

Ds = Desviación estándar. Er= Error relativo.

Es importante resaltar la mención realizada en el apartado de biomasa, dado que el carbono almacenado se estima a partir de ella, a medida que el contenido de biomasa de los estratos arbustivo y herbáceo se determine, será mejor la evaluación y monitoreo de los ecosistemas como sumideros de carbono.

Volumen maderable

Un indicador básico para la planeación y manejo del recurso forestal es el volumen promedio de madera en un área determinada, que se obtiene a partir del cálculo del volumen individual de los árboles muestreados. Para ello se utilizaron 1,085 modelos alométricos para la estimación de volumen de fuste con corteza (volumen rollo total árbol-RTA) que incluyen como variables dependientes el diámetro normal y la altura total.

Los principales insumos fueron 174 diferentes ecuaciones y 3 factores de forma que provienen de las publicaciones estatales del primer Inventario Nacional Forestal (INF) 1961-1985 y que fueron generados a partir de mediciones de árboles realizadas con dendrómetro y ajustes de modelos con análisis de regresión (UNCDF-FAO, 1965), adicionalmente se incorporaron 911 modelos generados a través del proyecto "Sistema biométrico para la planeación del manejo forestal sustentable de los ecosistemas con potencial maderable en México (SiBiFor)", financiado por el Fondo Sectorial CONACyT-CONAFOR y complementados con modelos implementados en el Sistema de Planeación Forestal para el Bosque Templado (SiPlaFor) para los estados de Chihuahua y Durango.

El uso de estas ecuaciones, para el caso de las extraídas del primer Inventario Nacional Forestal, se realiza para aplicarse en forma determinada por especie o grupo de especies y para alguna zona o región específica, en el caso de las ecuaciones del SiBiFor y SiPlaFor, están en función de la especie o grupo biométrico (grupo de especies) y por Unidad de Manejo Forestal (UMAFOR) o Estado.

Para calcular el volumen de la totalidad del arbolado muestreado, fue necesario realizar una asignación de ecuaciones para aquellas especies que no cuentan con un modelo específico, bajo criterios técnicos como la afinidad taxonómica por especie, género, familia o grupo de especies y la similitud de condiciones ambientales por región.

El ecosistema con la mayor cantidad de volumen maderable es el bosque mesófilo con 98.76 m^3/ha, lo cual se ve reflejado por la presencia de individuos con diámetros promedio mayores que en otros tipos de bosque y es también la formación con mayor área basal promedio estimada, si bien los bosques mesófilos son una fuente importante de productos maderables y no maderables, han sido fuertemente amenazados por la actividad humana y al tener un área de ocupación y distribución naturalmente fragmentada, se convierten en un ecosistema frágil ante la degradación y de gran valor por su biodiversidad y servicios ambientales, por lo que son catalogados dentro de la Zonificación Forestal como un área de conservación y aprovechamiento restringido o prohibido, lo cual debe tomarse en consideración al realizar una manejo racional del recurso forestal. (CONABIO, 2010; CONAFOR, 2011).

En orden de magnitud, los bosques de coníferas y las selvas altas y medianas presentan volumenes por hectárea de 87.05 y 82.48 m^3/ha respectivamente, para el resto de las formaciones los voumenes promedio fluctúan entre 62 y 0.3 m^3/ha como se puede ver en la tabla 29, esta estimación considera todas las especies arbóreas e indeterminadas muestreadas lo que representa el valor promedio total del volumen maderable para cada formación forestal.

Las especies maderables que tradicionalmente han sido aprovechadas con fines comerciales y que forman la mayor concentración de la producción forestal maderable, se pueden incluir en cinco grupos, tomando como referencia la clasificación realizada por el INEGI con base en los Anuarios Estadísticos de la Producción Forestal (INEGI, 2001) y las especies consideradas en catálogos de especies maderables de México (CONAFOR, 2009; PNUD, 2012), a partir de esta distinción se estimó el volumen maderable como se presenta en la tabla 30.

Las estimaciones a este nivel pueden tomar un carácter indicativo para ciertos grupos de especies, tomando como referencia el error relativo de la estimación, los errores altos se explican por la presencia de un número reducido de especies muestreadas para realizar el cálculo, y que bien pueden encontrarse en un ambiente determinado, pero no son característicos de ese ecosistema o su distribución y cuantía son limitadas, por lo que se recomienda considerar el margen de error de estos valores al momento de referirlos; el criterio para presentar esta información, fue incluir únicamente la estimación para aquellas formaciones que tuvieran datos en al menos 30 conglomerados por grupo de especies.

Como ejemplo, se puede observar el caso de los bosques de coníferas en donde el volumen por hectárea del grupo I y IV tienen errores relativos de alrededor de 4%, lo que nos indica una mayor confiabilidad en la estimación de volumen para pinos y encinos a diferencia de los grupos II y III con errores 33.04 y 16.46 respectivamente, sin embargo la estimación de los grupos V y VI que corresponden a especies de maderas preciosas y comunes, tienen un error relativo menor en las selvas ya que son propias de ecosistemas tropicales.

TABLA 29. VOLUMEN MADERABLE PROMEDIO POR FORMACIÓN FORESTAL

Ecosistema	Formación forestal	Superficie	UMP	m³/ha	LI	LS	Ds	Er
Bosques	Coníferas	8,103,090.8	2,659	87.05	83.58	90.51	1.77	3.98
	Coníferas y latifoliadas	12,949,770.6	4,188	62	60.03	63.96	1	3.17
	Latifoliadas	11,360,499.5	3,396	31.42	30.20	32.63	0.62	3.86
	Bosque mesófilo	1,787,065.3	504	98.76	89.90	107.63	4.52	8.98
Selvas	Selvas altas y medianas	13,562,304.5	3,830	82.48	80.55	84.40	0.98	2.34
	Selvas bajas	16,464,200	1,513	32.45	30.85	34.06	0.82	4.94
Otras asociaciones		540,160	68	41.52	25.13	57.92	8.36	39.49
Manglar		939,635.8	218	32.77	26.45	39.09	3.22	19.28
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	20,330,470.4	1,857	1.15	0.97	1.33	0.09	15.41
	Zonas áridas	35,974,539.5	888	0.30	0.16	0.44	0.07	47.10
Otras áreas forestales		15,833,401.1	549	5.12	3.93	6.31	0.61	23.25
Áreas no forestales		54,513,694.7	2,739	18.18	16.94	19.42	0.63	6.83
Total		**192,358,832.2**	**22,409**					

Ds = Desviación estándar. Er= Error relativo.

TABLA 30. VOLUMEN MADERABLE PROMEDIO POR GRUPO DE ESPECIES Y FORMACIÓN FORESTAL

Ecosistema	Formación forestal	Superficie	UMP	Templado								Tropical			
				Coníferas						Latifoliadas					
				I - Pino		II - Oyamel		III - Otras		IV - Encino		V - Preciosas		VI - Comunes	
				m³/ha	Er	m³/ha	Er	m³/ha	Er	m³/ha	Er	m³/ha	Er	m³/ha	Er
Bosques	Coníferas	8,103,091	2,659	54.75	4.69	5.81	33.04	2.5	16.46	17.33	4.93	-	-	-	-
	Coníferas y latifoliadas	12,949,771	4,188	29.14	5.43	-	-	1.42	15.4	22.15	3.53	-	-	0.41	23.31
	Latifoliadas	11,360,500	3,396	3.7	13.61	-	-	1	15.97	17.49	4.87	-	-	0.72	22.31
	Bosque mesófilo	1,787,065	504	27.27	25.21	-	-	-	-	18.58	16.4	-	-	-	-
Selvas	Selvas altas y medianas	13,562,305	3,830	-	-	-	-	-	-	0.97	23.92	1.34	14.58	38.85	3.16
	Selvas bajas	16,464,200	1,513	-	-	-	-	-	-	1.42	24.61	-	-	6.27	12.35
Otras asociaciones		540,160	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manglar		939,636	218	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	20,330,470	1,857	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	34.25
	Zonas áridas	35,974,540	888	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otras áreas forestales		15,833,401	549	-	-	-	-	-	-	1.42	32.27	-	-	-	-
Áreas no forestales		54,513,695	2,739	3.32	19.96	-	-	-	-	2.54	13.79	-	-	3.39	12.51
Total		**192,358,832**	**22,409**												

Las estimaciones se omiten en las formaciones donde no se alcanzó un tamaño de muestra de al menos 30 conglomerados con registro del grupo de especie.

Er= Error relativo.

Existencias reales

Las existencias reales totales en los ecosistemas, son la cantidad que existe en un área, país o región de volumen, biomasa o carbono almacenado según sea el caso, en forma de vegetación establecida, tiene estrecha relación con la condición o fase sucesional en la que se encuentren las poblaciones estudiadas, para una estimación más precisa, se hace una distinción entre la vegetación primaria y secundaria, dado que es determinante en la productividad del ecosistema y el área de la vegetación de estas dos condiciones suelen tener diferencias significativas, de lo contrario se tiende a sobrestimar el dato.

Esto es posible determinarlo a nivel nacional con el uso de la cartografía de Uso de Suelo y Vegetación realizada por el INEGI, que dentro de su categorización incluye la fase sucesional primaria y secundaria de los tipos de vegetación de México, de tal forma que las estimaciones de estos indicadores dasométricos se han podido generar a este detalle.

Bajo esta perspectiva, el país cuenta con existencias totales cercanas a los 3,831 millones de m^3 de madera en rollo en pie, de las cuales 97.4% se encuentra en la mitad de la superficie forestal que corresponde al área arbolada, es decir en 65.7 millones de hectáreas. Los valores promedio del volumen maderable por hectárea, de acuerdo con lo esperado, son mayores en la vegetación primaria y aportan el 54.4% de las existencias totales. La contribución más significativa proviene de las siguientes cuatro formaciones forestales, selvas altas y medianas en etapa sucesional secundaria (20%), coníferas y latifoliadas (13.7%), coníferas (13.2%) y selvas altas y medianas (9.6%), estas tres últimas en condición primaria.

Las existencias totales en biomasa aérea se estiman en 3,109 millones de toneladas de biomasa y 95% se concentran en la superficie arbolada, al igual que para las existencias volumétricas las formaciones forestales con mayor cantidad de biomasa son las selvas altas y medianas en condición secundaria (16.6%) que es el tipo de vegetación con mayor superficie (10.3 millones de hectáreas), coníferas y latifoliadas (14.6%), coníferas (11.6%) y selvas altas y medianas (8.6%), en etapa sucesional primaria.

Finalmente, en términos de carbono almacenado se contabiliza un total de 1,420 millones de toneladas, la fracción de carbono de la vegetación, de acuerdo con lo descrito anteriormente, está en función de la biomasa estimada y presenta una proporción similar en cuanto a existencias totales con ligeras variaciones, las áreas arboladas son en 95.2% las que almacenan más cantidad de carbono y en específico las selvas altas y medianas bajo condición secundaria (16.1%), coníferas y latifoliadas primarias (14.9%), coníferas (12%) y tanto las latifoliadas en etapa primaria como las coníferas y latifoliadas en etapa secundaria (7.8%).

La información desagregada por condición primaria y secundaria puede observarse en las tablas 31 y 32, para formaciones forestales como otras asociaciones arboladas y zonas áridas, se puede ver que los errores relativos de estimación son altos, sobre todo en la vegetación secundaria con un número reducido de conglomerados muestreados bajo esta condición y al tener un menor número de especies arbóreas en su composición, por lo que es importante considerar los rangos o intervalos de confianza de las existencias totales que toman en cuenta estos errores de estimación.

Selva mediana, Montes Azules, Chiapas.

TABLA 31. EXISTENCIAS TOTALES EN VEGETACIÓN PRIMARIA POR FORMACIÓN FORESTAL

Ecosistema	Formación forestal	Superficie	UMP	Biomasa aérea					Carbono almacenado					Volumen				
				Ton/ha	Toneladas	LI	LS	Er	Ton C/ha	Toneladas	LI	LS	Er	m³/ha	m³ RTA	LI	LS	Er
Bosques	Coníferas	5,210,733.80	1,830	69.21	360,634,886.30	346,930,656.40	374,339,116.19	3.8	32.78	170,807,853.96	164,242,329.38	177,373,378.55	3.84	97.22	506,587,540.04	482,826,593.91	530,296,378.83	4.68
	Coníferas y latifoliadas	8,136,657.80	2,756	55.67	452,967,739.73	438,809,955.15	467,125,524.30	3.13	26.04	211,878,569.11	25,711,838.65	205,206,509.72	3.16	64.72	526,604,492.82	506,181,481.74	547,027,503.89	3.88
	Latifoliadas	6,493,142.90	1,974	37.48	243,362,995.89	233,298,624.40	253,427,367.39	4.14	17.17	111,487,263.59	27,141,337.32	106,812,200.71	4.18	34.49	223,948,498.62	212,715,361.40	235,181,635.84	5.02
	Bosque mesófilo	823,141.20	217	109.14	89,837,630.57	80,099,870.17	99,567,159.55	10.84	51.09	42,054,283.91	37,354,147.66	46,746,188.75	11.16	143.54	118,153,687.85	105,065,742.77	131,241,632.93	11.07
Selvas	Selvas altas y medianas	3,236,411.50	802	82.96	268,492,698.04	256,356,154.92	280,629,241.17	4.52	37.05	119,909,046.08	114,439,510.64	125,346,217.40	4.55	113.68	367,915,259.32	353,221,951.11	382,608,567.53	3.99
	Selvas bajas	6,931,309.40	640	27.82	192,829,027.51	179,798,165.84	205,790,576.09	6.75	12.26	84,977,853.24	79,224,866.44	90,800,153.14	6.78	36.66	254,101,802.60	236,011,085.07	272,261,833.23	7.12
Otras asociaciones		533,828.20	66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manglar		842,975.50	201	37.17	31,333,399.34	25,011,083.09	37,664,145.34	20.19	16.19	13,647,773.35	10,882,813.71	16,421,162.74	20.31	34.05	28,703,315.78	22,987,941.89	34,410,259.91	19.9
Subtotal arbolado		**32,208,200.30**	**8,486**		**1,639,458,377.37**	**1,560,304,509.96**	**1,718,543,130.02**	-	-	**754,762,643.24**	**458,996,843.79**	**768,705,811.00**			**2,026,014,597.02**	**1,919,010,157.88**	**2,133,027,812.16**	-
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	18,083,477.10	1,651	3.61	65,281,352.33	59,132,970.12	71,429,734.55	9.41	1.57	28,391,059.05	25,859,372.25	31,103,580.61	9.38	1.13	20,434,329.12	16,998,468.47	23,870,189.77	16.98
	Zonas áridas	32,733,431.40	795	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otras áreas forestales		11,488,048.40	374	3.65	41,931,376.66	30,673,089.23	53,074,783.61	26.8	1.65	18,955,279.86	13,900,538.56	24,010,021.16	26.57	3.23	37,106,396.33	25,388,586.96	48,824,205.70	31.58
Total		**94,513,157.20**	**11,306**		**1,746,671,106.36**	**1,650,110,569.31**	**1,843,047,648.17**			**802,108,982.15**	**498,756,754.61**	**823,819,412.76**			**2,083,555,322.48**	**1,961,397,213.32**	**2,205,722,207.63**	

Las estimaciones se omiten en las formaciones donde no se alcanzó un tamaño de muestra de al menos 30 conglomerados o por no presentar número de registros suficientes para su estimación.

Er= Error relativo.

TABLA 32. EXISTENCIAS TOTALES EN VEGETACIÓN SECUNDARIA POR FORMACIÓN FORESTAL

Ecosistema	Formación forestal	Superficie	UMP	Biomasa aérea					Carbono almacenado					Volumen				
				Ton/ha	Toneladas	LI	LS	Er	Ton C/ha	Toneladas	LI	LS	Er	m³/ha	m³ RTA	LI	LS	Er
Bosques	Coníferas	2,892,357	829	50.64	146,468,958.48	137,878,658.19	155,030,335.20	5.85	23.83	68,924,867.31	64,846,643.94	73,003,090.68	5.92	64.54	186,672,720.78	174,177,738.54	199,196,626.59	6.7
	Coníferas y latifoliadas	4,813,112.80	1,432	49.99	240,607,508.87	229,489,218.30	251,677,668.31	4.62	23.34	112,338,052.75	22,525,367.90	107,091,759.80	4.68	56.71	272,951,626.89	258,127,239.46	287,776,014.31	5.43
	Latifoliadas	4,867,356.60	1,422	29.86	145,339,268.08	137,454,150.38	153,175,712.20	5.4	13.66	66,488,091.16	26,673,114.17	62,837,573.71	5.48	27.15	132,148,731.69	124,360,961.13	139,936,502.25	5.88
	Bosque mesófilo	963,924.20	287	51.43	49,574,621.61	43,251,278.85	55,888,325.12	12.74	23.98	23,114,902.32	20,126,737.30	26,093,428.09	12.91	66.93	64,515,446.71	56,505,236.60	72,535,296.05	12.42
Selvas	Selvas altas y medianas	10,325,893.10	3,028	49.92	515,468,583.55	500,392,779.63	530,544,387.48	2.92	22.2	229,234,826.82	222,522,996.31	235,946,657.34	2.93	74.41	768,349,705.57	747,388,142.58	789,311,268.56	2.72
	Selvas bajas	9,532,890.60	873	22.93	218,589,181.46	204,385,174.46	232,697,859.55	6.48	10.15	96,758,839.59	90,467,131.79	103,050,547.39	6.5	29.4	280,266,983.64	261,201,202.44	299,237,435.93	6.79
Otras asociaciones		6,331.80	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manglar		96,660.40	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal arbolado		33,498,526.30	7,890	-	1,316,048,122.04	1,252,851,259.82	1,379,014,287.85	-	-	596,859,579.94	447,161,991.41	608,023,057	-	-	1,704,905,215.28	1,621,760,520.76	1,787,993,143.70	-
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	2,246,993.30	206	3.07	6,898,269.43	4,875,975.46	8,920,563.40	29.41	1.35	3,033,440.96	2,157,113.57	3,909,768.34	28.6	1.33	2,988,501.09	1,977,354.10	3,999,648.07	33.62
	Zonas áridas	3,241,108.10	93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otras áreas forestales		4,345,352.80	175	9.17	39,846,885.18	28,635,874.95	51,101,348.93	28.2	4.25	18,467,749.40	13,253,326.04	23,682,172.76	28.18	9.18	39,890,338.70	27,028,094.42	52,752,582.99	32.2
Total		**43,331,980.50**	**8,364**		**1,362,793,276.65**	**1,286,363,110.24**	**1,439,036,200.18**			**618,360,770.30**	**462,572,431.02**	**635,614,998.10**			**1,747,784,055.07**	**1,650,765,969.28**	**1,844,745,374.77**	

Las estimaciones se omiten en las formaciones donde no se alcanzó un tamaño de muestra de al menos 30 conglomerados o por no presentar número de registros suficientes para su estimación.

Er= Error relativo.

Incremento medio anual (IMA)

El crecimiento y el potencial de la productividad de la masa forestal pueden ser medidos a través de la evaluación del volumen maderable acumulado en un determinado tiempo, lo que se conoce como el Incremento Medio Anual (IMA), existen diversos métodos para su estimación, tanto directos como indirectos, el INFyS sigue el método directo del taladro de Pressler, que consiste en hacer una perforación en ángulo recto a una altura de 1.30 metros en aquellos árboles seleccionados para la extracción de un cilindro o viruta de incremento, que en el INFyS es conocido como submuestra, con su análisis se obtiene el incremento en diámetro de los árboles muestreados durante su vida, al conocer el número de anillos de crecimiento se infiere el incremento promedio anual en volumen. (Klepac, D., 1983).

El IMA se estima para la familia Pinaceae, se incluyen los géneros *Abies*, *Cupressus*, *Juniperus*, *Larix*, *Picea*, *Pinus* y *Pseudotsuga*, este grupo tiene un número de 197,811 registros y de ellos el 20% pertenece a la submuestra, que se concentra principalmente en ecosistemas de bosque con datos adecuados para la estimación del IMA, fuera de este ecosistema se muestrearon 1,846 registros útiles que se agruparon en la clase de otras formaciones forestales.

Los máximos incrementos registrados se encuentran en los bosques mesófilos y los bosques de coníferas, según el IMA estimado y la superficie que ocupan, la productividad anual en los bosques mesófilos es de 5.7 millones de m^3/año, mientras que para las coníferas es de cerca de 17.4 millones de m^3/año, la importancia de los bosques mixtos por su distribución aunque el IMA sea menor, es equiparable a los bosques de coníferas con una productividad de 17.5 millones de m^3/ha. Cabe recordar que el bosque mesófilo tiene un estatus de área de conservación y aprovechamiento restringido o prohibido, de acuerdo a la Zonificación Forestal, y en cuanto al aprovechamiento de este ecosistema debe observarse la legislación aplicable.

En el Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2015 (SEMARNAT, 2016), se menciona que durante el período 2006-2015 la producción forestal maderable ha fluctuado entre 5.5 y 7.0 millones de m^3 rollo al año a nivel nacional, comparado con la productividad de los bosques de coníferas y mixtos, se puede decir que el potencial para incrementar la producción maderable bajo un adecuado manejo y un aprovechamiento sustentable es alto.

TABLA 33. INCREMENTO MEDIO ANUAL (IMA) EN ECOSISTEMAS DE BOSQUE

Ecosistema	Formación forestal	UMP	Submuestra (Registros)	m^3/ha/año	LI	LS	Ds	Er
Bosques	Coníferas	2,417	16,039	2.14	2.03	2.26	0.06	5.49
	Coníferas y latifoliadas	3,180	17,253	1.35	1.27	1.43	0.04	5.81
	Latifoliadas	1,060	3,972	0.55	0.47	0.63	0.04	14.15
	Bosque mesófilo	166	654	3.19	2.56	3.81	0.32	19.66
Otras formaciones forestales		484	1,846	1.32	1.06	1.58	0.13	19.58
Total		7,307	39,764					

Ds = Desviación estándar. Er= Error relativo.

Tiempo de paso medio

El tiempo de paso medio es el número de años requerido para que el diámetro normal de una masa arbolada aumente y alcance la categoría diamétrica superior, o bien aumente 5 centímetros en la amplitud de rango que es característico de las clases diamétricas. Se obtiene a partir de los tiempos de paso individuales mediante el conteo de los anillos de crecimiento en una longitud de 2.5 centímetros (Klepac, D., 1983).

Con los datos obtenidos de la submuestra, se determinó el tiempo de paso promedio por cada categoría diamétrica en las formaciones forestales con presencia de los géneros de la familia *Pinaceae* utilizadas para estimar el IMA, en la tabla 34 se pueden observar las estimaciones para el ecosistema de bosque.

TABLA 34. TIEMPO DE PASO MEDIO POR CATEGORÍA DIAMÉTRICA EN ECOSISTEMAS DE BOSQUE

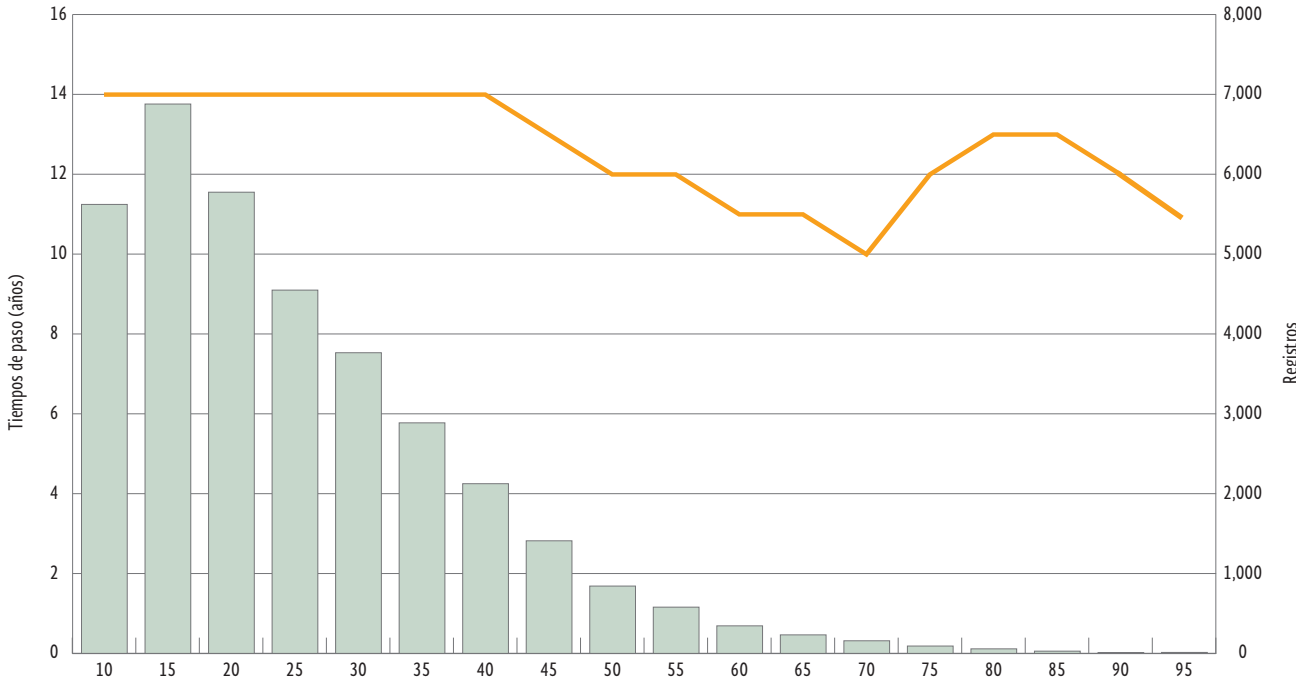
Categoría diamétrica (cm)	Coníferas	Coníferas y latifoliadas	Latifoliadas	Bosque mesófilo	Otras formaciones forestales
[7.5,12.5)	14	14	15	8	11
[12.5,17.5)	15	14	15	9	12
[17.5,22.5)	15	14	14	10	12
[22.5,27.5)	15	14	15	10	12

Categoría diamétrica (cm)	Coníferas	Coníferas y latifoliadas	Latifoliadas	Bosque mesófilo	Otras formaciones forestales
[27.5,32.5)	14	14	15	10	11
[32.5,37.5)	15	14	15	10	12
[37.5,42.5)	14	14	15	10	11
[42.5,47.5)	13	13	13	10	11
[47.5,52.5)	13	12	13	11	12
[52.5,57.5)	12	12	11	10	13
[57.5,62.5)	12	11	12	10	10
[62.5,67.5)	12	10	12	10	11
[67.5,72.5)	11	11	9	9	11
[72.5,77.5)	11	12	12	15	13
[77.5,82.5)	12	14	12	10	21
[82.5,87.5)	13	13	-	13	-
[87.5,92.5)	10	17	-	17	-
[>92.5)	8	11	-	-	-

Para los géneros más representativos se presentan las gráficas de los tiempos de paso medio por clase diamétrica, en el caso del género *Pinus* de la categoría de 10 a 40 centímetros mantiene un equilibrio con un tiempo de paso medio de 14 años, a mayores diámetros se presenta una disminución progresiva y se observa un aumento en las categorías de 75 a 85 centímetros asociado a una disminución de los registros muestreados; para el género *Juniperus* el comportamiento es regular, conforme aumenta el diámetro disminuye el tiempo de paso medio, inicia en 17 años y presenta ligeras variaciones entre 14 y 15 años en las categorías de diámetro mayores.

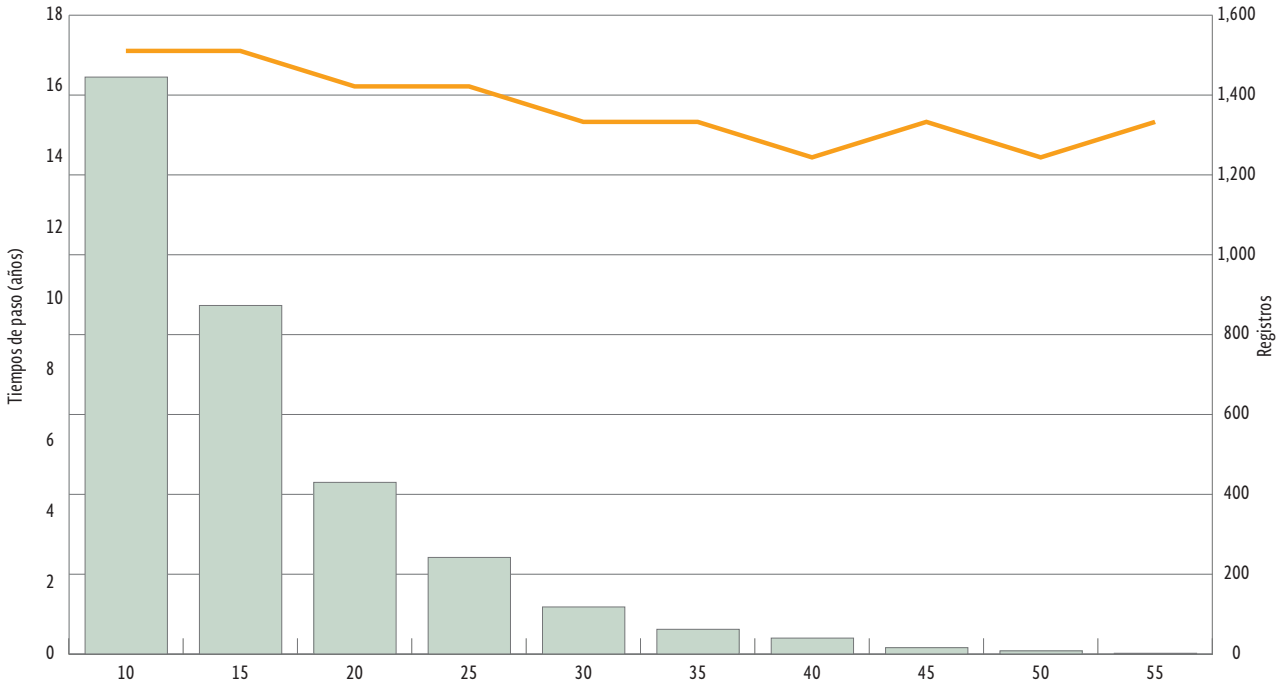
En las clases diamétricas que van de 10 a 55 centímetros, el tiempo de paso medio para el género *Abies* se comporta de manera regular, con variaciones de 9 a 11 años, conforme aumenta el diámetro existen mayores fluctuaciones por una disminución en el número de registros muestreados, al igual que para el género *Cupressus* con tiempos de paso medios con un ligero aumento progresivo de 10 a 14 en las categorías diamétricas de 10 a 30 centímetros y fluctuaciones conforme aumenta el diámetro y disminuye la frecuencia de registros.

FIGURA 19. TIEMPO DE PASO MEDIO POR CATEGORÍA DIAMÉTRICA (CM) PARA EL GÉNERO *PINUS*



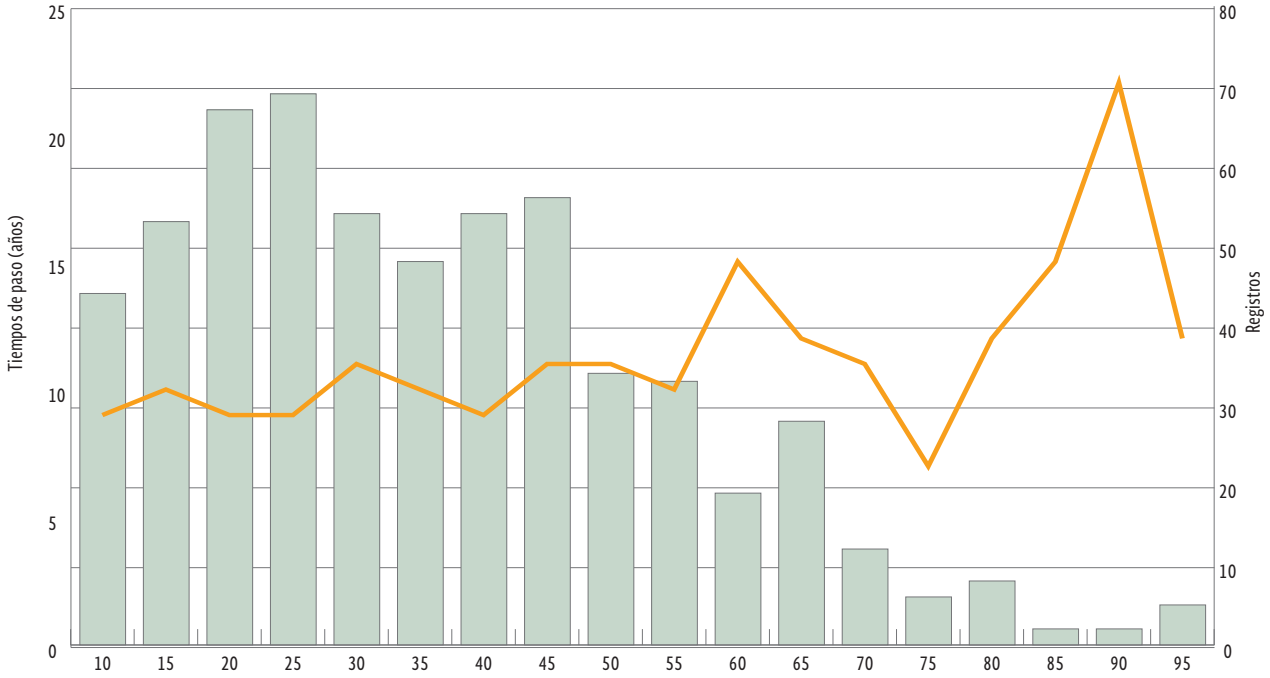
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Registros	5,622	6,879	5,775	4,549	3,765	2,887	2,125	1,410	843	579	345	232	158	92	57	28	10	12
Tiempo de paso medio	14	14	14	14	14	14	14	13	12	12	11	11	10	12	13	13	12	10

FIGURA 20. TIEMPO DE PASO MEDIO POR CATEGORÍA DIAMÉTRICA (CM) PARA EL GÉNERO *JUNIPERUS*



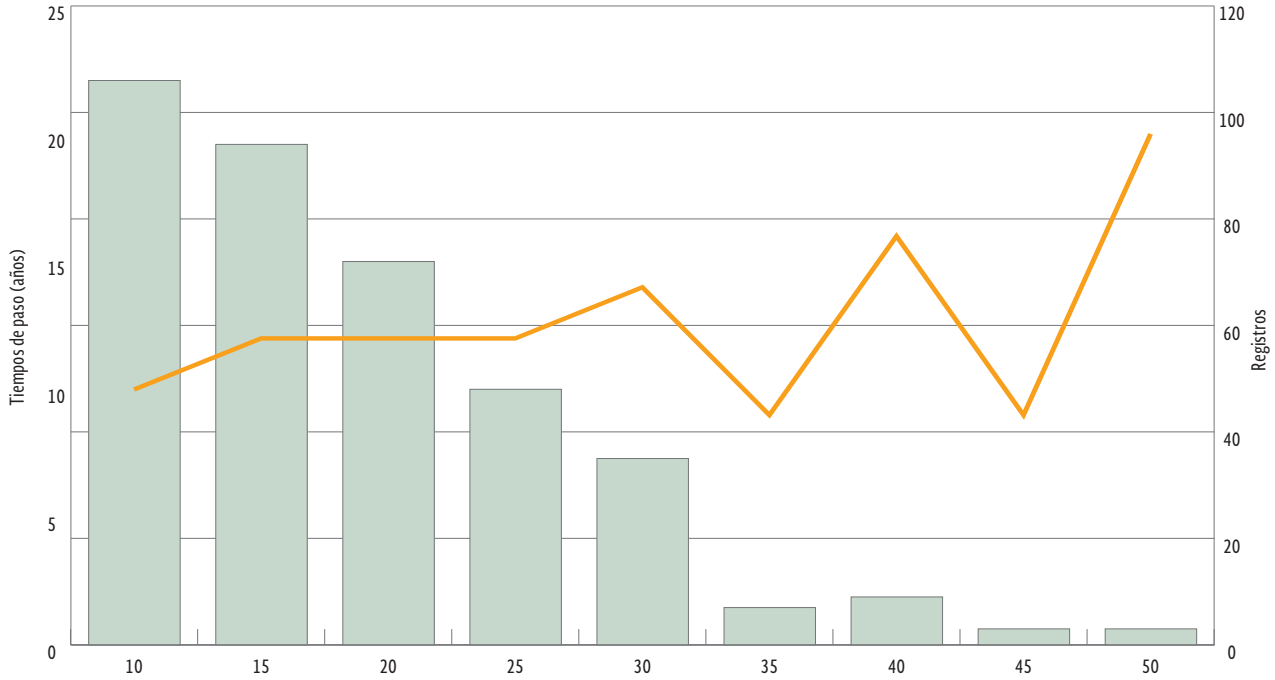
Registros	1,445	873	430	242	118	62	40	16	8	2
Tiempo de paso medio	17	17	16	16	15	15	14	15	14	15

FIGURA 21. TIEMPO DE PASO MEDIO POR CATEGORÍA DIAMÉTRICA (CM) PARA GÉNERO *ABIES*



Registros	44	53	67	69	54	48	54	56	34	33	19	28	12	6	8	2	2	5
Tiempo de paso medio	9	10	9	9	11	10	9	11	11	10	15	12	11	7	12	15	22	12

FIGURA 22. TIEMPO DE PASO MEDIO POR CATEGORÍA DIAMÉTRICA (CM) PARA GÉNERO *CUPRESSUS*



	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Registros	106	94	72	48	35	7	9	3	3
Tiempo de paso medio	10	12	12	12	14	9	16	9	20

4.2.2. Regeneración natural

El proceso mediante el cual se da la incorporación de nuevos individuos de distintas especies en una masa forestal y que cubren un área determinada, sin la intervención directa o indirecta del hombre, es lo que se conoce como regeneración natural.

El análisis de la regeneración está orientado a 42.9% de los datos evaluados en el estrato arbustivo, se define por las formas biológicas arbóreas con diámetro normal menor a 7.5 centímetros y mayores a 25 centímetros de altura (378,174 registros).

Densidad promedio

Uno de los indicadores que ayuda a tener mayor conocimiento de la dinámica de los ecosistemas es la densidad de la regeneración natural, a través de su análisis se puede inferir la capacidad de recuperación que tienen las especies a disturbios o alteraciones y el grado de éxito ante la competencia por recursos, además de proporcionar información importante sobre el potencial productivo de los bosques a futuro.

En la sección de repoblado levantada por el INFyS, a diferencia de la sección de arbolado, se contabilizan los individuos en términos de frecuencia; en este sentido, se puede indicar que la densidad del renuevo en las áreas arboladas fluctúa entre 1,243 a 11,283 individuos por hectárea, los ecosistemas tropicales tienen la mayor densidad de regeneración de acuerdo con este indicador.

En el caso de los manglares, la alta densidad de la regeneración estimada, obedece al diámetro normal mínimo definido como criterio para el muestreo del repoblado en campo (7.5 centímetros), ya que las características geomorfológicas del manglar a nivel de paisaje y la plasticidad, sobre todo del género *Rhizophora*, hacen que el crecimiento de muchos de los individuos sea de porte arbustivo y las condiciones del sitio como altas concentraciones de sal y aguas someras inhiben el crecimiento en diámetro, por lo que muchos individuos adultos presentan un diámetro normal menor a 7.5 centímetros y son registrados como parte de la regeneración. A partir de 2015, el INFyS dentro de su proceso de mejora continua, incorpora dentro de los criterios para el muestreo del arbolado en manglares, la medición de los individuos a partir de 2.5 centímetros de diámetro normal, para captar la variabilidad que el arbolado adulto presenta en estas zonas.

Para el caso de los matorrales xerófilos, el arbolado adulto es menos denso por las características intrínsecas de estos ecosistemas, por consecuencia el reclutamiento de nuevos individuos también es menor y se contabilizó entre 422 y 1,224 individuos por hectárea.

Es importante resaltar que el error relativo de la estimación para algunas formaciones forestales es alto y se refleja en los límites de confianza (tabla 35), debido a que la muestra es limitada y a la variación de los datos, por lo que se debe tomar en cuenta al referir la densidad de la regeneración.

TABLA 35. DENSIDAD DE LA REGENERACIÓN NATURAL POR FORMACIÓN FORESTAL

Ecosistema	Formación forestal	Superficie	UMP	Individuos/ha	LI	LS	Ds	Er
Bosques	Coníferas	8,103,090.80	2,659	2,894	2,727	3,061	85.39	5.78
	Coníferas y latifoliadas	12,949,770.60	4,188	1,968	1,847	2,090	61.79	6.15
	Latifoliadas	11,360,499.50	3,396	1,243	1,102	1,383	71.79	11.32
	Bosque mesófilo	1,787,065.30	504	1,987	1,678	2,296	157.61	15.55
Selvas	Selvas altas y medianas	13,562,304.50	3,830	9,730	9,435	10,024	150.28	3.03
	Selvas bajas	16,464,200	1,513	3,166	2,876	3,457	148.23	9.18
Otras asociaciones		540,160	68	3,951	2,587	5,316	696.23	34.54
Manglar		939,635.80	218	11,283	9,014	13,553	1157.87	20.11
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	20,330,470.40	1,857	1,349	1,194	1,504	79.12	11.50
	Zonas áridas	35,974,539.50	888	422	323	522	50.74	23.55
Otras áreas forestales		15,833,401.10	549	1,224	907	1,540	161.68	25.90
Áreas no forestales		54,513,694.70	2,739	2,730	2,500	2,960	117.29	8.42
Total		**192,358,832.20**	**22,409**					

Ds = Desviación estándar. Er= Error relativo.

Un aspecto importante a mencionar, es que la definición de la densidad óptima debe realizarse considerando aspectos como la tolerancia de las especies, la calidad de estación y condiciones fisiográficas, así como de la calidad de la masa forestal adulta (Serrada, H. R., 2003), incluso la presencia de disturbios, que deben ser estudiados a detalle y que se realizan en investigaciones a una escala más detallada, con la finalidad de poder implementar medidas que favorezcan la renovación de las masas forestales encaminadas a mejorar las condiciones para su establecimiento y crecimiento.

Distribución de alturas

La regeneración natural se caracteriza por una serie de etapas sucesivas de acuerdo con su crecimiento, desde el establecimiento de la plántula hasta su incorporación a la masa forestal adulta, se pueden identificar edades o etapas a partir de clases artificiales de altura en las que comparten características físicas asociadas propias de su desarrollo, como son el diámetro, espesura y tipo de ramas, pueden variar de acuerdo con el ecosistema y se generalizan de acuerdo con la información del INFyS.

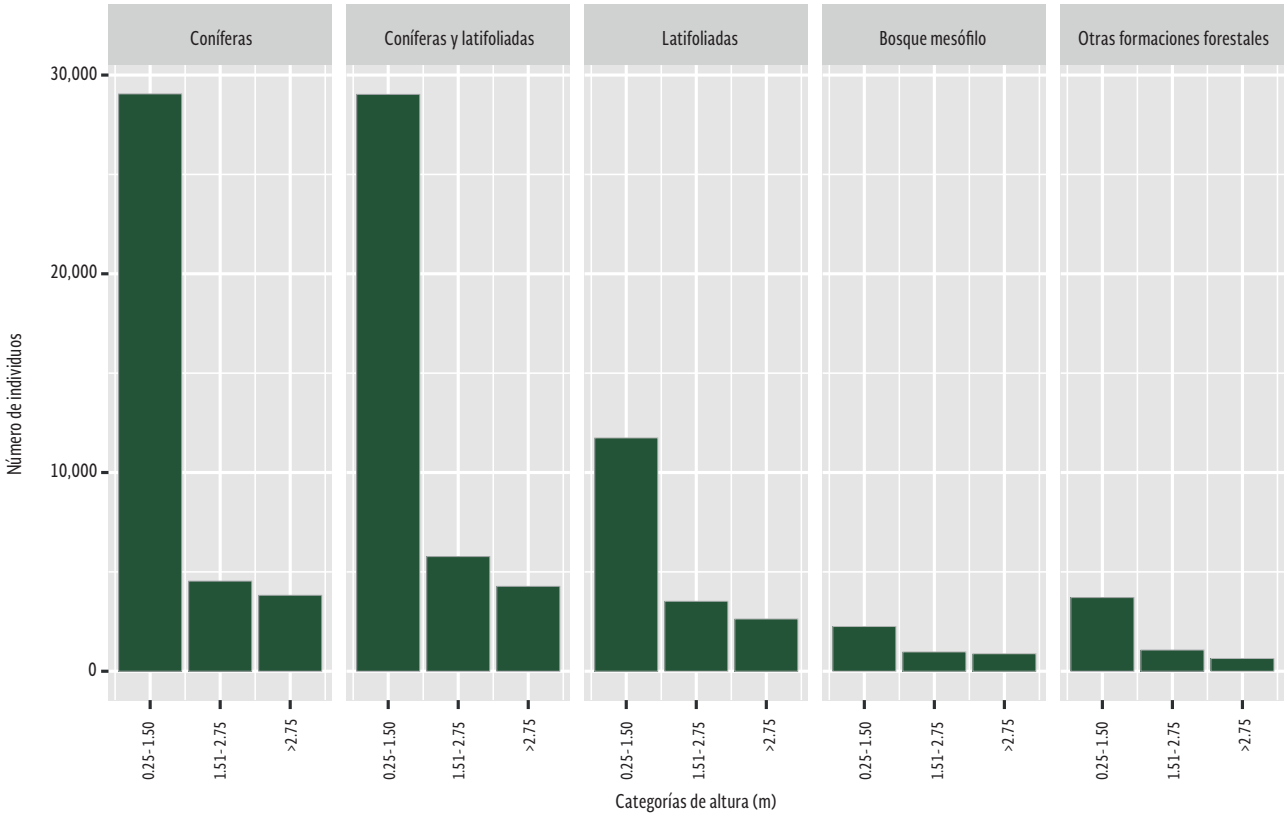
El análisis, se presenta de acuerdo con el formato de levantamiento en campo, que hace una diferenciación entre las categorías de altura para ecosistemas de bosques, selvas y otras comunidades. Como se ha comentado con anterioridad, los resultados muestran las formaciones forestales propias del ecosistema, además de la agrupación de los registros que pertenecen a otras formaciones forestales pero que se adecuaron al formato por sus condiciones en campo.

- **Bosques**: en todas las formaciones forestales de bosque, donde se evalúan tres categorías de altura, se puede observar un comportamiento similar. De manera general, se puede decir que destacan los brinzales con 72.9% de los individuos de la muestra, en segundo lugar la etapa de monte bravo se distribuye en una proporción de 15.3% y finalmente el vardascal ocupa 11.8%, el patrón de distribución del renuevo es normal al tener una mayor densidad de individuos reclutados en la categoría de 0.25 a 1.5 metros y que por competencia de recursos disminuye conforme aumentan su desarrollo.

TABLA 36. FRECUENCIAS DE ALTURA DE LA REGENERACIÓN NATURAL EN BOSQUES

Etapa de desarrollo	Categoría de altura (m)	Coníferas		Coníferas y latifoliadas		Latifoliadas		Bosque mesófilo		Otras formaciones forestales		Total	
		Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop
Brinzal	0.25 -1.50	29,052	0.78	29,028	0.74	11,742	0.66	2,250	0.55	3,707	0.68	**75,779**	**0.73**
Monte bravo	1.51 - 2.75	4,535	0.12	5,769	0.15	3,520	0.20	973	0.24	1,067	0.20	**15,864**	**0.15**
Vardascal	> 2.75	3,822	0.10	4,272	0.11	2,630	0.15	880	0.21	641	0.12	**12,245**	**0.12**
Total general		**37,409**	**1**	**39,069**	**1**	**17,892**	**1**	**4,103**	**1**	**5,415**	**1**	**103,888**	**1**

FIGURA 23. CATEGORÍAS DE ALTURA DE LA REGENERACIÓN NATURAL EN BOSQUES

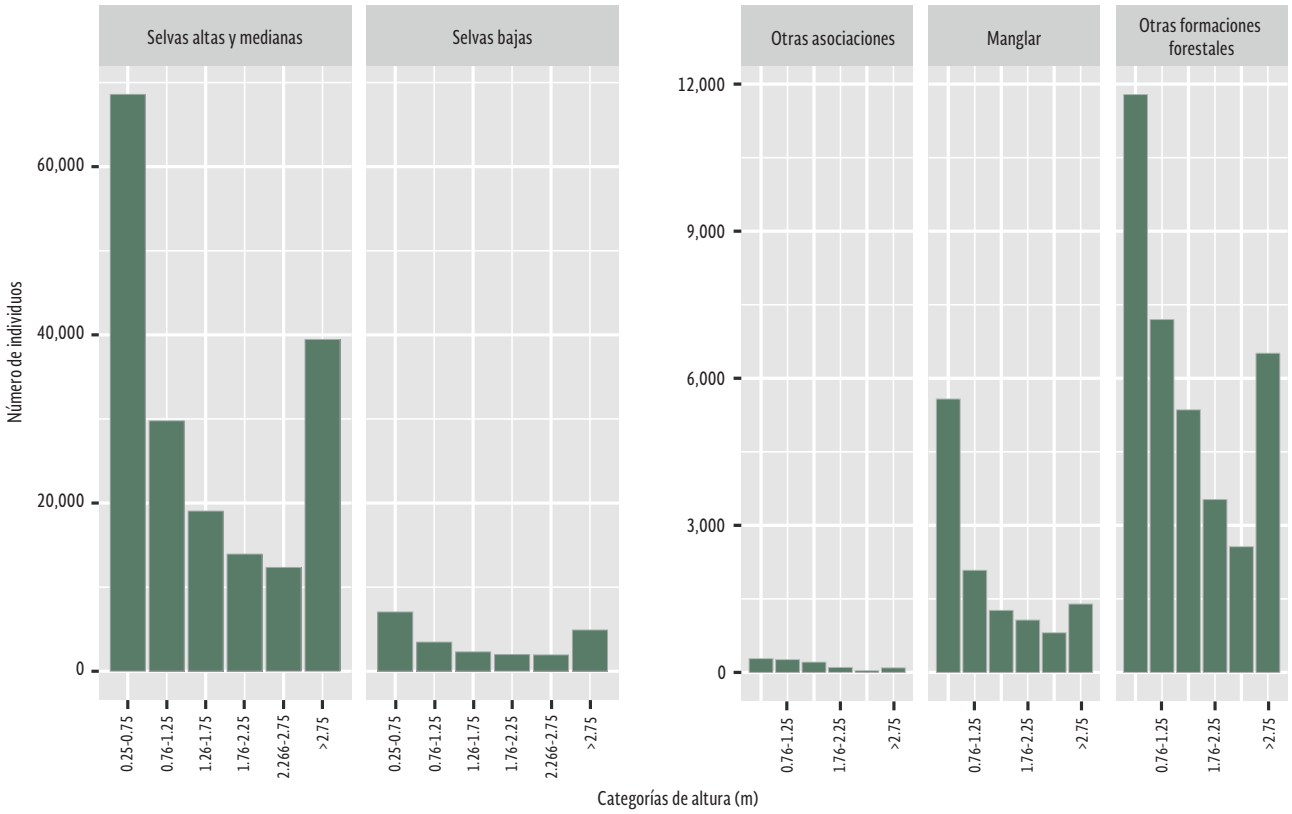


- **Selvas**: en ecosistemas tropicales, la etapa que presenta la mayor concentración de individuos es el brinzal con 53.4%, en donde predomina lo que se podría llamar como bajo brinzal con 0.25 a 0.75 metros de altura, en el caso de la siguiente etapa o bien monte bravo se tiene 26.1% de la muestra con un ligero predominio en la categoría de altura de 1.26 a 1.75 metros, finalmente los individuos mayores a 2.75 metros o vardascal representan una cantidad importante con 20.5%, en estos ecosistemas también es visible un patrón de distribución en el que hay un mayor reclutamiento en la categoría de 0.25 a 0.75 metros y disminuye al aumentar la altura por competencia de recursos.

