Inventario Nacional Forestal de Costa Rica

2014-2015

Resultados y Caracterización de los Recursos Forestales



cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Publicado por la

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

CCAD
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

minae

SINAC
SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN
COSTA RICA



Inventario Nacional Forestal de Costa Rica 2014-2015

Resultados y Caracterización de los Recursos Forestales

Inventario Nacional Forestal de Costa Rica 2014-2015

Resultados y Caracterización de los Recursos Forestales

cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Publicado por la

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

CCAD
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

minae

SINAC
SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN
COSTA RICA

Inventario Nacional Forestal de Costa Rica 2014-2015

Resultados y Caracterización de los Recursos Forestales

Esta publicación contiene los principales resultados del diseño, planificación, ejecución, procesamiento y análisis del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica 2014-2015, En el marco de las actividades del Programa Regional de Reducción de Emisiones de la Degradación y Deforestación de Bosques en Centroamérica y República Dominicana (REDD/CCAD-GIZ), Componente III de Monitoreo y Reporte.

Publicado por
Programa Regional REDD/CCAD-GIZ
Oficina Registrada Apartado Postal 755 Bulevar, Orden de Malta, Edificio GIZ,
Urbanización Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad.
El Salvador, C.A.
E info@reddccadgiz.org
I www.reddccadgiz.org

Responsable Técnico GIZ
Abner Jiménez Galo, Especialista Sectorial. Programa REDD/CCAD-GIZ
abner.jimenez@giz.de

Autores
Patricio Emanuelli Avilés - Consultor. Programa REDD/CCAD-GIZ [Sud-Austral Consulting SpA]
Fabián Milla Araneda - Consultor. Programa REDD/CCAD-GIZ [Sud-Austral Consulting SpA]
Efraín Duarte Castañeda - Consultor. Programa REDD/CCAD-GIZ [Sud-Austral Consulting SpA]
Jaime Emanuelli Avilés - Consultor. Programa REDD/CCAD-GIZ [Sud-Austral Consulting SpA]
Abner Jiménez Galo - Especialista Sectorial. Programa REDD/CCAD-GIZ
María Isabel Chavarría - Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) Costa Rica

Diseño Gráfico
Alfonso Quiroz H. - Consultor. Programa REDD/CCAD-GIZ [Sud-Austral Consulting SpA]

Fotografías
Giancarlo Pucci - Fundación Árboles mágicos

Responsables Técnicos Nacionales
Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) de Costa Rica; Comité Técnico Director del Inventario Nacional Forestal:

Gilbert Canet Brenes – Director del Inventario Forestal Nacional (IFN)
María Isabel Chavarría E.– Coordinadora Técnica IFN
Mauricio Castillo Núñez – Especialista en Teledetección

Asesoría para Toma de Datos en Campo
Jorge Fallas - Director Campaña de Campo
Nelson Zamora - Identificación y determinación de especies

Responsables de Toma de Datos en Campo
Raúl Paniagua Vega - Región operativa Caribe central y Sur
Marlen Camacho Calvo - Región operativa Caribe Norte y Zona Norte
Victor Araya Valladares - Región Pacífico Central y Sur
Marco Antonio Rodríguez Li - Región operativa Valle Central y Pacífico Norte
Leonardo Espinoza Prieto - Región operativa Zonas de Difícil acceso

Citar documento como:
Programa REDD/CCAD-GIZ - SINAC. 2015. Inventario Nacional Forestal de Costa Rica 2014-2015. Resultados y Caracterización de los Recursos Forestales. Preparado por: Emanuelli, P., Milla, F., Duarte, E., Emanuelli, J., Jiménez, A. y Chavarría, M.I. Programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal en Centroamérica y la República Dominicana (REDD/CCAD/GIZ) y Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) Costa Rica. San José, Costa Rica. 380 p.

Noviembre 2015

Componente : Monitoreo y Reporte
Área Temática : Volumen, Biomasa y Carbono Forestal
País : Costa Rica



Inventario Nacional Forestal de Costa Rica 2014-2015.
Resultados y Caracterización de los Recursos Forestales (Costa Rica)
by Programa REDD/CCAD-GIZ is licensed under a Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

Índice General

Presentación *26*

Capítulo 1. Resumen Ejecutivo **29**

Capítulo 2. Antecedentes Generales **35**

Capítulo 3. Aspectos metodológicos **41**

3.1. Planificación del INF-CR 44
3.2. Ejecución del INF-CR 46
3.3. Procesamiento de la información 49
3.3.1. Metodología de procesamiento por tipo de componente 49
3.3.2. Depuración de Datos 54

3.4. Tamaño Final de la Muestra 58
3.5. Distribución espacial de los datos 59
3.6. Resultados obtenidos 60
3.6.1. Estimación cuantitativa de