TABLA 37. FRECUENCIAS DE ALTURA DE LA REGENERACIÓN NATURAL EN SELVAS

Etapa de desarrollo	Categoría de altura (m)	Selvas altas y medianas		Selvas bajas		Otras asociaciones		Manglar		Otras formaciones forestales		Total	
		Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop
Brinzal	0.25 - 0.75	68,594	0.37	7,047	0.33	281	0.29	5,577	0.46	11,787	0.32	**93,286**	**0.37**
	0.76 - 1.25	29,777	0.16	3,462	0.16	261	0.27	2,083	0.17	7,198	0.19	**42,781**	**0.17**
Monte bravo	1.26 - 1.75	19,041	0.10	2,304	0.11	209	0.21	1,265	0.10	5,356	0.14	**28,175**	**0.11**
	1.76 - 2.25	13,930	0.08	1,982	0.09	101	0.10	1,068	0.09	3,526	0.10	**20,607**	**0.08**
	2.26 - 2.75	12,343	0.07	1,943	0.09	36	0.04	809	0.07	2,565	0.07	**17,696**	**0.07**
Vardascal	>2.75	39,446	0.22	4,901	0.23	93	0.09	1,395	0.11	6,510	0.18	**52,345**	**0.21**
Total general		**183,131**	**1**	**21,639**	**1**	**981**	**1**	**12,197**	**1**	**36,942**	**1**	**254,890**	**1**

FIGURA 24. CATEGORÍAS DE ALTURA DE LA REGENERACIÓN NATURAL EN SELVAS

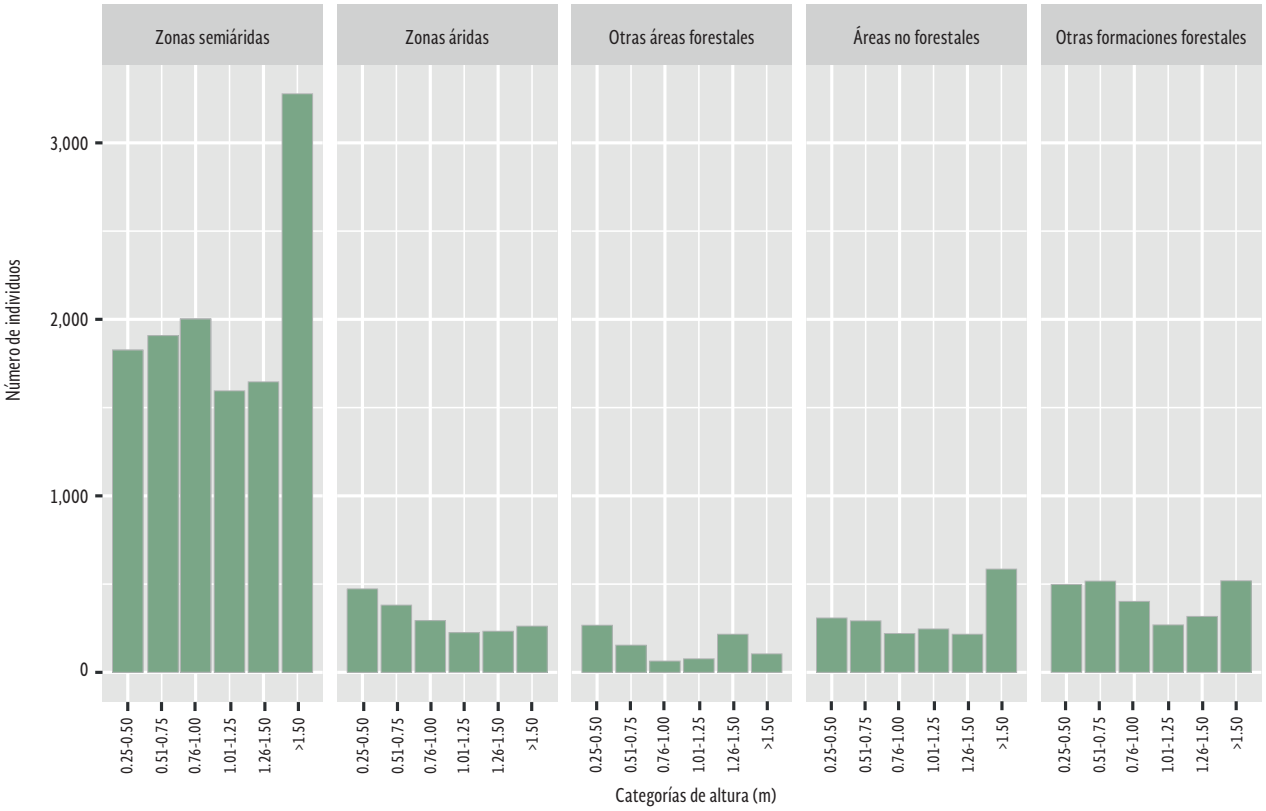


- **Otras comunidades**: las etapas del renuevo en otras comunidades como matorrales xerófilos y otras áreas forestales que se evalúan, son el brinzal (49.5%) y monte bravo (50.5%) en conjunto, se puede decir que la categoría de altura con mayores frecuencias es de 0.25 a 0.75 metros a excepción de las zonas áridas donde el repoblado mayor a 1.5 metros es el que predomina, lo que se puede apreciar en la figura 25, a diferencia de bosques y selvas, aquí la distribución no tienen un patrón normal y existe poca variación entre las categorías de 0.25 a 1.50 centímetros.

TABLA 38. FRECUENCIAS DE ALTURA DE LA REGENERACIÓN NATURAL EN OTRAS COMUNIDADES

Etapa de desarrollo	Categoría de altura (m)	Zonas semiáridas		Zonas áridas		Otras áreas forestales		Áreas no forestales		Otras formaciones forestales		Total	
		Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop
Brinzal	0.25 – 0.50	1,826	0.15	473	0.25	267	0.30	308	0.16	498	0.20	**3,372**	**0.17**
	0.51 – 0.75	1,908	0.16	381	0.20	154	0.17	292	0.16	517	0.20	**3,252**	**0.17**
	0.76 – 1.00	2,003	0.16	293	0.16	64	0.07	220	0.12	402	0.16	**2,982**	**0.15**
Monte bravo	1.01 – 1.25	1,595	0.13	225	0.12	77	0.09	246	0.13	269	0.11	**2,412**	**0.12**
	1.26 – 1.50	1,646	0.13	233	0.12	216	0.24	216	0.12	317	0.13	**2,628**	**0.14**
	>1.50	3,278	0.27	262	0.14	105	0.12	585	0.31	519	0.21	**4,749**	**0.24**
Total general		**12,256**	**1**	**1,867**	**1**	**883**	**1**	**1,867**	**1**	**2,522**	**1**	**19,395**	**1**

FIGURA 25. CATEGORÍAS DE ALTURA DE LA REGENERACIÓN NATURAL EN OTRAS COMUNIDADES



Índice Relativo de la Regeneración Natural (IRRN)

El índice Relativo de la Regeneración Natural, es un valor que mide la importancia de una especie de acuerdo con el peso ecológico que tenga dentro de un ambiente, en relación con su abundancia, distribución y posición fitosociológica por categoría de altura (Imaña y De Paula, 1994), es un indicador de la expansión vertical de las especies y ayuda a conocer la composición del renuevo en los distintos subestratos de altura.

El conjunto de datos usado para la obtención del IRRN, considera todos los niveles de identificación taxonómica y se estima bajo los siguientes criterios.

- Abundancia relativa: número de individuos que pertenecen a una especie registrada.
- Frecuencia relativa: número de conglomerados (UMP) con presencia de una especie en relación con el total de conglomerados en la formación forestal.
- Categoría de tamaño relativa: proporción del número de individuos de una especie por cada límite o rango de altura definido y por su valor fitosociológico, es análoga a la posición sociológica de la especie.

Se incluyen para cada categoría de altura las tres especies de mayor IRRN, los valores para el resto de las especies se pueden consultar en la información desagregada incluida en este informe a manera de anexo digital.

- **Bosques**: la evaluación para este ecosistema indica que el género *Quercus* es el de mayor capacidad de regeneración, se encuentra en todas las formaciones forestales y con un alto IRRN en todas las categorías de altura, lo que indica que por su presencia en todos los pisos de altura el establecimiento de este género en futuros bosques maduros es altamente probable, ya que es un elemento primario en la composición y estructura del sotobosque. La importancia del género se puede observar en la tabla 39, en bosques mixtos de coníferas y latifoliadas, bosques de coníferas y bosques de latifoliadas, donde los encinos están presentes dentro de las tres especies de mayor IRRN con mayor importancia en el rango de altura de 0.25 a 1.50 metros.

El género *Pinus*, característico de los bosques de coníferas y coníferas y latifoliadas, tiene presencia con altos valores de IRRN, sin embargo solo se encuentra en los pisos de altura superiores que son de 1.51 a 2.75 y mayor de 2.75 metros y que de acuerdo con la interpretación de este índice, es un género cuya presencia en un bosque clímax tiene una menor probabilidad en comparación con el género *Quercus*. En cuanto a valores, el máximo registrado en la categoría de altura mayor de 2.75 metros por *Pinus durangensis* es de 17.4% de IRRN de un total de 220 taxones registrados en bosques de coníferas.

TABLA 39. TAXONES DE MAYOR ÍNDICE RELATIVO DE REGENERACIÓN NATURAL (IRRN) EN BOSQUES

Formación forestal	Categoría de altura (m)	UMP	Número de taxones	Número de individuos	Nombre científico	Número de individuos	Abundancia (%)	Frecuencia (%)	Categoría de tamaño (%)	IRRN (%)
Coníferas	0.25 -1.50	1,832	256	29,052	*Quercus depressipes*	5,032	17.3	3.7	47.2	22.8
					Quercus sideroxyla	2,771	9.5	8.0	14.3	10.6
					Quercus striatula	2,658	9.1	2.8	13.2	8.4
					Resto de las especies	18,591	64	85.4	25.2	58.2
					Subtotal	**29,052**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.51 - 2.75	1,148	220	4,535	*Pinus durangensis*	451	9.9	8.9	33.3	17.4
					Arbutus xalapensis	272	6	9.2	12.1	9.1
					Quercus crassifolia	274	6	6.6	12.3	8.3
					Resto de las especies	3,538	78	75.3	42.3	65.2
					Subtotal	**4,535**	**100**	**100**	**100**	**100**
	> 2.75	931	177	3,822	*Pinus durangensis*	592	15.5	11.9	55.3	27.6
					Quercus sideroxyla	227	5.9	7.3	8.1	7.1
					Arbutus xalapensis	180	4.7	6.4	5.1	5.4
					Resto de las especies	2,823	73.9	74.4	31.4	59.9
					Subtotal	**3,822**	**100**	**100**	**100**	**100**
Coníferas y latifoliadas	0.25 -1.50	2,224	334	29,028	*Quercus depressipes*	5,914	20.4	4	59.1	27.8
					Quercus striatula	4,101	14.1	3.2	28.4	15.3
					Quercus magnoliifolia	1,163	4	3.6	2.3	3.3
					Resto de las especies	17,850	61.5	89.2	10.1	53.6
					Subtotal	**29,028**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.51 - 2.75	1,395	281	5,769	*Pinus cembroides*	357	6.2	7.9	19.2	11.1
					Quercus magnoliifolia	343	5.9	2.9	17.7	8.8
					Juniperus deppeana	248	4.3	6.8	9.2	6.8
					Resto de las especies	4,821	83.6	82.4	53.9	73.3
					Subtotal	**5,769**	**100**	**100**	**100**	**100**
	> 2.75	1,129	259	4,272	*Pinus cembroides*	305	7.1	8.1	26.2	13.8
					Quercus laeta	182	4.3	4.6	9.3	6.1
					Quercus magnoliifolia	166	3.9	2.3	7.8	4.6
					Resto de las especies	3,619	84.7	85.1	56.7	75.5
					Subtotal	**4,272**	**100**	**100**	**100**	**100**

Formación forestal	Categoría de altura (m)	UMP	Número de taxones	Número de individuos	Nombre científico	Número de individuos	Abundancia (%)	Frecuencia (%)	Categoría de tamaño (%)	IRRN (%)
Latifoliadas	0.25 -1.50	1,275	333	11,742	*Quercus magnoliifolia*	1,526	13	5.3	40	19.4
					Quercus depressipes	1,509	12.9	2.7	39.1	18.2
					Quercus striatula	614	5.2	1.6	6.5	4.4
					Resto de las especies	8,093	68.9	90.4	14.5	57.9
					Subtotal	**11,742**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.51 - 2.75	778	258	3,520	*Quercus magnoliifolia*	361	10.3	4.2	47.7	20.7
					Quercus depressipes	136	3.9	2.7	6.8	4.4
					Celtis pallida	119	3.4	0.7	5.2	3.1
					Resto de las especies	2,904	82.5	92.5	40.3	71.8
					Subtotal	**3,520**	**100**	**100**	**100**	**100**
	> 2.75	562	236	2,630	*Quercus magnoliifolia*	140	5.3	3.8	16.0	8.4
					Pinus patula	152	5.8	0.3	18.9	8.3
					Quercus laeta	102	3.9	3.1	8.5	5.1
					Resto de las especies	2,236	85	92.8	56.6	78.2
					Subtotal	**2,630**	**100**	**100**	**100**	**100**
Bosque mesófilo	0.25 -1.50	175	172	2,250	*Quercus laurina*	114	5.1	1.1	17.9	8
					Clethra mexicana	73	3.2	4.4	7.3	5
					Trema micrantha	74	3.3	1.4	7.5	4.1
					Resto de las especies	1,989	88.4	93.1	67.2	82.9
					Subtotal	**2,250**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.51 - 2.75	148	167	973	*Trichospermum lessertianum*	50	5.1	0.4	20.3	8.6
					Alnus acuminata	25	2.6	1.9	5.1	3.2
					Clethra mexicana	23	2.4	2.6	4.3	3.1
					Resto de las especies	875	89.9	95.1	70.3	85.1
					Subtotal	**973**	**100**	**100**	**100**	**100**
	> 2.75	135	161	880	*Clethra mexicana*	37	4.2	3	12.5	6.6
					Alnus acuminata	31	3.5	3.4	8.7	5.2
					Quercus laurina	27	3.1	2.2	6.6	4.0
					Resto de las especies	785	89.2	91.4	72.2	84.3
					Subtotal	**880**	**100**	**100**	**100**	**100**
Otras formaciones forestales	0.25 -1.50	403	220	3,707	*Quercus striatula*	332	9	1.7	31.7	14.1
					Quercus magnoliifolia	281	7.6	3.5	22.7	11.3
					Acacia pennatula	159	4.3	5.2	7.3	5.6
					Resto de las especies	2,935	79.2	89.6	38.3	69
					Subtotal	**3,707**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.51 - 2.75	241	171	1,067	*Acacia parviflora*	60	5.6	0.3	18	8
					Acacia pennatula	45	4.2	6	10.1	6.8
					Acacia farnesiana	45	4.2	4.3	10.1	6.2
					Resto de las especies	917	85.9	89.4	61.8	79.1
					Subtotal	**1,067**	**100**	**100**	**100**	**100**
	> 2.75	189	142	641	*Acacia cornigera*	28	4.4	1.4	12.5	6.1
					Guazuma ulmifolia	22	3.4	1.8	7.7	4.3
					Alnus jorullensis	21	3.3	1.4	7.0	3.9
					Resto de las especies	570	88.9	95.3	72.7	85.7
					Subtotal	**641**	**100**	**100**	**100**	**100**

- **Selvas**: la alta diversidad en ecosistemas tropicales y la mayor diferenciación de categorías de altura, muestran por lo tanto un mayor número de especies de alto valor regenerativo, en las selvas altas y medianas las especies más importantes son *Nectandra salicifolia* con un IRRN de 3.9 a 22.3% y *Psidium sartorianum* con 7.3 a 16%, ésta última con presencia en todas las categorías de altura; en cuanto a las selvas bajas la especie *Psidium sartorianum* sigue presente en cinco de las seis categorías de alturas con IRRN de 10.8 hasta 21.7%; al igual que los encinos en el ecosistema de bosque, estas especies tienen una alta capacidad de regeneración y se espera que formen parte de la composición del ecosistema en una etapa madura.

La especie que prevalece en el renuevo del manglar es *Rhizophora mangle* en todos los niveles de altura y con IRRN de 45.2 a 66.2%, lo que indica la magnitud de la importancia que tiene en este ecosistema; como es característico de estas comunidades, especies como *Conocarpus erectus*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*, se distinguen de entre los taxones registrados en este orden de importancia, pero no se ubican en todas las categorías de altura. Las especies mencionadas son también las que se encuentran establecidas en el estrato arbustivo de la formación forestal otras asociaciones arboladas, lo que muestra una fuerte conexión con los ecosistemas de manglar y zonas de transición con selvas, en estas zonas aparecen las especie *Psidium sartorianum* y *Pouteria reticulata*, con menor rango de distribución por altura.

TABLA 40. TAXONES DE MAYOR ÍNDICE RELATIVO DE REGENERACIÓN NATURAL (IRRN) EN SELVAS

Formación forestal	Categoría de altura (m)	UMP	Número de taxones	Número de individuos	Nombre científico	Número de individuos	Abundancia (%)	Frecuencia (%)	Categoría de tamaño (%)	IRRN (%)
Selvas altas y medianas	0.25 - 0.75	2,651	395	68,594	*Nectandra salicifolia*	10,930	15.9	5.4	45.6	22.3
					Psidium sartorianum	8,739	12.7	6	29.2	16
					Pouteria reticulata	4,558	6.6	3.1	7.9	5.9
					Resto de las especies	44,367	64.7	85.5	17.3	55.8
					Subtotal	**68,594**	**100**	**100**	**100**	**100**
	0.76 - 1.25	2,685	408	29,777	*Nectandra salicifolia*	3,534	11.9	6.1	40.2	19.4
					Psidium sartorianum	2,902	9.7	6.3	27.1	14.4
					Lonchocarpus guatemalensis	1,074	3.6	3.9	3.7	3.8
					Resto de las especies	22,267	74.8	83.7	29.0	62.5
					Subtotal	**29,777**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.26 - 1.75	2,521	391	19,041	*Nectandra salicifolia*	1,808	9.5	6.3	33.6	16.5
					Psidium sartorianum	1,480	7.8	6.2	22.5	12.2
					Lonchocarpus guatemalensis	781	4.1	4.1	6.3	4.8
					Resto de las especies	14,972	78.6	83.3	37.6	66.5
					Subtotal	**19,041**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.76 - 2.25	2,270	348	13,930	*Psidium sartorianum*	1,055	7.6	6.6	23.3	12.5
					Nectandra salicifolia	987	7.1	5.7	20.4	11.1
					Lonchocarpus guatemalensis	718	5.2	4.4	10.8	6.8
					Resto de las especies	11,170	80.2	83.4	45.4	69.7
					Subtotal	**13,930**	**100**	**100**	**100**	**100**
	2.26 - 2.75	2,153	322	12,343	*Psidium sartorianum*	801	6.5	5.9	18.8	10.4
					Nectandra salicifolia	689	5.6	5.1	13.9	8.2
					Lonchocarpus guatemalensis	689	5.6	4.4	13.9	8
					Resto de las especies	10,164	82.3	84.6	53.4	73.5
					Subtotal	**12,343**	**100**	**100**	**100**	**100**

Formación forestal	Categoría de altura (m)	UMP	Número de taxones	Número de individuos	Nombre científico	Número de individuos	Abundancia (%)	Frecuencia (%)	Categoría de tamaño (%)	IRRN (%)
Selvas altas y medianas	>2.75	2,547	421	39,446	*Lonchocarpus guatemalensis*	3,785	9.6	4.6	34.6	16.3
					Psidium sartorianum	2,193	5.6	4.7	11.6	7.3
					Bursera simaruba	1,737	4.4	4.2	7.3	5.3
					Resto de las especies	31,731	80.4	86.6	46.5	71.2
					Subtotal	**39,446**	**100**	**100**	**100**	**100**
Selvas bajas	0.25 - 0.75	480	263	7,047	*Psidium sartorianum*	1,490	21.1	6.3	74.1	33.9
					Nectandra salicifolia	563	8	2.6	10.6	7.1
					Manilkara zapota	227	3.2	4.3	1.7	3.1
					Resto de las especies	4,767	67.6	86.7	13.6	56
					Subtotal	**7,047**	**100**	**100**	**100**	**100**
	0.76 - 1.25	519	270	3,462	*Psidium sartorianum*	359	10.4	6.3	48.5	21.7
					Manilkara zapota	124	3.6	4.4	5.8	4.6
					Nectandra salicifolia	128	3.7	1.8	6.2	3.9
					Resto de las especies	2,851	82.4	87.5	39.6	69.8
					Subtotal	**3,462**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.26 - 1.75	477	248	2,304	*Psidium sartorianum*	188	8.2	6.4	37.6	17.4
					Nectandra salicifolia	94	4.1	1.9	9.4	5.1
					Manilkara zapota	74	3.2	4.6	5.8	4.5
					Resto de las especies	1,948	84.5	87	47.2	72.9
					Subtotal	**2,304**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.76 - 2.25	448	227	1,982	*Psidium sartorianum*	130	6.6	6.6	26.5	13.2
					Nectandra salicifolia	81	4.1	2.7	10.3	5.7
					Manilkara zapota	51	2.6	3.6	4.1	3.4
					Resto de las especies	1,720	86.8	87.1	59.1	77.7
					Subtotal	**1,982**	**100**	**100**	**100**	**100**
	2.26 - 2.75	430	231	1,943	*Erythroxylum rotundifolium*	130	6.7	1.7	24.7	11
					Psidium sartorianum	119	6.1	5.6	20.7	10.8
					Amyris sylvatica	68	3.5	1.7	6.8	4
					Resto de las especies	1,626	83.7	91.1	47.8	74.2
					Subtotal	**1,943**	**100**	**100**	**100**	**100**
	>2.75	580	300	4,901	*Psidium sartorianum*	523	10.7	5.2	49	21.6
					Amyris sylvatica	203	4.1	1.9	7.4	4.5
					Erythroxylum rotundifolium	183	3.7	3.2	6	4.3
					Resto de las especies	3,992	81.5	89.8	37.6	69.6
					Subtotal	**4,901**	**100**	**100**	**100**	**100**
Otras asociaciones	0.25 - 0.75	15	24	281	*Rhizophora mangle*	125	44.5	13.9	76.3	44.9
					Avicennia germinans	60	21.4	8.3	17.6	15.8
					Conocarpus erectus	25	8.9	13.9	3.1	8.6
					Resto de las especies	71	25.3	63.9	3.1	30.8
					Subtotal	**281**	**100**	**100**	**100**	**100**

Formación forestal	Categoría de altura (m)	UMP	Número de taxones	Número de individuos	Nombre científico	Número de individuos	Abundancia (%)	Frecuencia (%)	Categoría de tamaño (%)	IRRN (%)
Otras asociaciones	0.76 - 1.25	22	26	261	*Conocarpus erectus*	74	28.4	15.9	40.6	28.3
					Rhizophora mangle	64	24.5	13.6	30.3	22.8
					Laguncularia racemosa	60	23.0	13.6	26.7	21.1
					Resto de las especies	63	24.1	56.8	2.4	27.8
					Subtotal	**261**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.26 - 1.75	22	26	209	*Rhizophora mangle*	56	26.8	14.6	44.1	28.5
					Conocarpus erectus	48	23	12.2	32.4	22.5
					Laguncularia racemosa	28	13.4	9.8	11	11.4
					Resto de las especies	77	36.8	63.4	12.6	37.6
					Subtotal	**209**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.76 - 2.25	15	19	101	*Rhizophora mangle*	30	29.7	15.4	54.1	33.1
					Laguncularia racemosa	21	20.8	7.7	26.5	18.3
					Conocarpus erectus	14	13.9	11.5	11.8	12.4
					Resto de las especies	36	35.6	65.4	7.6	36.2
					Subtotal	**101**	**100**	**100**	**100**	**100**
	2.26 - 2.75	10	14	36	*Rhizophora mangle*	7	19.4	12.5	35	22.3
					Pouteria reticulata	5	13.9	6.3	17.9	12.7
					Laguncularia racemosa	4	11.1	12.5	11.4	11.7
					Resto de las especies	20	55.6	68.8	35.7	53.3
					Subtotal	**36**	**100**	**100**	**100**	**100**
	>2.75	12	28	93	*Psidium sartorianum*	11	11.8	6.3	22	13.4
					Conocarpus erectus	11	11.8	3.1	22	12.3
					Cordia alliodora	9	9.7	3.1	14.8	9.2
					Resto de las especies	62	66.7	87.5	41.2	65.1
					Subtotal	**93**	**100**	**100**	**100**	**100**
Manglar	0.25 - 0.75	119	30	5,577	*Rhizophora mangle*	2,318	41.6	34.9	59.1	45.2
					Conocarpus erectus	1,636	29.3	15.6	29.4	24.8
					Avicennia germinans	882	15.8	11.5	8.6	11.9
					Resto de las especies	741	13.3	38.0	2.9	18.1
					Subtotal	**5,577**	**100**	**100**	**100**	**100**
	0.76 - 1.25	124	20	2,083	*Rhizophora mangle*	1,006	48.3	33.7	77.7	53.2
					Conocarpus erectus	326	15.7	18.9	8.2	14.2
					Avicennia germinans	330	15.8	13.6	8.4	12.6
					Resto de las especies	421	20.2	33.7	5.8	19.9
					Subtotal	**2,083**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.26 - 1.75	92	15	1,265	*Rhizophora mangle*	743	58.7	32	87.6	59.4
					Avicennia germinans	192	15.2	16	5.8	12.3
					Conocarpus erectus	162	12.8	20	4.2	12.3
					Resto de las especies	168	13.3	32	2.4	15.9
					Subtotal	**1,265**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.76 - 2.25	80	17	1,068	*Rhizophora mangle*	756	70.8	32.4	95.6	66.2
					Laguncularia racemosa	115	10.8	16.2	2.2	9.7
					Avicennia germinans	75	7	18.1	0.9	8.7
					Resto de las especies	122	11.4	33.3	1.3	15.3
					Subtotal	**1,068**	**100**	**100**	**100**	**100**

Formación forestal	Categoría de altura (m)	UMP	Número de taxones	Número de individuos	Nombre científico	Número de individuos	Abundancia (%)	Frecuencia (%)	Categoría de tamaño (%)	IRRN (%)
Manglar	2.26 - 2.75	77	17	809	*Rhizophora mangle*	419	51.8	31.3	78.6	53.9
					Laguncularia racemosa	173	21.4	21.9	13.4	18.9
					Conocarpus erectus	100	12.4	15.6	4.5	10.8
					Resto de las especies	117	14.5	31.3	3.5	16.4
					Subtotal	**809**	**100**	**100**	**100**	**100**
	>2.75	91	19	1,395	*Rhizophora mangle*	869	62.3	37.1	91.1	63.5
					Laguncularia racemosa	177	12.7	16.7	3.8	11.0
					Conocarpus erectus	138	9.9	16.7	2.3	9.6
					Resto de las especies	211	15.1	29.5	2.8	15.8
					Subtotal	**1,395**	**100**	**100**	**100**	**100**
Otras formaciones forestales	0.25 - 0.75	807	339	11,787	*Psidium sartorianum*	880	7.5	4.5	22.5	11.5
					Neomillspaughia emarginata	793	6.7	1.8	18.3	8.9
					Lonchocarpus guatemalensis	607	5.1	3.5	10.7	6.5
					Resto de las especies	9,507	80.7	90.2	48.5	73.1
					Subtotal	**11,787**	**100**	**100**	**100**	**100**
	0.76 - 1.25	787	350	7,198	*Neomillspaughia emarginata*	478	6.6	2.2	23.7	10.9
					Lonchocarpus guatemalensis	361	5	3.3	13.5	7.3
					Psidium sartorianum	330	4.6	3.9	11.3	6.6
					Resto de las especies	6,029	83.8	90.7	51.4	75.3
					Subtotal	**7,198**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.26 - 1.75	690	317	5,356	*Neomillspaughia emarginata*	343	6.4	2	22.9	10.4
					Piscidia piscipula	260	4.9	4.2	13.1	7.4
					Psidium sartorianum	205	3.8	4	8.2	5.3
					Resto de las especies	4,548	84.9	89.8	55.8	76.9
					Subtotal	**5,356**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.76 - 2.25	569	272	3,526	*Neomillspaughia emarginata*	209	5.9	2.4	19.5	9.3
					Piscidia piscipula	156	4.4	4.7	10.9	6.7
					Bursera simaruba	143	4.1	4.5	9.2	5.9
					Resto de las especies	3,018	85.6	88.4	60.4	78.1
					Subtotal	**3,526**	**100**	**100**	**100**	**100**
	2.26 - 2.75	490	250	2,565	*Guazuma ulmifolia*	121	4.7	4	13.0	7.2
					Bursera simaruba	115	4.5	5.1	11.7	7.1
					Piscidia piscipula	111	4.3	3.9	10.9	6.4
					Resto de las especies	2,218	86.5	87	64.3	79.3
					Subtotal	**2,565**	**100**	**100**	**100**	**100**
	>2.75	580	306	6,510	*Lonchocarpus guatemalensis*	465	7.1	3.1	23.3	11.2
					Bursera simaruba	394	6.1	5.5	16.7	9.4
					Caesalpinia gaumeri	301	4.6	3.4	9.8	5.9
					Resto de las especies	5,350	82.2	88	50.2	73.5
					Subtotal	**6,510**	**100**	**100**	**100**	**100**

- **Otras comunidades**: en las zonas semiáridas del país, el renuevo del arbolado pertenece principalmente al género *Acacia* y en particular la especie *Acacia berlandieri* en todas las categorías de altura y llega a obtener IRRN de hasta 33.3%; otros géneros importantes en la regeneración de este ecosistema son *Adenostoma fasciculatum* y *Rhamnus humboldtiana*. En las zonas áridas, además de la especie *Acacia berlandieri*, se puede observar la predominancia de *Prosopis glandulosa* y *Prosopis velutina*, en todos los rangos de altura registrados.

En otras áreas forestales la regeneración es principalmente de especies como *Prosopis laevigata*, que llega a presentar valores de IRRN incluso de 98.3 en la categoría de altura de 1.26 a 1.50, además de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana*.

TABLA 41. TAXONES DE MAYOR ÍNDICE RELATIVO DE REGENERACIÓN NATURAL (IRRN) EN OTRAS COMUNIDADES

Formación forestal	Categoría de altura (m)	UMP	Número de taxones	Número de individuos	Nombre científico	Número de individuos	Abundancia (%)	Frecuencia (%)	Categoría de tamaño (%)	IRRN (%)
Zonas semiáridas	0.25 - 0.50	341	93	1,826	*Acacia berlandieri*	337	18.5	12	54.2	28.2
					Adenostoma fasciculatum	172	9.4	4.3	14.1	9.3
					Rhamnus humboldtiana	114	6.2	7.5	6.2	6.7
					Resto de las especies	1,203	65.9	76.1	25.4	55.8
					Subtotal	**1,826**	**100**	**100**	**100**	**100**
	0.51 - 0.75	451	102	1,908	*Acacia berlandieri*	373	19.5	12.3	57.2	29.7
					Adenostoma fasciculatum	175	9.2	4.9	12.6	8.9
					Rhamnus humboldtiana	123	6.4	7	6.2	6.6
					Resto de las especies	1,237	64.8	75.8	24	54.9
					Subtotal	**1,908**	**100**	**100**	**100**	**100**
	0.76 - 1.00	460	98	2,003	*Acacia berlandieri*	449	22.4	11.4	66.1	33.3
					Adenostoma fasciculatum	142	7.1	4.6	6.6	6.1
					Rhamnus humboldtiana	123	6.1	7	5	6
					Resto de las especies	1,289	64.4	77	22.3	54.6
					Subtotal	**2,003**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.01 - 1.25	386	88	1,595	*Acacia berlandieri*	210	13.2	9.3	34	18.8
					Celtis pallida	148	9.3	4.5	16.9	10.2
					Adenostoma fasciculatum	119	7.5	5.5	10.9	7.9
					Resto de las especies	1,118	70.1	80.8	38.2	63
					Subtotal	**1,595**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.26 - 1.50	422	96	1,646	*Acacia berlandieri*	263	16	7.1	48.4	23.8
					Adenostoma fasciculatum	142	8.6	5.4	14.1	9.4
					Prosopis laevigata	104	6.3	3.5	7.6	5.8
					Resto de las especies	1,137	69.1	84.1	30	61
					Subtotal	**1,646**	**100**	**100**	**100**	**100**
Zonas semiáridas	>1.50	647	119	3,278	*Havardia pallens*	240	7.3	4.4	17.4	9.7
					Acacia berlandieri	210	6.4	4.6	13.3	8.1
					Adenostoma fasciculatum	177	5.4	2.3	9.5	5.7
					Resto de las especies	2,651	80.9	88.6	59.8	76.4
					Subtotal	**3,278**	**100**	**100**	**100**	**100**

Formación forestal	Categoría de altura (m)	UMP	Número de taxones	Número de individuos	Nombre científico	Número de individuos	Abundancia (%)	Frecuencia (%)	Categoría de tamaño (%)	IRRN (%)
Zonas áridas	0.25 - 0.50	100	43	473	*Acacia berlandieri*	112	23.7	20	56.5	33.4
					Prosopis glandulosa	61	12.9	14.2	16.7	14.6
					Senna wislizeni	53	11.2	5.8	12.6	9.9
					Resto de las especies	247	52.2	60	14.1	42.1
					Subtotal	**473**	**100**	**100**	**100**	**100**
	0.51 - 0.75	96	41	381	*Acacia berlandieri*	76	19.9	16.1	49.4	28.5
					Prosopis glandulosa	53	13.9	8	24	15.3
					Prosopis velutina	25	6.6	7.1	5.3	6.4
					Resto de las especies	227	59.6	68.8	21.2	49.9
					Subtotal	**381**	**100**	**100**	**100**	**100**
	0.76 - 1.00	88	36	293	*Prosopis glandulosa*	70	23.9	16.5	60.6	33.7
					Acacia berlandieri	33	11.3	12.4	13.5	12.4
					Prosopis velutina	18	6.1	6.2	4	5.4
					Resto de las especies	172	58.7	64.9	21.9	48.5
					Subtotal	**293**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.01 - 1.25	69	27	225	*Acacia berlandieri*	34	15.1	8.6	32.2	18.7
					Acacia farnesiana	21	9.3	11.1	12.3	10.9
					Prosopis glandulosa	18	8	11.1	9	9.4
					Resto de las especies	152	67.6	69.1	46.5	61.1
					Subtotal	**225**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.26 - 1.50	78	28	233	*Prosopis glandulosa*	49	21	18.1	45.1	28.1
					Prosopis velutina	27	11.6	15.7	13.7	13.7
					Senna wislizeni	25	10.7	6.0	11.7	9.5
					Resto de las especies	132	56.7	60.2	29.4	48.8
					Subtotal	**233**	**100**	**100**	**100**	**100**
	>1.50	101	37	262	*Prosopis glandulosa*	41	15.6	12.9	33.4	20.7
					Prosopis velutina	26	9.9	12.9	13.5	12.1
					Celtis pallida	25	9.5	8.6	12.4	10.2
					Resto de las especies	170	64.9	65.5	40.7	57
					Subtotal	**262**	**100**	**100**	**100**	**100**
Otras áreas forestales	0.25 - 0.50	46	16	267	*Prosopis laevigata*	69	25.8	14.3	45.7	28.6
					Adenostoma fasciculatum	47	17.6	2	21.2	13.6
					Prosopis glandulosa	32	12	18.4	9.8	13.4
					Resto de las especies	119	44.6	65.3	23.3	44.4
					Subtotal	**267**	**100**	**100**	**100**	**100**
	0.51 - 0.75	40	13	154	*Prosopis glandulosa*	27	17.5	20.9	26.3	21.6
					Prosopis laevigata	27	17.5	9.3	26.3	17.7
					Acacia farnesiana	19	12.3	20.9	13.0	15.4
					Resto de las especies	81	52.6	48.8	34.3	45.2
					Subtotal	**154**	**100**	**100**	**100**	**100**
	0.76 - 1.00	33	16	64	*Prosopis laevigata*	14	21.9	11.4	43.9	25.7
					Prosopis glandulosa	9	14.1	22.9	18.2	18.4
					Acacia farnesiana	5	7.8	14.3	5.6	9.2
					Resto de las especies	36	56.3	51.4	32.3	46.7
					Subtotal	**64**	**100**	**100**	**100**	**100**

Formación forestal	Categoría de altura (m)	UMP	Número de taxones	Número de individuos	Nombre científico	Número de individuos	Abundancia (%)	Frecuencia (%)	Categoría de tamaño (%)	IRRN (%)
Otras áreas forestales	1.01 - 1.25	33	16	77	*Prosopis laevigata*	23	29.9	14.7	58.8	34.5
					Celtis pallida	11	14.3	11.8	13.5	13.2
					Senna wislizeni	10	13	8.8	11.1	11
					Resto de las especies	33	42.9	64.7	16.6	41.4
					Subtotal	**77**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.26 - 1.50	26	13	216	*Prosopis laevigata*	159	73.6	21.4	98.3	64.4
					Senna wislizeni	10	4.6	14.3	0.4	6.4
					Prosopis glandulosa	9	4.2	10.7	0.3	5.1
					Resto de las especies	38	17.6	53.6	1	24.1
					Subtotal	**216**	**100**	**100**	**100**	**100**
	>1.50	36	17	105	*Prosopis glandulosa*	27	25.7	15.4	48.9	30
					Acacia farnesiana	17	16.2	12.8	19.4	16.1
					Prosopis laevigata	13	12.4	12.8	11.3	12.2
					Resto de las especies	48	45.7	59	20.4	41.7
					Subtotal	**105**	**100**	**100**	**100**	**100**
Áreas no forestales	0.25 - 0.50	72	38	308	*Acacia farnesiana*	61	19.8	14.3	56.2	30.1
					Prosopis glandulosa	24	7.8	10.2	8.7	8.9
					Rhamnus humboldtiana	21	6.8	9.2	6.7	7.6
					Resto de las especies	202	65.6	66.3	28.5	53.5
					Subtotal	**308**	**100**	**100**	**100**	**100**
	0.51 - 0.75	69	36	292	*Acacia farnesiana*	88	30.1	14.4	73.6	39.4
					Prosopis laevigata	31	10.6	4.4	9.1	8.1
					Acacia pringlei	22	7.5	8.9	4.6	7
					Resto de las especies	151	51.7	72.2	12.7	45.5
					Subtotal	**292**	**100**	**100**	**100**	**100**
	0.76 - 1.00	57	35	220	*Rhamnus humboldtiana*	31	14.1	9.5	31.4	18.3
					Acacia farnesiana	25	11.4	9.5	20.4	13.8
					Prosopis laevigata	16	7.3	7.1	8.4	7.6
					Resto de las especies	148	67.3	73.8	39.8	60.3
					Subtotal	**220**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.01 - 1.25	49	27	246	*Acacia farnesiana*	136	55.3	13.3	96.4	55
					Prosopis laevigata	11	4.5	8.3	0.6	4.5
					Acacia pringlei	8	3.3	6.7	0.3	3.4
					Resto de las especies	91	37	71.7	2.7	37.1
					Subtotal	**246**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.26 - 1.50	57	34	216	*Acacia farnesiana*	33	15.3	11.6	38.2	21.7
					Prosopis laevigata	16	7.4	8.1	9	8.2
					Ebenopsis ebano	15	6.9	5.8	7.9	6.9
					Resto de las especies	152	70.4	74.4	44.9	63.2
					Subtotal	**216**	**100**	**100**	**100**	**100**
	>1.50	94	50	585	*Acacia farnesiana*	83	14.2	12.1	32.9	19.7
					Prosopis glandulosa	65	11.1	6.9	20.2	12.7
					Havardia pallens	47	8	5.2	10.5	7.9
					Resto de las especies	390	66.7	75.7	36.4	59.6
					Subtotal	**585**	**100**	**100**	**100**	**100**

Formación forestal	Categoría de altura (m)	UMP	Número de taxones	Número de individuos	Nombre científico	Número de individuos	Abundancia (%)	Frecuencia (%)	Categoría de tamaño (%)	IRRN (%)
Otras formaciones forestales	0.25 - 0.50	84	71	498	*Quercus depressipes*	66	13.3	1.6	35.4	16.8
					Acacia farnesiana	47	9.4	9.8	18.0	12.4
					Quercus striatula	51	10.2	0.8	21.1	10.7
					Resto de las especies	334	67.1	87.8	25.5	60.1
					Subtotal	**498**	**100**	**100**	**100**	**100**
	0.51 - 0.75	93	85	517	*Quercus striatula*	56	10.8	0.7	33.4	15
					Painteria elachistophylla	43	8.3	0.7	19.7	9.6
					Rhamnus humboldtiana	24	4.6	5.4	6.1	5.4
					Resto de las especies	394	76.2	93.2	40.7	70.1
					Subtotal	**517**	**100**	**100**	**100**	**100**
	0.76 - 1.00	84	66	402	*Acacia berlandieri*	42	10.4	7.3	31.5	16.4
					Quercus depressipes	26	6.5	1.6	12.1	6.7
					Acacia farnesiana	17	4.2	6.5	5.2	5.3
					Resto de las especies	317	78.9	84.7	51.3	71.6
					Subtotal	**402**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.01 - 1.25	72	57	269	*Havardia pallens*	28	10.4	5.1	28.4	14.6
					Acacia berlandieri	17	6.3	4.1	10.5	7
					Quadrella incana	17	6.3	2	10.5	6.3
					Resto de las especies	207	77	88.8	50.7	72.1
					Subtotal	**269**	**100**	**100**	**100**	**100**
	1.26 - 1.50	79	65	317	*Haematoxylum brasiletto*	35	11	3.4	28.5	14.3
					Quercus striatula	35	11	0.9	28.5	13.5
					Acacia farnesiana	14	4.4	6.8	4.6	5.3
					Resto de las especies	233	73.5	88.9	38.5	66.9
					Subtotal	**317**	**100**	**100**	**100**	**100**
	>1.50	99	67	519	*Acacia schaffneri*	45	8.7	2.2	22.4	11.1
					Acacia farnesiana	28	5.4	7.9	8.7	7.3
					Neopringlea integrifolia	30	5.8	1.1	10	5.6
					Resto de las especies	416	80.2	88.8	58.9	75.9
					Subtotal	**519**	**100**	**100**	**100**	**100**

No obstante que la estimación del IRRN está enfocado a la regeneración natural del arbolado, las zonas de matorral xerófilo cuentan con una amplia variedad de especies, como los género *Agave* y *Opuntia* que por su presencia son importantes en la composición del estrato arbustivo, con alturas de entre 0.25 a 1.25 metros, se observaron además otros géneros importantes como *Euphorbia* y *Fouquieria* por su frecuencia con alturas de hasta 1.25 metros. Los datos para este índice a detalle se incluyen como anexo digital.

4.3. Indicadores de sanidad forestal

El monitoreo de los recursos forestales, incluye la evaluación del estado de salud que guardan los ecosistemas, mediante el estudio de los factores bióticos y abióticos que afectan el vigor y la productividad de un árbol o una masa forestal y que pueden expresarse, tanto cuantitativa como cualitativamente, a partir de la identificación de síntomas o daños, (Boa, 2008), para la prevención, control y combate de plagas y enfermedades.

4.3.1. Salud del arbolado

Condición del arbolado

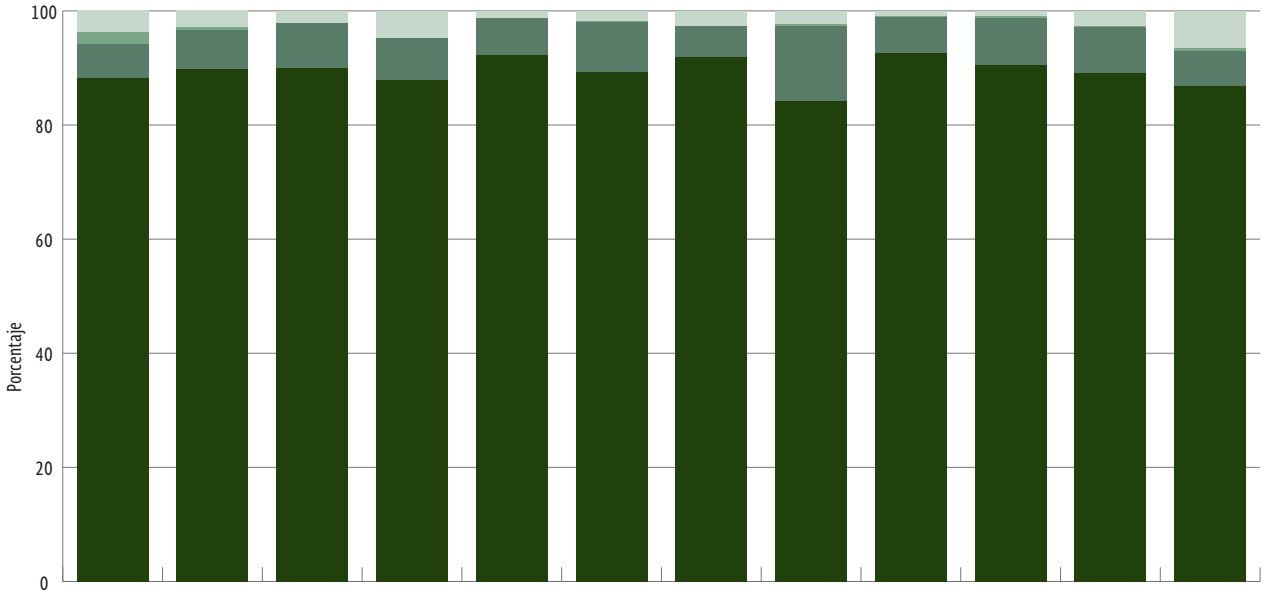
Para evaluar la condición del estrato arbóreo, la muestra total de 1,608,837 registros se clasificó en cuatro estados físicos: vivo, muerto en pie, tocón con marca y tocón sin marca, para fines de análisis se consideró una agrupación de las formas biológicas, tal como se realizó en el análisis de composición y de indicadores dasométricos, para diferenciar los árboles (incluyendo formas indeterminadas a nivel de especie pero que por el género registrado suelen presentar formas de vida arboladas), de otras formas biológicas con menor presencia (arbustos, bambúes, palmas, bejucos, cactus y rosetófilas).

TABLA 42. FRECUENCIAS DE REGISTROS DEL ESTRATO ARBÓREO POR CONDICIÓN

Forma biológica	Condición									
	Vivo		Muerto en pie		Tocón con marca		Tocón sin marca		Total	
	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Prop
Árbol	1,322,717	0.91	101,452	0.95	6,774	0.99	35,174	0.99	**1,466,117**	**0.91**
Otras formas biológicas	137,076	0.09	5,215	0.05	53	0.01	376	0.01	**142,720**	**0.09**
Total	**1,459,793**	**1**	**106,667**	**1**	**6,827**	**1**	**35,550**	**1**	**1,608,837**	**1**

Se puede apreciar que el 91% de los componentes del estrato arbóreo son árboles propiamente y que en su mayoría son individuos vivos, el conjunto de datos para analizar la salud del arbolado se acota a 1,424,169 registros muestreados vivos y muertos en pie.

FIGURA 26. PROPORCIÓN DE LA CONDICIÓN DEL ARBOLADO POR FORMACIÓN FORESTAL



	Coníferas	Coníferas y latifoliadas	Latifoliadas	Bosque mesófilo	Selvas altas y medianas	Selvas bajas	Otras asociaciones	Manglar	Zonas semiáridas	Zonas áridas	Otras áreas forestales	Áreas no forestales
Vivo	180,216	257,995	178,405	29,988	434,999	109,241	3,769	12,025	32,383	3,254	6,746	73,696
Muerto en pie	12,264	19,271	15,562	2,518	30,641	10,759	227	1,877	2,225	292	610	5,206
Tocón con marca	4,056	1,458	219	23	245	217	0	40	93	14	11	398
Tocón sin marca	7,543	8,109	3,970	1,578	5,435	2,127	102	321	267	31	196	5,495

En cuanto al registro de tocones, en total representan el 2.7% de la muestra y se concentran en bosques y selvas que es donde se distribuyen las especies de mayor interés maderable, específicamente en los bosques de coníferas se tiene más de la mitad de los tocones con marca, lo que indica que son las zonas con mayor aprovechamiento regulado y bajo manejo, seguidos de los bosques de coníferas y latifoliadas, sin embargo las evidencias de tocones sin marca supera cinco veces más el número de los tocones con marca, que bien puede ser un indicio de tala clandestina principalmente en bosques de coníferas y latifoliadas, coníferas, selvas altas y medianas y latifoliadas en ese orden.

En términos de la condición del arbolado por formación forestal, la proporción de vivos está entre 86 y 94%, la estimación por hectárea de árboles vivos oscila entre 23 y 724 registros/hectárea (tabla 43); el mayor porcentaje de árboles muertos se encuentra en ecosistemas de manglar aunque no sobrepasa el 14%, es decir un estimado de 54 registros/hectárea, en este rubro los rangos de árboles muertos en pie es entre 2 y 54 registros/hectárea dependiendo la formación forestal (tabla 49).

TABLA 43. NÚMERO DE REGISTROS DE ARBOLADO VIVO POR HECTÁREA EN LAS FORMACIONES FORESTALES

Ecosistema	Formación forestal	UMP	Registros	Registros vivos	Proporción	Arbolado vivo				
						Reg/ha	LI	LS	Ds	Er
Bosques	Coníferas	2,659	192,480	180,216	0.94	433	422	443	5.51	2.50
	Coníferas y latifoliadas	4,188	277,266	257,995	0.93	399	391	407	4.16	2.04
	Latifoliadas	3,396	193,967	178,405	0.92	340	331	349	4.58	2.64
	Bosque mesófilo	504	32,506	29,988	0.92	401	374	428	13.78	6.74
Selvas	Selvas altas y medianas	3,830	465,640	434,999	0.93	724	710	738	7.14	1.93
	Selvas bajas	1,513	120,000	109,241	0.91	467	451	483	8.26	3.47
Otras asociaciones		68	3,996	3769	0.94	352	270	433	41.66	23.23
Manglar		218	13,902	12,025	0.86	349	298	400	25.89	14.53
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	1,857	34,608	32,383	0.94	110	103	117	3.56	6.35
	Zonas áridas	888	3,546	3,254	0.92	23	18	27	2.29	19.54
Otras áreas forestales		549	7,356	6,746	0.92	78	64	91	6.71	16.98
Áreas no forestales		2,739	78,902	73,696	0.93	170	161	179	4.53	5.22
Total		**22,409**	**1,424,169**	**1,322,717**	**0.93**					

Ds = Desviación estándar. Er= Error relativo.

Arbolado dañado

La valoración en campo incluye el reconocimiento de evidencias de daño físico ocasionado, tanto por factores ambientales como antropogénicos, con esta información se puede conocer la magnitud del daño, tanto ambiental como económico que supone dicho estado en el arbolado, es un dato relevante al momento de direccionar los diagnósticos de salud de la vegetación y a menor escala es un parámetro que se toma en cuenta para la planificación del recurso forestal y la adecuada aplicación de prácticas silvícolas conforme a la normativa del país.

Se cuantifica la proporción de árboles etiquetados con algún tipo de daño con respecto al arbolado vivo y se estima la densidad por unidad de área para cada una de las formaciones forestales, a nivel nacional 23% del arbolado vivo muestreado presentó algún tipo de daño. Cabe destacar que las zonas más afectadas en proporción son los matorrales xerófilos con 42 y 56% (tabla 44), sin embargo para los bosques de coníferas donde la densidad del arbolado es mayor, el número de registros dañados por hectárea es el más alto.

Por formación forestal, el porcentaje de arbolado dañado nos señala que los rangos van desde 11 hasta 56%, en bosque y selvas no supera el 32% y las selvas altas y medianas son las que tienen la menor magnitud en el número de registros con daño y está entre 11 y 19%.

TABLA 44. PROPORCIÓN Y NÚMERO DE REGISTROS DAÑADOS POR FORMACIÓN FORESTAL

Ecosistema	Formación forestal	UMP	Registros vivos	Registros dañados	Proporción	Arbolado dañado				
						Reg/ha	LI	LS	Ds	Er
Bosques	Coníferas	2,659	180,216	57,789	0.32	139	132	145	3.35	4.74
	Coníferas y latifoliadas	4,188	257,995	80,033	0.31	124	119	129	2.51	3.98
	Latifoliadas	3,396	178,405	53,447	0.30	102	96	107	2.82	5.44
	Bosque mesófilo	504	29,988	6,438	0.21	86	73	100	6.91	15.73
Selvas	Selvas altas y medianas	3,830	434,999	48,690	0.11	81	77	85	2.11	5.10
	Selvas bajas	1,513	109,241	20,701	0.19	89	82	96	3.58	7.92
Otras asociaciones		68	3,769	645	0.17	60	38	82	11.18	36.43
Manglar		218	12,025	2,302	0.19	67	44	90	11.80	34.60
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	1,857	32,383	13,490	0.42	46	42	50	1.96	8.37
	Zonas áridas	888	3,254	1,813	0.56	13	10	16	1.63	24.92
Otras áreas forestales		549	6,746	2,127	0.32	24	18	31	3.17	25.46
Áreas no forestales		2,739	73,696	14,633	0.20	34	31	37	1.45	8.41
Total		**22,409**	**1,322,717**	**302,108**	**0.23**					

Ds = Desviación estándar. Er= Error relativo.

Factores y agentes causales de daño

Una vez que se determina la presencia de un daño, es necesario el reconocimiento de los signos o síntomas que se presenten, a fin de dar un diagnóstico de las causas que lo generan y el impacto que estos pueden tener en el ecosistema y proceder con una adecuada intervención.

Los factores de daño son el conjunto de elementos que producen o contribuyen al desarrollo del daño como consecuencia de su variación o transformación y se dividen en factores abióticos, bióticos y antropogénicos. Estos agrupan a los agentes causales de daño que son los factores específicos que generan el trastorno a la salud del arbolado y son el causante ya sea directo o indirecto del desarrollo del daño.

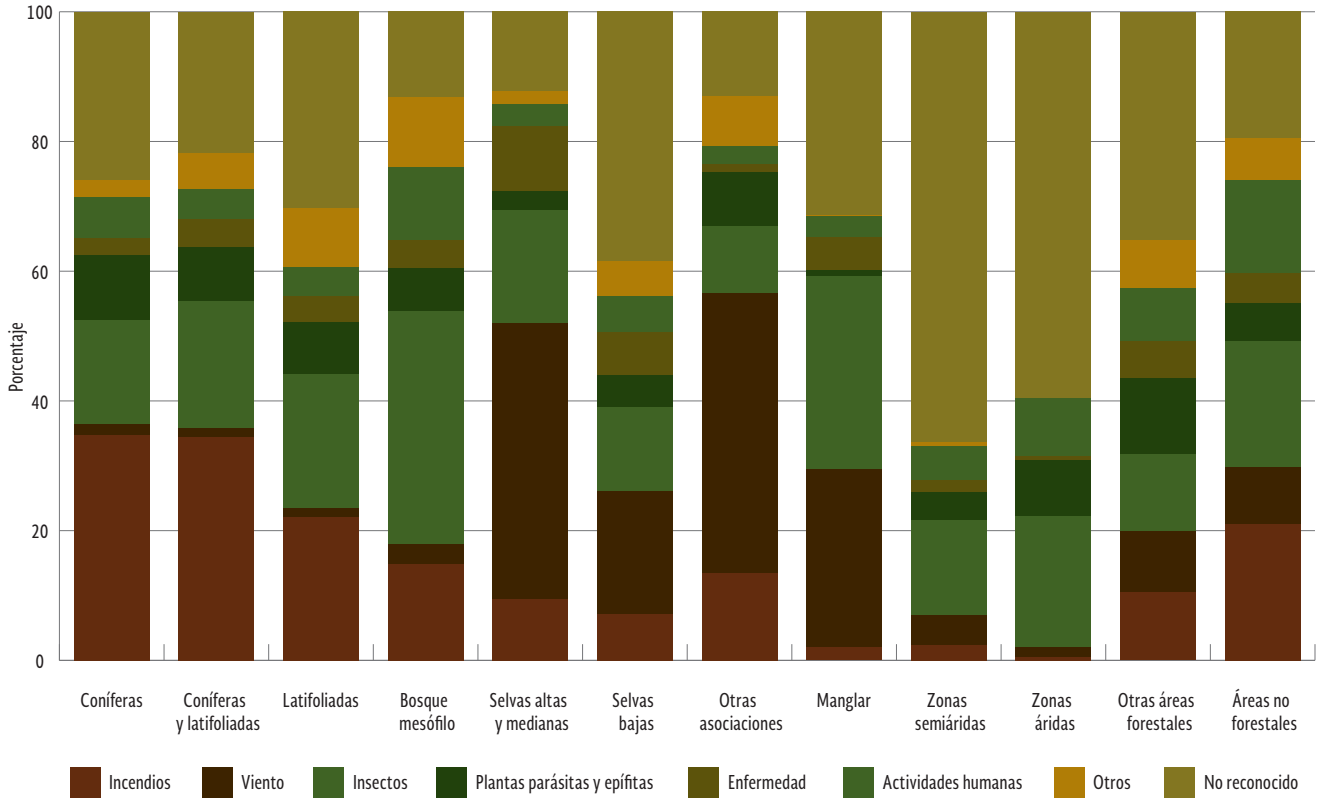
El INFyS reconoce tres factores de daño, los factores abióticos y bióticos que son los de mayor ocurrencia en la muestra, con una proporción de 35.3 y 33.5% a nivel nacional respectivamente y los daños de tipo antropogénico, con una incidencia menor de 5.5%; en muchos de los casos (25.7%) se reconoció un daño al arbolado pero no fue posible diferenciar el factor ni el agente causal de daño, principalmente en ecosistemas de matorral xerófilo y selvas bajas, donde esta situación fue más recurrente y las evidencias de daño no se encontraron con características claras y definidas para su categorización (tabla 45).

El agente causal de más impacto a nivel nacional son los incendios, que afectan 31.4% de los registros con daño reconocido, sobre todo en bosques templados, junto con los insectos que es el segundo agente causal de daño con 24.8% y el de mayor impacto en bosques mesófilos, manglares y en matorrales xerófilos; el viento ocasionó daños en 13.7%, siendo el principal agente de daño en selvas y que también impactó en los manglares. Además de los ya mencionados, en menor intensidad se presentan daños por plantas parásitas (9.6%), enfermedades (6.6%) y actividades humanas (6.4%), que afectan sobre todo a las zonas áridas, semiáridas y bosques mesófilos (figura 27).

TABLA 45. FRECUENCIAS DE AGENTES CAUSALES DE DAÑO POR FORMACIÓN FORESTAL

Ecosistema	Formación forestal		Abióticos				Bióticos					Antropogénicos			Total
			Incendios	Viento	Otros agentes abióticos	Rayos	Insectos	Plantas parásitas y epífitas	Enfermedad	Roedores	Agentes bióticos	Actividad humana	Aprovecha-miento	Pastoreo	
Bosques	Coníferas	Frec	20,149	897	274	127	9,349	5,720	1,525	1,089	8	2,543	922	219	**42,822**
		Prop	0.47	0.02	0.01	0	0.22	0.13	0.04	0.03	0	0.06	0.02	0.01	**1**
	Coníferas y latifoliadas	Frec	27,564	1,149	1,278	121	15,582	6,765	3,427	3,051	8	3,246	396	74	**62,661**
		Prop	0.44	0.02	0.02	0	0.25	0.11	0.05	0.05	0	0.05	0.01	0	**1.00**
	Latifoliadas	Frec	11,826	712	2,330	48	11,081	4,286	2,182	2,465	7	2,238	53	57	**37,285**
		Prop	0.32	0.02	0.06	0	0.30	0.11	0.06	0.07	0	0.06	0	0	**1**
	Bosque mesófilo	Frec	966	189	4	17	2,321	417	285	665	2	697	3	27	**5,593**
		Prop	0.17	0.03	0	0	0.41	0.07	0.05	0.12	0	0.12	0	0	**1**
Selvas	Selvas altas y medianas	Frec	4,625	20,732	202	63	8,481	1,385	4,937	678	8	1,474	51	98	**42,734**
		Prop	0.11	0.49	0	0	0.20	0.03	0.12	0.02	0	0.03	0	0	**1**
	Selvas bajas	Frec	1,477	3,944	713	16	2,666	1,018	1,391	361	1	1,104	11	41	**12,743**
		Prop	0.12	0.31	0.06	0	0.21	0.08	0.11	0.03	0	0.09	0	0	**1**
Otras asociaciones		Frec	87	279	1	0	66	54	8	48	0	18	0	0	**561**
		Prop	0.16	0.50	0	0	0.12	0.10	0.01	0.09	0	0.03	0	0	**1**
Manglar		Frec	49	631	1	3	686	20	119	0	0	65	2	5	**1,581**
		Prop	0.03	0.40	0	0	0.43	0.01	0.08	0	0	0.04	0	0	**1**
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	Frec	319	622	59	21	1,984	586	242	2	0	614	71	29	**4,549**
		Prop	0.07	0.14	0.01	0	0.44	0.13	0.05	0	0	0.13	0.02	0.01	**1**
	Zonas áridas	Frec	10	28	0	0	366	155	14	1	0	156	2	2	**734**
		Prop	0.01	0.04	0	0	0.50	0.21	0.02	0	0	0.21	0	0	**1**
Otras áreas forestales		Frec	226	198	90	1	252	252	120	68	0	127	4	42	**1,380**
		Prop	0.16	0.14	0.07	0	0.18	0.18	0.09	0.05	0	0.09	0	0.03	**1**
Áreas no forestales		Frec	3,081	1,290	127	35	2,835	866	668	763	3	2,007	35	72	**11,782**
		Prop	0.26	0.11	0.01	0	0.24	0.07	0.06	0.06	0	0.17	0	0.01	**1**
Total		**Frec**	**70,381**	**30,673**	**5,079**	**452**	**55,672**	**21,525**	**14,919**	**9,191**	**37**	**14,290**	**1,550**	**666**	**224,436**
		Prop	**0.31**	**0.14**	**0.02**	**0**	**0.25**	**0.10**	**0.07**	**0.04**	**0**	**0.06**	**0.01**	**0**	**1**

FIGURA 27. PROPORCIÓN DE REGISTROS DAÑADOS POR LOS PRINCIPALES AGENTES CAUSALES Y FORMACIÓN FORESTAL

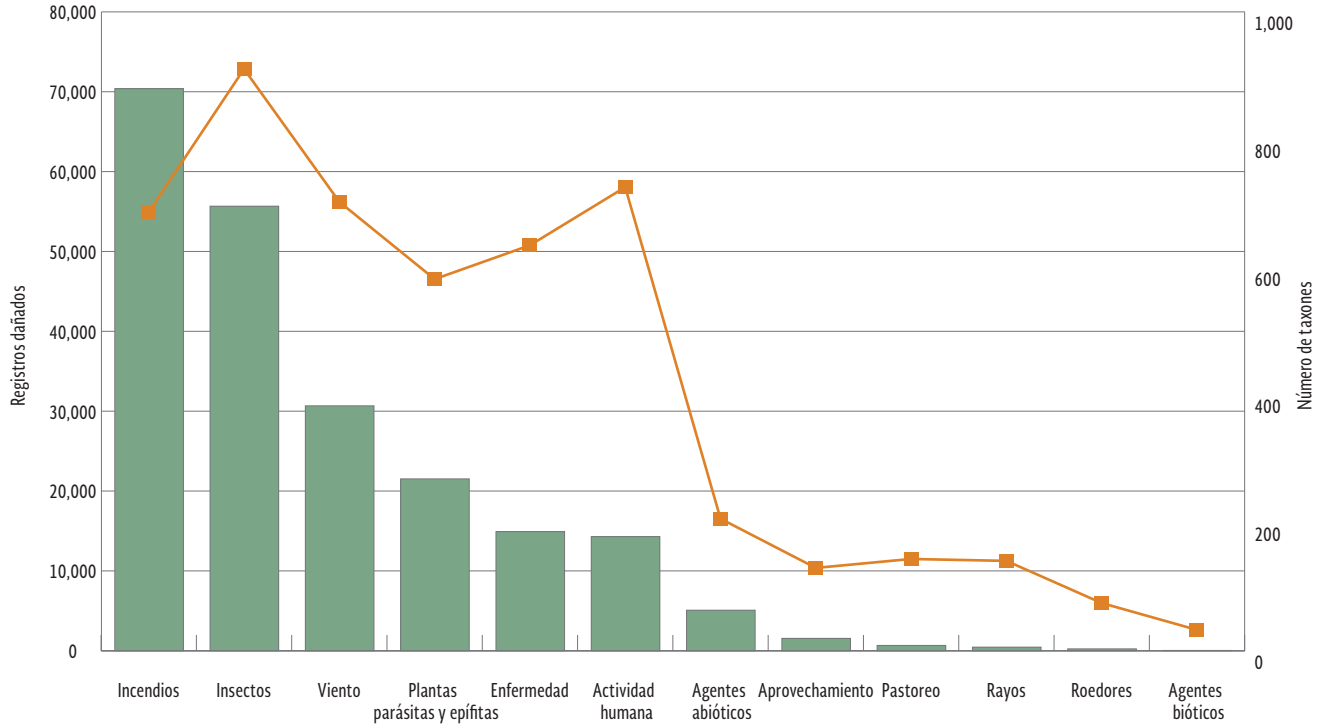


Zonas áridas, Sinaloa.

Especies con mayor incidencia de daño

Las evidencias de daños al arbolado se detectaron en 1,309 taxones en total, los agentes de daño que afectaron a una mayor cantidad de taxones fueron en primer lugar los insectos, que son el segundo grupo más numeroso en cantidad de registros, seguidos de las actividades humanas con menor número de registros pero con afecciones a una mayor diversidad (figura 28).

FIGURA 28. DISTRIBUCIÓN DE AGENTES CAUSALES POR NÚMERO DE REGISTROS Y NÚMERO DE TAXONES DAÑADOS



	Incendios	Insectos	Viento	Plantas parásitas y epífitas	Enfermedad	Actividad humana	Agentes abióticos	Aprovechamiento	Pastoreo	Rayos	Roedores	Agentes bióticos
Arbolado dañado	70,379	55,669	30,671	21,524	14,918	14,289	5,079	1,550	666	452	238	37
Taxones con daño	687	911	703	582	635	726	207	130	144	141	75	33

Para determinar las seis especies con mayor incidencia de daños por agente causal, se tomó en cuenta la frecuencia con la que aparecen a nivel nacional y se mencionan a continuación, en el anexo digital de este informe podrá consultarse la totalidad de las especies y sus daños asociados.

TABLA 46. TAXONES CON MAYOR INCIDENCIA POR AGENTES CAUSALES ABIÓTICOS

Agente causal	Taxones totales	Registros dañados	Mayor incidencia de daños	
			Taxones/registros	%
Incendios	682	70,379	*Quercus magnoliifolia* (8,000), *Pinus oocarpa* (4,306), *Quercus resinosa* (3,986), *Pinus durangensis* (3,546), *Pinus teocote* (2,482), *Arbutus xalapensis* (2,176)	34.8
Viento	702	30,671	*Bursera simaruba* (1,892), *Manilkara zapota* (1,223), *Lysiloma latisiliquum* (1,205), *Metopium brownei* (1,102), *Thouinia paucidentata* (1,006), *Caesalpinia gaumeri* (904)	23.9
Otros agentes abióticos	206	5,079	*Quercus arizonica* (598), *Quercus oblongifolia* (520), *Lysiloma divaricatum* (352), *Quercus chihuahuensis* (228), *Pinus cembroides* (170), *Quercus emoryi* (167)	40.1
Rayos	140	452	*Arbutus xalepensis* (42), *Abies religiosa* (17), *Pinus teocote* (13), *Pinus durangensis* (12), *Pinus lumholtzii* (12), *Quercus crassifolia* (12)	24.3

TABLA 47. TAXONES CON MAYOR INCIDENCIA POR AGENTES CAUSALES BIÓTICOS

Agente causal	Taxones totales	Registros dañados	Mayor incidencia de daños	
			Taxones/registros	%
Insectos	910	55,669	*Quercus arizonica* (3,705), *Quercus magnoliifolia* (2,910), *Quercus* (2,192), *Quercus rugosa* (1,511), *Quercus crassifolia* (1,481), *Pinus cembroides* (1,464)	23.8
Plantas parásitas y epífitas	582	21,524	*Pinus cembroides* (1,165), *Quercus laeta* (923), *Quercus grisea* (792), *Arbutus xalapensis* (755), *Quercus crassifolia* (696), *Quercus sideroxyla* (686)	23.8
Enfermedad	634	14,918	*Quercus laeta* (593), *Lysiloma latisiliquum* (430), Quercus arizonica (362), *Pinus cembroides* (361), *Bursera simaruba* (321), *Lysiloma divaricatum* (313)	15.9
Roedores	306	9,191	*Quercus magnoliifolia* (1,336), *Quercus crassifolia* (603), *Quercus rugosa* (546), *Quercus glaucoides* (439), *Quercus scytophylla* (386), *Quercus castanea* (291)	39.2
Otros agentes bióticos	32	37	*Diospyros tetrasperma* (2), *Lysiloma acapulcense* (2), *Pinus arizonica* (2), *Acacia bilimekii* (1), *Annona rensioniana* (1), *Arbutus xalapensis* (1)	24.3

TABLA 48. TAXONES CON MAYOR INCIDENCIA POR AGENTES CAUSALES ANTROPOGÉNICOS

Agente causal	Taxones totales	Registros dañados	Mayor incidencia de daños	
			Taxones/registros	%
Actividad humana	725	14,289	*Juniperus deppeana* (710), *Guazuma ulmifolia* (432), *Quercus magnoliifolia* (331), *Quercus* (329), *Gliricidia sepium* (323), *Quercus crassifolia* (280)	14.2
Aprovechamiento	143	666	*Quercus crispipilis* (37), *Ipomoea arborescens* (27), *Quercus crassifolia* (27), *Lysiloma latisiliqum* (26), *Acacia farnesiana* (22), *Quercus durifolia* (20)	23.9
Pastoreo	129	1,550	*Pinus durangensis* (220), *Quercus sideroxyla* (132), *Pinus cooperi* (110), *Pinus teocote* (98), *Pinus arizonica* (90), *Juniperus deppeana* (72)	46.6

Proporción de árboles muertos en pie y causas de muerte

Los árboles muertos en un bosque también son un componente importante dentro del ecosistema y son parte de la estructura natural, la cantidad de madera muerta puede variar de acuerdo con el tipo de vegetación y su etapa de desarrollo, estos elementos ayudan a mantener el equilibrio en el ciclo de nutrientes y en el ciclo del agua, además de que los árboles en descomposición son nichos de una alta diversidad de flora y fauna y da pie a la llamada microsucesión de las especies, entre otras funciones (Delgado, L. *et ál*., 2002).

El manejo adecuado del recurso forestal, debe considerar la presencia de árboles muertos, no solo para asegurar las funciones dentro del ecosistema como se ha mencionado, si no para evitar un desequilibrio en la proporción de la madera muerta que pueda originar una acumulación de material combustible proclive a intensificar los incendios forestales o ser vector de plagas y enfermedades, así como la disminución considerable de árboles muertos en pie, que se da generalmente por la extracción maderable y que como comenta Delgado, L. *et ál*. (2002), se cree que ha sido la causa de la extinción de especies en México como el pájaro carpintero imperial (*Campephilus imperialis*) entre otras especies en estatus de amenazadas y en peligro de extinción. En materia normativa, la NOM-061-ECOL-1994, establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna silvestres por el aprovechamiento forestal y considera dentro de la diversidad estructural de las áreas bajo manejo, la presencia de 5 a 10 árboles muertos por hectárea con diámetro normal mayor a 20-30 centímetros y altura mínima de 2 metros.

Otro aspecto relevante, es el uso de la madera muerta como combustible (leña o carbón vegetal), que tiene un impacto utilitario y económico importante en las comunidades cercanas al bosque, el aumento en la demanda de este servicio en muchos casos se asocia con la deforestación y ha sido regulado a través de la NOM-012-RECNAT-1996, que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento de leña para uso doméstico, sin embargo no existe una estadística precisa de la cantidad de madera utilizada con este fin.

En el caso de los ecosistemas evaluados por el INFyS, se encontró que la proporción de registros muertos a nivel nacional es del 7%, el mayor porcentaje se concentra en los manglares con el 14% lo que equivale a un promedio de 55 registros por hectárea, como se indica en la tabla 49 para este y el resto de las formaciones forestales.

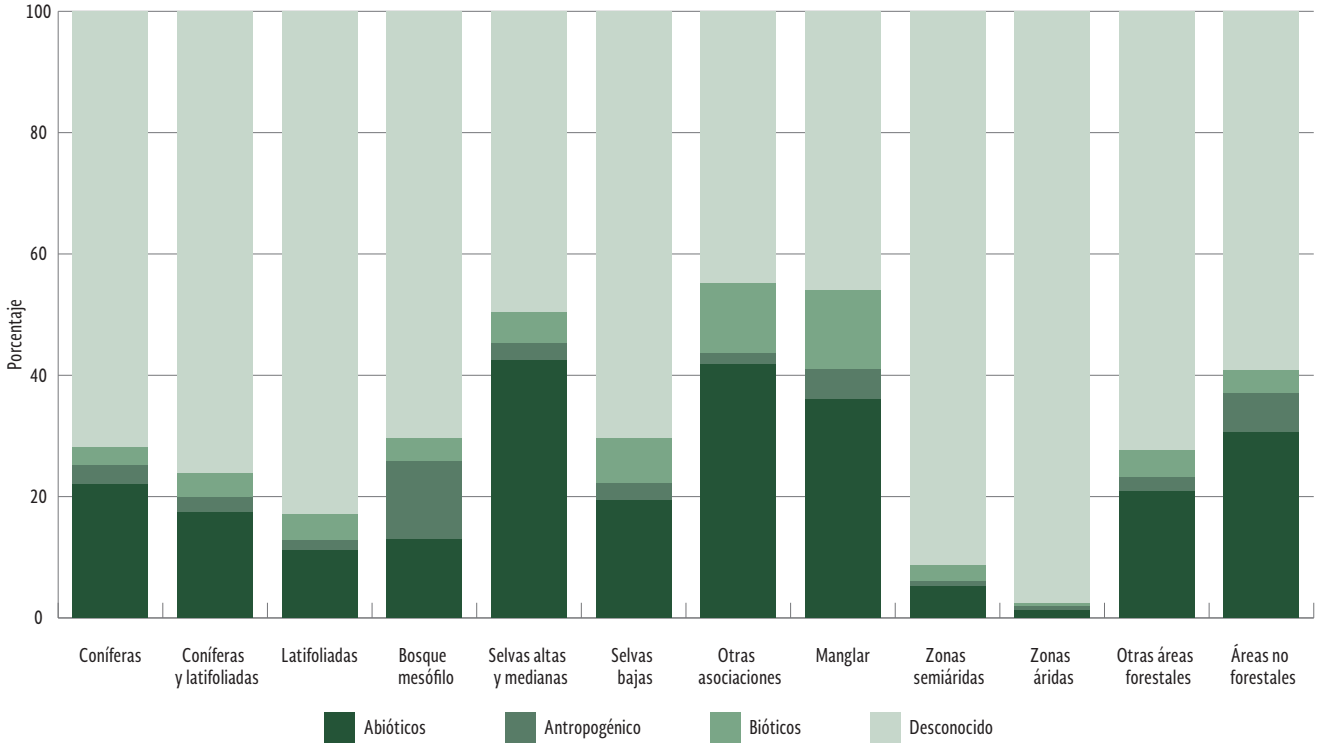
TABLA 49. PROPORCIÓN Y NÚMERO DE REGISTROS DE ARBOLADO MUERTO EN PIE POR FORMACIÓN FORESTAL

Ecosistema	Formación forestal	UMP	Registros arbolado	Muertos en pie	Proporción	Arbolado muerto en pie				
						Reg/ha	LI	LS	Ds	Er
Bosques	Coníferas	2,659	192,480	12,264	0.06	29	28	31	0.85	5.63
	Coníferas y latifoliadas	4,188	277,266	19,271	0.07	30	28	31	0.72	4.73
	Latifoliadas	3,396	193,967	15,562	0.08	30	28	31	0.71	4.73
	Bosque mesófilo	504	32,506	2,518	0.08	34	30	38	2.01	11.69
Selvas	Selvas altas y medianas	3,830	465,640	30,641	0.07	51	49	53	0.92	3.54
	Selvas bajas	1,513	120,000	10,759	0.09	46	43	49	1.44	6.11
Otras asociaciones		68	3,996	227	0.06	21	14	28	3.68	34.09
Manglar		218	13,902	1,877	0.14	55	43	66	6.04	21.72
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	1,857	34,608	2,225	0.06	8	6	9	0.55	14.24
	Zonas áridas	888	3,546	292	0.08	2	1	3	0.42	39.54
Otras áreas forestales		549	7,356	610	0.08	7	5	9	0.84	23.60
Áreas no forestales		2,739	78,902	5,206	0.07	12	11	13	0.57	9.28
Total		**22,409**	**1,424,169**	**101,452**	**0.07**					

Ds = Desviación estándar. Er= Error relativo.

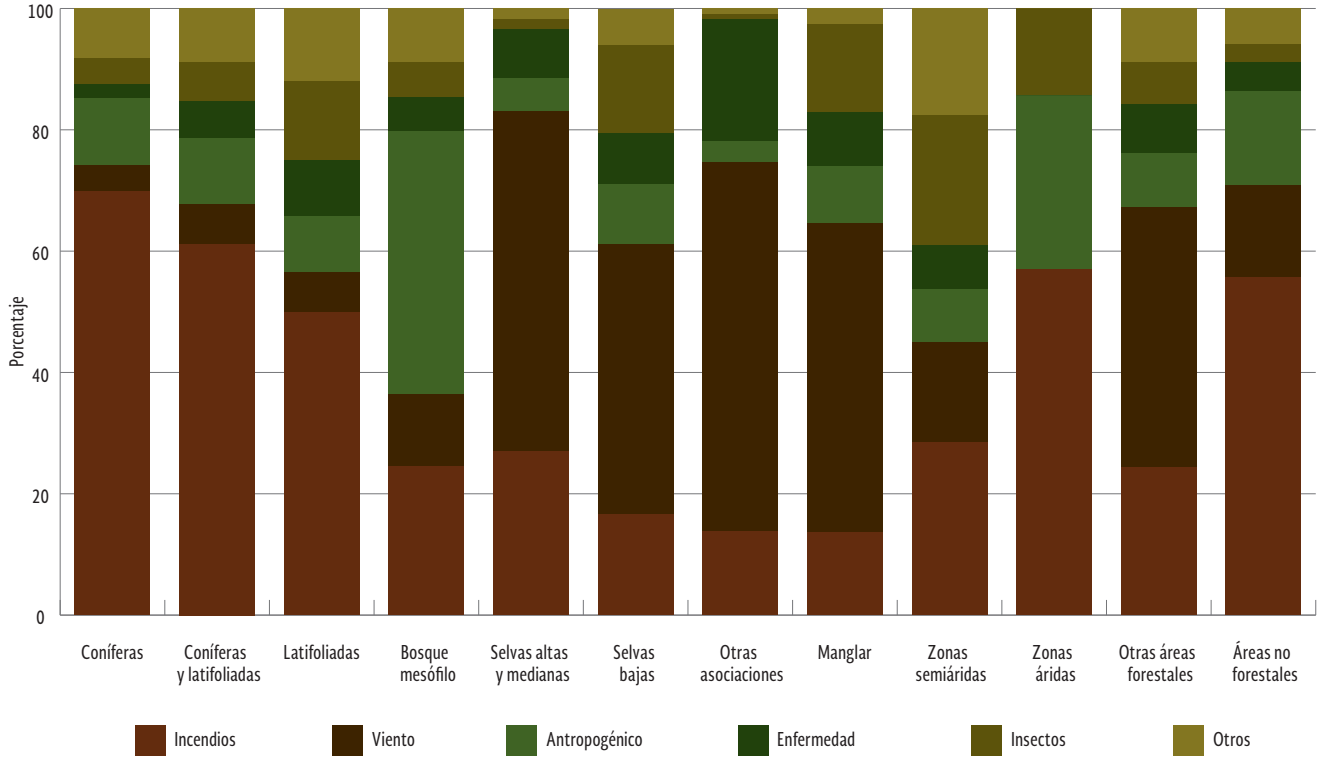
En 67% de los casos, no fue posible determinar la causa principal de muerte, las evidencias de algún daño no fueron determinantes, sobre todo en los matorrales xerófilos debido al estado de descomposición en el que se encontraba el individuo o por signos de más de un agente causal de daño; al igual que en el arbolado vivo, los factores abióticos son los de mayor incidencia y se infiere como causa de muerte principal en 25% de los registros evaluados, seguido de los factores bióticos y antropogénicos con 5% y 3% (figura 29).

FIGURA 29. FACTORES CAUSANTES DE MUERTE EN EL ARBOLADO POR FORMACIÓN FORESTAL



Las causas de muerte por formación forestal son variadas, se puede decir que las más frecuentes son los incendios (38.1%) sobre todo en bosques templados y zonas áridas, el viento (35%) en vegetación de zonas tropicales como selvas y manglares y por actividades humanas (8%) que en bosques mesófilos es de las más notables, el restante 19% es debido a la presencia de insectos y otros agentes como enfermedades, plantas parásitas y pastoreo.

FIGURA 30. PRINCIPALES CAUSAS DE MUERTE IDENTIFICADAS EN EL ARBOLADO POR FORMACIÓN FORESTAL



Arbolado dañado por incendio, Yécora, Baja California.

4.3.2. Salud de la regeneración natural

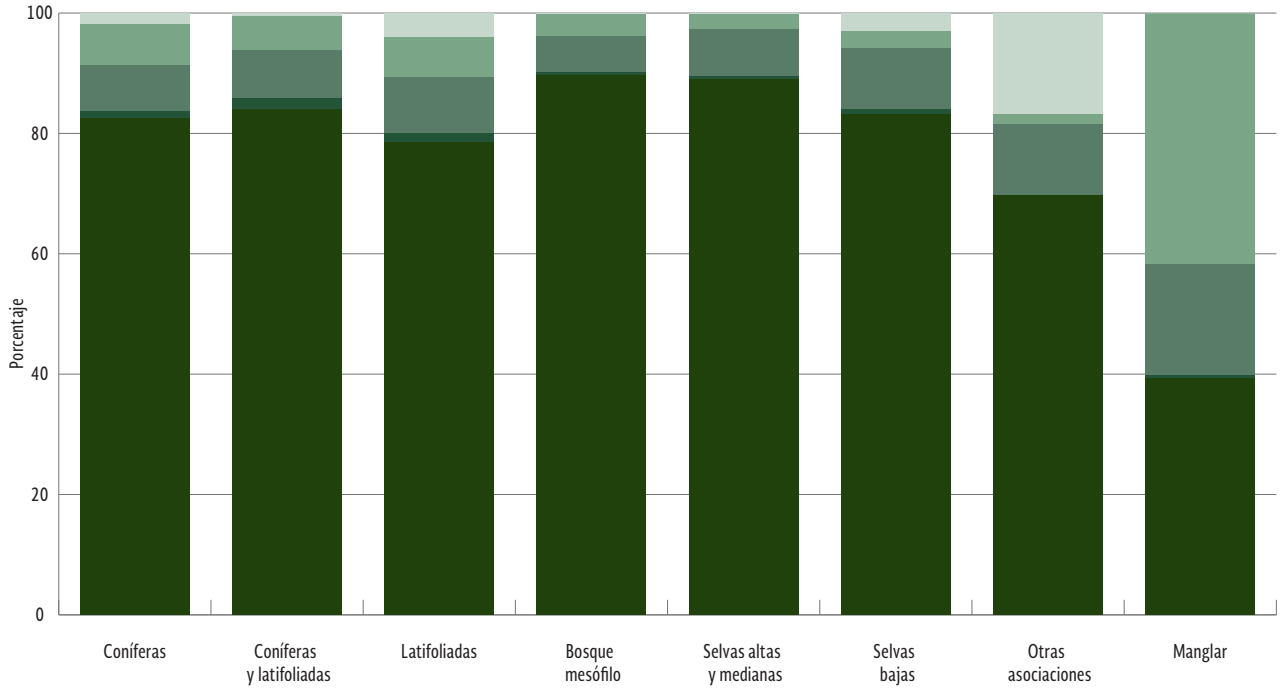
Vigor y proporción de daños en la regeneración

La salud de la regeneración, se puede expresar en función de la valoración que se hace del individuo al momento de ser muestreado, en el INFyS se registran variables cualitativas a partir de las que se pueden inferir, tanto los daños como el vigor del renuevo del arbolado.

Los registros con información de este tipo (686,729 individuos), se distinguen en aquellos que no presentan daño alguno en 92.2% (632,882 registros) y solo 7.8% (53,847 registros) con evidencia de daños.

Debido a que el vigor se registra únicamente en bosques y selvas (567,082 individuos), se puede llegar a la conclusión para estos ecosistemas que la regeneración con ausencia de daños, tiene un vigor bueno con un promedio de 83.5% (figura 31), en los manglares aún sin tener daños evidentes el vigor es pobre en 41.6%.

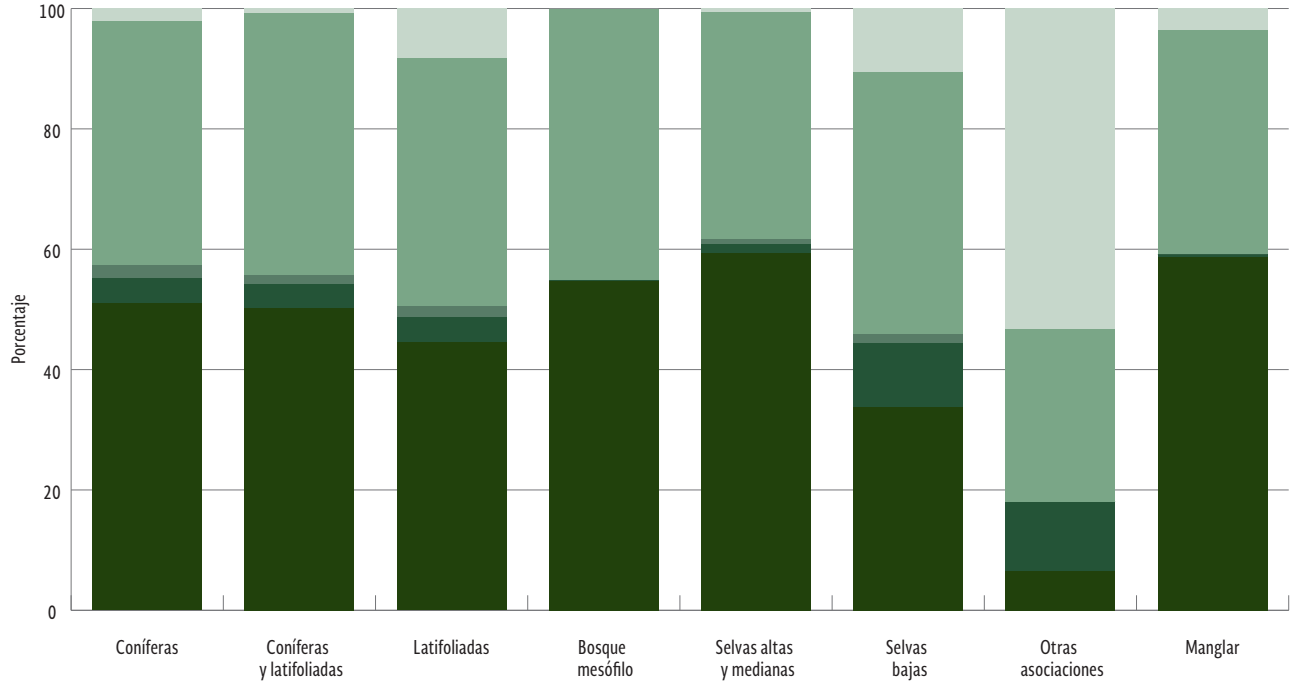
FIGURA 31. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DEL VIGOR EN LA REGENERACIÓN SIN EVIDENCIAS DE DAÑO



	Coníferas	Coníferas y latifoliadas	Latifoliadas	Bosque mesófilo	Selvas altas y medianas	Selvas bajas	Otras asociaciones	Manglar
Óptimo o Máximo	4,503	6,766	6,073	1,016	18,126	4,772	244	4,432
Bueno	48,906	71,508	51,400	15,125	205,300	38,612	1,446	9,393
Pobre	4,025	4,836	4,382	621	5,977	1,313	34	9,936
Muy pobre	772	1,438	921	73	969	353	2	114
Sin vigor	1,062	387	2,546	11	39	1,340	348	1

El vigor se ve afectado por una serie de factores, tanto bióticos como abióticos, que pueden derivar en una mala salud del repoblado, evidenciando síntomas o daños como los que reconoce el INFyS, los registros con daños (7.8%), presentaron un gran número de individuos con vigor pobre, sobre todo en bosques mesófilos y selvas altas y medianas, no obstante la presencia de daño cerca de la mitad de estos individuos se consideraron con vigor bueno (figura 32).

FIGURA 32. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DEL VIGOR EN LA REGENERACIÓN CON PRESENCIA DE DAÑO



	Coníferas	Coníferas y latifoliadas	Latifoliadas	Bosque mesófilo	Selvas altas y medianas	Selvas bajas	Otras asociaciones	Manglar
Óptimo o Máximo	184	141	125	0	54	48	0	0
Bueno	4,283	4,923	3,281	1,113	3,872	1,105	10	269
Pobre	3,396	4,270	3,035	916	2,456	1,425	43	171
Muy pobre	338	403	308	6	97	350	17	2
Sin vigor	169	72	601	0	37	344	80	16

Factores y agentes causales de daño

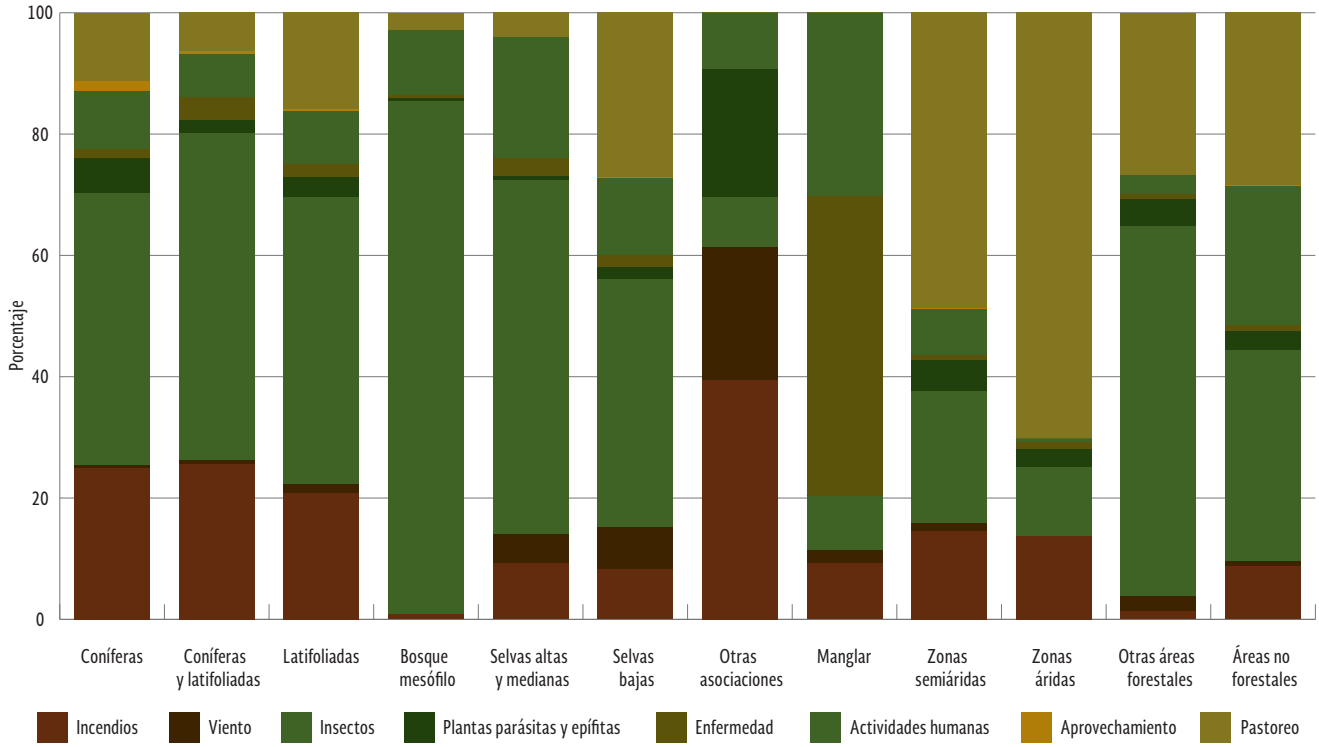
Al igual que para el arbolado, se distinguen tres factores de daño que son abióticos, bióticos y antropogénicos, más de la mitad de los individuos registrados con algún daño, fueron afectados por factores abióticos, principalmente por insectos (47.4%) con una mayor intensidad en los bosques mesófilos, los daños por plantas parásitas y enfermedades fueron menores; como segunda causa de daño se encuentran los incendios con una afectación de 16.1% de la muestra, dentro de los factores abióticos.

El análisis muestra que las causas antropogénicas tienen más impacto en la regeneración que en el arbolado, el pastoreo es equiparable a los incendios en cuanto a frecuencia de daños (16%) y esta actividad se desarrolla de forma más extensiva en las zonas áridas y semiáridas del país, seguido de otras actividades humanas con 12.6%, lo que hace que los factores antropogénicos sean en segundo lugar los que más afectan a la regeneración natural.

TABLA 50. FRECUENCIAS DE AGENTES CAUSALES DE DAÑO EN LA REGENERACIÓN NATURAL

Ecosistema	Formación forestal		Abióticos			Bióticos				Antropogénicos			Total
			Incendios	Viento	Rayos	Insectos	Plantas parásitas y epífitas	Enfermedad	Roedores	Actividad humana	Aprovecha-miento	Pastoreo	
Bosques	Coníferas	Frec	1,252	30	1	2,251	292	77	3	474	86	563	**5,029**
		Prop	0.25	0.01	0	0.45	0.06	0.02	0	0.09	0.02	0.11	**1**
	Coníferas y latifoliadas	Frec	1,737	40	0	3,656	143	256	5	484	26	427	**6,774**
		Prop	0.26	0.01	0	0.54	0.02	0.04	0	0.07	0	0.06	**1**
	Latifoliadas	Frec	827	62	0	1,871	136	85	6	350	7	629	**3,973**
		Prop	0.21	0.02	0	0.47	0.03	0.02	0	0.09	0	0.16	**1**
	Bosque mesófilo	Frec	18	0	0	1,578	7	9	0	202	0	51	**1,865**
		Prop	0.01	0	0	0.85	0	0	0	0.11	0	0.03	**1**
Selvas	Selvas altas y medianas	Frec	558	288	0	3,475	40	174	0	1,190	2	236	**5,963**
		Prop	0.09	0.05	0	0.58	0.01	0.03	0	0.20	0	0.04	**1**
	Selvas bajas	Frec	145	119	0	705	35	33	0	221	1	467	**1,726**
		Prop	0.08	0.07	0	0.41	0.02	0.02	0	0.13	0	0.27	**1**
Otras asociaciones		Frec	47	26	0	10	25	0	0	11	0	0	**119**
		Prop	0.39	0.22	0	0.08	0.21	0	0	0.09	0	0	**1**
Manglar		Frec	23	5	28	22	0	121	0	74	0	0	**273**
		Prop	0.08	0.02	0.10	0.08	0	0.44	0	0.27	0	0	**1**
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	Frec	345	31	0	511	124	19	12	179	2	1,149	**2,372**
		Prop	0.15	0.01	0	0.22	0.05	0.01	0.01	0.08	0	0.48	**1**
	Zonas áridas	Frec	84	0	0	69	18	7	0	3	0	425	**606**
		Prop	0.14	0	0	0.11	0.03	0.01	0	0	0	0.70	**1**
Otras áreas forestales		Frec	8	13	0	331	25	4	18	17	0	145	**561**
		Prop	0.01	0.02	0	0.59	0.04	0.01	0.03	0.03	0	0.26	**1**
Áreas no forestales		Frec	422	37	0	1,657	148	49	3	1,089	5	1,351	**4,761**
		Prop	0.09	0.01	0	0.35	0.03	0.01	0	0.23	0	0.28	**1**
Total		**Frec**	**5,466**	**651**	**0**	**16,136**	**993**	**834**	**47**	**4,294**	**129**	**5,443**	**34,022**
		Prop	**0.16**	**0.02**	**0**	**0.47**	**0.03**	**0.02**	**0**	**0.13**	**0**	**0.16**	**1**

FIGURA 33. PROPORCIÓN DE AGENTES CAUSALES DE DAÑOS EN LA REGENERACIÓN NATURAL



Especies con mayor incidencia de daño

Las especies de mayor incidencia de daño por agente causal, se determina considerando todos los taxones y su frecuencia, se enlistan las tres especies con mayor número de individuos dañados, así como una descripción del número de taxones y frecuencia por agente causal, el resto de la información se incluye en el anexo digital.

TABLA 51. TAXONES DE MAYOR INCIDENCIA POR AGENTES CAUSALES BIÓTICOS

Agente causal	Taxones totales	Registros dañados	Mayor incidencia de daños	
			Taxones/registros	%
Insectos	670	16,136	*Quercus* (1,131), *Buddleja* (444), *Miconia* (408)	12.3
Plantas parásitas y epífitas	184	993	*Quercus* (80), *Acacia* (33), *Celtis pallida* (32)	17.5
Enfermedad	105	834	*Lonchocarpus guatemalensis* (115), *Conocarpus erectus* (110), *Opuntia* (78)	36.3

TABLA 52. TAXONES DE MAYOR INCIDENCIA POR AGENTES CAUSALES ANTROPOGÉNICOS

Agente causal	Taxones totales	Registros dañados	Mayor incidencia de daños	
			Taxones/registros	%
Pastoreo	256	5,443	*Quercus striatula* (265), *Croton* (246), *Baccharis* (211)	16.3
Actividad humana	300	4,294	*Quercus* (216), *Verbesina* (195), *Lonchocarpus guatemalensis* (194)	14.1
Aprovechamiento	27	129	*Pinus durangensis* (28), *Quercus laeta* (15), *Quercus* (13)	43.4

TABLA 53. TAXONES DE MAYOR INCIDENCIA DE DAÑO POR AGENTES CAUSALES ABIÓTICOS

Agente causal	Taxones totales	Registros dañados	Mayor incidencia de daños	
			Taxones/registros	%
Incendios	315	5,466	*Quercus* (788), *Baccharis* (268), *Quercus magnoliifolia* (146)	22
Viento	116	651	*Psidium sartorianum* (58), *Larrea* (40), *Conocarpus erectus* (30)	19.7

4.4. Suelos

En este apartado se exponen las características identificadas en campo para una caracterización general de la condición y estado del suelo, se analizan las variables levantadas en el sitio 3 de 22,409 conglomerados y se toma como referencia la Guía para la Descripción de Suelos de la FAO (2009) en la clasificación de variables de profundidad y pendiente.

4.4.1. Grupos de suelo

La información del recurso suelo a través de las unidades edafológicas del país y su ubicación, es generada por el INEGI y es representada en la carta edafológica, se toman de referencia para presentar los grupos de suelo predominante por formación forestal.

A nivel nacional los suelos que ocupan poco más de la mitad del país, son los del grupo de los leptosoles, regosoles y phaeozem de un total de 25 grupos, que van desde suelos muy someros, gravillosos o pedregosos comunes de zonas montañosas, así como suelos minerales débilmente desarrollados extendidos en tierras de zonas áridas, semiáridas y terrenos montañosos, hasta suelos oscuros, ricos en materia orgánica, presentes en tierras altas tropicales, generalmente presentes en pastizales o bosques (IUSS, 2007).

La superficie de los diez grupos de suelo dominantes y la generalización de los grupos de menor representación por formación forestal, pueden consultarse en la tabla 54, que fue elaborada a partir de la carta de uso de suelo y vegetación serie VI (INEGI, 2014) y la carta edafológica serie II (INEGI, 2013).

4.4.2. Condición del suelo

Profundidad

La profundidad del suelo señala el espacio en el que las raíces de las plantas pueden penetrar y desarrollarse potencialmente sin obstáculos para la obtención de agua y nutrientes, se mide con una barrena sinfín de 100 centímetros y está restringida a las condiciones del sitio como pueden ser el lecho rocoso, compactación, pedregosidad mayor al 70% y otras estructuras desfavorables, como se describe en el *Manual y procedimientos para el muestreo en campo del INFyS*.

Se realizó la medición de la profundidad efectiva en 22,409 conglomerados, con lo que se estimó el valor promedio para cada formación forestal (tabla 55) y se distinguieron las clases, para una caracterización de los niveles de la profundidad del suelo que predominan.

De la muestra observada a nivel nacional, los suelos muy someros, someros y medianos predominan en 84.3%, solo 10.7% se caracterizan como profundos y 4.9% como suelos muy profundos y que en proporción dentro de las zonas de manglar cobran importancia (figura 34), de tal forma que el mayor valor promedio en profundidad efectiva con 60.6 centímetros se encuentra en manglares. En general, la profundidad promedio para las formaciones forestales de bosques oscila entre 25 y 41.8 centímetros, para selvas de 29.9 a 33 centímetros y en los matorrales xerófilos y otras áreas forestales se estimó entre 26.3 a 36.9 centímetros, rangos que corresponden a suelos someros y medianos, (tabla 55).

TABLA 54. SUPERFICIE DE LOS PRINCIPALES GRUPOS DE SUELO EN LAS FORMACIONES FORESTALES (HECTÁREAS)

Ecosistema	Formación Forestal	Grupo de suelo												
		Leptosol	Regosol	Phaeozem	Calcisol	Luvisol	Vertisol	Cambisol	Arenosol	Kastanozem	Solonchak	Otros	Sin grupo de suelo definido	Total general
Bosques	Coníferas	2,580,420.46	1,405,830.76	660,680.25	25,064.13	1,630,640.36	30,682.73	810,606.97	6,670.27	14,012.38	-	938,139.48	343	**8,103,090.80**
	Coníferas y latifoliadas	4,089,344.86	2,367,247.90	1,480,935.96	46,523.61	2,509,905	59,948.96	1,200,252.74	18,350.18	6,880.90	-	1,169,943	437.46	**12,949,770.57**
	Latifoliadas	4,798,648.45	1,793,307.97	2,018,511.51	60,715.48	1,264,900.73	147,060.57	682,406.94	17,889.90	22,756.80	415.80	552,036.93	1,848.42	**11,360,499.50**
	Bosque mesófilo	558,521.27	150,313.55	102,009.83	-	503,042.35	3,584.36	183,930.98	-	-	-	285,550.15	112.83	**1,787,065.32**
Selvas	Selvas altas y medianas	5,852,913.54	1,003,168.17	1,707,418.15	137,567.21	1,796,245.30	1,088,572.78	812,417.50	14,077.41	5,225.46	17,297.99	1,125,422.84	1,978.16	**13,562,304.50**
	Selvas bajas	6,204,449.99	3,477,515.94	2,807,303.61	112,784.96	1,146,577.74	1,258,131.92	585,725.83	35,587.53	104,818.33	42,544.32	682,588.22	6,171.65	**16,464,200.02**
Otras asociaciones		91,789.61	77,815.70	45,155.33	252.94	66,849.46	75,761.74	37,322.37	1,979.20	191.20	26,319.33	113,470.06	3,253.01	**540,159.97**
Manglar		30,994.41	53,385.55	7,452.51	1.99	1,321.06	14,894.58	3,979.17	54,659.34	-	628,424.82	129,820.27	14,702.15	**939,635.85**
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	7,940,593.28	4,385,451.48	1,037,578.93	2,642,981.98	453,830.11	1,325,189.15	471,753.66	346,956.68	459,831.89	178,357.97	1,081,764.20	6,181.07	**20,330,470.40**
	Zonas áridas	10,438,717.58	5,532,942.36	1,911,001.18	10,806,328.31	921,818.69	765,447.96	960,088.96	1,759,678.48	851,674.27	360,211.80	1,652,940.22	13,689.75	**35,974,539.55**
Otras áreas forestales		3,992,507.76	1,614,252.75	2,135,064.88	2,064,669.03	757,603.51	976,351.38	394,957.15	434,637.70	189,512.27	1,216,667.41	2,010,076.28	47,101.02	**15,833,401.13**
Áreas no forestales		5,970,021.70	5,086,249.62	8,592,767.30	3,717,472.89	6,642,510.95	10,684,340.31	2,774,188.16	666,226.60	1,287,881.63	921,826.98	7,520,495.84	1,199,160.10	**55,063,142.07**
Total general		**52,548,922.92**	**26,947,481.75**	**22,505,879.44**	**19,614,362.54**	**17,695,245.25**	**16,429,966.45**	**8,917,630.42**	**3,356,713.29**	**2,942,785.13**	**3,392,066.41**	**17,262,247.48**	**1,294,978.62**	**192,908,279.69**
Porcentaje		**27.24**	**13.97**	**11.67**	**10.17**	**9.17**	**8.52**	**4.62**	**1.74**	**1.53**	**1.76**	**8.95**	**0.67**	**100**

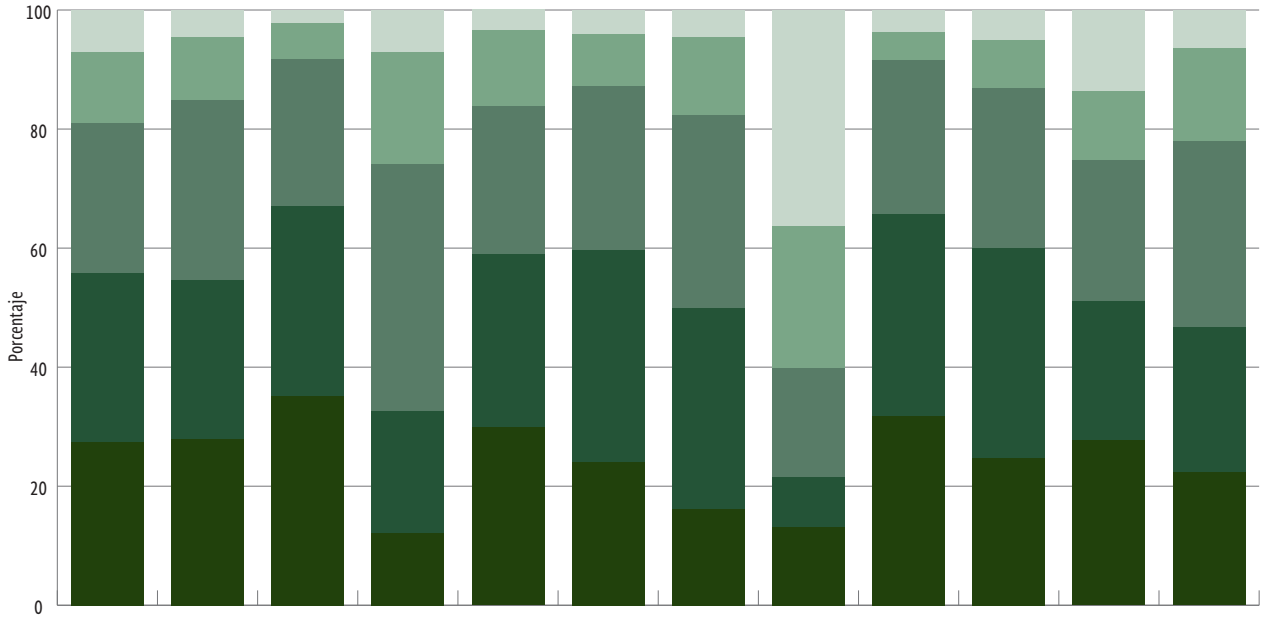
Fuente: Carta edafológica Serie II - 2013, escala 1:250000 y Carta de uso del suelo y vegetación Serie VI-2011, escala 1:250,000, INEGI.

TABLA 55. PROFUNDIDAD EFECTIVA PROMEDIO DEL SUELO

Ecosistema	Formación forestal	Superficie	UMP	cm	LI	LS	Ds	Er
Bosques	Coníferas	8,103,090.8	2,659	32.8	31.8	33.7	26	2.99
	Coníferas y latifoliadas	12,949,770.6	4,188	31.1	30.4	31.8	23.36	2.27
	Latifoliadas	11,360,499.5	3,396	25	24.3	25.6	19.55	2.67
	Bosque mesófilo	1,787,065.3	504	41.8	39.6	44	24.78	5.16
Selvas	Selvas altas y medianas	13,562,304.5	3,830	29.9	29.2	30.7	23.68	2.49
	Selvas bajas	16,464,200.0	1,513	29.6	28.5	30.7	22.37	3.84
Otras asociaciones		540,160.0	68	33	27.4	38.6	23.15	16.68
Manglar		939,635.8	218	60.6	56	65.1	34.24	7.51
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	20,330,470.4	1,857	26.3	25.4	27.3	20.56	3.57
	Zonas áridas	35,974,539.5	888	30.2	28.7	31.7	22.85	5
Otras áreas forestales		15,833,401.1	549	36.9	34.3	39.4	30.27	6.86
Áreas no forestales		54,513,694.7	2,739	35.4	34.5	36.4	25.77	2.71
Total		192,358,832.2	22,409					

Ds = Desviación estándar. Er= Error relativo.

FIGURA 34. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS POR CLASE DE PROFUNDIDAD DEL SUELO



	Coníferas	Coníferas y latifoliadas	Latifoliadas	Bosque mesófilo	Selvas altas y medianas	Selvas bajas	Otras asociaciones	Manglar	Zonas semiáridas	Zonas áridas	Otras áreas forestales	Áreas no forestales
Muy profundo	187	185	70	35	129	61	3	79	67	44	74	171
Profundo	315	447	211	95	483	132	9	52	90	72	64	432
Mediano	674	1,266	833	209	954	415	22	40	478	239	130	853
Somero	754	1,120	1,087	104	1,114	541	23	18	631	312	129	668
Muy somero	729	1,170	1,195	61	1,150	364	11	29	591	221	152	615

Gradiente de la pendiente dominante

Una de las formas de medir los cambios en la pendiente es mediante el porcentaje de inclinación del terreno, estos valores ayudan a conocer la estabilidad y características del suelo asociadas como la profundidad, la susceptibilidad a la erosión, la infiltración, deslizamientos y otros factores más, su conocimiento además es un parámetro útil en la planeación de actividades, tanto productivas como de restauración y conservación.

En campo se mide el grado de inclinación máxima del sitio evaluado, tomado a partir del punto central del conglomerado y en dirección a la máxima pendiente observada, el grado de inclinación del terreno se expresa en porcentaje, donde un valor de 100% corresponde a una pendiente de 45 grados.

Se determinaron cinco clases de gradiente adaptadas a partir de la clasificación propuesta por la FAO (2009), además de la estimación promedio de este indicador se concluye que en los bosques dominan los terrenos escarpados (34 a 43.1%), sin embargo hay una alta presencia de zonas de moderadamente escarpadas e inclinadas a fuertemente inclinadas; las selvas en cambio nos indican por el valor promedio (12.5 a 26.2%) que se distribuyen en terrenos fuertemente inclinados y moderadamente escarpados, sin embargo más de 60% de los conglomerados evaluados en selvas altas y medianas se clasifican como terrenos planos a ligeramente inclinados, esta categoría es la dominante en ecosistemas de manglar ya que crecen en zonas costeras, donde no hay una fuerte inclinación del terreno.

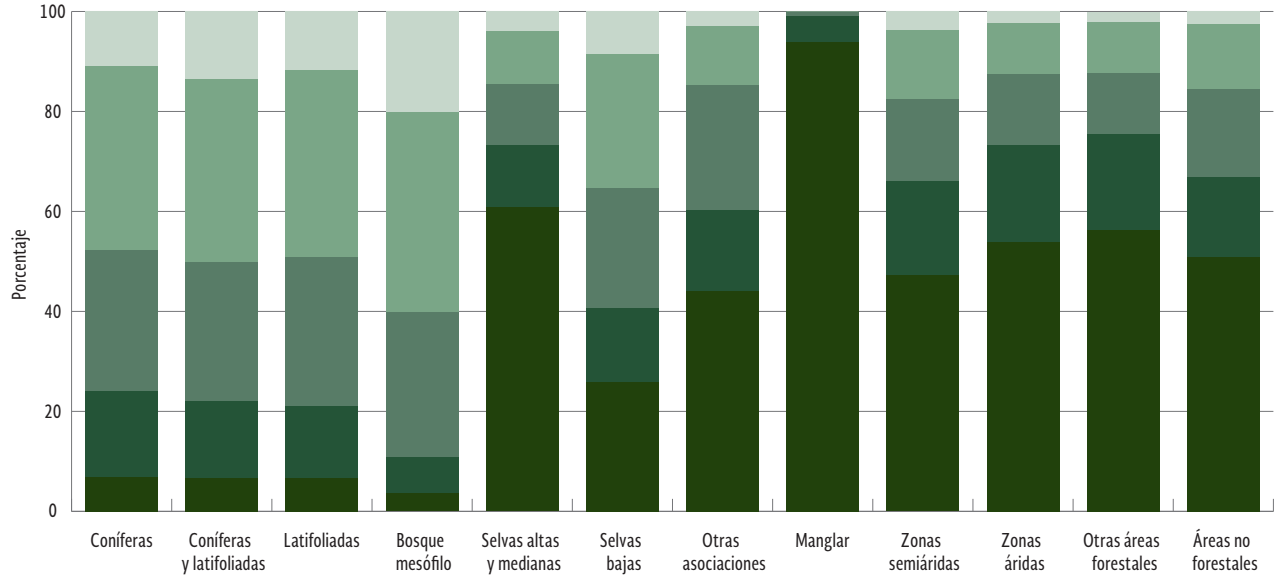
Por otro lado, en los matorrales xerófilos y otras áreas forestales, la pendiente que se observó en alrededor de 50% de los sitios muestreados, se ubican en terrenos inclinados a fuertemente inclinados (11.2 a 14.6%), como se observa en la figura 35, en estos ecosistemas es posible encontrar áreas con pendientes desde fuertemente inclinadas hasta escarpadas.

TABLA 56. GRADIENTE DE LA PENDIENTE DOMINANTE PROMEDIO

Ecosistema	Formación forestal	Superficie	UMP	Pendiente (%)	LI	LS	Ds	Er
Bosques	Coníferas	8,103,090.8	2,659	34	33.2	34.8	21.42	2.42
	Coníferas y latifoliadas	12,949,770.6	4,188	35.7	35	36.3	22.44	1.92
	Latifoliadas	11,360,499.5	3,396	35.1	34.4	35.8	21.78	2.07
	Bosque mesófilo	1,787,065.3	504	43.1	41.1	45.1	22.67	4.59
Selvas	Selvas altas y medianas	13,562,304.5	3,830	12.5	11.8	13.1	19.91	5.04
	Selvas bajas	16,464,200	1,513	26.2	25	27.4	23.30	4.49
Otras asociaciones		540,160	68	15.3	10.9	19.7	18.26	28.33
Manglar		939,635.8	218	0.9	0.5	1.4	3.27	46.37
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	20,330,470.4	1,857	15.5	14.6	16.3	19.05	5.58
	Zonas áridas	35,974,539.5	888	12.7	11.6	13.8	16.93	8.80
Otras áreas forestales		15,833,401.1	549	11.2	9.8	12.6	16.47	12.27
Áreas no forestales		54,513,694.7	2,739	14.1	13.4	14.8	18.60	4.99
Total		192,358,832.2	22,409					

Ds = Desviación estándar. Er= Error relativo.

FIGURA 35. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS POR CLASE DE GRADIENTE DE LA PENDIENTE DEL SUELO



	Coníferas	Coníferas y latifoliadas	Latifoliadas	Bosque mesófilo	Selvas altas y medianas	Selvas bajas	Otras asociaciones	Manglar	Zonas semiáridas	Zonas áridas	Otras áreas forestales	Áreas no forestales
0 - 5% - Plano a ligeramente inclinado	183	279	228	19	2,334	392	30	205	880	479	309	1,399
6 - 15% - Inclinado a fuertemente inclinado	460	650	491	36	474	224	11	11	349	173	106	433
16 - 30% - Moderadamente escarpado	748	1,166	1,010	146	468	365	17	2	306	125	67	487
31 - 60% - Escarpado	979	1,528	1,270	202	407	404	8	0	253	90	56	351
> 60% - Muy escarpado	289	564	397	101	146	128	2	0	69	21	11	69

Uso actual del suelo

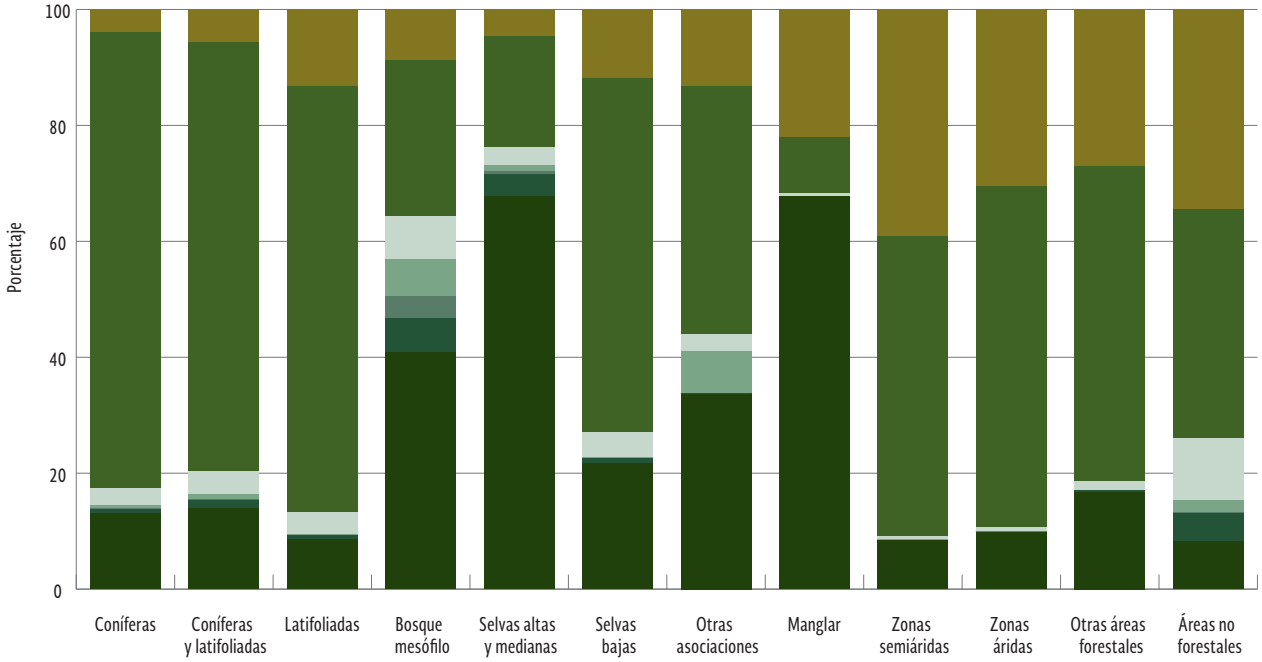
En todos los conglomerados se registró el uso principal y los usos asociados que se observaron en las unidades de muestreo, estos se distinguen en tres grupos: los que tienen cobertura forestal propiamente, los de cobertura forestal con algún uso asociado y aquellos que se registraron con algún uso de suelo diferente al forestal distribuyéndose en 23.4, 71.9 y 4.7% respectivamente.

A nivel nacional, el área forestal con usos de suelo asociados, es la más recurrente dentro de la muestra, siendo la cobertura forestal con ganadería extensiva la de mayor presencia en bosques con más del 70%, a excepción de los bosque mesófilos que tienen un comportamiento similar a las selvas altas y medianas con alrededor de un 20%, esta actividad puede estar limitada por lo accidentado del terreno en este tipo de formaciones, mientras que en las selvas bajas y los matorrales xerófilos que son de mayor accesibilidad fluctúa de 69 a 88.9%.

Los manglares tienen un comportamiento diferente, ya que 79.3% se presenta sin usos asociados y solo 11.4% con ganadería extensiva.

Como se observa en la figura 36, el uso forestal con ganadería extensiva es la de mayor presencia, esta actividad, dependiendo de la carga animal, está asociada con la degradación y disturbios a la vegetación, sobre todo del estrato herbáceo y arbustivo, con un efecto directo en la sobrevivencia del repoblado.

FIGURA 36. USO ACTUAL DEL SUELO POR FORMACIÓN FORESTAL



	Coníferas	Coníferas y latifoliadas	Latifoliadas	Bosque mesófilo	Selvas altas y medianas	Selvas bajas	Otras asociaciones	Manglar	Zonas semiáridas	Zonas áridas	Otras áreas forestales	Áreas no forestales
Cobertura forestal	351	589	295	206	2,600	331	23	148	159	88	92	230
Forestal con agricultura de temporal	19	54	22	30	141	12	0	0	1	0	2	129
Forestal con cultivos semiperennes o perennes	4	12	2	19	25	0	0	0	0	1	0	8
Plantaciones forestales o cultivos semiperennes	11	31	3	32	37	2	5	0	1	0	0	57
Forestal con agricultura de temporal y ganadería extensiva	82	170	134	38	119	66	2	1	10	7	9	294
Forestal con ganadería extensiva	2,088	3,096	2,492	135	731	922	29	21	961	522	298	1,079
Otros	104	236	448	44	177	180	9	48	725	270	148	942

Abies religiosa con mariposas monarca (*Danaus plexipus*), Michoacán.

4.4.3. Afectación al suelo

Proporción de suelos con afectación

La afectación al suelo está definida por las evidencias de erosión y degradación en el conglomerado evaluado. Los indicadores de afectación proporcionan información importante sobre la condición actual de los suelos que presentan algún proceso de empobrecimiento o pérdida, ya sea por desplazamiento de material por la acción del viento o agua o la degradación *in-situ* por procesos físicos y químicos.

La presencia o ausencia de degradación y erosión del suelo se analizan de manera independiente, de tal forma que 55.8% de la muestra presentó algún grado de degradación y 53.4% registró erosión, los datos indican que estos dos tipos de afectación en ecosistemas de bosque están en similar proporción, a excepción de los bosques mesófilos que junto con las selvas son las áreas donde se registró mayor evidencia de degradación, la erosión en cambio es la afectación de más impacto en los matorrales xerófilos como se aprecia en la tabla 57. Cabe mencionar que en 5,586 conglomerados (25% de la muestra), se registró evidencia, tanto de erosión como degradación.

TABLA 57. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE CONGLOMERADOS CON AFECTACIÓN AL SUELO

Ecosistema	Formación forestal	Degradación					Erosión				
		Presencia		Ausencia		Total	Presencia		Ausencia		Total
		Frec	Prop	Frec	Prop	Frec	Frec	Prop	Frec	Prop	Frec
Bosques	Coníferas	1,463	0.55	1,196	0.45	2,659	1,638	0.62	1,021	0.38	**2,659**
	Coníferas y latifoliadas	2,367	0.57	1,821	0.43	4,188	2,354	0.56	1,834	0.44	**4,188**
	Latifoliadas	2,100	0.62	1,296	0.38	3,396	1,978	0.58	1,418	0.42	**3,396**
	Bosque mesófilo	219	0.43	285	0.57	504	135	0.27	369	0.73	**504**
Selvas	Selvas altas y medianas	1,553	0.41	2,277	0.59	3,830	510	0.13	3,320	0.87	**3,830**
	Selvas bajas	903	0.60	610	0.40	1,513	664	0.44	849	0.56	**1,513**
Otras asociaciones		41	0.60	27	0.40	68	16	0.24	52	0.76	**68**
Manglar		70	0.32	148	0.68	218	21	0.10	197	0.90	**218**
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	997	0.54	860	0.46	1,857	1,292	0.70	565	0.30	**1,857**
	Zonas áridas	515	0.58	373	0.42	888	658	0.74	230	0.26	**888**
Otras áreas forestales		320	0.58	229	0.42	549	300	0.55	249	0.45	**549**
Áreas no forestales		1,959	0.72	780	0.28	2,739	880	0.32	1,859	0.68	**2,739**
Total general		**12,507**	**0.56**	**9,902**	**0.44**	**22,409**	**10,446**	**0.47**	**11,963**	**0.53**	**22,409**

Tipos de afectación al suelo

Para conocer más a detalle las causas de la afectación al suelo, se determinaron los tipos de degradación presentes. A nivel nacional la degradación física con compactación se encontró en 65.2% de la muestra, la cual se describe como la disminución de espacios porosos en el suelo y al apelmazamiento de la capa superficial del suelo, causada, ya sea por sobrepastoreo o por el uso de maquinaria pesada en suelos con débil estabilidad estructural o en suelos donde el contenido de humus es bajo, lo cual se asocia con los resultados del uso actual del suelo observado.

En orden de importancia, la degradación química con declinación de la fertilidad representa el 24.8% de la muestra y se caracteriza por una disminución de nutrientes y materia orgánica en el suelo, ya sea a causa de incendios forestales, quemas agropecuarias o eliminación de microorganismos, (Manual y procedimientos para el muestreo en campo del INFyS). En ecosistemas de manglar, además de los tipos de degradación ya mencionados, cobra importancia la degradación química por salinización o alcalinización.

Al igual que para la degradación, se hace una diferenciación de los tipos de erosión registrados en campo, en este caso la erosión hídrica con pérdida de suelo superficial está presente en 80.4% de la muestra y se caracteriza por la disminución del espesor del suelo superficial (horizonte A), debido a la remoción uniforme del material del suelo por la escorrentía; en los sitios de evaluación se encontraron otras formas de erosión hídrica y eólica, que se pueden observar por formación forestal en la figura 38.

FIGURA 37. FORMAS DE DEGRADACIÓN REGISTRADAS POR FORMACIÓN FORESTAL

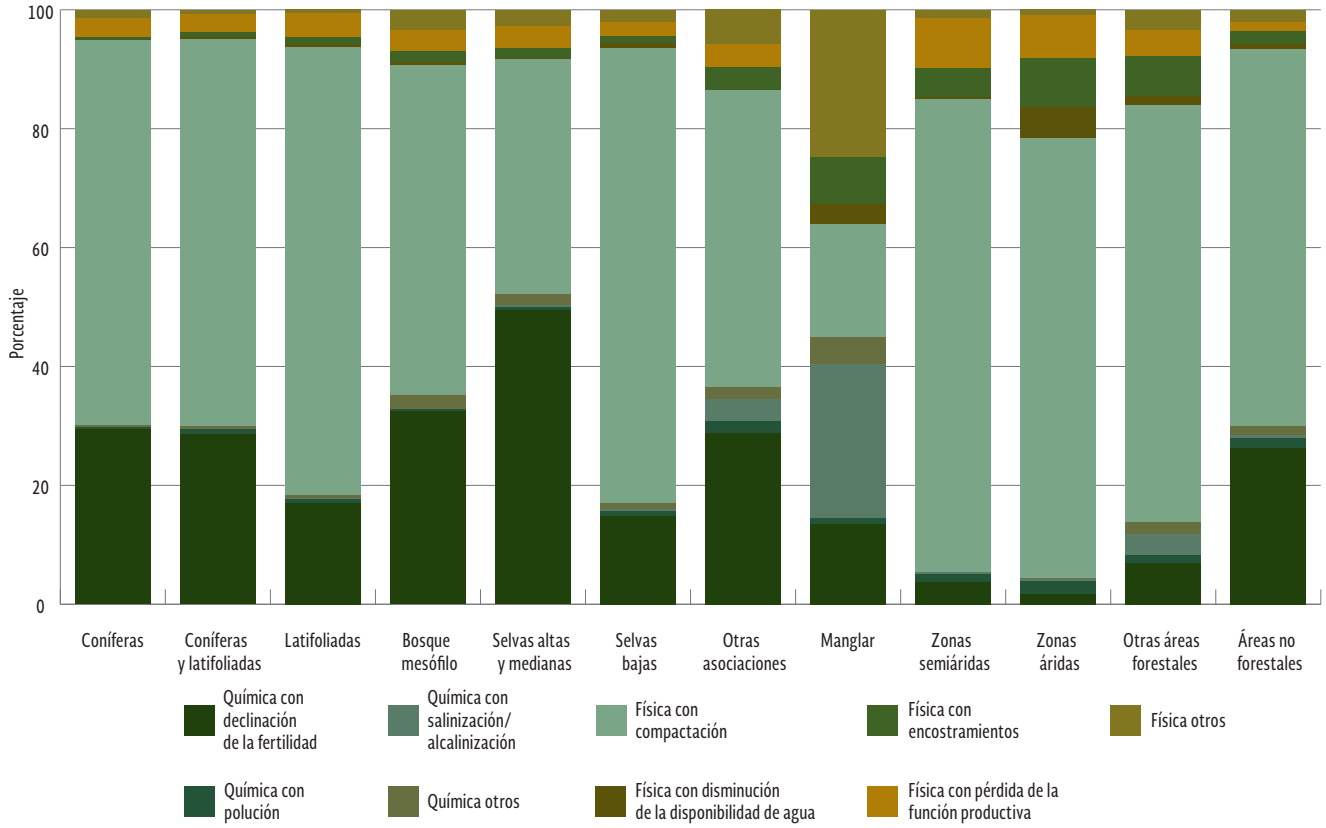
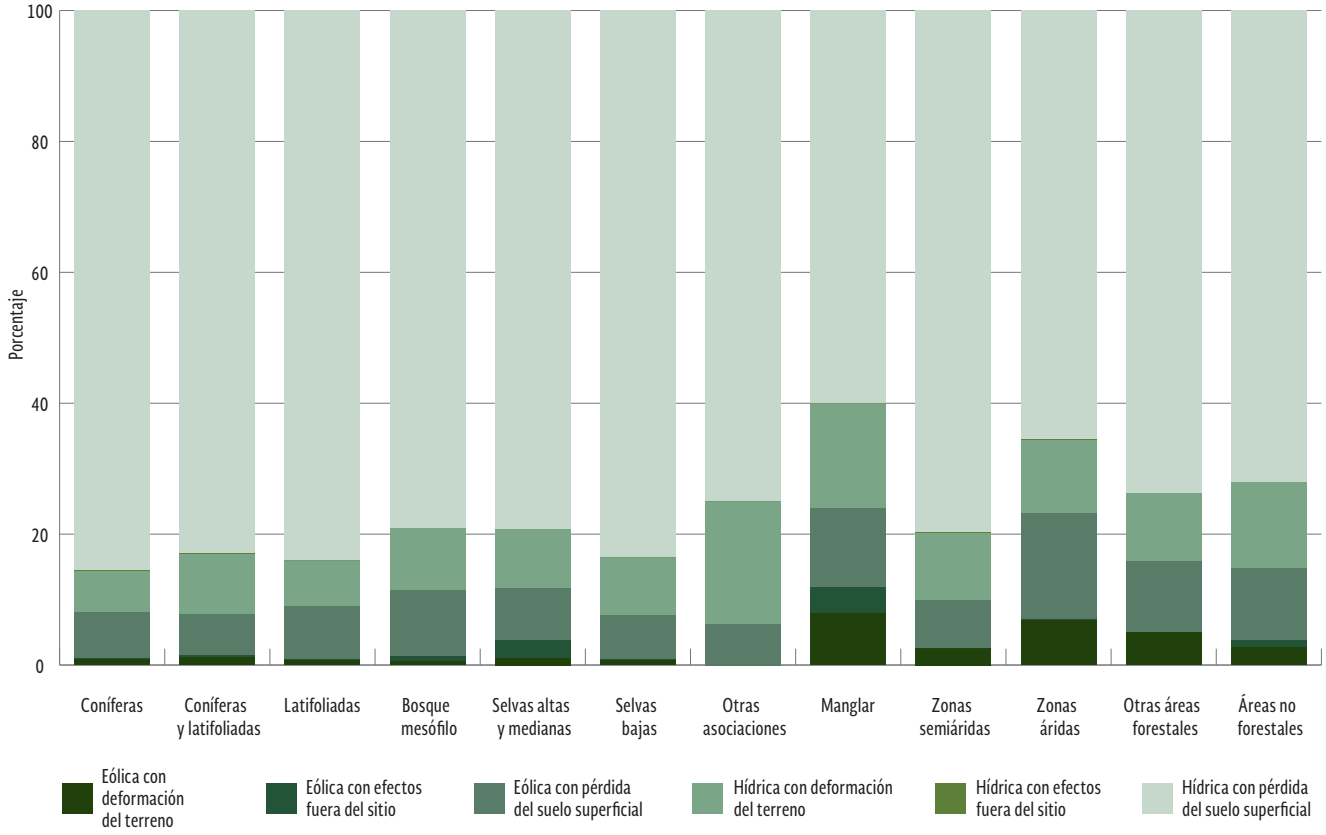


FIGURA 38. FORMAS DE EROSIÓN REGISTRADAS POR FORMACIÓN FORESTAL



Índice Compuesto de Riesgo a la Calidad del Suelo (ICRCS)

El Índice Compuesto de Riesgo a la Calidad del Suelo (ICRCS), es una valoración numérica que se propone a partir de indicadores de protección, condición y afectación al suelo, elaborados con la información levantada en 17,766 conglomerados que cuentan con estos datos.

La calidad del suelo se entiende, de acuerdo con lo definido por la Soil Science Society of America, como la capacidad que tiene para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado y sostener la productividad de plantas y animales, así como mantener o mejorar la calidad en función de sus atributos (Karlen *et ál.*, 1997 citado por Bautista C. A., *et ál.*, 2004).

El ICRCS se determinó a partir de la ponderación de cuatro indicadores cuantitativos y tres cualitativos determinantes en la calidad y salud del suelo, y que de acuerdo con sus propiedades positivas o negativas inciden en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, este índice expresa la proporción de la calificación obtenida con respecto al máximo valor que puede alcanzar un conglomerado, que en este caso es de 36 puntos lo que representa un valor de ICRCS de 100%.

Para su estimación se consideran los siguientes criterios:

- Indicadores de protección

Porcentaje de cobertura del dosel: evaluación de la cobertura del suelo por el dosel en los cuatros transectos de la unidad de muestreo secundaria (sitio 3) mediante el uso de densitómetro expresada en porcentaje.

% de cobertura	Valor
76 - 100	5
51 - 75	4
26 - 50	3
11 - 25	2
10 - 0	1

Uso actual del suelo: uso del suelo presente en el conglomerado determinado por la actividad principal y asociada.

Descripción	Valor
Cobertura forestal	7
Forestal con agricultura de temporal	6
Forestal con cultivos semi perennes o perennes	5
Plantaciones forestales o cultivos semi perennes o semi perennes	4
Forestal con agricultura de temporal y ganadería extensiva	3
Forestal con ganadería extensiva	2
Otros	1

- Indicadores de condición

Profundidad del suelo: profundidad efectiva medida en centímetros y categorizada en rangos.

Profundidad (cm)	Descripción	Valor
> 90	Muy profundo	5
>60<90	Profundo	4
>30<60	Mediano	3
>15<30	Somero	2
< 15	Muy somero	1

Gradiente de la pendiente dominante: inclinación máxima del terreno medida en porcentaje categorizada en rangos.

Pendiente (%)	Descripción	Valor
0 - 5%	Plano a ligeramente inclinado	5
6 - 15%	Inclinado a fuertemente inclinado	4
16 - 30%	Moderadamente escarpado	3
31 - 60%	Escarpado	2
> 60%	Muy escarpado	1

- Indicadores de afectación

Degradación: tipos de degradación química y física de acuerdo con la evidencia registrada en el sitio.

Descripción	Valor
No existe degradación	5
Química con declinación de la fertilidad	4
Química con polución	4
Química con salinización/alcalinización	4
Química otros	4
Física con disminución de la disponibilidad de agua	4
Física con encostramientos	3
Física otros	3
Física con compactación	2
Física con pérdida de la función productiva	1

Erosión: tipos de erosión hídrica y eólica de acuerdo con la evidencia registrada en el sitio.

Descripción	Valor
No existe erosión	4
Hídrica con pérdida del suelo superficial	3
Eólica con pérdida del suelo superficial	3
Hídrica con deformación del terreno	2
Eólica con deformación del terreno	2
Hídrica con efectos fuera del sitio	1
Eólica con efectos fuera del sitio	1

Grado de afectación: valoración del grado de afectación por degradación o erosión de acuerdo con la evidencia registrada en el sitio.

Grado de afectación	Valor
Sin afectación	5
Ligero	4
Moderado	3
Severo	2
Extremo	1

El riesgo a la calidad del suelo se categoriza en cinco niveles, definidos en función de los valores promedio de ICRCS para cada formación forestal. Esta diferenciación es importante, sobre todo cuando se consideran indicadores de condición como la pendiente, ya que cada ecosistema presenta características particulares. Ejemplo de ello son los manglares que se distribuyen en zonas planas o ligeramente inclinadas y que toma altos valores de ICRCS por pendiente a diferencia de los bosques que se desarrollan naturalmente en terrenos escarpados y que se les califica con un valor menor. Sin embargo, el nivel de riesgo para estas formaciones puede ser el mismo, de manera similar ocurre con el uso actual del suelo en donde el desarrollo de alguna actividad está asociado con un ambiente en particular.

Por lo tanto el nivel de riesgo moderado está definido por valores de ICRCS cercanos a la media, delimitado por los percentiles 20 y 80 (P_{20} a P_{80}), a medida que el ICRCS es menor a la media, se asignan niveles de riesgo alto (P_5 a P_{20}) y niveles extremos (P_5). En el caso de valores superiores a la media, se consideran de riesgo bajo (P_{80} a P_{95}) y mínimo (P_{95}).

TABLA 58. NIVELES DE RIESGO A LA CALIDAD DEL SUELO POR FORMACIÓN FORESTAL

Ecosistema	Formación forestal	UMP	ICRCS (%)				Nivel de riesgo				
							ICRCS ≤ P_5	ICRCS < P_5 > P_{20}	ICRCS < P_{20} > P_{80}	ICRCS < P_{80} > P_{95}	ICRCS ≤ P_{95}
			Media	Mín	Máx	Ds	Extremo	Alto	Moderado	Bajo	Mínimo
Bosques	Coníferas	2,185	59.8	36.1	97.2	10.1	36.1 - 47.1	47.2 – 49.9	50 - 66.6	66.7 - 80.5	80.6 - 97.2
	Coníferas y latifoliadas	3,360	60	33.3	94.4	9.7	33.3 - 44.3	44.4 - 52.7	52.8 - 66.6	66.7 - 77.7	77.8 - 94.4
	Latifoliadas	2,776	57.9	30.6	94.4	9.2	30.6 - 44.3	44.4 – 49.9	50 - 63.8	63.9 – 74.9	75 - 94.4
	Bosque mesófilo	411	66.5	33.3	91.7	12	33.3 - 44.3	44.4 - 55.5	55.6 - 77.7	77.8 - 83.2	83.3 - 91.7
Selvas	Selvas altas y medianas	3,114	73.3	27.8	97.2	11.9	27.8 - 49.9	50 - 61	61.1 - 83.2	83.3 - 88.8	88.9 - 97.2
	Selvas bajas	1,224	60.2	33.3	97.2	13.3	33.3 - 44.3	44.4 – 49.9	50 - 72.1	72.2 - 86	86.1 - 97.2
Otras asociaciones		63	69	47.2	91.7	12.8	47.2 - 49.9	50 - 56.6	56.7 - 83.2	83.3 - 86	86.1 - 91.7
Manglar		165	81.3	52.8	97.2	10.8	52.8 - 61.6	61.7 - 69.3	69.4 - 88.8	88.9 - 97.1	97.2
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	1,491	62.8	33.3	94.4	9.1	33.3 - 47.3	47.2 - 55.5	55.6 - 69.3	69.4 - 77.7	77.8 - 94.4
	Zonas áridas	697	65.4	36.1	94.4	9.2	36.1 – 49.9	50 - 58.2	58.3 - 72.1	72.2 - 83.2	83.3 - 94.4
Otras áreas forestales		459	67.3	38.9	97.2	12.4	38.9 - 52.7	52.8 - 55.5	55.6 – 74.9	75 - 97.1	97.2
Áreas no forestales		1,821	63.5	33.3	97.2	10.4	33.3 - 47.1	47.2 - 55.5	55.6 - 72.1	72.2 - 83.2	83.3 - 97.2
Total		17,766									

Ds = Desviación estándar.

El número de conglomerados por nivel de riesgo, de acuerdo con el ICRCS por formación forestal, se observa en la tabla 59.

TABLA 59. NÚMERO DE CONGLOMERADOS POR NIVEL DE RIESGO POR FORMACIÓN FORESTAL

Ecosistema	Formación forestal	UMP	Nivel de riesgo				
			Extremo	Alto	Moderado	Bajo	Mínimo
Bosques	Coníferas	2,185	109	333	1,326	348	69
	Coníferas y latifoliadas	3,360	65	903	1,747	487	158
	Latifoliadas	2,776	88	585	1,592	385	126
	Bosque mesófilo	411	6	95	251	29	30
Selvas	Selvas altas y medianas	3,114	198	324	1,817	718	57
	Selvas bajas	1,224	60	300	598	175	91
Otras asociaciones		63	5	8	35	4	11
Manglar		165	9	14	115	13	14
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	1,491	50	324	704	356	57
	Zonas áridas	697	38	85	403	128	43
Otras áreas forestales		459	46	50	274	65	24
Áreas no forestales		1,821	53	425	947	297	99
Total		17,766	727	3,446	9,809	3,005	779

4.5. Impactos ambientales

Un impacto ambiental se ha definido como el efecto que causa una actividad o evento, que conlleva una modificación visible al medio natural, tanto positivo como negativo, dependiendo del efecto que se produce ante esta intervención, en el manejo sustentable de los recursos forestales se busca favorecer aquellas actividades que tenga un impacto sobre la conservación y productividad del recurso y minimizar aquellos que alteran el equilibrio del ecosistema, por lo que es necesario conocerlos para generar un plan de acción y disminuir sus efectos.

El INFyS registra información sobre las evidencias de impacto al recurso agua, suelo y vegetación, mediante variables cualitativas basadas en la actividad observada y la severidad del daño al recurso, adicionalmente se registran variables complementarias sobre incendios, plagas y enfermedades, que de igual forma impactan de manera negativa al área muestreada, se cuenta con 20,064 conglomerados con una valoración de este tipo, a partir de la cual se analizan los impactos.

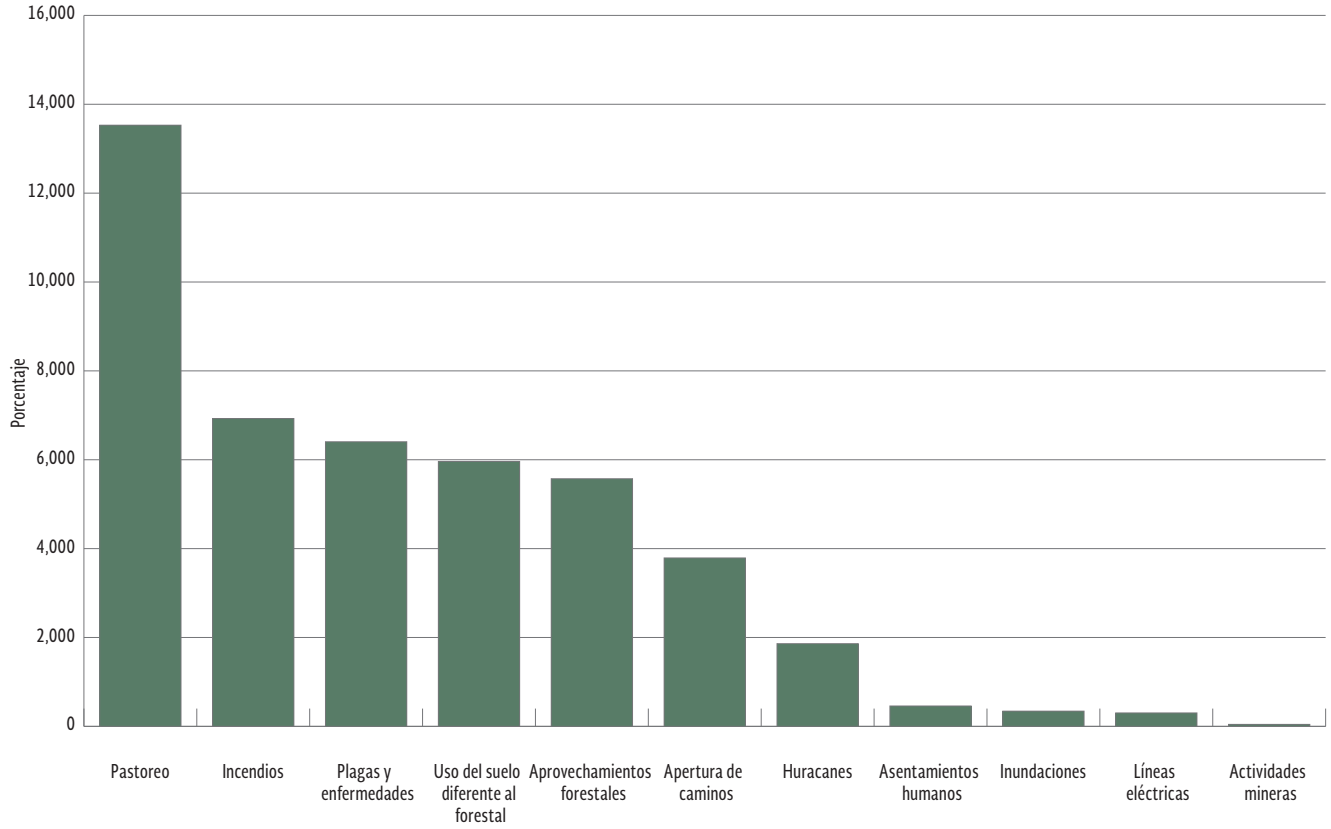
4.5.1. Factores de impacto ambiental

Causas de mayor incidencia

Las causas más evidentes de impacto ambiental son de tipo antropogénico, estas evidencias se encontraron en 84.5% de la muestra (16,963 conglomerados), los factores abióticos se registraron en 42.4% (8,499 conglomerados) y los factores bióticos se evidenciaron en 31.9% (6,405 conglomerados), es frecuente que los impactos ambientales estén asociados con más de una actividad o evento y se registren varias causas en un mismo sitio, como se observó en la muestra.

A nivel nacional se ordenaron las causas específicas de impacto y el pastoreo se encontró como la principal, al estar presente en el 67.4% de los conglomerados evaluados, causas como los incendios (34.5%), plagas y enfermedades (31.9%), otros uso de suelo diferente al forestal (29.7%), aprovechamientos forestales (27.8%) y apertura de caminos (18.9%) se consideran como de incidencia media, existen otras causas de impacto registradas en una proporción menor al 9% de la muestra como son los huracanes, asentamientos humanos, inundaciones, líneas eléctricas y actividades mineras, lo cual se puede observar en la figura 39.

FIGURA 39. CAUSAS DE IMPACTO AMBIENTAL REGISTRADAS POR CONGLOMERADO



Distribución de impactos ambientales acumulados

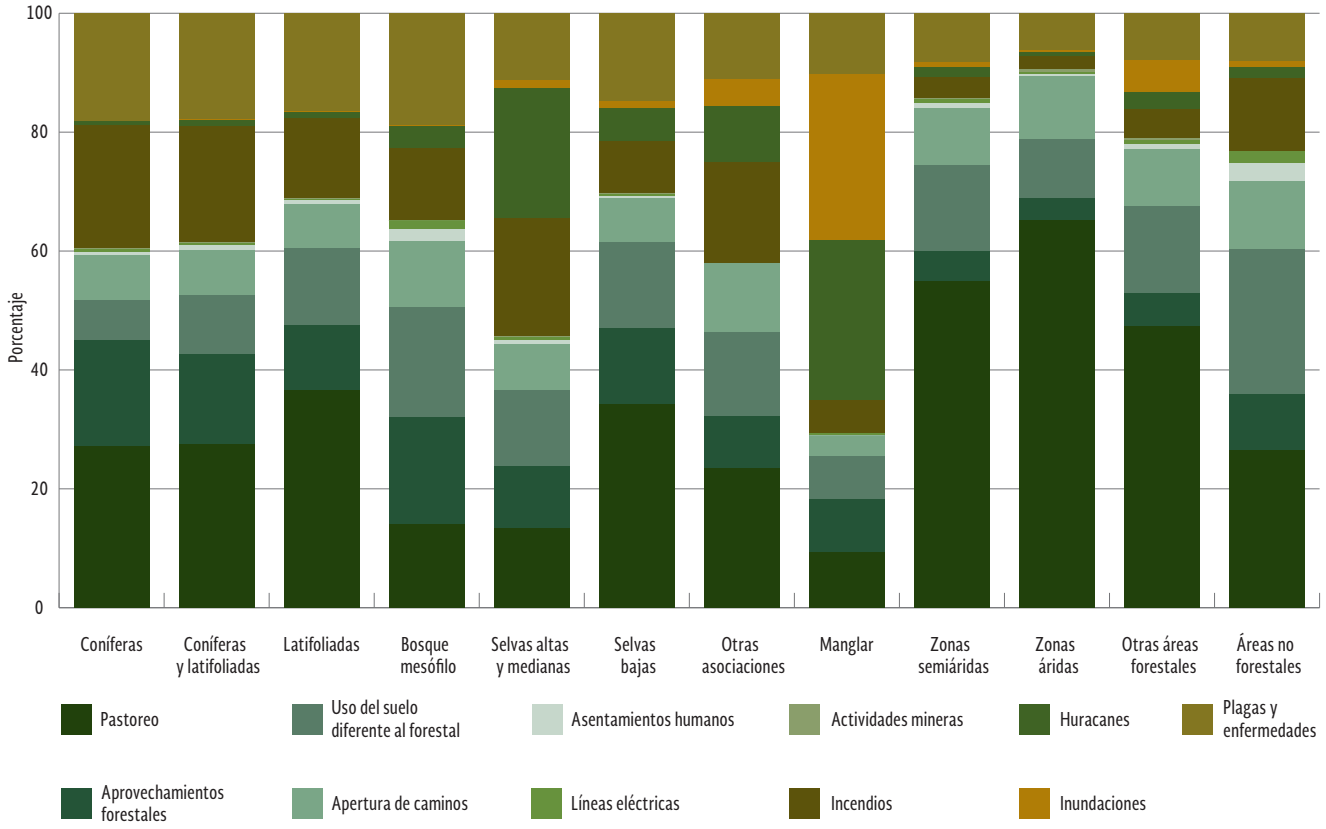
Como se ha mencionado, en las áreas evaluadas se encontró más de una causa de impacto ambiental, 96.7% de los conglomerados con presencia de impactos llegaron a registrar hasta cinco causas diferentes, sin embargo se tuvo un máximo de 11 causas en un número muy limitado de UMP.

TABLA 60. IMPACTOS AMBIENTALES ACUMULADOS POR CONGLOMERADO

Ecosistema	Bosques				Selvas		Otras asociaciones	Manglar	Matorral xerófilo		Otras áreas forestales	Áreas no forestales
Formación forestal	Coníferas	Coníferas y latifoliadas	Latifoliadas	Bosque mesófilo	Selvas altas y medianas	Selvas bajas			Zonas semiáridas	Zonas áridas		
UMP	2,572	4,008	3,161	451	2,922	1,307	60	148	1,616	753	481	2,585
Impactos acumulados promedio	2.8	2.6	2.2	2.4	1.9	2.2	2.3	1.6	1.6	1.4	1.7	2.5

En general los bosques son los ecosistemas que tienen en promedio el mayor número de causas de impacto ambiental por factores antropogénicos, como el pastoreo y el aprovechamiento forestal, asociadas con incendios forestales; en el caso de las selvas, las causas son variadas, aunque los incendios y huracanes predominan. En las selvas bajas el pastoreo tiene mayor incidencia; en ecosistemas de manglar las causas de impacto son principalmente huracanes e inundaciones y en el resto del área forestal que comprende los matorrales xerófilos, otras áreas forestales y áreas no forestales, se registra el pastoreo y otros usos de suelo diferentes al forestal como las causas de mayor impacto.

FIGURA 40. DISTRIBUCIÓN DE CAUSAS DE IMPACTO AMBIENTAL POR FORMACIÓN FORESTAL



Grado de afectación de los impactos ambientales por recurso natural

Para evaluar el grado de afectación a la vegetación, al suelo y al agua, se distingue la severidad de la afectación para cada uno de estos recursos, su clasificación se determina por los niveles que se observan de acuerdo con los siguientes criterios:

No perceptible	Cuando aún estando presente la causa de impacto, no se afecta la calidad y cantidad de los recursos forestales
Menor (leve)	Cuando los efectos negativos causados a los recursos no son permanentes, y estos se pueden recuperar sin la intervención del hombre.
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.
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 período de tiempo considerable

Si bien el recurso con el mayor nivel de severidad es la vegetación, se encontró que 63.7% de los registros son impactos menores y 22.9% son moderados, lo que nos indica que no son permanentes bajo esta evaluación y pueden ser aminorados, se recomienda minimizar los impactos por actividades antropogénicas e implementar medidas de restauración en aquellas áreas en las que sea la degradación más evidente.

El impacto al suelo es menor en 41.5% y con una proporción de 43.4% se encuentran áreas en las que no es perceptible su alteración, al igual que para la vegetación los impactos no son permanentes, sin embargo la causa de mayor incidencia en todos los ecosistemas fue el pastoreo que es una actividad de impacto directo al suelo, por lo que es necesaria la protección y restauración de los suelos susceptibles a la degradación y expuestos a este tipo de actividad.

Finalmente, el agua como recurso natural en 94.7% de los registros realizados no presenta un impacto de severidad perceptible, sin embargo en ecosistemas de manglar si existe un conjunto de datos que indica una severidad mayor, sobre todo por inundaciones como causa.

FIGURA 41. DISTRIBUCIÓN DE LA SEVERIDAD DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES A LA VEGETACIÓN

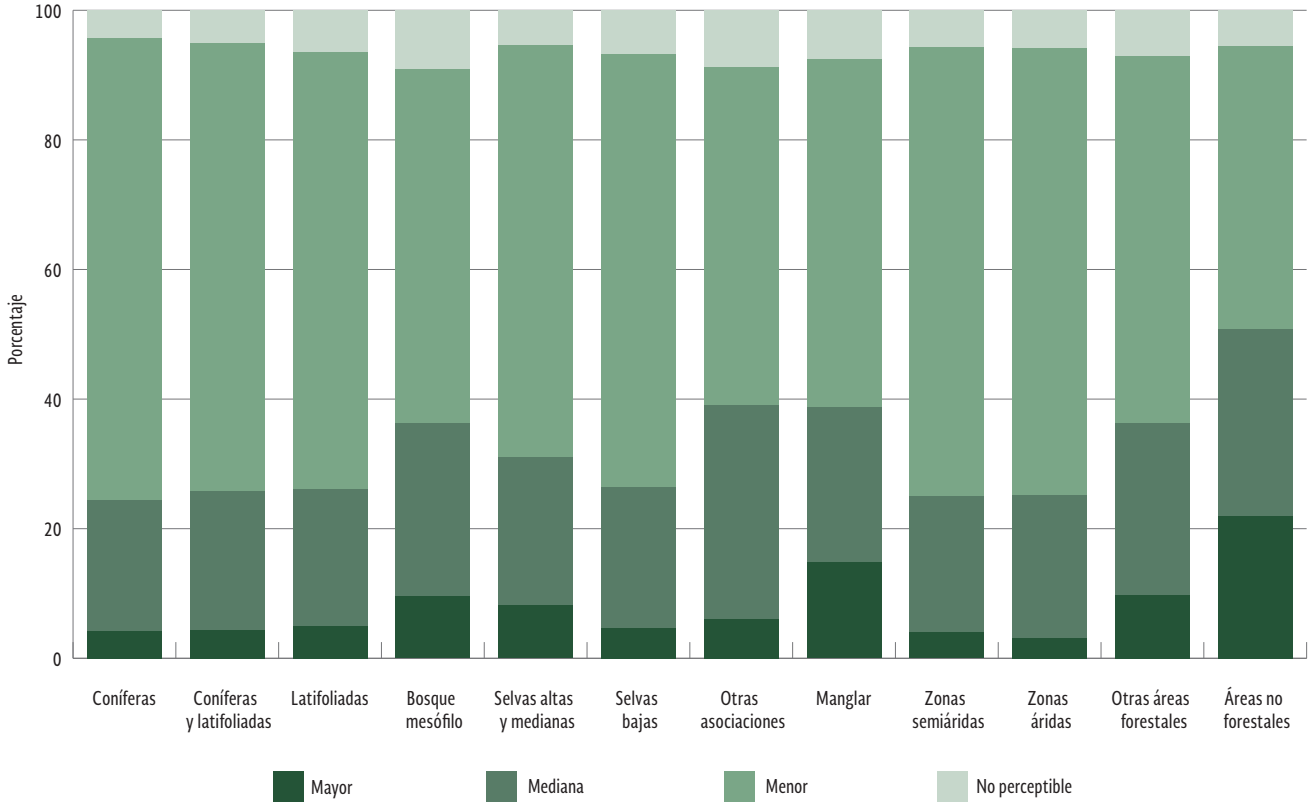


FIGURA 42. DISTRIBUCIÓN DE LA SEVERIDAD DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES AL SUELO

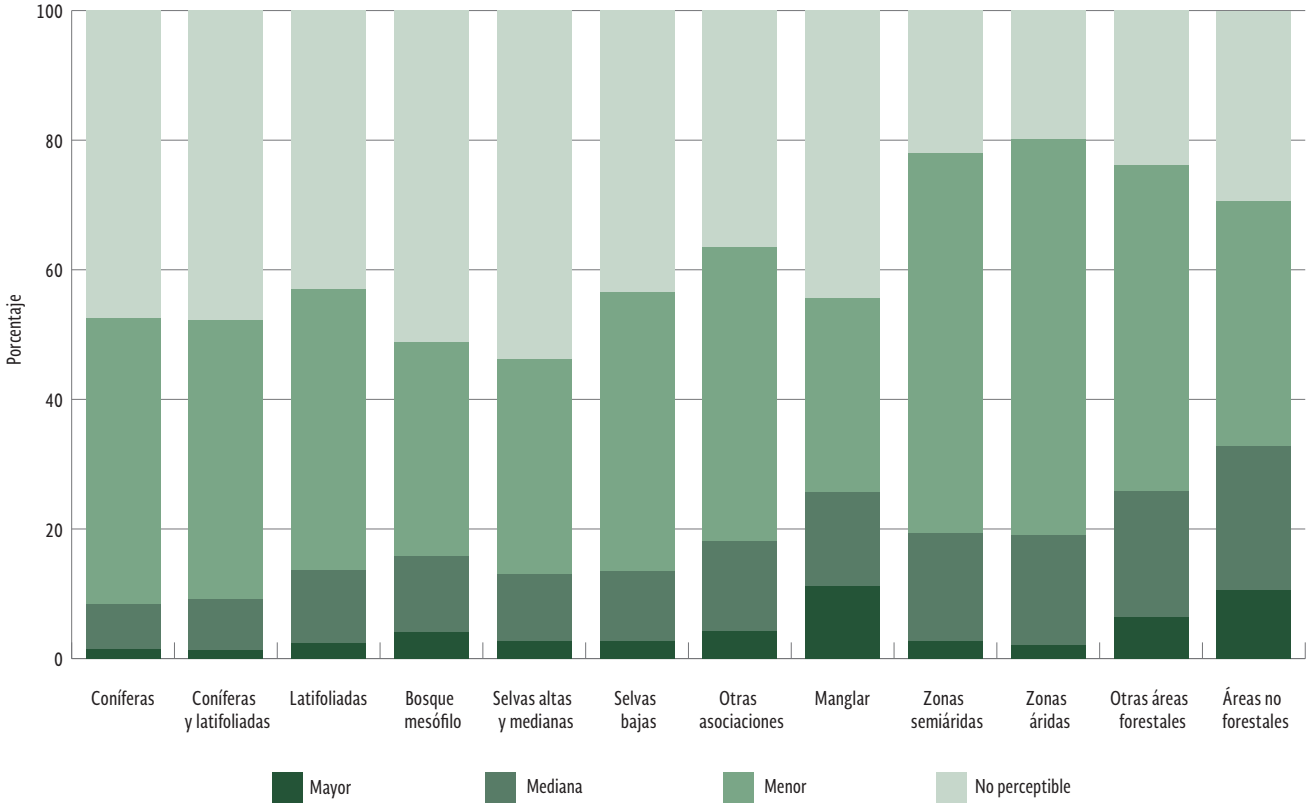
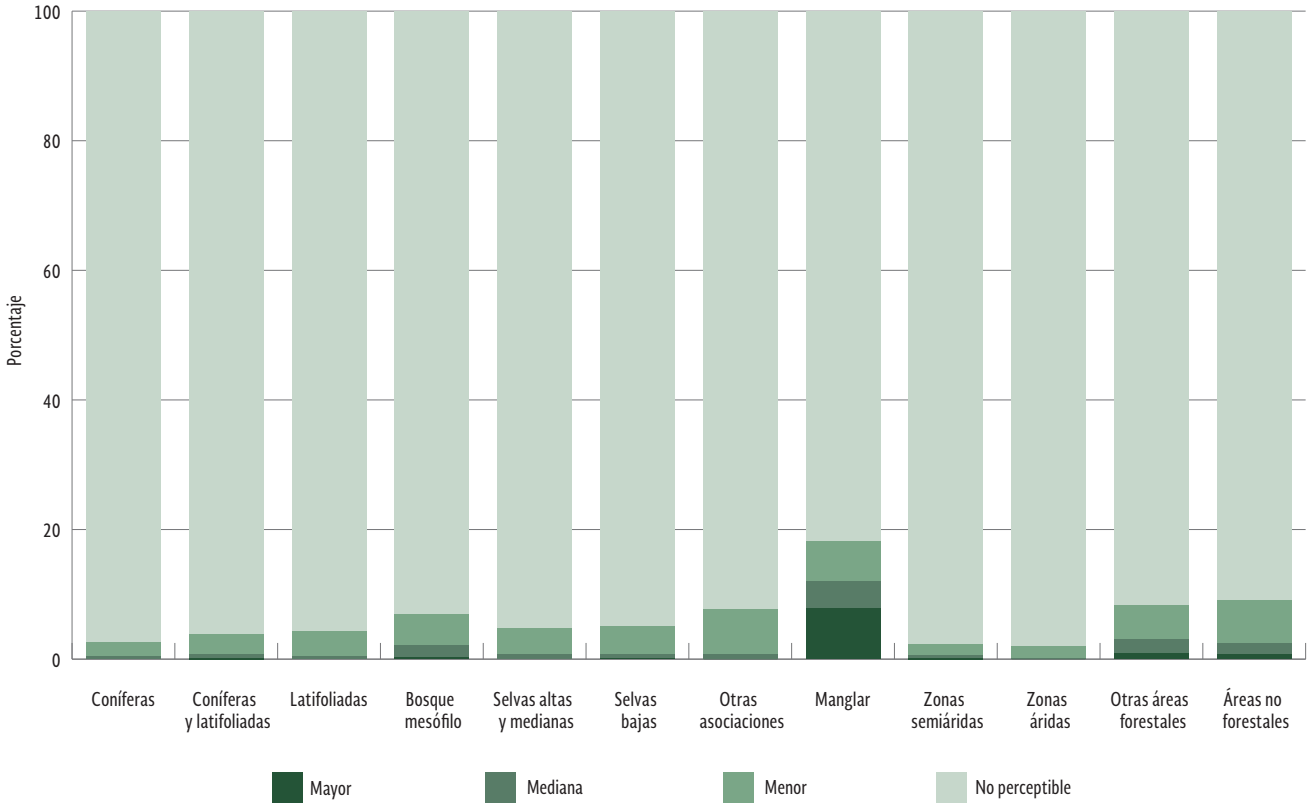


FIGURA 43. DISTRIBUCIÓN DE LA SEVERIDAD DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES AL AGUA



4.5.2. Otros impactos a la vegetación

Afectación por incendios forestales

Como parte de la información complementaria que levanta el INFyS, se encuentra el registro de evidencias de incendios forestales, esta sección contiene variables cualitativas y cuantitativas en todos los conglomerados de la muestra, que permiten determinar la presencia o ausencia del mismo, de tal manera que se tuvo información en 6,928 UMP (31% de la muestra nacional); por los signos que se pudieron inferir en campo, se determinó que solo el 10.5% de los incendios ocurrieron el mismo año que se realizó el muestreo, el resto se presentó en años anteriores.

Casi la totalidad de los incendios registrados (97.5%) es de tipo superficial, este tipo de eventos se caracterizan por propagarse de forma horizontal en la superficie del suelo y llegan hasta 1.5 metros de altura generalmente y más de la mitad se presenta en ecosistemas adaptados al fuego como los bosques de coníferas, coníferas y latifoliadas y latifoliadas; solo el 2.5% se catalogó como incendio subterráneo o de copa que son los de más alto riesgo.

De las variables cuantitativas que se registran está la proporción de la vegetación afectada dentro del conglomerado, a partir de lo cual se determina que en promedio 32% de la vegetación arbórea dentro del conglomerado se vio afectada, dado que los incendios son en su mayoría de tipo superficial, el daño a la vegetación no se considera severo.

En cuanto a la vegetación arbustiva y herbácea, se estimó un porcentaje de afectación de 14.2 y 13.6%, los incendios de tipo superficial impactan de manera más directa e intensa a la vegetación de porte bajo al desarrollarse al nivel del suelo, sin embargo los ciclos de vida de arbustos y hierbas son notoriamente más cortos que los del arbolado, por lo que las evidencias y la valoración de daños en este tipo de vegetación son más efectivas a corto plazo.

TABLA 61. PORCENTAJE DE AFECTACIÓN PROMEDIO POR INCENDIOS FORESTALES

Ecosistema	Formación forestal	UMP	Vegetación afectada (%)		
			Arbórea	Arbustiva	Herbácea
Bosques	Coníferas	1,481	30.6	8.5	7.5
	Coníferas y latifoliadas	2,038	32.8	10.1	9.8
	Latifoliadas	945	30.6	12.9	13
	Bosque mesófilo	135	28.4	18	17.9
Selvas	Selvas altas y medianas	1,088	32.1	19.4	19.5
	Selvas bajas	251	23.5	12.1	12.5
Otras asociaciones		23	37.5	12.8	7.4
Manglar		13	33.9	31.5	21.2
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	96	14.9	33.3	21.4
	Zonas áridas	23	24.5	24.2	17.4
Otras áreas forestales		41	34.5	25.8	25.7
Áreas no forestales		794	39	26.1	25.5
Total		**6,928**	**32.0**	**14.2**	**13.6**

Pastizal natural en asociación con *Pinus hartwegii*, Ciudad de México.

Capítulo V. Dinámica de cambios en la cobertura forestal

La dinámica de cambios en la cobertura forestal, permite conocer la evolución de los ecosistemas en función del desarrollo y de las transformaciones que soportan las comunidades vegetales a lo largo del tiempo, estos cambios son resultado de un conjunto de procesos e intervenciones, muchas de estas variaciones son propias de los ciclos naturales del ecosistema, sin embargo, cuando estos exceden los parámetros normales en su comportamiento natural, son indicador de un desequilibrio en el ambiente.

Los ecosistemas mantienen una capacidad de ajuste y adaptación ante variaciones de diversos tipos, que les permite alcanzar un estado de máxima madurez y estabilidad dinámica o estado clímax y la comunidad tenderá a mantenerse e incluso a tener una mayor productividad o crecimiento. Este proceso se conoce como sucesión ecológica, cuando las condiciones son desfavorables para su desarrollo y se presentan cambios en la composición y tamaño de la población, los ecosistemas inestables presentan una regresión ecológica, que no es más que la pérdida del equilibrio y complejidad ecológica y tienden al deterioro, esto ocurre principalmente por causas antrópicas (deforestación, cambios de uso de suelo, urbanización, fragmentación, contaminación, introducción de especies nuevas, entre otras), pero también por eventos naturales extremos (cambio climático, inundaciones, sequías, incendios forestales, erupciones volcánicas, etc.), (Biología Sur, 2007).

A través del estudio de la dinámica de cambios, se pueden identificar tres grandes etapas de acuerdo con el flujo de energía o materia que se vea afectado y de su evaluación, que son:

- Recuperación o incorporación: considera la capacidad de crecimiento del ecosistema, se asocia a procesos ligados con el buen funcionamiento y permanencia del recurso a lo largo del tiempo.
- Transformación: es la capacidad de adaptación del ecosistema ante los eventos de cambio, los procesos que suceden son tendientes a una alteración o modificación del recurso que puede ser, tanto positiva como negativa.
- Pérdida: implica una disminución considerable o erradicación del recurso, está asociada a la declinación del equilibrio de los ecosistemas y la consecuente pérdida.

Lambin *et ál*. (2001), considera que además de aspectos como los cambios suscitados en un periodo de tiempo determinado, con el análisis de cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo, se puede conocer la magnitud del cambio y deforestación, así como los escenarios de sus causas. Vitousek y colaboradores (1997), documentan que este tipo de análisis permite entender las tendencias en la pérdida del capital natural y las posibles causas que lo originan.

Si bien el análisis de la dinámica de cambios en México, como menciona Velázquez, A., (2002), se ha centrado en la estimación de la tasa de deforestación bajo distintas metodologías, ésta puede ser abordada bajo el estudio de diversos indicadores que ayuden a entender los procesos de cambio en los ecosistemas, algunos ejemplos de ello son la pérdida de la productividad y biodiversidad, vulnerabilidad a la erosión, deforestación, fragmentación, pero también aquellos tendientes a la conservación como el balance en la estructura de las comunidades, abundancia y distribución de las especies, incrementos, acumulación de materia orgánica en el suelo y otros.

La evolución de los cambios que ocurren en un ecosistema, al ser de origen multifactorial, se deben monitorear bajo distintas escalas temporales y espaciales, con especial cuidado en la comparabilidad de los datos (Geist y Lambin, 2002), ya que los resultados pueden ser imprecisos si existe una diferencia en los términos y categorías usadas, si las escalas de trabajo son incompatibles en tiempo y espacio, o no se tienen mecanismos de evaluación de la precisión y calidad de las bases de datos analizadas (Velázquez, A., 2002).

Tomando en cuenta a lo anterior, la determinación de los cambios en este informe, se reportan a una escala nacional, adecuada para la planeación y toma de decisiones, en un espacio de tiempo promedio de cinco años, alineada a los insumos oficiales vigentes utilizados como son las Cartas de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI y el propio Inventario Nacional Forestal y de Suelos de la CONAFOR, cuya característica es la consistencia metodológica, temporal y de escala.

La dinámica de cambios con estos insumos, se aborda bajo la perspectiva de las variaciones en superficie y las variaciones en la estructura de los ecosistemas.

Es importante destacar que el INFyS cuenta con dos ciclos de muestreo concluidos, bajo la premisa de ser sistemático y continuo, lo que permite por primera vez realizar la comparación de datos de campo levantados en los últimos diez años y ha aportado información base para integrar la capa de especies vegetales del Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación, con datos florísticos y dasométricos.

La cartografía del INEGI por su parte, ha sido un insumo importante para la realización, tanto del inventario forestal nacional como para los inventarios forestales estatales, además de ser una fuente de datos que apoya los estudios temporales y de cambios en la cubierta vegetal.

5.1. Variaciones en superficie

En colaboración con:
Dirección General de Geografía y Medio Ambiente del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

Uno de los principales indicadores para evaluar la dinámica de cambio es la variación en superficie, estimada mediante insumos cartográficos, como se ha mencionado, la Carta de Uso del Suelo y Vegetación es la fuente de datos disponible más importante en este sentido, la información escala 1:250,000 cuenta con varias ediciones comparables conocidas como series cartográficas con su respectivo año de referencia para el análisis se considera un periodo de 18 años con las siguientes coberturas: Serie II-1993, Serie III-2002, Serie IV-2007, Serie V-2011.

Cada una de las series cartográficas o conjunto de datos vectoriales, proporciona información de la ubicación, extensión y distribución de la cubierta vegetal y los diferentes usos del suelo, para este fin el INEGI desarrolló un sistema de clasificación que integra y delimita los diferentes tipos de vegetación natural e inducida y los estados sucesionales de la vegetación de acuerdo con diversos criterios ecológicos, fisonómicos y florísticos; para la identificación de los usos de suelo, se incluyen los diferentes sistemas manejados por el hombre, en este gran grupo se incluyen conceptos como las zonas de producción de cultivos, áreas donde se realiza la explotación ganadera, zonas con manejo de especies dulceacuícolas o marinas, así como información de las áreas construidas y otros elementos complementarios de la superficie nacional. (INEGI, 2011).

La información de cada serie, se obtuvo a partir de la interpretación tradicional de imágenes de satélite LANDSAT ETM y técnicas de fotointerpretación con imágenes de satélite SPOT en el caso de la Serie IV, con apoyo de trabajos de campo y a una escala 1:250,000. Las técnicas utilizadas para su generación se han modificado en relación con los avances tecnológicos, no obstante, el proceso metodológico y el sistema de clasificación de la vegetación para las series publicadas entre 1993 y 2011, no han sufrido grandes cambios lo que ha permitido la comparación y estimación de cambios a la misma escala.

5.1.1. Cambios en la cobertura forestal y usos de suelo

Cobertura forestal

La vegetación forestal en México, abarca una amplia gama de agrupaciones vegetales, de acuerdo con lo contenido en el artículo 7 fracción XLVIII de la LGDFS, está conformada por "...el conjunto de plantas que 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". (DOF, 2017).

Para determinar los cambios en la cobertura forestal, se considera la definición antes mencionada y se analizan las variaciones, tanto para las áreas arboladas como para zonas con predominancia de matorrales u otros tipos de comunidades vegetales no leñosas, estos dos últimos son de relevancia no solo porque ocupan más de la mitad de la superficie forestal del país, también porque son una fuente importante de servicios ecosistémicos y son altamente susceptibles a las transformaciones que deben ser monitoreados.

Mediante uno de los procedimientos más comunes y utilizados, que es la comparación de superficies totales por clase, que en este caso están representadas por los tipos de vegetación forestal del INEGI agrupados por ecosistema, se presenta la diferencia de superficies en dos momentos determinados, este método no refiere una variación geográficamente explícita, sin embargo es útil para representar el balance entre las pérdidas y ganancias en superficie a lo largo del tiempo. (IPCC, 2006).

La valoración de los cambios en superficie, se presenta considerando el periodo histórico de 1993 a 2011, mediante el uso de las Series II a V (ésta última publicada en 2013), la superficie forestal del país registrada para el año 1993, se estimó en 144.2 millones de hectáreas, la cual se ha visto reducida en 4% para el año 2011 en el que se registra una superficie de 138.4 millones de hectáreas (tabla 62).

TABLA 62. SUPERFICIE FORESTAL POR ECOSISTEMA PARA EL PERIODO 1993-2011

Ecosistema	Superficie (ha)			
	Serie II-1993	Serie III-2002	Serie IV-2007	Serie V-2011
Bosques	34,489,023.17	34,112,795.99	34,090,763.33	34,076,068.45
Selvas	32,842,771.40	31,465,523.13	30,663,244.69	30,297,447.12
Manglar	914,610.31	924,255.68	945,734.76	939,478.36
Otras asociaciones	661,181.46	557,290.59	526,931.21	555,611.21
Subtotal arbolado	**68,907,586.34**	**67,059,865.38**	**66,226,673.99**	**65,868,605.14**
Matorral xerófilo	58,328,682.08	57,300,597.06	56,877,101.03	56,471,899.10
Otras áreas forestales	16,991,208	16,780,883.59	16,092,778.59	16,052,581.28
Total	**144,227,476.42**	**141,141,346.03**	**139,196,553.61**	**138,393,085.53**

Fuente: Series Cartográficas de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI.

La tasa de cambio global para el periodo 1993-2011, se estima con una pérdida neta en la superficie forestal de 324,132.8 hectáreas/año, esto representa una tasa porcentual de -0.23%; como se observa, el periodo con mayor disminución en la vegetación es 2002-2007 que en un lapso de cinco años registra una tasa de 388,958.4 hectáreas/año que en porcentaje equivale a -0.28%, a partir de este periodo la pérdida de cobertura vegetal es menor con una tasa estimada de -0.14% (tabla 63).

TABLA 63. TASA DE CAMBIO EN LA COBERTURA FORESTAL POR ECOSISTEMA PARA EL PERIODO 1993-2011

Ecosistema	Tasa de cambio (ha/año)			Tasa de cambio (%)		
	1993-2002	2002-2007	2007-2011	1993-2002	2002-2007	2007-2011
Bosques	-41,803.02	-4,406.53	-3,673.72	-0.12	-0.01	-0.01
Selvas	-153,027.59	-160,455.69	-91,449.39	-0.48	-0.52	-0.30
Manglar	1,071.71	4,295.82	-1,564.10	0.12	0.46	-0.17
Otras asociaciones	-11,543.43	-6,071.88	7,170	-1.92	-1.13	1.32
Subtotal arbolado	**-205,302.33**	**-166,638.28**	**-89,517.21**	**-0.30**	**-0.25**	**-0.14**
Matorral xerófilo	-114,231.67	-84,699.21	-101,300.48	-0.20	-0.15	-0.18
Otras áreas forestales	-23,369.38	-137,621	-10,049.33	-0.14	-0.84	-0.06
Total	**-342,903.38**	**-388,958.48**	**-200,867.02**	**-0.24**	**-0.28**	**-0.14**

Usos de suelo

La determinación de los cambios de uso de suelo, debe ser el resultado de un proceso de investigación que correlacione bases de datos de cambios en la cobertura de la vegetación y trabajos de campo que validen los diferentes agentes y las causales que motivan la realización de dichos cambios. Para esto es necesario considerar la diversidad socioeconómica, política y cultural de las diferentes regiones del país, además de los antecedentes históricos de cada zona ya que las causas a nivel local, suelen ser inherentes a todos estos aspectos, lo que implica una evaluación compleja.

Los estudios de las causas de cambio en la vegetación, generalmente se han enfocado a un número de factores reducido, si bien el alcance de los mismos es limitado, son fuentes importantes de información para reorientar las causas de impacto e incentivar acciones de protección y restauración de los recursos forestales.

Un buen número de trabajos sugieren que la expansión de la frontera agrícola y la ganadería son las causas principales del cambio de la cubierta forestal (Barbier *et ál*., 1996). También hay quienes indican que son la agricultura y el crecimiento poblacional las causas primarias de la deforestación (Geist, 2001). Sin embargo, varios autores concluyen que los cambios en la cobertura forestal, es el resultado de complejos procesos socioeconómicos que provocan los cambios en el uso del suelo y en muchas ocasiones es imposible aislar las causas asociadas (Walker, 1978, citado por Geist, 2001).

Las Series Cartográficas de Uso de Suelo y Vegetación, permiten deducir las causas de cambio en la cobertura forestal, al reflejar, tanto las variaciones en la superficie forestal o causas directas y contar con información de los usos de suelo, equivalentes a las causas subyacentes referidas por Geist y Lambin (2001), sin embargo, las variaciones en los usos de suelo bien pueden ocurrir, tanto en la superficie forestal como en el área no forestal.

Como referencia la agrupación de los usos de suelo del INEGI, se engloban en las siguientes seis categorías: agricultura (temporal, riego y humedad), agostadero (pastizal inducido y cultivado), urbano y construido (zonas urbanas y asentamientos humanos), tierras complementarias (desprovisto de vegetación y sin vegetación aparente), acuícola y cuerpos de agua, con sus respectivas superficies (tabla 64).

TABLA 64. SUPERFICIE DE USOS DE SUELO PARA EL PERIODO 1993-2011

Usos de suelo	Serie II-1993	Serie III-2002	Serie IV-2007	Serie V-2011
Agricultura	29,089,051.71	30,830,396.85	32,192,906.91	32,596,012.24
Agostadero	17,574,571.77	18,757,908.19	18,890,330.88	18,957,114.43
Urbano y construido	1,108,614.60	1,260,300.89	1,597,575.58	1,845,262.79
Tierras complementarias	963,316.41	968,905.14	998,583.90	1,009,188.49
Acuícola	117.45	67,767.38	91,741.18	106,116.41
Cuerpos de agua	2,702,377.01	2,638,322.10	2,695,655.29	2,755,421.89
Total	**51,438,048.94**	**54,523,600.55**	**56,466,793.75**	**57,269,116.27**

Fuente: Series Cartográficas de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI.

En todo el periodo observado (1993-2011), el comportamiento de la superficie ocupada por usos de suelo en el país es similar, las tierras con agricultura y agostadero son las mayormente extendidas y en general abarcan 90% de las áreas no forestales.

La agricultura es la de mayor extensión (fluctúa entre 56.5 y 57%) y la tasa de aumento anual de 2002-2007 nos indica que fue la de mayor crecimiento para esta actividad con 272,502 ha/año, a partir de este periodo se registra una disminución en superficie.

Las tierras de agostadero han ocupado entre 33.1 y 34.4% de los usos de suelo, a diferencia de la agricultura, la mayor tasa de aumento fue entre 1993-2002 con 131,481 ha/año y tuvo un descenso en superficie importante entre 2002-2011.

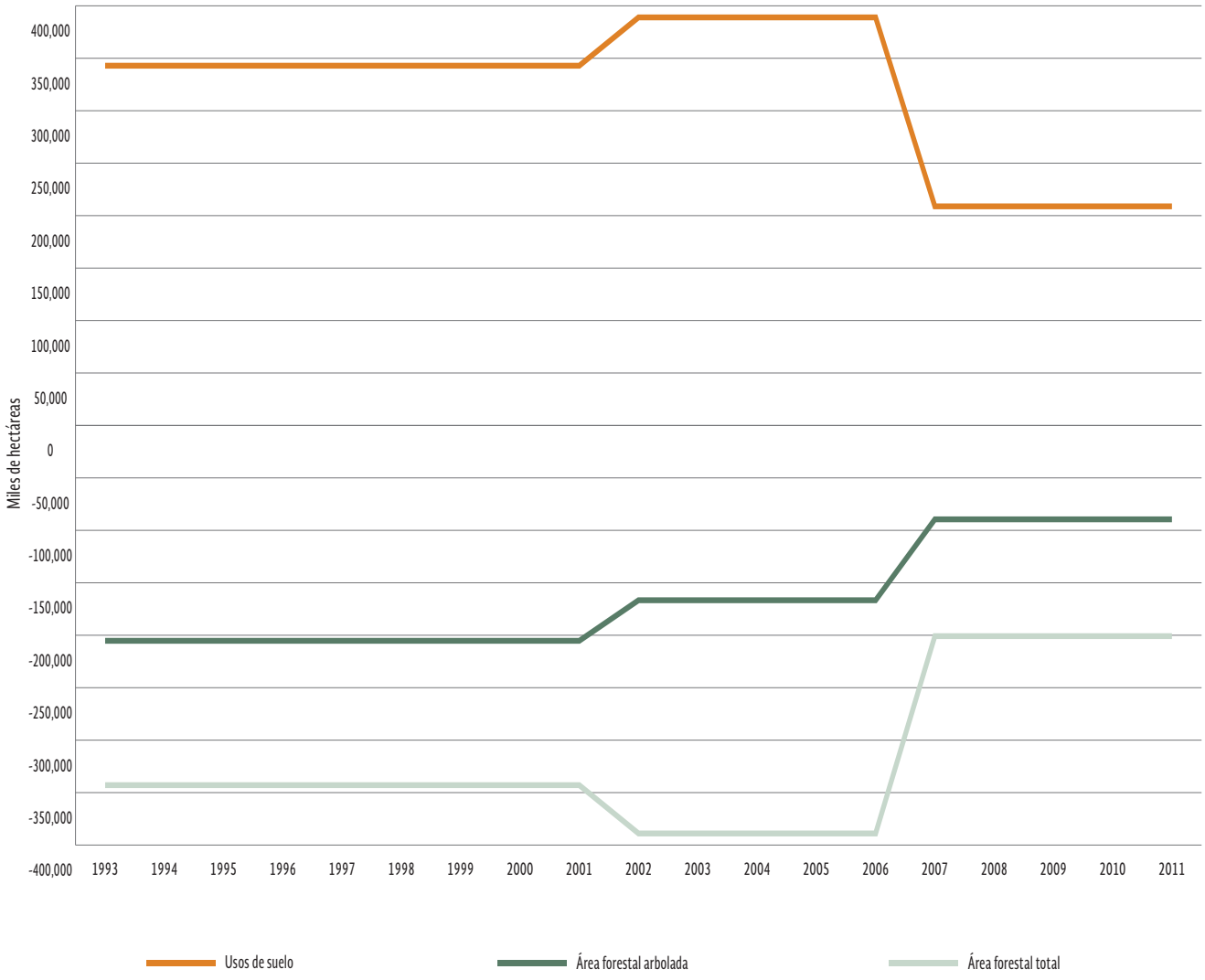
El uso urbano y construido históricamente ha tenido un aumento en superficie desde 1993 a 2011 y en proporción ha crecido de 2.2 a 3.8%, sin embargo la tasa de aumento nos indica que en relación a la superficie total de los usos de suelo, el mayor crecimiento de estas áreas se dio en el periodo 2002-2007 con 67,454 ha/año y al periodo 2007-2011 ha disminuido a 61,921 ha/año.

TABLA 65. TASA DE CAMBIO EN LA SUPERFICIE FORESTAL Y DE USOS DE SUELO PARA EL PERIODO 1993-2011

Clase	Tasa de cambio (ha/año)		
	1993-2002	2002-2007	2007-2011
Agricultura	193,482.79	272,502.01	100,776.33
Agostadero	131,481.82	26,484.54	16,695.89
Urbano y construido	16,854.03	67,454.94	61,921.80
Tierras complementarias	620.97	5,935.75	2,651.15
Acuícola	7,516.66	4,794.76	3,593.81
Cuerpos de agua	-7,117.21	11,466.64	14,941.65
Áreas no forestales	342,839.07	388,638.64	200,580.63

Como se observa en la figura 44, las tasas de cambio en las que se estima una pérdida de la cobertura forestal, son equiparables con la tasa de aumento en los usos de suelo, lo que indica de cierta manera que la agricultura y las tierras de agostadero principalmente, tienen una relación directa con dichos cambios y a medida que el aumento en superficie de estas disminuye, también disminuye la presión hacia las áreas forestales y por consecuencia influye en la tasa de pérdida de la cobertura vegetal.

FIGURA 44. TASAS DE CAMBIO EN LA COBERTURA FORESTAL Y USO DEL SUELO PARA EL PERIODO 1993-2011



5.1.2. Tasa de deforestación y causas asociadas

Tasas de deforestación

El fenómeno de la deforestación está circunscrito en una problemática compleja, más allá del sector forestal, la cual debe ser considerada al momento de examinar la tasa de cambio en la superficie afectada y la determinación de las causas motoras que conllevan al cambio de uso del suelo en el país, es un tema que para ser contextualizado adecuadamente debe especificarse el alcance del análisis, ya que está determinado por diversos factores históricos, culturales, de desarrollo social, económicos y políticos de las diferentes regiones del país.

Los datos sobre las tasas de deforestación en México presentan múltiples variaciones (Velázquez, 2008), existen aproximadamente 40 estimaciones diferentes de deforestación realizadas entre 1978 y 2001, que reflejan por un lado, diferencias metodológicas y variaciones en las estimaciones de las líneas de base, diferencias en los plazos de tiempo para los cuales se calcularon las estimaciones y diferentes propósitos para los que la información ha sido utilizada. (ADR-Biofor y Grupo Darum, 2002).

La CONAFOR, como entidad responsable de integrar los reportes nacionales e internacionales que abordan el tema de deforestación, como es la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (FRA por sus siglas en inglés), ha resuelto utilizar exclusivamente fuentes de datos oficiales y homogéneas, reportar conforme a las definiciones estipuladas en la LGDFS y siguiendo los conceptos y la aplicación de los procesos metodológicos establecidos por la FAO.

La LGDFS, en su art. 45, fracción IV, señala que el INFyS deberá comprender entre otra información, "La dinámica de cambio de la vegetación forestal del país, que permita conocer y evaluar las tasas de deforestación [...], registrando sus causas principales", a su vez define deforestación en el art. 7, fracción XII como "Pérdida de la vegetación forestal, por causas inducidas o naturales, a cualquier otra condición". (DOF, 2017).

Por su parte, la FAO define deforestación como "la conversión de los bosques a otro tipo de uso de la tierra o la reducción permanente de la cubierta de dosel, por debajo del umbral mínimo del 10%", a su vez el concepto de bosque es especifica como "tierras que se extienden por más de 0,5 hectáreas dotadas de árboles de una altura superior a 5 metros y una cubierta de dosel superior al 10%, o de árboles capaces de alcanzar esta altura *in situ*. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano". (FRA, 2015)

De acuerdo con lo anterior, la estimación de la tasa de deforestación propiamente, se considera a partir de la variación en la superficie forestal arbolada a una escala nacional y que se deriva del estudio de los cambios en la cobertura forestal incluido en este informe, de tal forma que aplican los mismos métodos y criterios a través de la comparación de superficies totales y con los mismos insumos cartográficos publicados por el INEGI, con un reporte a nivel de formación forestal.

La superficie arbolada del país abarca alrededor del 50% del área forestal con sus variaciones a lo largo del tiempo, en 1993 estos ecosistemas ocupaban 68.9 millones de hectáreas contra 65.8 millones de hectáreas estimadas en 2011, la variación que sufrió de 1993 a 2011 fue una disminución de 4.4% (tabla 66).

TABLA 66. SUPERFICIE FORESTAL ARBOLADA POR FORMACIÓN FORESTAL PARA EL PERIODO 1993-2011

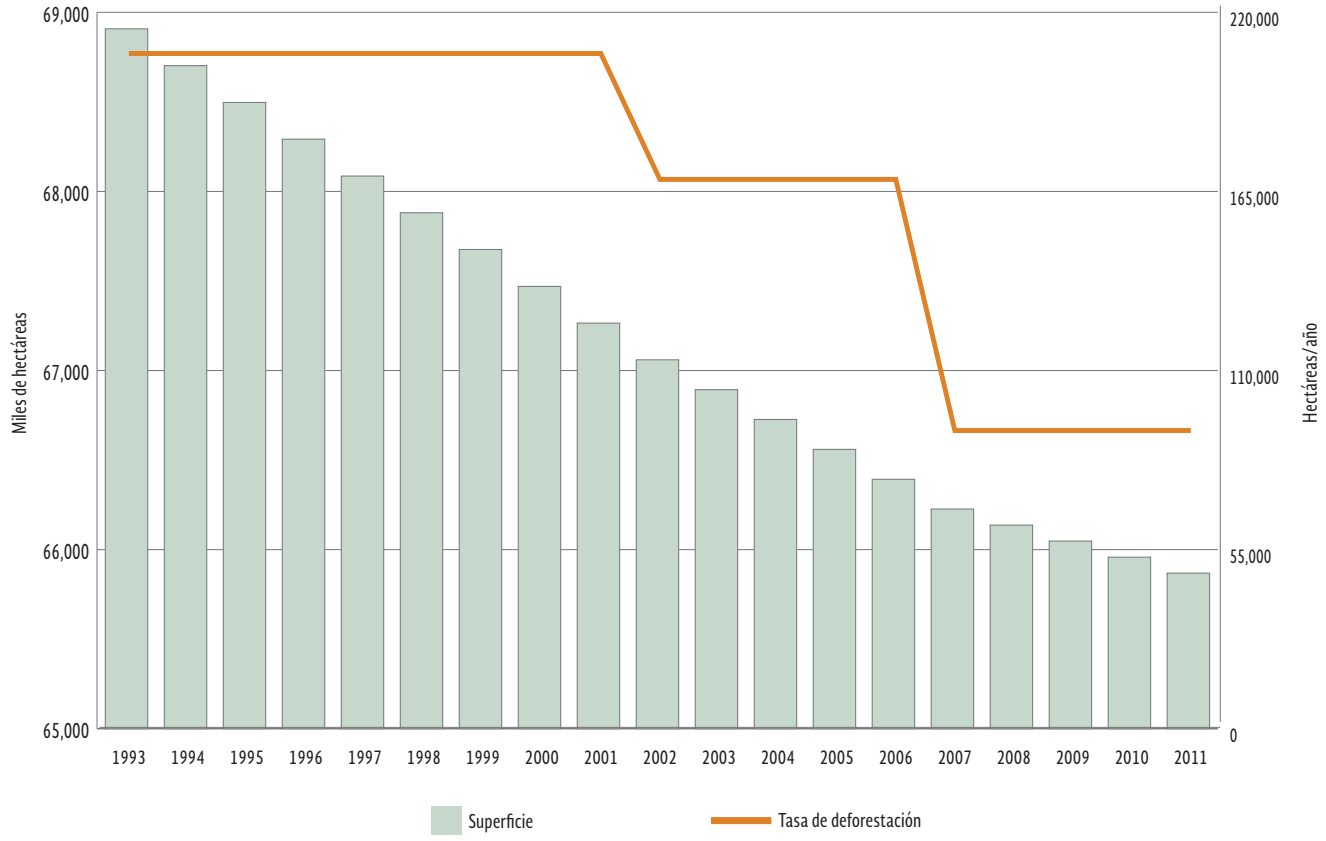
Ecosistema	Formación	Superficie (ha)			
		Serie II-1993	Serie III-2002	Serie IV-2007	Serie V-2011
Bosques	Coníferas	8,042,993.41	7,963,606.60	8,120,221.03	8,124,532.67
	Coníferas y latifoliadas	13,234,436.80	13,093,092.40	12,905,027.84	12,920,873.34
	Latifoliadas	11,407,916.58	11,241,002.00	11,235,504.68	11,188,826.30
	Bosque mesófilo	1,803,676.38	1,815,094.97	1,830,009.78	1,841,836.14
Selvas	Selvas altas y medianas	15,478,214.89	15,074,098.48	14,432,020.77	14,189,178.19
	Selvas bajas	17,364,556.51	16,391,424.65	16,231,223.92	16,108,268.93
Manglar		914,610.31	924,255.68	945,734.76	939,478.36
Otras asociaciones		661,181.46	557,290.59	526,931.21	555,611.21
Total arbolado		**68,907,586.34**	**67,059,865.38**	**66,226,673.99**	**65,868,605.14**

El área arbolada presenta una tendencia a la baja en la deforestación, con una tasa que va de -0.30 a -0.14% de 1993 a 2011, la pérdida neta anual se estimó en 205,302 hectáreas/año para el periodo 1993-2002 y descendió a 89,517 hectáreas/año para 2007-2011 (tabla 67).

TABLA 67. TASA DE DEFORESTACIÓN POR FORMACIÓN FORESTAL PARA EL PERIODO 1993-2011

Ecosistema	Formación	Tasa de deforestación (ha/año)			Tasa de deforestación (%)		
		1993-2002	2002-2007	2007-2011	1993-2002	2002-2007	2007-2011
Bosques	Coníferas	-8,820.76	31,322.89	1,077.91	-0.11	0.39	0.01
	Coníferas y latifoliadas	-15,704.93	-37,612.91	3,961.38	-0.12	-0.29	0.03
	Latifoliadas	-18,546.06	-1,099.46	-11,669.60	-0.16	-0.01	-0.10
	Bosque mesófilo	1,268.73	2,982.96	2,956.59	0.07	0.16	0.16
Selvas	Selvas altas y medianas	-44,901.82	-128,415.54	-60,710.65	-0.29	-0.87	-0.43
	Selvas bajas	-108,125.76	-32,040.15	-30,738.75	-0.64	-0.20	-0.19
Manglar		1,071.71	4,295.82	-1,564.10	0.12	0.46	-0.17
Otras asociaciones		-11,543.43	-6,071.88	7,170.00	-1.92	-1.13	1.32
Total arbolado		**-205,302.33**	**-166,638.28**	**-89,517.21**	**-0.30**	**-0.25**	**-0.14**

FIGURA 45. SUPERFICIE FORESTAL ARBOLADA Y TASA DE DEFORESTACIÓN PARA EL PERIODO 1993-2011



México ha participado activamente en la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (FRA), ante la necesidad que la FAO reconoce de sistematizar y actualizar la información acerca de los recursos forestales a nivel mundial, de manera periódica. Con la primer evaluación en 1946, se inicia un proceso continuo de reporte cada cinco años, con la participación activa de los países miembros. Desde 1980, el FRA se realiza con la implementación de un reporte con parámetros estandarizados, para comparar información comprensible a nivel internacional. Se considera que a partir del FRA 2000, la evaluación se presenta con mayor exhaustividad y con mayores avances desde el punto de vista tecnológico.

Dentro de los temas que se incluyen en el FRA, se encuentra la extensión de los recursos forestales y la tasa de deforestación, esta última de reconocimiento oficial a nivel nacional y construida a partir de los datos que se presentan en la tabla 68, para el cumplimiento de la metodología de la FAO, se realiza una calibración y proyección de los datos a los años de reporte, así como una reclasificación de los tipos de vegetación a las tres clases del FRA que son: bosques, otras tierras boscosas y otras tierras. La tasa de deforestación es reportada por la FAO, únicamente para la clase bosque, con los datos proporcionados por los países.

Las variaciones con respecto al reporte nacional, obedecen a la reclasificación de los tipos de vegetación a las clases del FRA (que incluye como bosque los mezquitales de zonas áridas), a la proyección de los datos a los años de reporte requeridos y a la calibración de áreas que se realiza para estandarizar la superficie del país registrada, de acuerdo con las directrices de FAO. Lo anterior con fines de comparabilidad entre países.

TABLA 68. EXTENSIÓN DE BOSQUE DE 1990 A 2015 PARA MÉXICO

Clase FRA	Extensión de los recursos forestales (miles ha)				
	1990	2000	2005	2010	2015
Bosque	69,760	67,856	67,083	66,498	66,040

Fuente: FAO. 2015. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales.

TABLA 69. TASA DE CAMBIO ANUAL DE 1990 A 2015 PARA MÉXICO

Clase FRA		Tasa de cambio anual			
		1990-2000	2000-2010	2010-2015	1990-2015
Bosque	miles ha/ año	-190.4	-135.8	-91.6	-148.8
	%	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2

Fuente: FAO. 2015. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales.

Causas de deforestación

Determinar los agentes que propician la pérdida de la cobertura forestal, resulta crucial para comprender los principales motivos que provocan la deforestación y degradación de los ecosistemas, la importancia de conocer estas causales ha adquirido mayor importancia ya que además de los múltiples beneficios que se desprenden de los recursos forestales, hay una apreciación de su renovado papel en la mitigación y adaptación al cambio climático.

Aunque existen causas naturales para estos fenómenos, se ha identificado que en gran medida estos cambios son resultado de la acción del hombre y la mayoría de ellos se originan fuera del sector forestal (Kanninen *et ál*., 2008).

Las causas de deforestación pueden separarse en dos categorías, la primera implica aquellos factores ligados directamente al acto de tala de árboles o degradación de la tierra, denominadas como causas directas o próximas; la segunda categoría incluye factores sociales de fondo que generan las causas indirectas, a las que se denominan causas fundamentales o subyacentes. Además, Kaimowitz y Angelsen (1998) introdujeron el término “fuentes de deforestación” para referirse a los agentes o actividades que resultan en deforestación (por ejemplo, la expansión agrícola por parte de granjeros a pequeña escala).

El punto de conexión entre los cambios en la cubierta terrestre (atributos biofísicos de la superficie de la tierra) y el uso de la tierra (el propósito o la intención aplicada a las actividades humanas que alteran directamente el entorno físico), reflejan lo que constituyen las causas sociales subyacentes, es decir, las causas que se originan por el factor social. En términos de escala espacial, estas causas pueden aplicar directamente a nivel local o indirectamente a nivel nacional o mundial (Geist y Lambin, 2001).

Geist y Lambin (2002), indican que las causas subyacentes pueden aplicarse en escalas subregionales y nacionales y que las causas primarias como la expansión agrícola, la extracción de madera y la ampliación de la infraestructura, prevalecen como causas de la deforestación a una escala local.

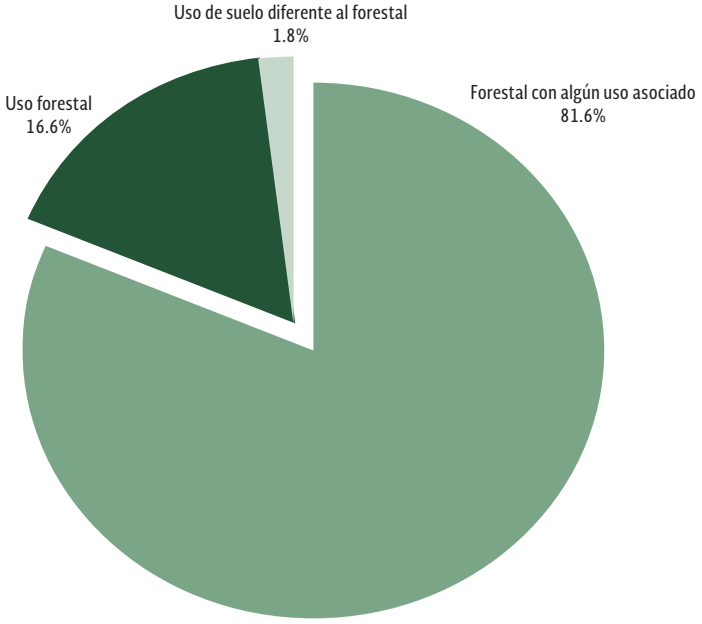
La deforestación, como se ha dicho, es un fenómeno que debe abordarse desde la corresponsabilidad entre los sectores que inciden y donde se originan, tanto las causas directas como subyacentes, ya que éstas son diversas y su estudio es complejo y requiere tomar en cuenta, tanto la escala de trabajo como el periodo, además del análisis de variables de índole ambiental y sociocultural así como políticas y económicas.

Además de la información contenida en este informe sobre los usos de suelo en el país, desde el punto de vista del monitoreo de los recursos forestales, el INFyS incluye dentro de las variables cualitativas recabadas en campo, el uso de suelo identificado al momento de hacer el muestreo y las causas de impacto a los recursos vegetación, suelo y agua, las cuales fueron analizadas para aquellos conglomerados ubicados en las zonas arboladas cuya cobertura de dosel correspondiera al umbral definido, retomando la definición de deforestación de la FAO que establece "...la conversión de los bosques a otro tipo de uso de la tierra o la reducción permanente de la cubierta de dosel, por debajo del umbral mínimo del 10%".

De la muestra realizada entre 2009-2014, se tienen 1,822 conglomerados que se clasificaron de acuerdo con los criterios descritos, se identifican tres grandes grupos en cuanto a usos de suelo se refiere y son: forestal, forestal con algún uso asociado y con uso de suelo propiamente. El forestal con algún uso asociado es el de mayor recurrencia, lo que indica que la actividad presente dentro del área forestal es la que lleva a una disminución de la cobertura del arbolado, el siguiente en importancia es el uso netamente forestal y por último los usos de suelo diferente al forestal.

Para entender mejor las causas de deforestación para cada uso de suelo, se analizaron las causas de impacto a los recursos naturales bióticas, abióticas y antropogénicas que se observaron con los siguientes resultados:

FIGURA 46. PROPORCIÓN DE USOS DE SUELO EN LA MUESTRA CON COBERTURA DE DOSEL MENOR AL 10%



1. Forestal con algún uso de suelo

En el 81.6% de la muestra analizada, las causas antropogénicas son las principales detonantes de la deforestación, lo que hace comprensible la etiqueta de los conglomerados de forestal con algún uso de suelo asociado, ya que indica que la presión que sufren los bosques y selvas por actividades humanas es la de mayor impacto. Esta clase representa el 69.5% sobre las causas bióticas y abióticas y en específico, es el pastoreo el que destaca además de otros usos.

En menor grado se pueden mencionar los incendios, se puede decir por las actividades registradas al interior de los conglomerados y las observaciones recabadas, que están asociados con actividades agropecuarias como las quemas agrícolas; a su vez se registran las plagas y enfermedades como causantes de los impactos a la vegetación, reduciendo la cobertura del arbolado, que en promedio para los conglomerados de esta categoría es de 4.9%.

FIGURA 47. PROPORCIÓN DE LAS CAUSAS DE DEFORESTACIÓN EN CONGLOMERADOS FORESTALES CON ALGÚN USO DE SUELO

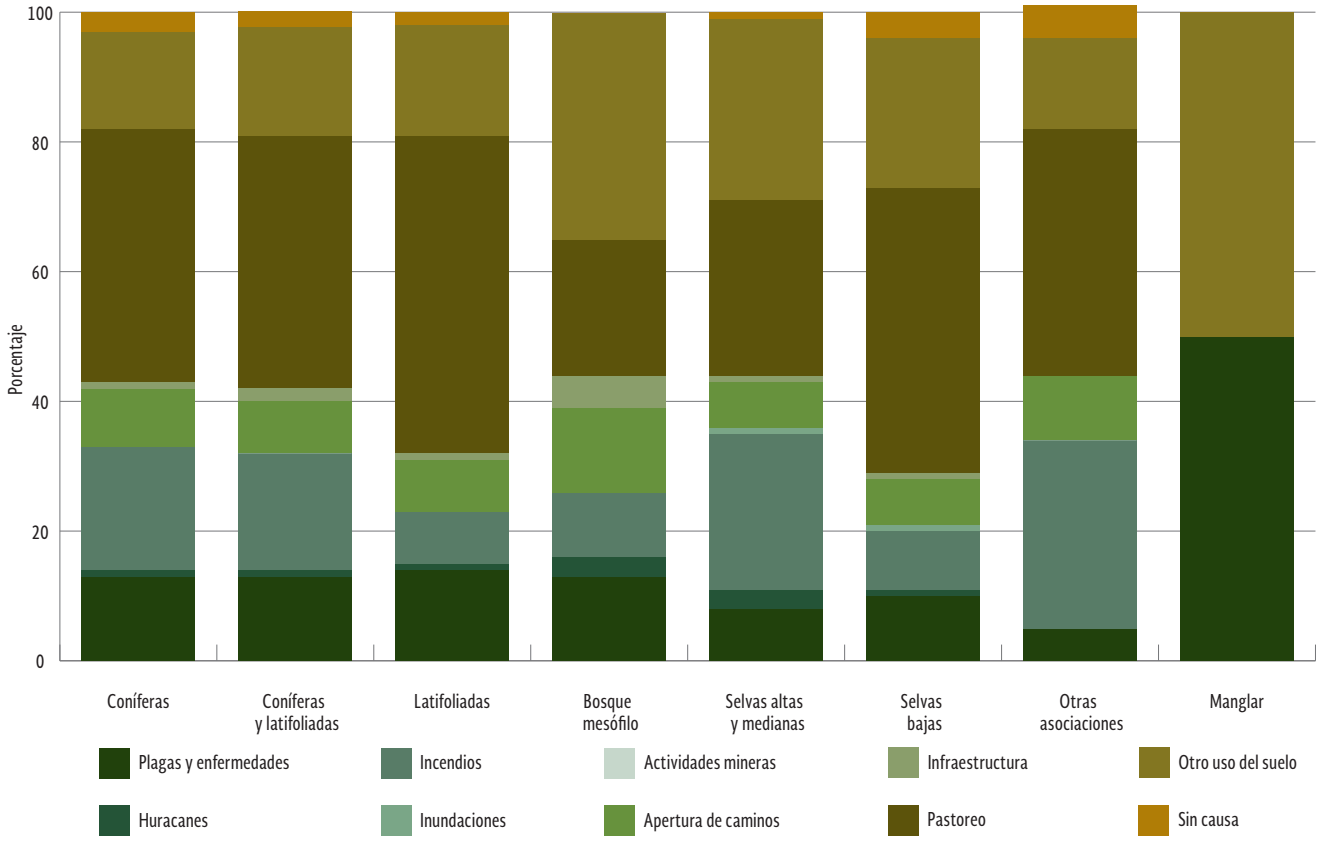


TABLA 70. CAUSAS DE DEFORESTACIÓN EN CONGLOMERADOS FORESTALES CON ALGÚN USO DE SUELO

Ecosistema	Formación Forestal	UMP	Cobertura prom (%)	Núm. de causas (máx)	Biótico		Abiótico			Antropogénicos				Sin causa	Total
					Plagas y enferme-dades	Huracanes	Incendios	Inunda-ciones	Actividades mineras	Apertura de caminos	Infra-estructura	Pastoreo	Otro uso del suelo		
Bosques	Coníferas	199	5.1	5	55	3	77	0	0	37	6	159	61	11	**409**
	Coníferas y latifoliadas	343	5.7	6	93	8	128	0	0	60	13	279	118	10	**709**
	Latifoliadas	541	5.2	5	139	7	79	1	0	79	14	488	171	23	**1,001**
	Bosque mesófilo	46	5	5	15	4	12	0	0	15	6	25	40	0	**117**
Selvas	Selvas altas y medianas	206	4.7	10	40	12	114	6	1	32	7	129	133	3	**477**
	Selvas bajas	139	5.9	5	28	3	23	3	0	19	3	119	61	9	**268**
Otras asociaciones		11	4.8	3	1	0	6	0	0	2	0	8	3	1	**21**
Manglar		2	2.5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	**2**
Total		**1,487**	**4.9**	**5**	**372**	**37**	**439**	**10**	**1**	**244**	**49**	**1,207**	**588**	**57**	**3,004**
%						**12.4**	**16.2**			**69.5**				**1.9**	**100**

2. Uso forestal

Al interior de las áreas forestales, representadas por el 16.6% de la muestra, las causas por las que disminuye la cobertura del dosel a un punto en el que se puede catalogar como deforestación, son de tipo abiótico y reflejan una parte de la dinámica de cambios de los ecosistemas ocurridas por los ciclos naturales, que pueden ocasionar alteraciones en los que hay una disminución considerable de la vegetación, las causas abióticas ocupan el 58% de todas las causas registradas.

Los incendios forestales, están presentes en la mayoría de las áreas forestales, a excepción de los bosques mesófilos (donde predominan las plagas y enfermedades) y los manglares, en este último ecosistema al igual que en las selvas los huracanes y las inundaciones son factores importantes de impacto a la vegetación y al suelo.

El promedio de la cobertura de dosel en los conglomerados de esta categoría es de 5.3%.

FIGURA 48. PROPORCIÓN DE LAS CAUSAS DE DEFORESTACIÓN EN CONGLOMERADOS CON USO FORESTAL

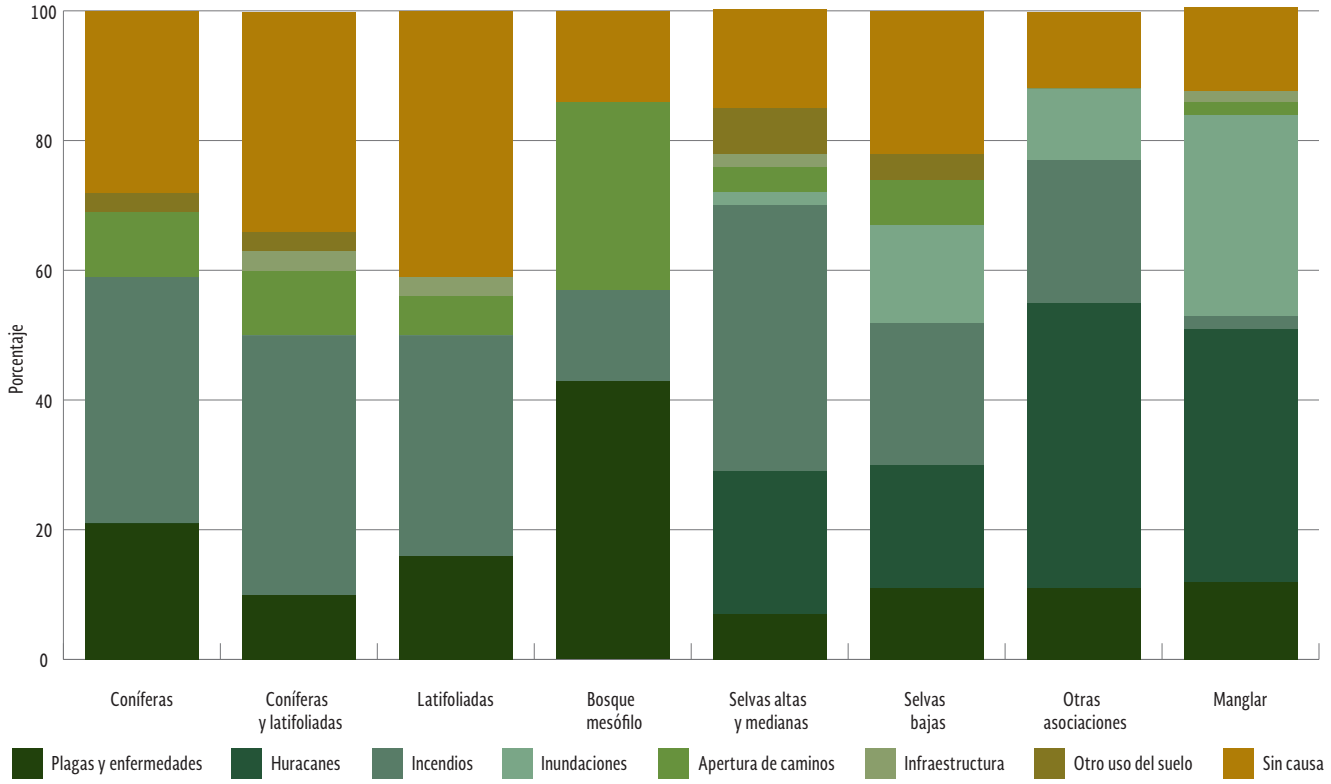


TABLA 71. CAUSAS DE DEFORESTACIÓN EN CONGLOMERADOS CON USO FORESTAL

Ecosistema	Formación Forestal	UMP	Cob prom (%)	Causas (máx)	Bióticas	Abióticas			Antropogénicas			Sin causa	Total
					Plagas y enfermedades	Huracanes	Incendios	Inundaciones	Apertura de caminos	Infraestructura	Otro uso del suelo		
Bosques	Coníferas	27	4	2	6	0	11	0	3	0	1	8	**29**
	Coníferas y latifoliadas	27	5.5	3	3	0	12	0	3	1	1	10	**30**
	Latifoliadas	30	5.4	2	5	0	11	0	2	1	0	13	**32**
	Bosque mesófilo	7	7.1	1	3	0	1	0	2	0	0	1	**7**
Selvas	Selvas altas y medianas	141	4.7	4	13	44	80	3	8	3	13	33	**197**
	Selvas bajas	21	4.7	3	3	5	6	4	2	0	1	6	**27**
Otras asociaciones		7	5.9	2	1	4	2	1	0	0	0	1	**9**
Manglar		43	4.7	3	7	23	1	18	1	1	0	8	**59**
Total		**303**	**5.3**	**2.5**	**41**	**76**	**124**	**26**	**21**	**6**	**16**	**80**	**390**
%					**10.5**	**58**			**11**			**20.5**	**100**

3. Uso de suelo diferente al forestal

Finalmente, se registró un número reducido de conglomerados (1.8%) tipificados netamente con un uso diferente al forestal, en los que se puede encontrar vegetación, pero su actividad principal ha cambiado y de manera general se registra algún uso de suelo como el pastoreo, con una variedad de causas, dependiendo el tipo de formación forestal, como se puede apreciar en la figura 49 .

La cobertura promedio en estos conglomerados es del 4.4%.

FIGURA 49. PROPORCIÓN DE LAS CAUSAS DE DEFORESTACIÓN EN CONGLOMERADOS CON USO DE SUELO DIFERENTE AL FORESTAL

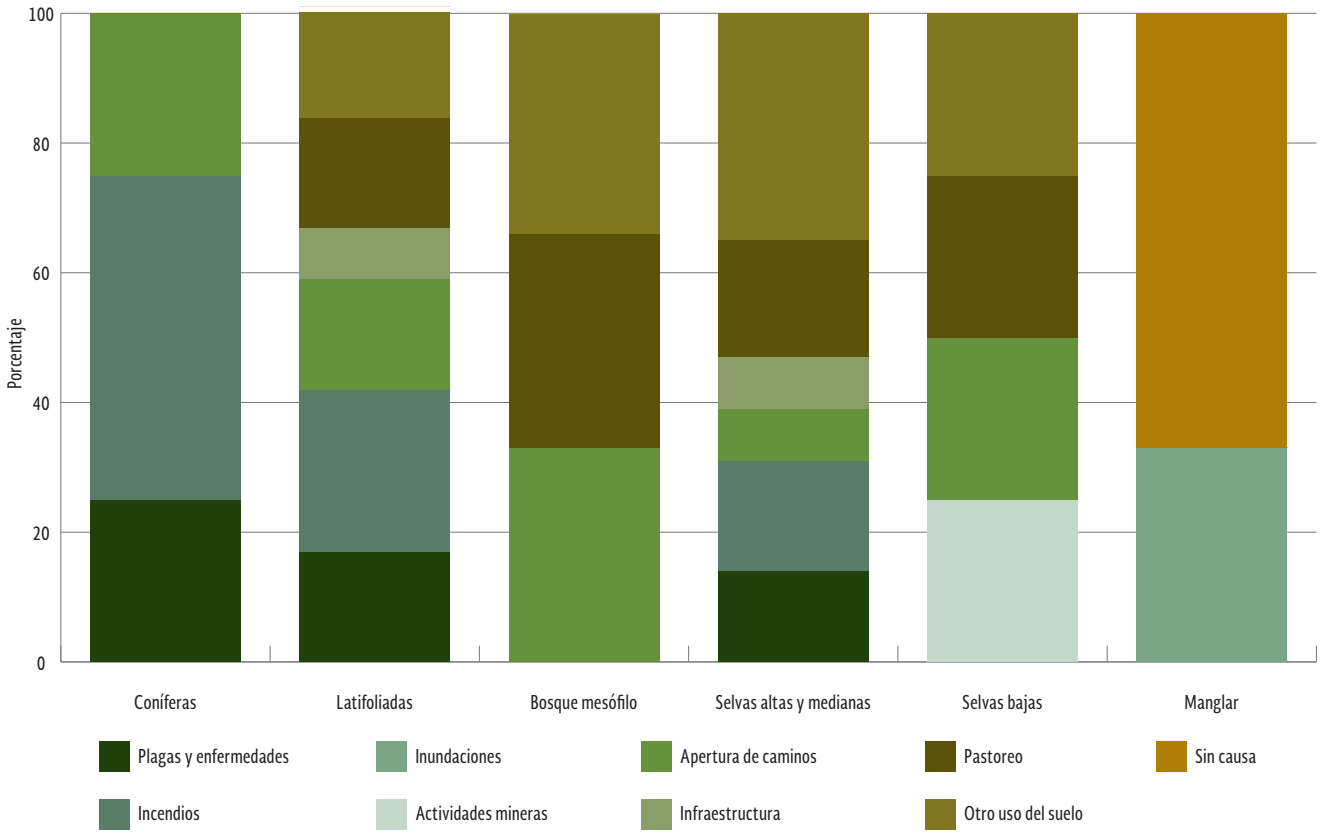


TABLA 72. CAUSAS DE DEFORESTACIÓN EN CONGLOMERADOS CON USOS DE SUELO DIFERENTE AL FORESTAL

Ecosistema	Formación Forestal	UMP	Cobertura prom (%)	Núm. de causas (máx)	Biótico	Abiótico		Antropogénicos					Sin causa	Total
					Plagas y enferme-dades	Incendios	Inunda-ciones	Actividades mineras	Apertura de caminos	Infra-estructura	Pastoreo	Otro uso de suelo		
Bosques	Coníferas	4	2.4	1	1	2	0	0	1	0	0	0	0	4
	Latifoliadas	5	4.5	5	2	3	0	0	2	1	2	2	0	12
	Bosque mesófilo	1	9.2	3	0	0	0	0	1	0	1	1	0	3
Selvas	Selvas altas y medianas	16	3.3	5	5	6	0	0	3	3	7	12	0	36
	Selvas bajas	3	1.1	2	0	0	0	1	1	0	1	1	0	4
Manglar		3	6.1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	3
Total		32	4.4	2.8	8	11	1	1	8	4	11	16	2	62
%					12.9	19.4		64.5					3.2	100

5.2. Variaciones en estructura

La dinámica de un bosque o comunidad vegetal es compleja y requiere del estudio de diversos componentes, ya que es resultado de una combinación de factores internos o naturales como pueden ser incendios forestales, huracanes, erupciones volcánicas entre otros, así como los originados por la propia sucesión vegetal; pero también tienen gran impacto los factores externos o antropogénicos como los aprovechamientos forestales, la deforestación y la presión por los cambios de uso de suelo, al igual que las actividades de conservación y restauración, que finalmente se ven reflejadas en la estructura y composición de la vegetación.

A partir de los inventarios forestales, se recopilan datos dasométricos de un subconjunto de individuos representativos de la población, con ello se puede caracterizar el recurso forestal y describir la situación actual de la vegetación, pero también bajo el enfoque del monitoreo de las áreas forestales, es posible detectar los cambios que ocurren en el tiempo.

El INFyS ofrece la posibilidad de presentar un diagnóstico a nivel nacional de las variaciones en estructura que los ecosistemas han sufrido a lo largo de diez años, se ha mencionado con anterioridad que este inventario forestal comenzó con el levantamiento de datos en campo en 2004 y que a la fecha mantiene un diseño de muestreo que permite la comparabilidad de la información, como son las estructuras diamétricas y de alturas del arbolado, densidad, biomasa, carbono almacenado y volumen, dentro de los principales indicadores.

En contexto y como parte del diseño de muestreo del INFyS, se cuenta con una malla de 26,220 conglomerados o Unidades de Muestreo Primaria (UMP) de cubrimiento nacional y que abarca todos los ecosistemas del país, el levantamiento de datos en campo para ambos ciclos de muestreo (2004-2009 y 2009-2014) tuvo una efectividad del 82.9 y 85.5% de la muestra, con lo cual se generaron los indicadores dasométricos ya mencionados bajo los mismos criterios de estimación para presentar resultados de cada periodo y para la comparación entre ciclos.

Cabe resaltar que el sesgo y la precisión en las estimaciones, se lograron mejorar de acuerdo con el rango de inaccesibilidad del 1 al 10% que menciona McRoberts (1990) como aceptable para inventarios de este tipo, ya que para el primer ciclo de muestreo se reportó 11% de inaccesibilidad y se redujo a 9.5% para el segundo ciclo (tabla 73).

TABLA 73. ESTATUS DE CONGLOMERADO (UMP) POR CICLO DE MUESTREO

Ciclos de muestreo			Muestreados			Inaccesibles	Monitoreo satelital	Total
			Con remedición	Sin remedición	Subtotal			
2004-2007	UMP		20,237	1,506	21,743	2,887	1,590	**26,220**
	%	Muestreado	93.1	6.9	100	11	6.1	**100**
		Total	**77.2**	**5.7**	**82.9**			
2009-2014	UMP		20,237	2,172	22,409	2,480	1,331	**26,220**
	%	Muestreado	90.3	9.7	100	9.5	5.1	**100**
		Total	**77.2**	**8.3**	**85.5**			

El establecimiento de cada UMP, sigue un protocolo de ubicación detallado en los manuales de campo del INFyS publicados por la CONAFOR (http://187.218.230.5/inventario-y-registro/inventario-nacional-forestal-y-suelos-INFyS/documentos-metodologicos), se realiza de manera sistemática y con base en las coordenadas geográficas de la malla de muestreo, considerando distancias horizontales (compensación de pendientes) y con el registro de puntos de control e información adicional que permita la remedición del sitio en muestreos futuros, con la intensión de cumplir el objetivo de monitoreo.

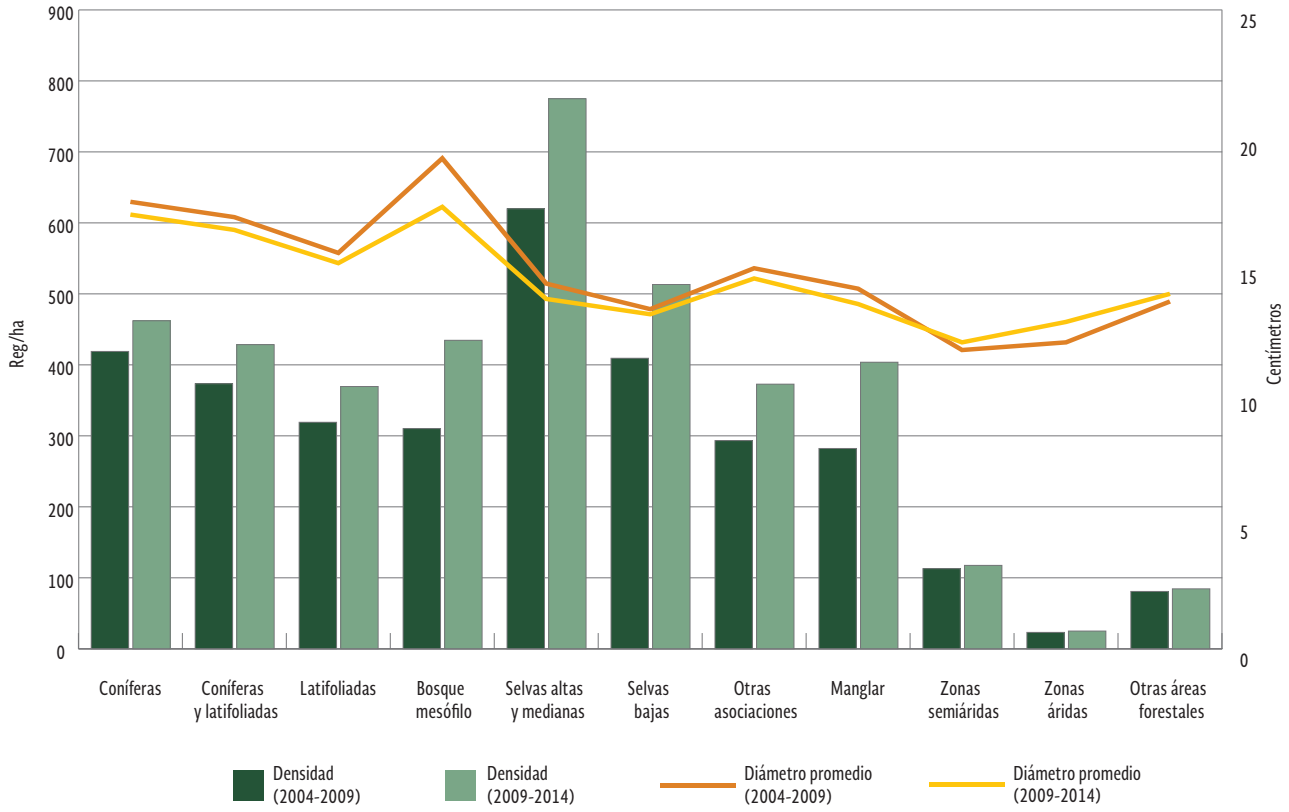
5.2.1. Cambios en valores promedio por hectárea

Los datos de ambos ciclos de muestreo, nos indican que la estructura diamétrica y de altura de las masas arboladas del país, son propios de bosques secundarios y jóvenes, en los que predominan las categorías diamétricas de 10 a 15 centímetros y de 5 a 10 metros en altura.

La comparación del estrato arbóreo, compuesto por los individuos muestreados con forma biológica arbórea e indeterminada a partir de 7.5 centímetros de diámetro y 1.3 metros de alto, indican un aumento en la densidad del arbolado y una ligera disminución en los valores promedio del diámetro normal y altura total, esto suele ser un efecto del reclutamiento de nuevos individuos del repoblado, en la mayoría de las formaciones forestales se observó de igual forma, una disminución en los valores máximos para estas dos variables.

El diámetro normal para ecosistemas de bosque, registró una disminución de 0.4 centímetros en promedio, en el segundo ciclo de inventario (2009-2014) con respecto al primero (2004-2009), a excepción de los bosques mesófilos en los que la merma fue de 1.9 centímetros; para los ecosistemas tropicales la disminución fluctúa entre 0.2 y 0.6 centímetros; los matorrales xerófilos y otras áreas forestales en cambio aumentaron en diámetro promedio entre 0.3 y 0.8 centímetros, (figura 50).

FIGURA 50. COMPARACIÓN DE LA DENSIDAD DEL ARBOLADO Y DIÁMETRO NORMAL PROMEDIO POR CICLO DE MUESTREO



En el caso de la altura total, se observó que en el segundo ciclo de muestreo hubo, tanto una disminución como un aumento, dentro de las formaciones forestales que disminuyeron en altura promedio, se pueden mencionar a los bosques mesófilos (59 cm), otras asociaciones arboladas (32 cm), manglares (18 cm), bosques de coníferas (10 cm) y en menor magnitud las selvas altas y medianas y bajas (5 y 4 cm respectivamente); aquellas formaciones en las que se registró una mayor altura promedio son otras áreas forestales (78 centímetros), zonas áridas (14 cm) y en menor magnitud los bosques de coníferas y latifoliadas, las zonas semiáridas (9 cm) y las latifoliadas (4 cm) (figura 51).

El resto de los indicadores dasométricos comparados, al estar en relación directa con el número de individuos y sus dimensiones sobre todo en diámetro, presentan una tendencia similar y hay un aumento en los valores promedios por hectárea estimados (tabla 74), de tal manera que el área basal fue mayor en el segundo ciclo en un rango de 0.2 a 1.4 m^2/ha, la biomasa aérea entre 0.9 a 10.6 ton/ha, el carbono almacenado de 0.4 a 4.9 ton C/ha y finalmente en volumen maderable de 1.5 a 9.4 m^3/ha, como se puede apreciar en las figuras 52 a 55.

FIGURA 51. COMPARACIÓN DE LA DENSIDAD DEL ARBOLADO Y ALTURA TOTAL PROMEDIO POR CICLO DE MUESTREO

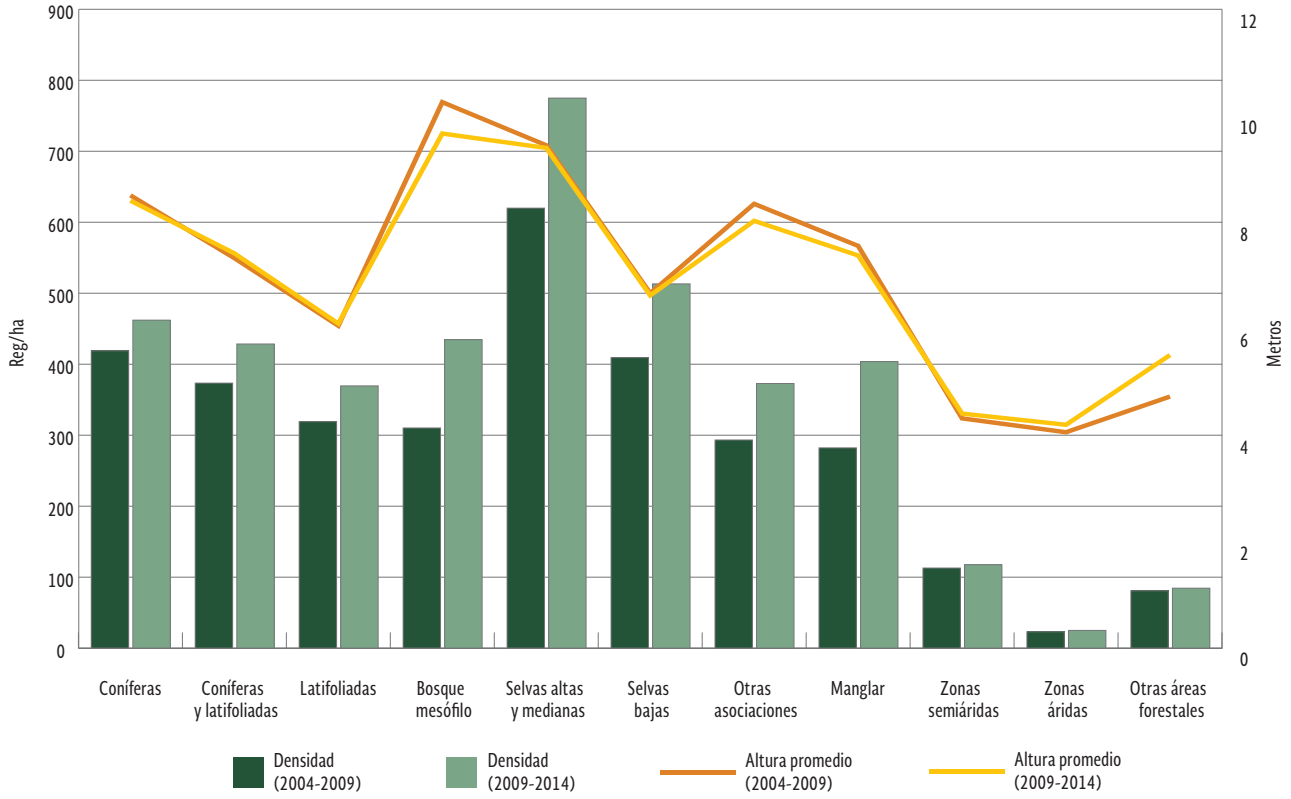


FIGURA 52. COMPARACIÓN DEL ÁREA BASAL PROMEDIO POR HECTÁREA POR CICLO DE MUESTREO

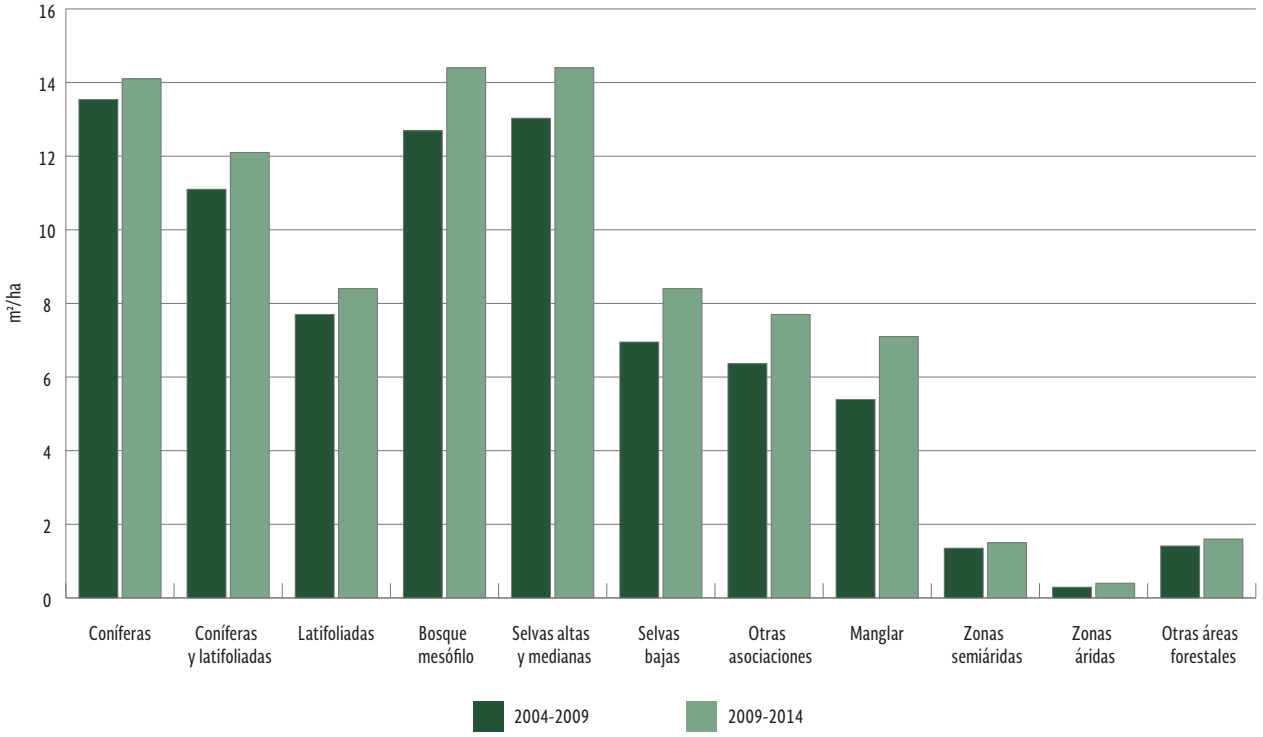


FIGURA 53. COMPARACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA PROMEDIO POR HECTÁREA POR CICLO DE MUESTREO

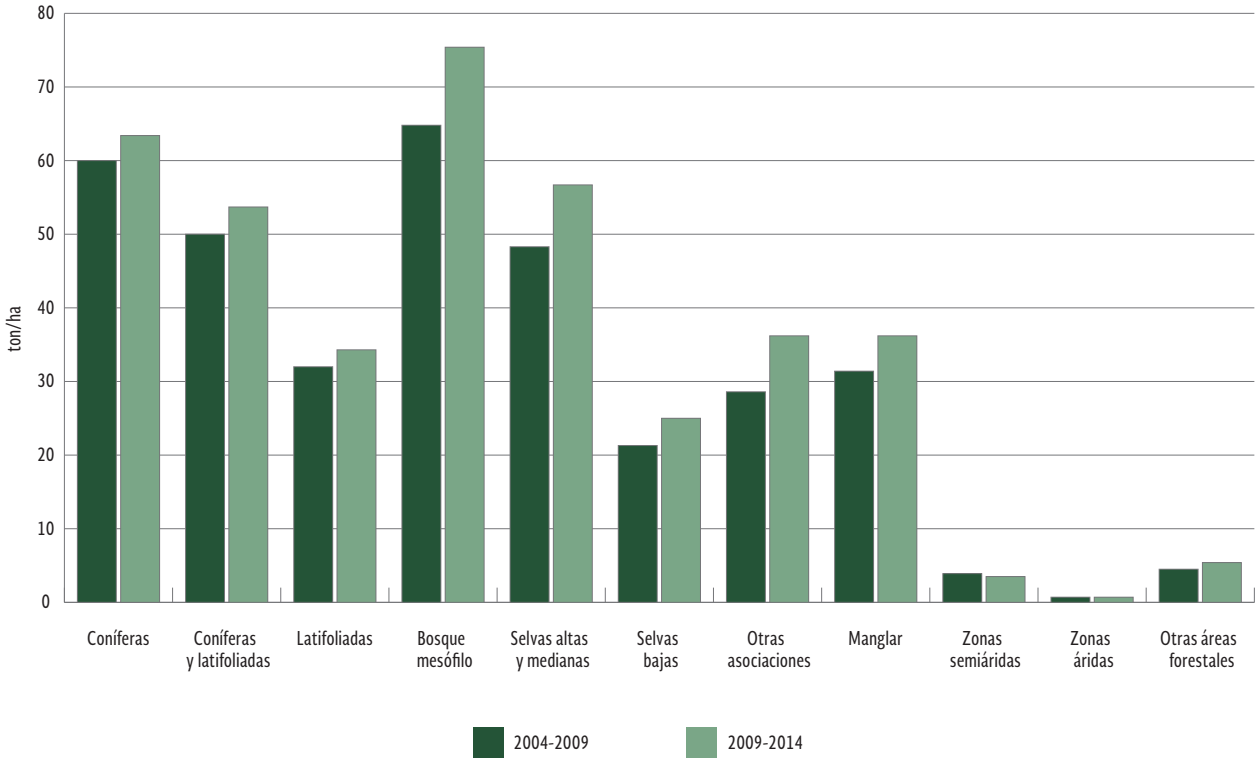


FIGURA 54. COMPARACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO PROMEDIO POR HECTÁREA POR CICLO DE MUESTREO

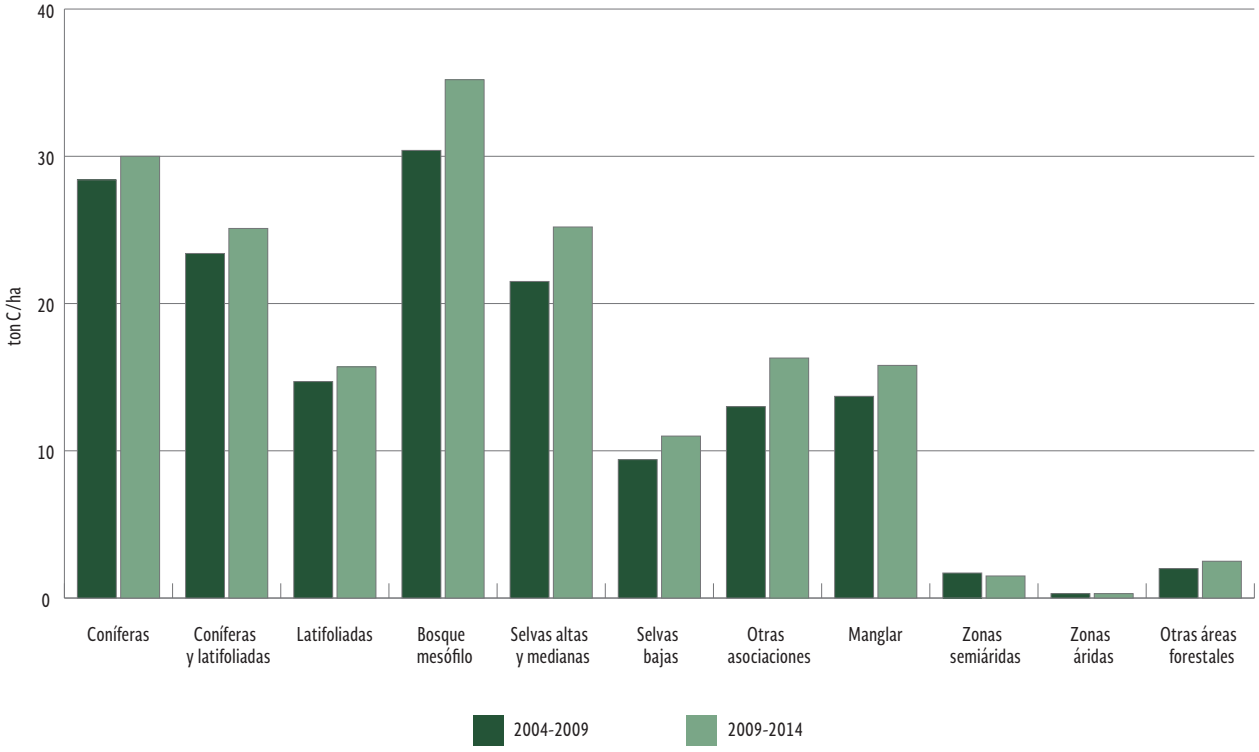


FIGURA 55. COMPARACIÓN DEL VOLUMEN MADERABLE PROMEDIO POR HECTÁREA POR CICLO DE MUESTREO

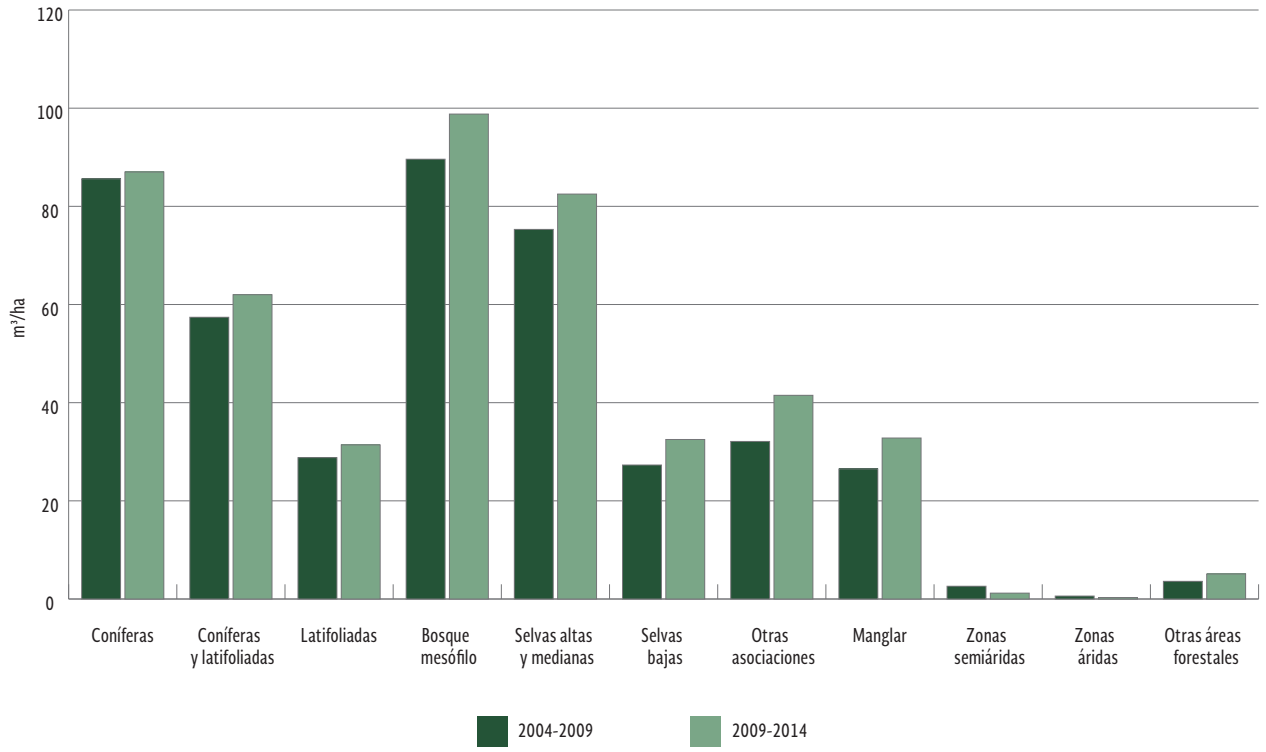


TABLA 74. INDICADORES DASOMÉTRICOS Y DE ESTRUCTURA PARA EL CICLO DE MUESTREO 2004-2009

Ecosistema	Formación forestal	Diámetro normal		Altura total		Densidad		Área basal		Biomasa		Carbono almacenado		Volumen	
		Prom (cm)	Máx (cm)	Prom (m)	Máx (m)	Reg/ha	Er	m²/ha	Er	Ton/ha	Er	Ton C/ha	Er	m³/ha	Er
Bosques	Coníferas	17.5	142.8	8.51	58.00	418.9	2.6	13.54	2.6	60.0	3.15	28.4	3.2	85.6	4.0
	Coníferas y latifoliadas	16.9	111.8	7.33	48.40	373.4	2.1	11.10	2.1	50.0	2.57	23.4	2.6	57.4	3.3
	Latifoliadas	15.5	123.6	6.06	99.30	319.1	2.8	7.70	2.8	32.0	3.36	14.7	3.4	28.8	4.1
	Bosque mesófilo	19.2	112.0	10.26	46.00	310.2	7.7	12.69	8.5	64.8	9.82	30.4	10.0	89.6	10.6
Selvas	Selvas altas y medianas	14.3	183.0	9.45	45.59	619.9	2.0	13.03	3.6	48.3	2.80	21.5	2.8	75.3	4.3
	Selvas bajas	13.3	123.0	6.67	54.40	409.3	3.8	6.95	4.0	21.3	5.09	9.4	5.1	27.3	5.3
Otras asociaciones		14.9	92.4	8.35	23.79	293.3	29.3	6.36	29.6	28.6	36.79	13.0	37.4	32.1	40.3
Manglar		14.1	71.4	7.56	28.00	282.2	16.0	5.39	18.0	31.4	21.83	13.7	22.0	26.5	22.4
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	11.7	110.0	4.32	60.00	112.9	7.0	1.35	7.5	3.9	9.41	1.7	9.1	2.6	11.1
	Zonas áridas	12.0	61.0	4.06	13.80	23.1	20.4	0.29	23.2	0.7	23.41	0.3	22.2	0.6	24.1
Otras áreas forestales		13.6	54.0	4.73	19.39	80.8	23.1	1.41	23.6	4.5	26.59	2.0	26.5	3.6	27.7

Er= Error relativo.

TABLA 75. INDICADORES DASOMÉTRICOS Y DE ESTRUCTURA PARA EL CICLO DE MUESTREO 2009-2014

Ecosistema	Formación forestal	Diámetro normal		Altura total		Densidad		Área basal		Biomasa		Carbono almacenado		Volumen	
		Prom (cm)	Máx (cm)	Prom (m)	Máx (m)	Reg/ha	Er	m²/ha	Er	Ton/ha	Er	Ton C/ ha	Er	m³/ha	Er
Bosques	Coníferas	17	122.1	8.41	58.50	462.1	2.4	14.1	2.5	63.4	3.2	30	3.3	87	4
	Coníferas y latifoliadas	16.4	133.1	7.42	46.50	428.5	2	12.1	2	53.7	2.6	25.1	2.6	62	3.2
	Latifoliadas	15.1	106.5	6.10	40.29	369.5	2.6	8.4	2.6	34.3	3.3	15.7	3.3	31.4	3.9
	Bosque mesófilo	17.3	117.4	9.67	39.50	434.6	6.6	14.4	6.9	75.4	8.9	35.2	9.1	98.8	9
Selvas	Selvas altas y medianas	13.7	189	9.40	37.50	774.9	1.9	14.4	1.9	56.7	2.6	25.2	2.6	82.5	2.3
	Selvas bajas	13.1	95.5	6.63	29.20	513.2	3.4	8.4	3.7	25	4.7	11	4.7	32.5	4.9
Otras asociaciones		14.5	78	8.03	30	372.8	23.1	7.7	26.2	36.2	33.7	16.3	34.4	41.5	39.5
Manglar		13.5	88.3	7.38	29.39	403.7	14.1	7.1	16	36.2	19.4	15.8	19.5	32.8	19.3
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	12	93.5	4.41	20.60	117.5	6.3	1.5	7.1	3.5	9	1.5	8.9	1.2	15.4
	Zonas áridas	12.8	48.9	4.20	15	25	18.7	0.4	22.6	0.7	28.8	0.3	28.6	0.3	47.1
Otras áreas forestales		13.9	83.5	5.51	30	84.5	16.8	1.6	17.2	5.4	20	2.5	19.9	5.1	23.2

Er= Error relativo.

5.2.2. Cambios en existencias totales

Uno de los métodos para evaluar los cambios en los ecosistemas, es mediante la estimación de las existencias totales de la vegetación en dos tiempos determinados, ya sean éstas expresadas en biomasa, carbono almacenado o volumen maderable, ya que se toma en cuenta. tanto la superficie inicial como final en la que se desarrolló dicha vegetación, así como el valor promedio de biomasa, como ejemplo, de la masa forestal en ese momento en particular.

La base para la comparación, son las existencias totales estimadas con los datos del ciclo de muestreo del INFyS 2004-2009 referidas a la superficie de 2007, reportada en la Serie IV de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI y las existencias totales realizadas con los datos del INFyS para el periodo 2009-2014 con referencia a la superficie de 2014 correspondiente a la Serie VI de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI.

Para dar un valor más adecuado, se distingue la fase sucesional primaria y secundaria de la vegetación, que refleja de manera más acertada la productividad de los ecosistemas y con ello se obtienen las existencias totales que se presentan en la tabla 76.

TABLA 76. EXISTENCIAS TOTALES PARA LOS CICLOS DE MUESTREO 2004-2009 Y 2009-2014

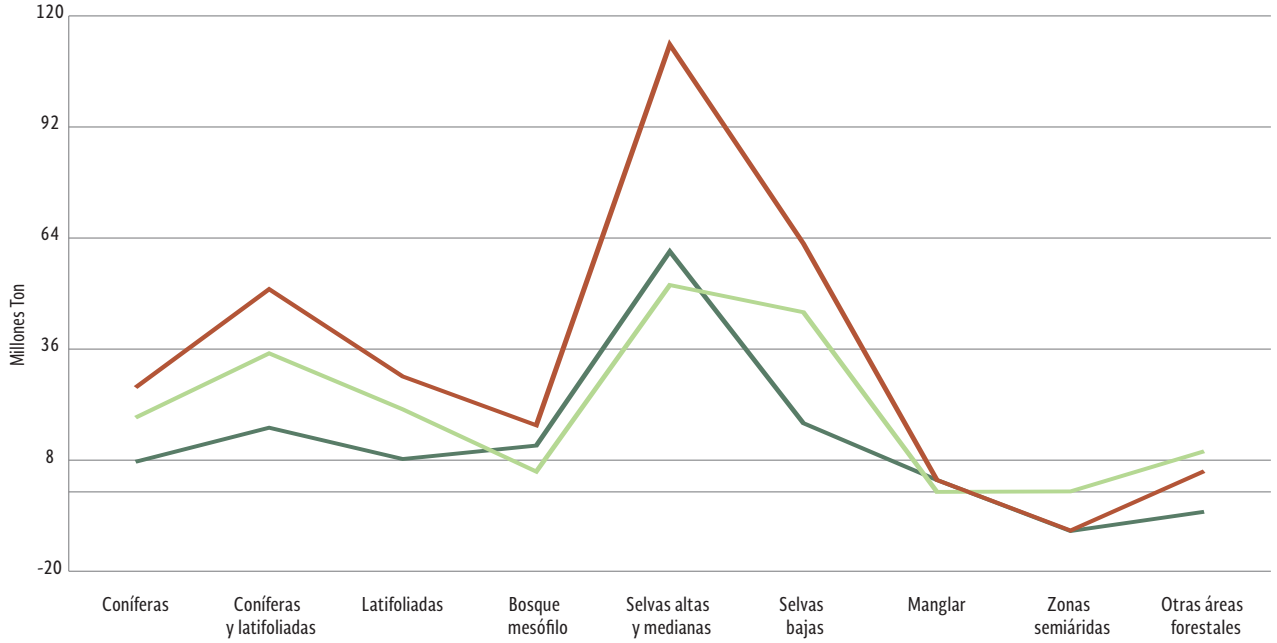
Ecosistema	Formación forestal	Superficie (ha)		Ciclo de muestreo					
				2004-2009			2009-2014		
		Serie IV-2007	Serie VI-2014	Biomasa (Ton)	Carbono (Ton C)	Volumen (m³RTA)	Biomasa (Ton)	Carbono (Ton C)	Volumen (m³RTA)
Bosques	Coníferas	8,120,221	8,103,090.8	480,788,725.2	227,321,596.9	683,874,279.2	507,103,844.3	239,732,721.1	693,260,260.2
	Coníferas y latifoliadas	12,905,027.8	12,949,770.6	642,470,786.7	300,843,597.3	735,490,051.7	693,575,249.1	324,216,622.1	799,556,120.3
	Latifoliadas	11,235,504.7	11,360,499.5	359,598,766.2	164,845,474.8	323,081,845.7	388,702,263.5	177,975,354.5	356,097,229.8
	Bosque mesófilo	1,830,009.8	1,787,065.4	122,617,028.5	57,508,014.1	170,121,899.3	139,412,249.9	65,169,185.1	182,669,131.5
Selvas	Selvas altas y medianas	14,432,020.8	13,562,304.6	703,563,426.5	312,798,156.7	1,098,455,299.6	816,325,394.1	349,143,871.8	1,136,264,961.2
	Selvas bajas	16,231,223.9	16,464,200	348,804,155.1	153,580,726.4	446,153,913.4	411,418,208.8	181,736,692.8	534,368,786.1
Otras asociaciones		526,931.2	540,160.0	0	0	0	0	0	0
Manglar		945,734.8	939,635.9	28,339,908.8	12,366,661.1	23,759,030.9	31,333,399.3	13,647,773.3	28,703,315.8

Ecosistema	Formación forestal	Superficie (ha)		Ciclo de muestreo					
				2004-2009			2009-2014		
		Serie IV-2007	Serie VI-2014	Biomasa (Ton)	Carbono (Ton C)	Volumen (m^3RTA)	Biomasa (Ton)	Carbono (Ton C)	Volumen (m^3RTA)
Subtotal arbolado		66,226,674	65,706,726.6	2,686,182,797.0	1,229,264,227.4	3,480,936,320	2,987,870,609	1,351,622,220.7	3,730,919,805
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	20,766,601	20,330,470.4	81,924,433.6	35,305,656	53,004,411.2	72,179,621.6	31,424,499.9	23,422,830.2
	Zonas áridas	36,110,500	35,974,539.5	21,943,207	9,641,712.2	18,618,478.7	21,604,064.7	9,492,695.1	7,856,023.5
Otras áreas forestales		16,092,778.6	15,833,401.2	76,562,016.9	35,154,491.2	60,451,947.9	81,778,261.4	37,423,029.1	76,996,734.6
Total forestal		**139,196,553.6**	**137,845,137.7**	**2,866,612,454.5**	**1,309,366,086.8**	**3,613,011,157.8**	**3,163,432,556.8**	**1,429,962,444.9**	**3,839,195,393.3**

Es de resaltar que poco más de 71% del territorio de México está cubierto por algún tipo de vegetación y si bien la magnitud en la tasa de deforestación es considerable, la superficie de los ecosistemas que permanecen se estima en 137.8 millones de hectáreas para 2014 y que asociado a la capacidad de crecimiento inherente a la vegetación, refleja un aumento en las existencias totales pese a la pérdida de superficie que se registra, de acuerdo con los datos del INFyS.

En términos de biomasa aérea, las existencias estimadas para el segundo ciclo de inventario con respecto al primero, registran un aumento de 301.7 millones de toneladas en las zonas arboladas del país, el 58.1% de este incremento se concentra en selvas altas y medianas y selvas bajas; hay una importante disminución en biomasa que ocurre en la vegetación primaria de las zonas semiáridas y otras áreas forestales que asciende a 14.8 millones de toneladas, si bien hay una ganancia en las existencias de la vegetación secundaria, el balance es negativo y se pierden 4.5 millones de toneladas en estos ecosistemas, como se observa en la figura 56; a nivel nacional las existencias totales de biomasa presentaron un aumento de 297.2 millones de toneladas.

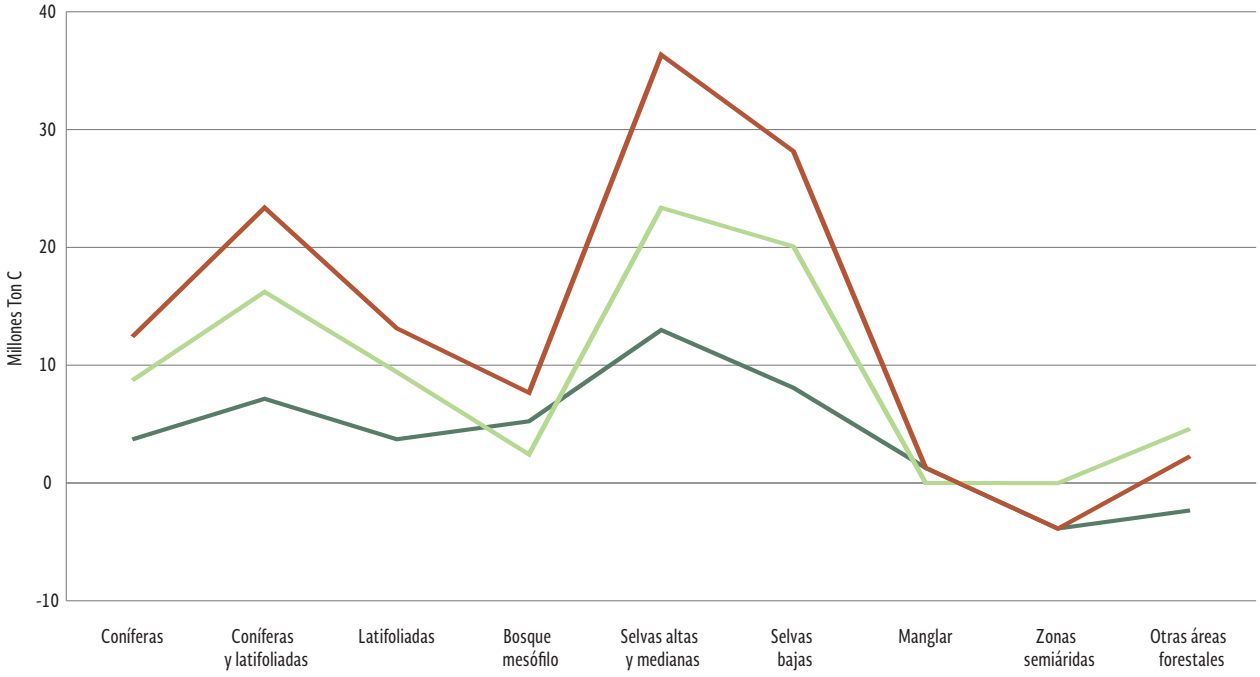
FIGURA 56. TASA DE CAMBIO EN LAS EXISTENCIAS DE BIOMASA AÉREA PARA EL PERIODO 2004-2014



Primaria	7,591,575.1	16,177,622.9	8,287,419.7	11,677,233.6	60,615,290.3	17,322,157.0	2,993,490.5	-9,864,450.1	-5,016,034.2
Secundaria	18,723,544.0	34,926,839.6	20,816,077.6	5,117,987.8	52,146,677.3	45,291,896.7	0	119,638.2	10,232,278.7
Total	26,315,119.1	51,104,462.5	29,103,497.3	16,795,221.3	112,761,967.6	62,614,053.7	2,993,490.5	-9,744,811.9	5,216,244.5

La tendencia es similar para el carbono almacenado, hay un aumento de 122.4 millones de toneladas en las existencias presentes en la vegetación primaria y secundaria de las zonas arboladas y son las selvas altas y medianas y las selvas bajas que concentran el 52.7% del carbono almacenado; por otro lado, la pérdida en la vegetación primaria para el resto de las formaciones es de 6.2 millones de toneladas, considerando las ganancias en la vegetación secundaria la pérdida neta para zonas semiáridas y otras áreas forestales es de 1.6 millones de toneladas; en toda la superficie forestal se estima un aumento de 120.7 millones de toneladas de carbono.

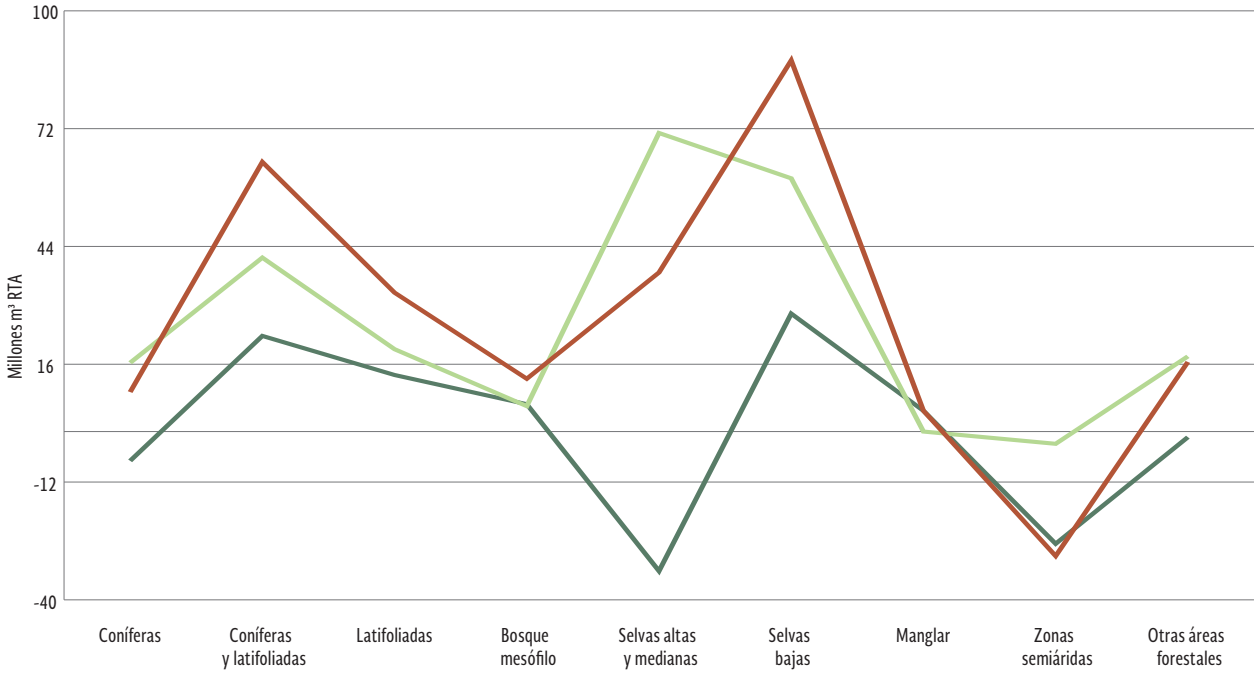
FIGURA 57. TASA DE CAMBIO EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO ALMACENADO PARA EL PERIODO 2004-2014



Primaria	3,702,129.7	7,148,730.5	3,711,088.4	5,237,024.7	12,983,169.2	8,079,791.1	1,281,112.3	-3,866,651.3	-2,330,699.9
Secundaria	8,708,994.4	16,224,294.3	9,418,791.3	2,424,146.3	23,362,545.8	20,076,175.3	0	-14,504.8	4,599,237.7
Total	12,411,124.2	23,373,024.8	13,129,879.7	7,661,171	36,345,715	28,155,966.3	1,281,112.3	-3,881,156	2,268,537.9

En cuanto al balance de las existencias maderables, el comportamiento fue similar al observado para biomasa y carbono, con un aumento de 250 millones de m^3RTA en las áreas arboladas, sin embargo en este caso, se puede observar que no todas las formaciones forestales arboladas tuvieron un incremento, en las áreas donde suele haber actividad por aprovechamientos maderables con o sin autorización, hubo una disminución en existencias de 40.1 millones de m^3RTA, principalmente en las selvas altas y medianas primarias (82.6% de esta pérdida) y en los bosques de coníferas primarios; en las zonas semiáridas y otras áreas forestales, la vegetación primaria tuvo una disminución de 28 millones de m^3RTA y tomando en cuenta el aumento que hubo en la vegetación secundaria, la pérdida neta fue de 13 millones de m^3RTA; finalmente para toda la superficie forestal el aumento en existencias maderables se estimó en 236.9 millones de m^3RTA.

FIGURA 58. TASA DE CAMBIO EN LAS EXISTENCIAS MADERABLES PARA EL PERIODO 2004-2014



	Coníferas	Coníferas y latifoliadas	Latifoliadas	Bosque mesófilo	Selvas altas y medianas	Selvas bajas	Manglar	Zonas semiáridas	Otras áreas forestales
Primaria	-6,959,520.5	22,730,569.6	13,442,968.5	6,498,399.4	-33,153,155.9	28,029,904	4,944,284.9	-26,669,259.2	-1,326,622.6
Secundaria	16,345,501.5	41,335,499	19,572,415.6	6,048,832.8	70,962,817.5	60,184,968.7	0	-2,912,321.7	17,871,409.3
Total	9,385,981	64,066,068.6	33,015,384.1	12,547,232.2	37,809,661.6	88,214,872.6	4,944,284.9	-29,581,581	16,544,786.7

Bosque de coníferas, Morelos.

TABLA 77. EXISTENCIAS TOTALES EN VEGETACIÓN PRIMARIA PARA LOS CICLOS DE MUESTREO 2004-2009 Y 2009-2014

Ecosistema	Formación forestal	Superficie (ha)		2004-2009									2009-2014								
				Biomasa			Carbono almacenado			Volumen			Biomasa			Carbono almacenado			Volumen		
		2007	2014	Ton/ha	Toneladas	Er	Ton C/ ha	Toneladas	Er	m³/ha	m³ RTA	Er	Ton/ha	Toneladas	Er	Ton C/ ha	Toneladas	Er	m³/ha	m³ RTA	Er
Bosques	Coníferas	5,411,454.80	5,210,733.80	65.24	353,043,311.15	3.59	30.88	167,105,724.22	3.62	94.90	513,547,060.52	4.52	69.21	360,634,886.30	3.80	32.78	170,807,853.96	3.84	97.22	506,587,540.04	4.68
	Coníferas y latifoliadas	8,281,951.40	8,136,657.80	52.74	436,790,116.84	3.02	24.72	204,729,838.61	3.06	60.84	503,873,923.18	3.93	55.67	452,967,739.73	3.13	26.04	211,878,569.11	3.16	64.72	526,604,492.82	3.88
	Latifoliadas	6,640,553.00	6,493,142.90	35.40	235,075,576.20	4.05	16.23	107,776,175.19	4.09	31.70	210,505,530.10	5.12	37.48	243,362,995.89	4.14	17.17	111,487,263.59	4.18	34.49	223,948,498.62	5.02
	Bosque mesófilo	847,542.80	823,141.20	92.22	78,160,397.02	12.34	43.44	36,817,259.23	12.59	131.74	111,655,288.47	13.56	109.14	89,837,630.57	10.84	51.09	42,054,283.91	11.16	143.54	118,153,687.85	11.07
Selvas	Selvas altas y medianas	3,504,617.40	3,236,411.50	68.55	240,241,522.77	4.87	30.51	106,925,876.87	4.91	114.44	401,068,415.26	9.53	92.96	300,856,813.04	4.52	37.05	119,909,046.08	4.55	113.68	367,915,259.32	3.99
	Selvas bajas	7,003,466.50	6,931,309.40	25.06	175,506,870.49	6.94	10.98	76,898,062.17	7.00	32.28	226,071,898.62	6.93	27.82	192,829,027.51	6.75	12.26	84,977,853.24	6.78	36.66	254,101,802.60	7.12
Otras asociaciones		520,299.70	533,828.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manglar		854,641.40	842,975.50	33.16	28,339,908.82	22.45	14.47	12,366,661.06	22.67	27.80	23,759,030.92	23.25	37.17	31,333,399.34	20.19	16.19	13,647,773.35	20.31	34.05	28,703,315.78	19.90
Subtotal forestal		**33,064,527.00**	**32,208,200.30**	-	**1,547,157,703.29**	-	-	**712,619,597.36**	-	-	**1,990,481,147.06**			**1,671,822,492.37**	-	-	**754,762,643.24**	-	-	**2,026,014,597.02**	-
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	18,328,244.50	18,083,477.10	4.10	75,145,802.45	9.75	1.76	32,257,710.32	9.40	2.57	47,103,588.37	11.56	3.61	65,281,352.33	9.41	1.57	28,391,059.05	9.38	1.13	20,434,329.12	16.98
	Zonas áridas	33,247,283.40	32,733,431.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otras áreas forestales		11,825,544.30	11,488,048.40	3.97	46,947,410.87	33.19	1.80	21,285,979.74	33.19	3.25	38,433,018.98	34.25	3.65	41,931,376.66	26.80	1.65	18,955,279.86	26.57	3.23	37,106,396.33	31.58
Total		**96,465,599.20**	**94,513,157.20**		**1,669,250,916.61**			**766,163,287.42**			**2,076,017,754.40**			**1,779,035,221.36**			**802,108,982.15**			**2,083,555,322.48**	

Las estimaciones se omiten en las formaciones donde no se alcanzó un tamaño de muestra de al menos 30 conglomerados y/o por no presentar número de registros suficientes para su estimación.
Er = Error relativo.

TABLA 78. EXISTENCIAS TOTALES EN VEGETACIÓN SECUNDARIA PARA LOS CICLOS DE MUESTREO 2004-2009 Y 2009-2014

Ecosistema	Formación forestal	Superficie (ha)		2004-2009									2009-2014								
				Biomasa			Carbono almacenado			Volumen			Biomasa			Carbono almacenado			Volumen		
		2007	2014	Ton/ha	Toneladas	Er	Ton C/ ha	Toneladas	Er	m³/ha	m³ RTA	Er	Ton/ha	Toneladas	Er	Ton C/ ha	Toneladas	Er	m³/ha	m³ RTA	Er
Bosques	Coníferas	2,708,766.20	2,892,356.99	47.16	127,745,414.04	6.12	22.2	60,215,872.65	6.18	62.88	170,327,218.72	7.71	50.64	146,468,958.02	5.9	23.83	68,924,867.10	5.92	64.54	186,672,720.20	6.70
	Coníferas y latifoliadas	4,623,076.42	4,813,112.81	44.49	205,680,669.84	4.85	20.8	96,113,758.73	4.91	50.10	231,616,128.54	5.71	49.99	240,607,509.42	4.6	23.34	112,338,053.01	4.68	56.71	272,951,627.51	5.43
	Latifoliadas	4,594,951.66	4,867,356.58	27.10	124,523,189.96	5.82	12.4	57,069,299.60	5.90	24.50	112,576,315.65	6.76	29.86	145,339,267.57	5.4	13.66	66,488,090.92	5.48	27.15	132,148,731.23	5.88
	Bosque mesófilo	982,467.00	963,924.16	45.25	44,456,631.52	14.07	21.1	20,690,754.91	14.12	59.51	58,466,610.87	14.40	51.43	49,574,619.29	12.7	23.98	23,114,901.24	12.91	66.93	64,515,443.69	12.42
Selvas	Selvas altas y medianas	10,927,403.39	10,325,893.05	42.40	463,321,903.74	3.27	18.8	205,872,279.87	3.29	63.82	697,386,884.35	3.98	49.92	515,468,581.06	2.9	22.20	229,234,825.71	2.93	74.41	768,349,701.85	2.72
	Selvas bajas	9,227,757.43	9,532,890.59	18.78	173,297,284.61	7.27	8.3	76,682,664.28	7.30	23.85	220,082,014.80	7.91	22.93	218,589,181.32	6.5	10.15	96,758,839.53	6.50	29.40	280,266,983.46	6.79
Otras asociaciones		6,631.48	6,331.76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manglar		91,093.38	96,660.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal forestal		**33,162,146.96**	**33,498,526.34**	**-**	**1,139,025,093.71**	**-**	**-**	**516,644,630.04**	**-**	**-**	**1,490,455,172.93**	**-**	**-**	**1,316,048,116.68**	**-**	**-**	**596,859,577.50**	**-**	**-**	**1,704,905,207.95**	**-**
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	2,438,356.52	2,246,993.26	2.78	6,778,631.13	34.94	1.3	3,047,945.65	33.78	2.42	5,900,822.79	37.00	3.07	6,898,269.31	1.4	1.35	3,033,440.90	28.60	1.33	2,988,501.04	33.62
	Zonas áridas	2,863,216.59	3,241,108.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otras áreas forestales		4,267,234.30	4,345,352.75	6.94	29,614,606.01	38.13	3.3	13,868,511.46	38.10	5.16	22,018,928.97	39.57	9.17	39,846,884.75	4.3	4.25	18,467,749.20	28.18	9.18	39,890,338.28	32.20
Total		**42,730,954.37**	**43,331,980.49**		**1,175,418,330.85**			**533,561,087.16**			**1,518,374,924.68**			**1,362,793,270.75**			**618,360,767.61**			**1,747,784,047.27**	

Las estimaciones se omiten en las formaciones donde no se alcanzó un tamaño de muestra de al menos 30 conglomerados y/o por no presentar número de registros suficientes para su estimación.
Er = Error relativo.

Sierra de San Pedro Mártir, Baja California.

Mapeo digital de los principales indicadores forestales generados a partir del ciclo de muestreo 2009-2014 del INFyS

En colaboración con:
Departament of Plant and Soil Sciences, University of Delaware
International Programs, US Forest Service

A fin de brindar herramientas de conocimiento en materia forestal y fuentes de información actualizada para la toma de decisiones, se generaron continuos de cobertura nacional que representen la variabilidad espacial de 13 indicadores sobre el arbolado a partir de los datos del ciclo de muestreo 2009-2014 del INFyS. Para cada indicador fue generado un modelo de predicción espacial y fue estimada una medida espacialmente explicita de la incertidumbre asociada. Los mapas fueron generados a una resolución espacial de 1 kilómetro. La generación de mapas se llevó a cabo mediante el diseño y desarrollo de un sistema de inferencia espacial basado en minería de datos y fuentes públicas de información relacionadas con las características ambientales de las áreas forestales de México (clima, relieve, índices de vegetación, geología, entre otros).

Los mapas que se presentan en este informe, están basados en valores reales de los indicadores forestales para cada conglomerado. En el caso de los indicadores dasométricos, los valores se estimaron a partir de la suma de los valores individuales calculados en la superficie muestreada (área basal, volumen maderable, biomasa, etc.) y su posterior extrapolación por hectárea.

Los modelos predictivos para la elaboración de los mapas, se basaron en una estrategia de modelación no paramétrica que tomó forma para cada indicador, de un ensamble de árboles de regresión, basado en cuartiles conocido como Quantile Regression Forest (Meinshausen, 2006). Este método es una variante de Random Forest (Breiman, 2001) y ha sido reconocido en la literatura por su elevada capacidad predictiva (Fernández-Delgado *et ál*., 2014). Random Forest entrena gran cantidad de árboles de regresión, cada uno con un subconjunto de datos aleatorio y una combinación aleatoria de las covariables disponibles. La predicción final es el promedio de todos los árboles generados. Quantile Regression Forest guarda, además del promedio, la varianza de todos los árboles generados de regresión generados representa la respuesta condicional completa de la variable de interés, como una función de los predictores ambientales empleados.

Este modelo no tiene supuestos sobre la estructura y controles de la variable de interés y, aunque es computacionalmente muy pesado (ya que calcula una distribución de probabilidad para cada sitio de predicción), permite estimar la incertidumbre de cada predicción (y sus intervalos de confianza), por tanto nos permite juzgar la capacidad predictiva de cada modelo generado. Contar con mapas de incertidumbre es relevante para optimizar recursos en futuras estrategias de levantamiento de datos, por ejemplo para dirigir un mayor esfuerzo de muestreo en las áreas con mayor incertidumbre.

El modelo predictivo para cada variable tomó la forma y = qrf (E), donde la variable de respuesta de interés nacional (y), puede ser representada como una función (qrf, quantile regression forest function) de diversas características ambientales. Para representar E, que es un vector de información ambiental a 1 kilómetro de resolución espacial, fueron extraídas para el territorio nacional 118 variables derivadas de la informática ambiental disponibles gracias a la iniciativa worldgrids.org de ISRIC-World-Soil-Information. Una lista detallada de todas las capas de información que se usaron para la generación de estos mapas puede ser consultada en: http://worldgrids.org/doku.php/wiki:layers.

Para cada variable/modelo, se usaron como covariables los diez predictores mejor correlacionados con cada indicador como se observa en la tabla 79. Para optimizar los recursos computacionales en la generación de predicciones de los indicadores y mapas de incertidumbre, fue usada la técnica de computación paralela de Hijmans (2016), escrita para el ambiente de análisis y procesamiento estadístico R (Core Team, 2016).

En general, fue obtenida una buena capacidad predictiva de acuerdo con la validación interna de Quantile Regression Forest. La densidad total del arbolado y la densidad de árboles muertos, fueron variables donde se encontró una menor capacidad predictiva, y por tanto, mayores niveles de incertidumbre (tabla 79).

La información generada es derivada de un marco de trabajo reproducible, lo cual quiere decir que a medida que nuevos datos y nuevas covariables estén disponibles, es posible actualizar de manera semi-automática, incrementar la precisión y exactitud de las predicciones, así como reducir la incertidumbre en futuras versiones de los mapas generados.

TABLA 79. VARIANZA EXPLICADA, ERROR CUADRÁTICO MEDIO E INCERTIDUMBRE DE LOS MODELOS DE VARIABILIDAD ESPACIAL PARA LOS INDICADORES FORESTALES MAPEADOS

Mapa	Unidad	R2	ECM	N	Predictores
Composición total	Taxones/ UMP	0.67	6.13	20,163	g05esa3a + l02igb3a + lammod3a + x + evmmod3a + etmnts3a + glphws3a + lasmod3a + g12igb3a + g11igb3a
Densidad del arbolado	Reg/ha	0.41	283.66	18,086	lammod3a + l02igb3a + evmmod3a + g10igb3a + g12igb3a + g11igb3a + etmnts3a + g05esa3a + x + g04igb3a
Altura total máxima	m	0.51	4.63	18,086	tdmmod3a + tdhmod3a + tx3mod3a + tx4mod3a + tx5mod3a + tx6mod3a + tx2mod3a + px3wcl3a + tdsmod3a + px4wcl3a
Altura total promedio	m	0.51	1.9	18,086	tdhmod3a + tx4mod3a + tx3mod3a + etmnts3a + evmmod3a + tdmmod3a + tdsmod3a + lammod3a + tx5mod3a + tx6mod3a
Diámetro normal máximo	cm	0.4	12.37	18,086	tdmmod3a + tx5mod3a + tx4mod3a + tx6mod3a + tdhmod3a + tx3mod3a + tnhmod3a + tx2mod3a + px3wcl3a + twisre3a
Diámetro normal promedio	cm	0.25	4.19	18,061	twisre3a + tnhmod3a + tx5mod3a + tdmmod3a + tx6mod3a + tx4mod3a + DEMSRE3a + tdhmod3a + tx3mod3a + SLPSRT3a
Cobertura de copa	%/ha	0.2	28.01	18,086	tx4mod3a + tdhmod3a + tx5mod3a + tdmmod3a + tx3mod3a + tdsmod3a + lasmod3a + l07igb3a + evmmod3a + lammod3a
Área basal promedio	m^2/ha	0.42	6.45	18,086	tdmmod3a + tx3mod3a + tdhmod3a + tx4mod3a + tx6mod3a + tx5mod3a + tx2mod3a + lammod3a + g10igb3a + g01igb3a
Biomasa aérea promedio	Ton/ha	0.37	35.46	17,853	tdmmod3a + tx3mod3a + tdhmod3a + tx4mod3a + tx6mod3a + tx5mod3a + tx2mod3a + tdsmod3a + lammod3a + g01igb3a
Carbono almacenado promedio	Ton C/ha	0.36	16.72	17,853	tdmmod3a + tx3mod3a + tdhmod3a + tx6mod3a + tx4mod3a + tx5mod3a + tx2mod3a + tdsmod3a + tnhmod3a + l05igb3a
Volumen maderable promedio	m^3/ha	0.42	47.95	18,086	tx3mod3a + tdhmod3a + tdmmod3a + tx4mod3a + tx6mod3a + tx5mod3a + tx2mod3a + lammod3a + tdsmod3a + etmnts3a
Densidad del arbolado muerto en pie	Reg/ha	0.04	49.56	13,784	glphws3a + g04igb3a + l02igb3a + g10igb3a + g11igb3a + g12igb3a + lammod3a + g02igb3a + g05esa3a + g01igb3a
Densidad de la regeneración natural	Indiv/ha	0.07	12,592.13	18,431	x + etmnts3a + evmmod3a + lammod3a + g05esa3a + l02igb3a + tdsmod3a + glphws3a + lasmod3a + y

MAPA 2. DISTRIBUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN TOTAL REGISTRADA POR UMP (CONGLOMERADO

COMPOSICIÓN TOTAL

Incertidumbre del modelo de predicción

Simbología

- Área geoestadística estatal
- Polígono urbano
- Cuerpo de agua
- País extranjero

Rangos (Porcentaje)

- 13.63 - 37.86
- 37.87 - 51.31
- 51.32 - 67.46
- 67.47 - 86.31
- 86.32 - 100
- > 100

DATOS DEL SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección Cónica Conforme de Lambert
Datum WGS84
Parámetros
Falso Este 2 500 000
Falso Norte 0
Meridiano Central ..... -102
Paralelo Central 12
1° Paralelo Estándar 17.5
2° Paralelo Estándar 29.5

N
W E
S

ESCALA NUMÉRICA 1:14,700,000

ESCALA GRÁFICA

Kilómetros

0 87.5 175 350 525 700

Desviación estándar de la respuesta condicional completa de los datos de entrenamiento del INFyS 2009-2014 ante las covariables ambientales empleadas para la predicción espacial del modelo Quantile Regression Forests. La variable de respuesta es el indicador dasométrico estimado a partir de los datos de campo y las variables explicativas están representadas por diversos productos derivados de la teledetección (e.g. índices de vegetación), el análisis digital de terreno y capas climatológicas a un kilómetro de resolución espacial.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL
Periférico Poniente No. 5360
Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019
Zapopan, Jalisco.
www.gob.mx/conafor

CONAFOR
COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

UNIVERSITY OF DELAWARE

MAPA 3. DISTRIBUCIÓN DE LA DENSIDAD DEL ARBOLADO POR HECTÁREA

DENSIDAD DEL ARBOLADO

Incertidumbre del modelo de predicción

Simbología

- Área geoestadística estatal
- Cuerpo de agua
- Polígono urbano
- País extranjero

Rangos (Porcentaje)

- 20.34 - 54.01
- 54.02 - 70.84
- 70.85 - 87.68
- 87.69 - 100
- > 100

DATOS DEL SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección..Cónica Conforme de Lambert
Datum.....WGS84
Parámetros
Falso Este.....2 500 000
Falso Norte.....0
Meridiano Central.....-102
Paralelo Central.....12
1° Paralelo Estándar.....17.5
2° Paralelo Estándar.....29.5

N
W E
S

ESCALA NUMÉRICA 1:16,700,000

ESCALA GRÁFICA

Kilómetros

0 87.5 175 350 525 700

Desviación estándar de la respuesta condicional completa de los datos de entrenamiento del INFyS 2009-2014 ante las covariables ambientales empleadas para la predicción espacial del modelo Quantile Regression Forests. La variable de respuesta es el indicador dasométrico estimado a partir de los datos de campo y las variables explicativas están representadas por diversos productos derivados de la teledetección (e.g. índices de vegetación), el análisis digital de terreno y capas climatológicas a un kilómetro de resolución espacial.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL
Periférico Poniente No. 5360
Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019
Zapopan, Jalisco.
www.gob.mx/conafor

CONAFOR COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

UNIVERSITY OF DELAWARE

MAPA 4. DISTRIBUCIÓN DE LA ALTURA TOTAL MÁXIMA DEL ARBOLADO

ALTURA TOTAL MÁXIMA

Incertidumbre del modelo de predicción

Simbología

- Área geoestadística estatal
- Cuerpo de agua
- Polígono urbano
- País extranjero

Rangos (Porcentaje)

- 9.09 - 27.05
- 27.06 - 31.55
- 31.56 - 35.29
- 35.30 - 39.03
- 39.03 - 100
- > 100

DATOS DEL SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección..Cónica Conforme de Lambert
Datum.....WGS84
Parámetros
Falso Este.....2 500 000
Falso Norte.....0
Meridiano Central.....-102
Paralelo Central.....12
1° Paralelo Estándar.....17.5
2° Paralelo Estándar.....29.5

N
W E
S

ESCALA NUMÉRICA 1:16,700,000

ESCALA GRÁFICA

Kilómetros

0 87.5 175 350 525 700

Desviación estándar de la respuesta condicional completa de los datos de entrenamiento del INFyS 2009-2014 ante las covariables ambientales empleadas para la predicción espacial del modelo Quantile Regression Forests. La variable de respuesta es el indicador dasométrico estimado a partir de los datos de campo y las variables explicativas están representadas por diversos productos derivados de la teledetección (e.g. índices de vegetación), el análisis digital de terreno y capas climatológicas a un kilómetro de resolución espacial.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL
Periférico Poniente No. 5360
Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019
Zapopan, Jalisco.
www.gob.mx/conafor

CONAFOR COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

UNIVERSITY OF DELAWARE

MAPA 5. DISTRIBUCIÓN DE LA ALTURA TOTAL PROMEDIO DEL ARBOLADO

ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA
GOLFO DE CALIFORNIA (Mar de Cortés)
GOLFO DE MÉXICO
OCÉANO PACÍFICO
MAR CARIBE
BELICE
GUATEMALA
HONDURAS
EL SALVADOR
115°0'0"W
110°0'0"W
105°0'0"W
100°0'0"W
95°0'0"W
90°0'0"W
85°0'0"W
35°0'0"N
30°0'0"N
25°0'0"N
20°0'0"N
15°0'0"N
ALTURA TOTAL PROMEDIO
Incertidumbre del modelo de predicción
Simbología
Área geoestadística estatal
Cuerpo de agua
Polígono urbano
País extranjero
Rangos (Porcentaje)
0 - 21.17
21.18 - 29.41
29.42 - 41.17
41.18 - 55.29
55.30 - 100
> 100
DATOS DEL SISTEMA DE REFERENCIA
Proyección.Cónica Conforme de Lambert
Datum.....WGS84
Parámetros
Falso Este.....2 500 000
Falso Norte.....0
Meridiano Central.....-102
Paralelo Central.....12
1° Paralelo Estándar.....17.5
2° Paralelo Estándar.....29.5
N
W
E
S
ESCALA NUMÉRICA 1:16,700,000
ESCALA GRÁFICA
Kilómetros
0 87.5 175 350 525 700
Desviación estándar de la respuesta condicional completa de los datos de entrenamiento del INFyS 2009-2014 ante las covariables ambientales empleadas para la predicción espacial del modelo Quantile Regression Forests. La variable de respuesta es el indicador dasométrico estimado a partir de los datos de campo y las variables explicativas están representadas por diversos productos derivados de la teledetección (e.g. índices de vegetación), el análisis digital de terreno y capas climatológicas a un kilómetro de resolución espacial.
COMISIÓN NACIONAL FORESTAL
Periférico Poniente No. 5360
Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019
Zapopan, Jalisco.
www.gob.mx/conafor
CONAFOR
UNIVERSITY OF DELAWARE

MAPA 6. DISTRIBUCIÓN DEL DIÁMETRO NORMAL MÁXIMO DEL ARBOLADO

DIÁMETRO NORMAL MÁXIMO

Incertidumbre del modelo de predicción

Simbología

- Área geoestadística estatal
- Cuerpo de agua
- Polígono urbano
- País extranjero

Rangos (Porcentaje)

- 7.40 - 30.82
- 30.83 - 38.37
- 38.38 - 45.92
- 45.93 - 55.74
- 55.75 - 100
- > 100

DATOS DEL SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección..Cónica Conforme de Lambert
Datum.....WGS84
Parámetros
Falso Este.....2 500 000
Falso Norte.....0
Meridiano Central.....-102
Paralelo Central.....12
1° Paralelo Estándar.....17.5
2° Paralelo Estándar.....29.5

N
W E
S

ESCALA NUMÉRICA 1:16.700.000

ESCALA GRÁFICA

Kilómetros

0 87.5 175 350 525 200

Desviación estándar de la respuesta condicional completa de los datos de entrenamiento del INFyS 2009-2014 ante las covariables ambientales empleadas para la predicción espacial del modelo Quantile Regression Forests. La variable de respuesta es el indicador dasométrico estimado a partir de los datos de campo y las variables explicativas están representadas por diversos productos derivados de la teledetección (e.g. índices de vegetación), el análisis digital de terreno y capas climatológicas a un kilómetro de resolución espacial.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL
Periférico Poniente No. 5360
Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019
Zapopan, Jalisco.
www.gob.mx/conafor

MAPA 7. DISTRIBUCIÓN DEL DIÁMETRO NORMAL PROMEDIO DEL ARBOLADO

DIÁMETRO NORMAL PROMEDIO

Simbología

- Área geoestadística estatal
- Cuerpo de agua
- Polígono urbano
- País extranjero

Rangos (centímetros)

- 8.5 - 12.5
- 12.51 - 17.5
- 17.51 - 22.5
- > 22.5

DATOS DEL SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección..Cónica Conforme de Lambert
Datum.....WGS84
Parámetros
Falso Este.....2 500 000
Falso Norte.....0
Meridiano Central.....-102
Paralelo Central.....12
1° Paralelo Estándar.....17.5
2° Paralelo Estándar.....29.5

N
W E
S

ESCALA NUMÉRICA 1:16,700,000

ESCALA GRÁFICA

Kilómetros

0 87.5 175 350 525 700

Resultado del ajuste y predicción de un ensamble no paramétrico de árboles de regresión conocido como Quantile Regression Forests. La variable de respuesta es el indicador dasométrico estimado a partir de los datos del INFyS 2009-2014 y las variables explicativas están representadas por diversos productos derivados de la teledetección, el análisis digital de terreno y capas climatológicas a un kilómetro de resolución espacial.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL
Periférico Poniente No. 5360
Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019
Zapopan, Jalisco.
www.gob.mx/conafor

CONAFOR COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

UNIVERSITY OF DELAWARE

DIÁMETRO NORMAL PROMEDIO

Incertidumbre del modelo de predicción

Simbología

- Área geoestadística estatal
- Cuerpo de agua
- Polígono urbano
- País extranjero

Rangos (Porcentaje)

- 6.25 - 22.57
- 22.58 - 28.18
- 28.19 - 33.28
- 33.29 - 41.45
- 41.46 - 100
- > 100

DATOS DEL SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección..Cónica Conforme de Lambert
Datum.....WGS84
Parámetros
Falso Este.....2 500 000
Falso Norte.....0
Meridiano Central.....-102
Paralelo Central.....12
1° Paralelo Estándar.....17.5
2° Paralelo Estándar.....29.5

N
W E
S

ESCALA NUMÉRICA 1:16,700,000

ESCALA GRÁFICA

Kilómetros

0 87.5 175 350 525 700

Desviación estándar de la respuesta condicional completa de los datos de entrenamiento del INFyS 2009-2014 ante las covariables ambientales empleadas para la predicción espacial del modelo Quantile Regression Forests. La variable de respuesta es el indicador dasométrico estimado a partir de los datos de campo y las variables explicativas están representadas por diversos productos derivados de la teledetección (e.g. índices de vegetación), el análisis digital de terreno y capas climatológicas a un kilómetro de resolución espacial.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL
Periférico Poniente No. 5360
Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019
Zapopan, Jalisco.
www.gob.mx/conafor

CONAFOR COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

UNIVERSITY OF DELAWARE

MAPA 8. DISTRIBUCIÓN DE LA COBERTURA DE COPA DEL ARBOLADO POR HECTÁREA

COBERTURA DE COPA

Simbología

- Área geoestadística estatal
- Cuerpo de agua
- Polígono urbano
- País extranjero

Porcentaje / hectárea

- 0 - 10
- 10.1 - 15
- 15.1 - 20
- 20.1 - 25
- 25.1 - 45
- 45.1 - 60
- > 60

DATOS DEL SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección..Cónica Conforme de Lambert
Datum.....WGS84
Parámetros
Falso Este.....2 500 000
Falso Norte.....0
Meridiano Central.....-102
Paralelo Central.....12
1° Paralelo Estándar.....17.5
2° Paralelo Estándar.....29.5

N
W E
S

ESCALA NUMÉRICA 1:16,700,000

ESCALA GRÁFICA

Kilómetros

0 87.5 175 350 525 700

Resultado del ajuste y predicción de un ensamble no paramétrico de árboles de regresión conocido como Quantile Regression Forests. La variable de respuesta es el indicador dasométrico estimado a partir de los datos del INFyS 2009-2014 y las variables explicativas están representadas por diversos productos derivados de la teledetección, el análisis digital de terreno y capas climatológicas a un kilómetro de resolución espacial.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL
Periférico Poniente No. 5360
Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019
Zapopan, Jalisco.
www.gob.mx/conafor

CONAFOR COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

UNIVERSITY OF DELAWARE

COBERTURA DE COPA

Incertidumbre del modelo de predicción

Simbología

- Área geoestadística estatal
- Cuerpo de agua
- Polígono urbano
- País extranjero

Rangos (Porcentaje)

- 16 - 30.44
- 30.45 - 44.88
- 44.89 - 59.34
- 59.34 - 73.78
- 73.79 - 100
- > 100

DATOS DEL SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección..Cónica Conforme de Lambert
Datum.....WGS84
Parámetros
Falso Este.....2 500 000
Falso Norte.....0
Meridiano Central.....-102
Paralelo Central.....12
1° Paralelo Estándar.....17.5
2° Paralelo Estándar.....29.5

N
W E
S

ESCALA NUMÉRICA 1:16,700,000

ESCALA GRÁFICA

Kilómetros

0 87.5 175 350 525 700

Desviación estándar de la respuesta condicional completa de los datos de entrenamiento del INFyS 2009-2014 ante las covariables ambientales empleadas para la predicción espacial del modelo Quantile Regression Forests. La variable de respuesta es el indicador dasométrico estimado a partir de los datos de campo y las variables explicativas están representadas por diversos productos derivados de la teledetección (e.g. índices de vegetación), el análisis digital de terreno y capas climatológicas a un kilómetro de resolución espacial.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL
Periférico Poniente No. 5360
Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019
Zapopan, Jalisco.
www.gob.mx/conafor

CONAFOR COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

UNIVERSITY OF DELAWARE

MAPA 9. DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA BASAL PROMEDIO DEL ARBOLADO POR HECTÁREA

ÁREA BASAL PROMEDIO

Simbología

- Área geoestadística estatal
- Cuerpo de agua
- Polígono urbano
- País extranjero

metros² / hectárea

- 0 - 0.85
- 0.86 - 1.95
- 1.96 - 2.98
- 2.99 - 4.75
- 4.76 - 9.59
- 9.60 - 17.11
- > 17.11

DATOS DEL SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección..Cónica Conforme de Lambert
Datum.....WGS84
Parámetros
Falso Este.....2 500 000
Falso Norte.....0
Meridiano Central.....-102
Paralelo Central.....12
1° Paralelo Estándar.....17.5
2° Paralelo Estándar.....29.5

N
W E
S

ESCALA NUMÉRICA 1:16,700,000

ESCALA GRÁFICA

Kilómetros

0 87.5 175 350 525 700

Resultado del ajuste y predicción de un ensamble no paramétrico de árboles de regresión conocido como Quantile Regression Forests. La variable de respuesta es el indicador dasométrico estimado a partir de los datos del INFyS 2009-2014 y las variables explicativas están representadas por diversos productos derivados de la teledetección, el análisis digital de terreno y capas climatológicas a un kilómetro de resolución espacial.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL
Periférico Poniente No. 5360
Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019
Zapopan, Jalisco.
www.gob.mx/conafor

CONAFOR COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

UNIVERSITY OF DELAWARE

ÁREA BASAL PROMEDIO

Incertidumbre del modelo de predicción

Simbología

- Área geoestadística estatal
- Cuerpo de agua
- Polígono urbano
- País extranjero

Rangos (Porcentaje)

- 0 - 50.98
- 50.99 - 76.47
- 76.48 - 91.76
- 91.77 - 96.86
- 96.87 - 100
- > 100

DATOS DEL SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección..Cónica Conforme de Lambert
Datum.....WGS84
Parámetros
Falso Este.....2 500 000
Falso Norte.....0
Meridiano Central.....-102
Paralelo Central.....12
1° Paralelo Estándar.....17.5
2° Paralelo Estándar.....29.5

N
W E
S

ESCALA NUMÉRICA 1:16,700,000

ESCALA GRÁFICA

Kilómetros

0 87.5 175 350 525 700

Desviación estándar de la respuesta condicional completa de los datos de entrenamiento del INFyS 2009-2014 ante las covariables ambientales empleadas para la predicción espacial del modelo Quantile Regression Forests. La variable de respuesta es el indicador dasométrico estimado a partir de los datos de campo y las variables explicativas están representadas por diversos productos derivados de la teledetección (e.g. índices de vegetación), el análisis digital de terreno y capas climatológicas a un kilómetro de resolución espacial.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL
Periférico Poniente No. 5360
Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019
Zapopan, Jalisco.
www.gob.mx/conafor

CONAFOR

UNIVERSITY OF DELAWARE

MAPA 10. DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA AÉREA PROMEDIO DEL ARBOLADO POR HECTÁREA

BIOMASA AEREA PROMEDIO

Incertidumbre del modelo de predicción

Simbología

- Área geoestadística estatal
- Cuerpo de agua
- Polígono urbano
- País extranjero

Rangos (Porcentaje)

- 20 - 45.01
- 45.02 - 70.03
- 70.04 - 100
- > 100

DATOS DEL SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección..Cónica Conforme de Lambert
Datum.....WGS84
Parámetros
Falso Este.....2 500 000
Falso Norte.....0
Meridiano Central.....-102
Paralelo Central.....12
1° Paralelo Estándar.....17.5
2° Paralelo Estándar.....29.5

N
W E
S

ESCALA NUMÉRICA 1:16.700.000

ESCALA GRÁFICA

Kilómetros

0 87.5 175 350 525 700

Desviación estándar de la respuesta condicional completa de los datos de entrenamiento del INFyS 2009-2014 ante las covariables ambientales empleadas para la predicción espacial del modelo Quantile Regression Forests. La variable de respuesta es el indicador dasométrico estimado a partir de los datos de campo y las variables explicativas están representadas por diversos productos derivados de la teledetección (e.g. índices de vegetación), el análisis digital de terreno y capas climatológicas a un kilómetro de resolución espacial.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL
Periférico Poniente No. 5360
Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019
Zapopan, Jalisco.
www.gob.mx/conafor

CONAFOR
COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

UNIVERSITY OF DELAWARE

MAPA 11. DISTRIBUCIÓN DEL CARBONO ALMACENADO PROMEDIO DEL ARBOLADO POR HECTÁREA

CARBONO ALMACENADO

Simbología

- Área geoestadística estatal
- Cuerpo de agua
- Polígono urbano
- País extranjero

Toneladas / hectárea

- 0 - 0.38
- 0.39 - 1.88
- 1.89 - 3.65
- 3.66 - 6.31
- 6.32 - 14.86
- 14.87 - 31.76
- > 31.76

DATOS DEL SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección..Cónica Conforme de Lambert
Datum.....WGS84
Parámetros
Falso Este.....2 500 000
Falso Norte.....0
Meridiano Central.....-102
Paralelo Central.....12
1° Paralelo Estándar.....17.5
2° Paralelo Estándar.....29.5

N
W E
S

ESCALA NUMÉRICA 1:16,700,000

ESCALA GRÁFICA

Kilómetros

0 87.5 175 350 525 700

Resultado del ajuste y predicción de un ensamble no paramétrico de árboles de regresión conocido como Quantile Regression Forests. La variable de respuesta es el indicador dasométrico estimado a partir de los datos del INFyS 2009-2014 y las variables explicativas están representadas por diversos productos derivados de la teledetección, el análisis digital de terreno y capas climatológicas a un kilómetro de resolución espacial.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL
Periférico Poniente No. 5360
Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019
Zapopan, Jalisco.
www.gob.mx/conafor

CONAFOR COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

UNIVERSITY OF DELAWARE

CARBONO ALMACENADO

Incertidumbre del modelo de predicción

Simbología

- Área geoestadística estatal
- Cuerpo de agua
- Polígono urbano
- País extranjero

Rangos (Porcentaje)

- 20.37 - 51.88
- 51.89 - 72.91
- 72.92 - 83.42
- 83.43 - 93.92
- 93.93 - 100
- > 100

DATOS DEL SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección..Cónica Conforme de Lambert
Datum.....WGS84
Parámetros
Falso Este.....2 500 000
Falso Norte.....0
Meridiano Central.....-102
Paralelo Central.....12
1° Paralelo Estándar.....17.5
2° Paralelo Estándar.....29.5

N
W E
S

ESCALA NUMÉRICA 1:16,700,000

ESCALA GRÁFICA

Kilómetros

0 87.5 175 350 525 700

Desviación estándar de la respuesta condicional completa de los datos de entrenamiento del INFyS 2009-2014 ante las covariables ambientales empleadas para la predicción espacial del modelo Quantile Regression Forests. La variable de respuesta es el indicador dasométrico estimado a partir de los datos de campo y las variables explicativas están representadas por diversos productos derivados de la teledetección (e.g. índices de vegetación), el análisis digital de terreno y capas climatológicas a un kilómetro de resolución espacial.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL
Periférico Poniente No. 5360
Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019
Zapopan, Jalisco.
www.gob.mx/conafor

CONAFOR
COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

UNIVERSITY OF DELAWARE

MAPA 12. DISTRIBUCIÓN DEL VOLUMEN MADERABLE PROMEDIO DEL ARBOLADO POR HECTÁREA

VOLUMEN MADERABLE

Simbología

- Área geoestadística estatal
- Cuerpo de agua
- Polígono urbano
- País extranjero

metros^3 / hectárea

- 0 - 1.05
- 1.06 - 3.62
- 3.63 - 8.27
- 8.28 - 15.27
- 15.28 - 36.96
- 36.97 - 91.03
- > 91.03

DATOS DEL SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección..Cónica Conforme de Lambert
Datum.....WGS84
Parámetros
Falso Este.....2 500 000
Falso Norte.....0
Meridiano Central.....-102
Paralelo Central.....12
1° Paralelo Estándar.....17.5
2° Paralelo Estándar.....29.5

N
W E
S

ESCALA NUMÉRICA 1:16,700,000

ESCALA GRÁFICA

Kilómetros

0 87.5 175 350 525 700

Resultado del ajuste y predicción de un ensamble no paramétrico de árboles de regresión conocido como Quantile Regression Forests. La variable de respuesta es el indicador dasométrico estimado a partir de los datos del INFyS 2009-2014 y las variables explicativas están representadas por diversos productos derivados de la teledetección, el análisis digital de terreno y capas climatológicas a un kilómetro de resolución espacial.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL
Periférico Poniente No. 5360
Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019
Zapopan, Jalisco.
www.gob.mx/conafor

CONAFOR COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

UNIVERSITY OF DELAWARE

VOLUMEN MADERABLE

Incertidumbre del modelo de predicción

Simbología

- Área geoestadística estatal
- Cuerpo de agua
- Polígono urbano
- País extranjero

Rangos (Porcentaje)

- 0 - 39.21
- 39.22 - 58.82
- 58.83 - 78.43
- 78.44 - 100
- > 100

DATOS DEL SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección Cónica Conforme de Lambert
Datum.....WGS84
Parámetros:
Falso Este.....2 500 000
Falso Norte.....0
Meridiano Central.....-102
Paralelo Central.....12
1° Paralelo Estándar.....17.5
2° Paralelo Estándar.....29.5

N
W E
S

ESCALA NUMÉRICA 1:16 700 000
ESCALA GRÁFICA
Kilómetros
0 87.5 175 350 525 700

Desviación estándar de la respuesta condicional completa de los datos de entrenamiento del INFyS 2009-2014 ante las covariables ambientales empleadas para la predicción espacial del modelo Quantile Regression Forests. La variable de respuesta es el indicador dasométrico estimado a partir de los datos de campo y las variables explicativas están representadas por diversos productos derivados de la teledetección (e.g. índices de vegetación), el análisis digital de terreno y capas climatológicas a un kilómetro de resolución espacial.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL
Periférico Poniente No. 5360
Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019
Zapopan, Jalisco.
www.gob.mx/conafor

CONAFOR
COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

UNIVERSITY OF DELAWARE

MAPA 13. DISTRIBUCIÓN DE LA DENSIDAD DEL ARBOLADO MUERTO EN PIE POR HECTÁREA

ARBOLADO MUERTO EN PIE

Simbología

- Área geoestadística estatal
- Cuerpo de agua
- Polígono urbano
- País extranjero

Registros / hectárea

- 5 - 12
- 13 - 18
- 19 - 25
- 26 - 28
- 29 - 43
- > 43

DATOS DEL SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección..Cónica Conforme de Lambert
Datum.....WGS84
Parámetros
Falso Este.....2 500 000
Falso Norte.....0
Meridiano Central.....-102
Paralelo Central.....12
1° Paralelo Estándar.....17.5
2° Paralelo Estándar.....29.5

N
W E
S

ESCALA NUMÉRICA 1:16,700,000

ESCALA GRÁFICA

Kilómetros

0 87.5 175 350 525 700

Resultado del ajuste y predicción de un ensamble no paramétrico de árboles de regresión conocido como Quantile Regression Forests. La variable de respuesta es el indicador dasométrico estimado a partir de los datos del INFyS 2009-2014 y las variables explicativas están representadas por diversos productos derivados de la teledetección, el análisis digital de terreno y capas climatológicas a un kilómetro de resolución espacial.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL
Periférico Poniente No. 5360
Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019
Zapopan, Jalisco.
www.gob.mx/conafor

CONAFOR COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

UNIVERSITY OF DELAWARE

ARBOLADO MUERTO EN PIE

Incertidumbre del modelo de predicción

Simbología

- Área geoestadística estatal
- Cuerpo de agua
- Polígono urbano
- País extranjero

Rangos (Porcentaje)

- 35.71 - 103.51
- 103.52 - 126.08
- 126.09 - 137.38
- 137.39 - 150
- > 150

DATOS DEL SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección..Cónica Conforme de Lambert
Datum.....WGS84
Parámetros
Falso Este.....2 500 000
Falso Norte.....0
Meridiano Central.....-102
Paralelo Central.....12
1° Paralelo Estándar.....17.5
2° Paralelo Estándar.....29.5

N
W E
S

ESCALA NUMÉRICA 1:16,700,000

ESCALA GRÁFICA

Kilómetros

0 87.5 175 350 525 700

Desviación estándar de la respuesta condicional completa de los datos de entrenamiento del INFyS 2009-2014 ante las covariables ambientales empleadas para la predicción espacial del modelo Quantile Regression Forests. La variable de respuesta es el indicador dasométrico estimado a partir de los datos de campo y las variables explicativas están representadas por diversos productos derivados de la teledetección (e.g. índices de vegetación), el análisis digital de terreno y capas climatológicas a un kilómetro de resolución espacial.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL
Periférico Poniente No. 5360
Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019
Zapopan, Jalisco.
www.gob.mx/conafor

CONAFOR COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

UNIVERSITY OF DELAWARE

MAPA 14. DISTRIBUCIÓN DE LA DENSIDAD DE LA REGENERACIÓN NATURAL POR HECTÁREA

DENSIDAD DE LA REGENERACIÓN NATURAL

Incertidumbre del modelo de predicción

Simbología

- Área geoestadística estatal
- Cuerpo de agua
- Polígono urbano
- País extranjero

Rangos (Porcentaje)

- 21.59 - 91.35
- 91.36 - 100
- > 100

DATOS DEL SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección..Cónica Conforme de Lambert
Datum.....WGS84
Parámetros
Falso Este.....2 500 000
Falso Norte.....0
Meridiano Central.....-102
Paralelo Central.....12
1° Paralelo Estándar.....17.5
2° Paralelo Estándar.....29.5

N
W E
S

ESCALA NUMÉRICA 1:16,700,000

ESCALA GRÁFICA

Kilómetros

0 87.5 175 350 525 700

Desviación estándar de la respuesta condicional completa de los datos de entrenamiento del INFyS 2009-2014 ante las covariables ambientales empleadas para la predicción espacial del modelo Quantile Regression Forests. La variable de respuesta es el indicador dasométrico estimado a partir de los datos de campo y las variables explicativas están representadas por diversos productos derivados de la teledetección (e.g. índices de vegetación), el análisis digital de terreno y capas climatológicas a un kilómetro de resolución espacial.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL
Periférico Poniente No. 5360
Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019
Zapopan, Jalisco.
www.gob.mx/conafor

CONAFOR COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

UNIVERSITY OF DELAWARE

Selva baja, Guerrero. Fotografía / Eduardo Neri.

Sierra de Órganos, Zacatecas.

Conclusiones y perspectivas

Los inventarios forestales nacionales, son una fuente primaria de datos para la evaluación de los recursos forestales, que han evolucionado dada la creciente demanda de información y atienden, tanto los temas ambientales y de manejo, como los relacionados con la adaptación y mitigación al cambio climático y biodiversidad. El Inventario Nacional Forestal y de Suelos de México (INFyS), es considerado un inventario multipropósito, ya que ante los requerimientos para atender los reportes nacionales e internacionales, ha logrado integrar variables que permiten el monitoreo de la vegetación, como la biomasa y el carbono, la salud del bosque, los impactos al recurso natural, la condición del suelo, incluso sobre la vida silvestre.

A 13 años de su implementación, el INFyS ha completado dos ciclos de muestreo (2004-2009 y 2009-2014), lo que permite contar con información de diez años bajo una misma metodología y sistema de clasificación de la vegetación, este hecho marcó la pauta para poder realizar una comparación de los datos de campo, lo que implicó establecer un proceso de integración y armonización de las bases de datos, procurando una adecuada estandarización de variables y un adecuado control de calidad de los datos, como una de las principales lecciones aprendidas de los últimos años y que es de los procesos fundamentales para generar información de calidad.

El informe de resultados del INFyS 2009-2014, es producto, tanto de la estandarización de los datos como de los procesos de estimación y análisis, que buscó integrar la totalidad de la muestra para generar los indicadores forestales básicos que sirvan de apoyo para la planeación y toma de decisiones del sector forestal.

Por primera ocasión, se presenta el análisis de la dinámica de cambios en los ecosistemas, basado no solo en datos geoespaciales, sino en datos de campo como la cobertura de dosel, las existencias de biomasa, carbono almacenado y volumen, además de los impactos a los recursos vegetación, suelo y agua registrados en los sitios de muestreo, lo que proporciona mayor información para análisis más profundos en el tema.

Aunque se ha logrado un progreso considerable en la consolidación del INFyS y en la información que provee, existen retos importantes que son prioritarios para la continuidad de este instrumento de forma eficiente, como lo es el mecanismo para la adecuación e incorporación de variables en campo acorde a las necesidades de reporte, mayor representatividad en ecosistemas vulnerables, áreas de cambio y de inaccesibilidad, mantener el control de calidad en los datos, además de optimizar los recursos empleados.

Anteponiendo estos retos, para el tercer ciclo de muestreo del INFyS, se han implementado tecnologías para una ubicación más exacta de los sitios de muestreo, aumento en la muestra de ecosistemas de zonas áridas, semiáridas y manglares, la colaboración con instituciones de investigación para la identificación de especies botánicas, análisis de suelos y la generación de modelos predictivos, entre otras actividades que forman parte de la mejora continua de este inventario.

Selva en Chamela, Jalisco.

Valle de Bravo, Estado de México.

Bibliografía

ARD-Biofor Consortium y Grupo Darum. 2002. *Critical Analysis of the current deforestation rate estimates.* USAID.

Barbier, E. B. y J. C. Burgess. 1996. *Economic analysis of deforestation in México*. Environment and development Economics 1:203-239 pp. Cambridge University Press.

Bautista Cruz, A., Etchevers Barra, J., del Castillo, R., & Gutiérrez, C. (2004). *La calidad del suelo y sus indicadores.* Ecosistema, 13(2), 90-97.

Boa, E. (2008). *Guía ilustrada sobre el estado de salud de los árboles reconocimiento e interpretación de síntomas y daños*. Traducido por Dinora Alicia Villeda. FAO.Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y OIRSA. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria.

Breiman L. (2001). *Random Forest*. Machine Learning, 45(1), 5-32.

Brown, S. (1997). *Los bosques y el cambio climático: el papel de los terrenos forestales como sumideros de*. Congreso Forestal Mundial. Antalya Turquía.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2008). *Capital natural de México.* Vol. I: Conocimiento actual de la Biodiversidad.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2010). *El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible*. D.F., México.

CONAFOR. Comisión Nacional Forestal. (2001). *Programa Estratégico Forestal para México 2025*. Informe Final. Versión 2.1 del 18 de agosto de 2001.

CONAFOR. Comisión Nacional Forestal. (2004-2015). *Manuales de procedimientos de campo INFyS*. Obtenido de http://www.cnf.gob.mx:8090/snif/portal/INFyS/temas/documentos-metodologicos

CONAFOR. Comisión Nacional Forestal. (2009). *Catálogo de recursos forestales maderables y no maderables árido, tropical y templado*. Obtenido de Biblioteca Forestal CONAFOR: http://www.conafor.gob.mx:8080/biblioteca/ver.aspx?articulo=215

CONAFOR. Comisión Nacional Forestal. (2011). *Acuerdo por el que se integra y organiza la Zonificación Forestal.* Publicado el 11 de noviembre de 2011 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

CONAFOR. Comisión Nacional Forestal. (2012). *Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Informe 2004-2009*. Obtenido de http://www.cnf.gob.mx:8080/snif/portal/INFyS/temas/resultados-2004-2009

Congreso de la Unión. (1917). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Publicada el 5 de febrero de 1917 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada 27 de enero de 2016.

Cronquist, A. (1981). *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press.

Estrada Márquez, C. (1997). *Evaluación de la regeneración natural en bosques de pino.* Tesis de Maestría en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura. (2009). *Guía para la descripción de suelos*. Roma Italia: Traducido y adaptado al castellano por Ronald Vargas Rojas.

Fernández-Delgado, M., Cernadas, E., Barro, S., & Amorim, D. (2014). *Do we need hundreds of classifiers to solve real world classification problem?* J. Mach. Learn. Res., 15, 3133-3181.

Geist , H.J. y E. Lambin. 2002. *Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation*. BioScience 52 (2): 143-149.

Geist , H.J. y E. Lambin. 2001. *What drives tropical deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on sub national case study evidence*. LUCC report series No.4. CIACO Printshop. Bélgica.

Hijmans, R.J., Van Etten, J., Cheng, J., Mattiuzzi, M., Sumner, M., Greenberg, J.A., Lamigueiro, O.P., Bevan, A., Racine, E.B., Shortridge, A., Ghosh, A.(2016). *Raster: Geographic Data Analysis and Modeling.* R package Raster Version 2.5-2. Obtenido de: https://CRAN.R-project.org/package=raster

Holdridge, L. (2000). *El diagrama de las zonas de vida.* Ecología basada en zonas de vida (Quinta reimpresión). San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

Imaña Encinas, J., & De Paula, J. E. (marzo de 1994). *Fitosociologia de la regeneración natural de un bosque de galería*. Pesq. agropec. bras., 29(3), 355-362.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2001). *Catálogo Técnico de Nombres Comunes de las Especies Forestales Maderables.*

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2008). *Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica*. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 16 de abril de 2008. Última reforma publicada el 27 de enero de 2017.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2015*. Ciudad de México.

IPCC. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National.* (Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., & Ngara T., Edits.) Publicado por: IGES, Japón.

IUSS Grupo de Trabajo WRB. (2007). *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo.* FAO, Roma.

Kaimowitz, D. y A. Angelsen. 1998. *Economic models of tropical deforestation.* A review. CIFOR. 139 pp.

Kanninen, M.; D. Murdiyarso; F. Seymour; A. Angelsen; S. Wunder y L. German. 2008. *¿Crecen los árboles sobre el dinero? Implicaciones de la investigación sobre deforestación en las medidas para promover la REDD*. CIFOR. Indonesia.

Klepac, D. (1983). *Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales.* Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.

Lambin, E. F., B.L. Turner, H. J. Geist, S. B. Agbola, A. Angelsen, J. W. Bruce, O. T. Coomes, R. Dirzo, G. Fischer, C. Folke, P.S. George, K. Homewood, J. Imbernon, R. Leemans, X. Li, E. F. Moran, M. Mortimore, P.S. Ramakrishnan, J. F. Richards, H. Skanes, W. Steffen, G. D. Stone, U. Svedin, T. A. Veldkamp, C. Vogel, J. Xu. (2001). *The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths.* Global Environmental Change 11: 261–269.

McRoberts, R. (2003). *Compensating for missing plot observations in forest inventory estimation.* Canadian Journal of Forest Research, 33(10), 1990-199.

Meinshausen, N. (2006). *Quantile Regression Forests*. J. Mach. Learn. Res., 7, 983–999.

Odum, E. P., & Warrett, G. (2006). *Fundamentos de Ecología* (Quinta ed.). Thompson.

PNUD. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo México. (2012). *Catálogo de maderas tropicales.* Proyecto: Biodiversidad en Bosques de Producción y Mercados Certificados.

R Core Team. (2016). *R: A language and environment for statistical computing.* R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Obtenido de https://CRAN.R-project.org/package=raster

R., H. (2016). *Raster: Geographic Data Analysis and Modeling.* R package version 2.5-8. Obtenido de https://CRAN.R-project.org/package=raster

Reyes, J., Gómez, J., Muis, R., Zavala, G.A, R., Ríos, G., & Villalobos, O. (2012). *Atlas de servicios ambientales y propiedad social en México.* México: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Cooperación Técnica Registro Agrario Nacional - Instituto Interamericano de.

Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México* (Primera edición digital.). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). *Anuario estadístico de la producción forestal.* Ciudad de México.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2001). *Programa Estratégico Forestal 2025*. México.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2003). *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.* Publicada el 25 de febrero de 2003. Última reforma publicada DOF 24-01-2017. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/259_240117.pdf

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2005). *Reglamento de La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.* Publicado el 21 de febrero de 2005 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada en el D.O.F. 31-10-2014.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). *NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.* Diario Oficial de la Federación (D.O.F).

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales; CONAFOR. Comisión Nacional Forestal; INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía; INE. Instituto Nacional de Ecología; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (2004). *Documento Estratégico Rector del Inventario Nacional Forestal y de Suelos.* Guadalajara, Jalisco, México.

Serrada Hierro, R. (2003). *Regeneración natural: Situaciones conceptos, factores y evaluación.* Actas de la III Reunión sobre Regeneración Natural-IV Reunión sobre Ordenación de Montes. 15, págs. 11-15. Madrid, España: Cuad. Soc. Esp. Cien. For.

UNCDF-FAO. (1965). *Inventario Forestal Nacional, México 1961-1964*. Informe General, 117 pag. D.F., México: Fondo Especial de las Naciones Unidas; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Velasco Bautista, E., Ramírez Maldonado, H., Moreno Sanchez, F., & De la Rosa Vázquez, A. (2005). *Estimadores de razón para el Inventario Nacional Forestal de México.* Ciencia Forestal en México, 28(94), 24-43.

Velázquez, A. (2008). *La dinámica de la cubierta forestal de México.* Revista mexicana de física. E, Publicación de enseñanza, historia y filosofía de la Sociedad Mexicana de Física. https://www.researchgate.net/publication/263254418_La_dinamica_de_la_cubierta_forestal_de_Mexico

Velázquez, A.; J. F. Mas; J. R. Díaz-Gallegos; R. Mayorga-Saucedo; P. C. Alcántara; R. Castro; T. Fernández; G. Bocco; E. Ezcurra y J. L. Palacio. (2002). *Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México.* Gaceta ecológica No. 62:21-37. INE-SEMARNAT. México.

Vitousek, P. M.; H. A. Mooney; J. Lubchenco y J. M. Melillo. (1997). *Human domination of Earth´s ecosystems*. Science Vol. 277:494-499.

Avifauna en manglar, Yucatán.

Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo.

Glosario de términos

Agente causal de daño. Es cualquier organismo, factor ambiental o antropogénico específico que por sus características puede provocar un trastorno a la salud de un individuo y es el motivo o causante directo o indirecto del desarrollo de un daño.

Árbol. Planta perennes, con un tallo principal lignificado o leñoso con crecimiento secundario (especies maderables), el cual se ramifica por arriba de la base y generalmente en su madurez alcanza más de 3 metros de altura.

Arbóreo (estrato). Porción de la comunidad vegetal determinada por las estructuras vegetales predominantes que cubren la parte superior, constituida principalmente por individuos con un tallo bien definido y diámetro normal igual o mayor a 7.5 centímetros.

Arborescente. Individuos que tiene forma de árbol como las palmeras y yucas, que aunque tienen un tallo principal, se consideran especies no maderables, ya que no tienen cambium o meristemo principal y tienen crecimiento en grosor porque su parénquima crece masivamente.

Arbustivo (estrato). Porción de la comunidad vegetal determinada por las estructuras vegetales predominantes que cubre la parte media, constituida principalmente por árboles jóvenes y arbustos que no rebasan los 7.5 centímetros de altura de diámetro normal.

Arbusto. Planta leñosa, cuyo tallo se ramifica desde la base y por lo general su altura es menor a 5 metros en su madurez.

Área basal. Suma de las secciones transversales de los árboles en una superficie determinada, medida a partir del diámetro del tronco a una altura de 1.30 metros sobre el suelo, expresada en metros cuadrados por hectárea (RLGDFS, 2005)

Bambú. Planta tropical de tallo en forma de caña, alta, leñosa y resistente, hojas grandes y alargadas de color verde claro y flores en panojas derechas, ramosas y extendidas (forma biológica).

Bejuco. Planta trepadora o rastrera, leñosa, semileñosa o herbácea, de tallo largo y delgado.

Biomasa. Es la materia orgánica acumulada en un organismo, una población o un ecosistema, se clasifica en aérea (por encima del suelo) y subterránea (por debajo del suelo), ya sea viva o muerta.

Bosque. Tierras que se extienden por más de 0.5 hectáreas dotadas de árboles de una altura superior a 5 metros y una cubierta de dosel superior al 10%, o de árboles capaces de alcanzar esta altura *in situ*. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano (FAO, 2015).

Bosque. 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 diez% 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, Geografía e Informática (RLGDFS, 2005).

Brinzal. Etapa de desarrollo de una masa forestal correspondiente a cuando la regeneración se presenta en forma de manchas y los ejemplares tienen hasta un metro de altura.

Cactus. Planta que habita generalmente en zonas secas, muchas veces con espinas. En la mayoría de los casos no posee hojas (para reducir la pérdida de agua), sus representantes tienen por lo general los tallos carnosos, bien cilíndricos ("órganos"), globosos ("biznagas"), o aplanados a manera de raqueta ("nopales"); las hojas comúnmente están reducidas a espinas.

Conglomerado. Agrupación sistemática de cuatro sitios circulares o rectangulares, de los que se obtienen los datos que caracterizan a la población.

Cuenca hidrológico-forestal. La unidad de espacio físico de planeación y desarrollo, que comprende el territorio donde se encuentran los ecosistemas forestales y donde el agua fluye por diversos cauces y converge en un cauce común, constituyendo el componente básico de la región forestal, que a su vez se divide en subcuencas y microcuencas (LGDFS, 2003).

Datos atípicos. O valor atípico es un dato que es considerablemente diferente a los otros datos de la muestra.

Deforestación. La conversión de los bosques a otro tipo de uso de la tierra o la reducción permanente de la cubierta de dosel, por debajo del umbral mínimo del 10% (FAO, 2015).

Deforestación. Pérdida de la vegetación forestal, por causas inducidas o naturales, a cualquier otra condición (LGDFS, 2003).

Degradación de suelos. Proceso de disminución de la capacidad presente o futura de los suelos para sustentar vida vegetal, animal o humana (RLGDFS, 2005).

Degradación de tierras. Disminución de la capacidad presente o futura de los suelos, de la vegetación o de los recursos hídricos (RLGDFS, 2005).

Degradación ecológica. Transformación de un ecosistema por la cual este se aleja de su clímax, perdiendo biodiversidad, biomasa, humedad, riqueza y estabilidad.

Degradación. Proceso de disminución de la capacidad de los ecosistemas forestales para brindar servicios ambientales, así como capacidad productiva (LGDFS, 2003).

Degradación. Reducción del contenido de carbono en la vegetación natural, ecosistemas o suelos, debido a la intervención humana, con relación a la misma vegetación ecosistemas o suelos, si no hubiera existido dicha intervención (LGCC, 2012).

Desarrollo sustentable. El proceso evaluable mediante criterios e indicadores del carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras (LGEEPA, 1988).

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

Ecosistema forestal. La unidad funcional básica de interacción de los recursos forestales entre sí y de estos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados (LGDFS, 2003).

Ecotipo. Subpoblación genéticamente diferenciada que está restringida a un hábitat específico.

Epífitas. Plantas que crecen encima de otras plantas (principalmente árboles), obteniendo los nutrientes y el agua, de la de la materia orgánica que se acumula en las ramas y del agua de lluvia. Estas plantas no tienen una relación fisiológica con los árboles, ya que las raíces únicamente les sirven para sujetarse a las ramas y los troncos.

Error relativo. Error o incertidumbre en una medición, expresado como la relación del error absoluto y el valor verdadero absoluto, indica la amplitud del intervalo de la estimación, dentro del cual se encuentra con una determinada probabilidad el valor real.

Escala. En cartografía se expresa habitualmente como un denominador que relaciona una distancia medida en un mapa y la distancia que esta medida representa en la realidad. Por lo que una escala 1:250 000 significa que cada centímetro del mapa equivale a 250 mil centímetros de la superficie terrestre.

Especie endémica. Aquella cuyo ámbito de distribución natural se encuentra circunscrito únicamente al territorio nacional y a las zonas donde la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción (NOM-059-SEMARNAT-2001).

Especies en riesgo. Las especies y subespecies de flora y fauna silvestres, catalogadas como en peligro de extinción, amenazadas sujetas a protección y probablemente extintas en el medio silvestre, señaladas en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2001).

Estrato. (En ecología) Es el esquema de organización espacial vertical y horizontal de la comunidad. Está determinado por el espacio que ocupan las diferentes especies vegetales desde el suelo hasta la copa de los árboles.

Estrato. (En muestreo) Conjunto de tipos de vegetación con una o varias características en común, agrupadas con el fin de obtener muestras homogéneas y contar con elementos estadísticos que permitan estimar la confiabilidad del inventario e intensificar el muestreo en las zonas con mayor variabilidad en la población y aumentar así la exactitud.

Estructura de la vegetación. Ocupación vertical y horizontal de una masa forestal.

Existencias volumétricas. Volumen en metros cúbicos rollo total árbol por unidad de superficie o total que sustenta un área forestal arbolada.

Factor de daño. Se puede considerar como un elemento o conjunto de elementos que producen o contribuyen al desarrollo de un daño a la vegetación como consecuencia de su variación o transformación, y pueden categorizarse en: factores abióticos (condiciones ambientales), bióticos (afectación por algún organismo) y antropogénicos (consecuencia de acciones humanas).

Fase sucesional. Cuando un tipo de vegetación primaria es eliminada o alterada por diversos factores humanos o naturales, el resultado es una comunidad vegetal significativamente diferente a la primaria y con estructura y composición florística heterogénea y cambiante, dependiendo del tipo y del ambiente ecológico en donde se desarrolle; en los casos en los que se presenta esta situación al tipo de vegetación que se considera como vegetación original, se le incluye el nivel de información de presencia de vegetación secundaria que con base en la forma de vida predominante de sus componentes y su composición florística. Se clasifica en tres tipos de fases sucesionales: herbácea, arbustiva y arbórea (Acuerdo DOF, 2016).

Formación forestal. Es una agrupación de los diferentes tipos de vegetación de importancia forestal descritos por el INEGI con fines de reporte y caracterización, tomando en cuenta características específicas compartidas como la ecología, fisionomía y composición florística.

Formas biológicas. Categoría que incluye vegetales de cualquier posición sistemática, pero que se asemejan en su estructura morfológico-biológica, y sobre todo en los caracteres relacionados con la adaptación al medio**.**

Grupo botánico. Agrupación de especies que presentan una o más características comunes en cuanto a clasificación, forma, dureza y uso.

Herbáceo (estrato). Porción de la comunidad vegetal, determinado por la vegetación que se desarrolla y cubre la parte baja cercana al suelo.

Hierba. Plantas que carecen de tronco leñoso permanente y cuyo tallo es de tejido blando, de color verde.

Identidad taxonómica. Información taxonómica de los nombres válidos o aceptados de las especies pertenecientes a un grupo o entidad taxonómica. Reino, Filo, Clase, Orden, Familia, Género, Especie.

Impacto ambiental. Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza. (LGEEPA, 1988)

Inventario 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.

Latizal. Etapa de desarrollo de una masa forestal 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 de 8 a 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.

Monte bravo. Etapa de desarrollo de una masa forestal correspondiente en que los ejemplares alcanzan una altura entre 1 y 3 metros y sus ramas llegan hasta la base y se entrecruzan formando una masa impenetrable. Existe el desarrollo de especies secundarias e invasoras.

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 metros y una cubierta de copas de más de 5-10%, o árboles capaces de alcanzar estos límites mínimos *in situ*; o que cuentan con una cubierta mixta de matorrales, arbustos y árboles superiores al 10%. No incluye la tierra que se encuentra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano (FAO, 2015).

Otras tierras. Todas las tierras que no han sido clasificadas como "Bosque" u "Otras tierras boscosas" (FAO, 2015).

Palma. Son plantas leñosas pero sin crecimiento secundario del tronco, solo primario. A pesar de ser monocotiledóneas, muchas de ellas son arborescentes, con grandes hojas en corona al final del tallo, generalmente pinnada o palmada.

Pérdida bruta. Es la superficie que de tener un uso forestal, se transforma o se "pierde" en otro uso de suelo como puede ser agropecuario, zonas urbanas, cuerpos de agua, entre otros, o que pasa a un tipo de vegetación herbácea.

Pérdida neta. Es el resultado de la resta del valor de la superficie con recuperación y el de la pérdida bruta de la vegetación, puede ser negativa o positiva en función de cuánta recuperación o pérdida bruta exista.

Piso. Vegetación característica de un determinado intervalo altitudinal.

Recuperación. La recuperación puede estar dada por reforestación directa o por sucesión natural cuando la vegetación secundaria pasó a vegetación primaria o la vegetación secundaria que se recuperó dentro de su misma condición secundaria, pasando a un estado de sucesión mayor (arbustivo a arbóreo o herbáceo a arbustivo), se incluyen también los usos de la tierra que pasaron a vegetación secundaria.

Reforestación. Establecimiento inducido de vegetación forestal en terrenos forestales (LGDFS, 2003).

Regeneración. Proceso natural del reemplazo de un conjunto de árboles después de su muerte o decline, por otros considerando una unidad de espacio y tiempo definidos.

Región ecológica (Ecorregión). Áreas que contienen un conjunto geográficamente distintivo de comunidades naturales que comparten la gran mayoría de sus especies y dinámicas ecológicas, así como condiciones ambientales similares (Challenger & Soberón, 2008).

Renuevo. Individuo en estadio juvenil que pertenece a una especie de árbol o arbusto**.**

Rollo total árbol (RTA). Se refiere al volumen de madera del fuste y corteza del árbol, sin incluir ramas. (NOM-152-SEMARNAT-2006)

Rosetófila. Plantas con un conjunto de hojas que se disponen muy juntas a causa de la brevedad de los entrenudos, formando una estructura similar a una rosa como los magueyes, la lechuguilla, las palmas y el sotol.

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% de la superficie que ocupa, siempre que formen masas mayores a 1,500 metros cuadrados, excluyendo a los acahuales. En esta categoría se incluyen a todos los tipos de selva, manglar y palmar de la clasificación del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (RLGDFS, 2005).

Sinonimia. Dos o más nombres para una misma especie.

Sotobosque. Parte inferior de un bosque, en donde generalmente hay escasez de iluminación y alta competencia radicular.

Tasa de deforestación. Es la magnitud proporcional para un período de tiempo dado, que mide 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 de 10%. Este dato puede estar dado en porcentaje (%) o en superficie (hectáreas/año) y el valor puede ser positivo o negativo, que representa la recuperación o pérdida bruta del bosque respectivamente. Los valores netos que definen la tasa de deforestación, son el resultado de la suma de todos los cambios negativos causados por la deforestación y los desastres naturales, y de todos los cambios positivos debidos a la forestación y la expansión natural del bosque.

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 que habiendo estado, en la actualidad no se encuentra 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 aquellos ya urbanizados.

Tiempo de paso. Número de años que trascurren para que los arboles pasen de una categoría diamétrica, a la inmediata superior. (NOM-152-SEMARNAT-2006).

Tipos de vegetación. Comunidad o grupo de comunidades vegetales que se clasifican con base en alguna de sus características predominantes, ya sean ecológicas, fisonómicas o florísticas. (Acuerdo DOF, 2016).

Transecto. Línea de medición en una unidad de muestreo secundaria donde se toma la información de combustibles forestales.

Vardascal. Etapa de desarrollo de la masa forestal formada por un número grande de pies delgados y flexibles, que han perdido sus ramas bajas y contienen menos individuos por unidad de superficie que el monte bravo.

Vegetación 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 (LGDFS, 2003).

Vegetación inducida. Se refiere a la vegetación que interrumpe el proceso natural de sucesión vegetal, debido a las actividades humanas o a circunstancias especiales que favorecen su aparición (Acuerdo DOF, 2016).

Vegetación natural. Es aquella en que la cubierta vegetal se desarrolla de acuerdo con las características ambientales de una región ecológica (Acuerdo DOF, 2016).

Vegetación primaria. Es aquella en la que la vegetación no presenta alteración significativa o la degradación no es tan manifiesta (INEGI, 2014).

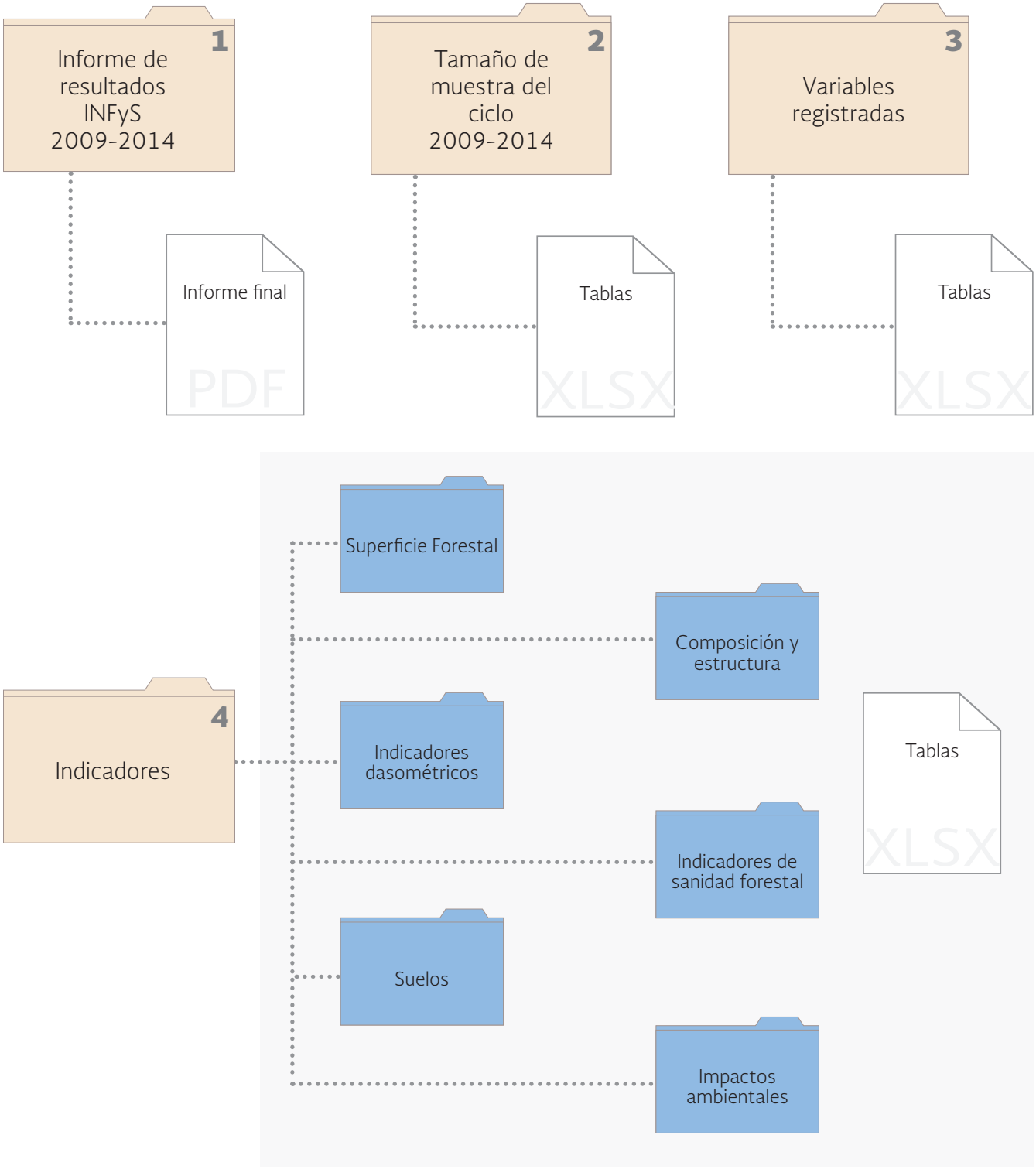
Vegetación secundaria. Es cuando una vegetación natural ha sido eliminada o alterada por diversos factores humanos o naturales, y se regenera en una cubierta vegetal con estructura y composición florística heterogénea y se clasifican con base en las formas de vida presentes y su altura en tres fases: herbácea, arbustiva y arbórea (Acuerdo DOF, 2016).

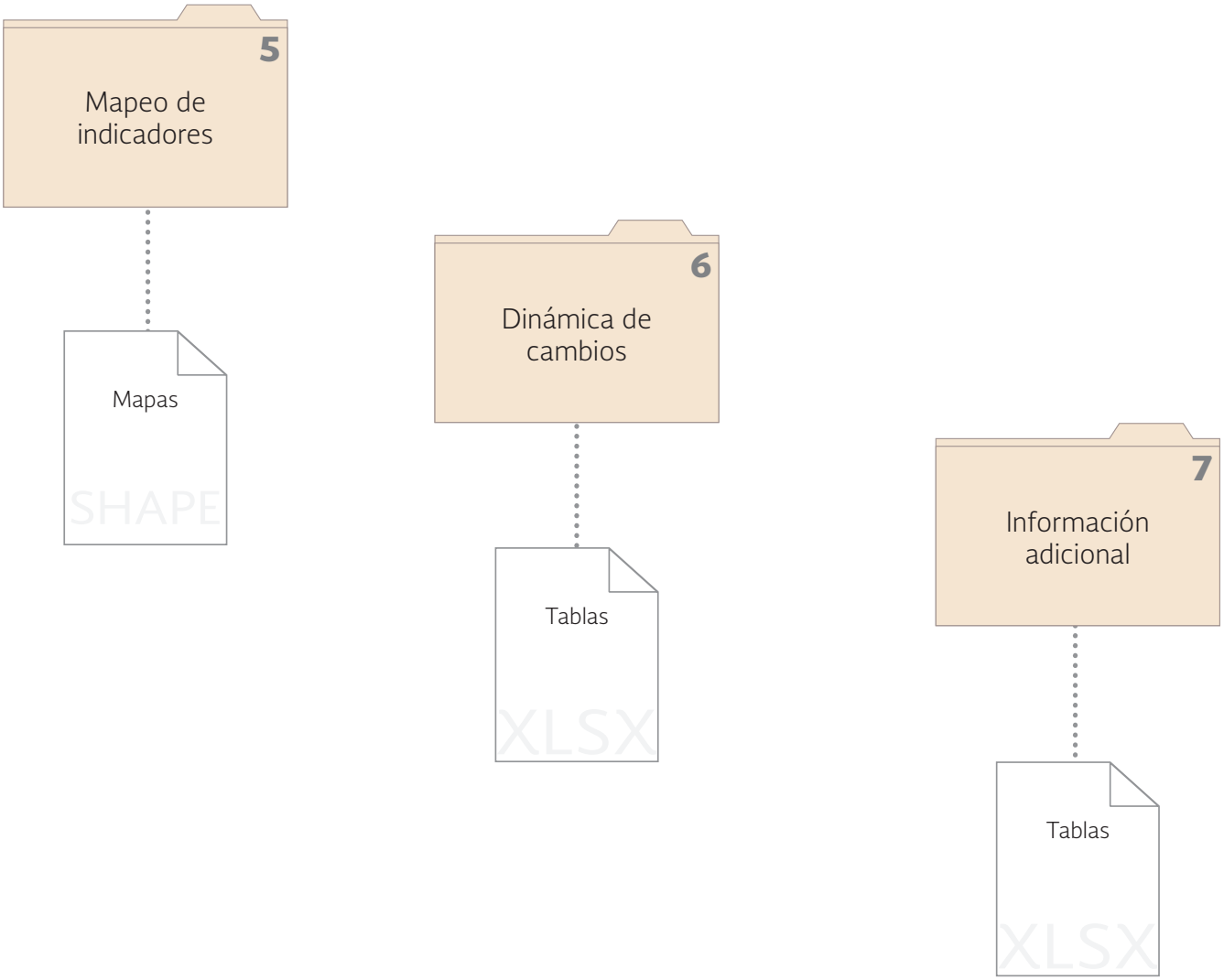
Vigor. Característica cualitativa del desarrollo de un individuo, categorizado por rasgos como la coloración del follaje, retención de hojas, longitud entre verticilos y persistencia de la dominancia apical.

Selva alta, Puebla.

Anexo digital

Como parte importante de los resultados del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2009-2014, se presenta el siguiente compendio de archivos digitales, cuya finalidad es proporcionar a nivel de detalle información complementaria al informe impreso que sustenta los datos de cuantificación de superficies, la obtención de resultados del muestreo de campo y procesamiento de la información de los principales indicadores forestales así como mapas continuos de cobertura nacional que representen la variabilidad espacial de los mismos, lo cual servirá de base para la planeación de políticas y acciones de protección, restauración, conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.




5
Mapeo de indicadores
Mapas
SHAPE
6
Dinámica de cambios
Tablas
XLSX
7
Información adicional
Tablas
XLSX

Inventario Nacional Forestal
y de Suelos
Informe de Resultados 2009-2014

Se terminó de imprimir en diciembre de 2017 con un tiraje de 500 ejemplares.

Comisión Nacional Forestal
Periférico Poniente No. 5360, Col. San Juan de Ocotán. C.P. 45019, Zapopan, Jalisco, México.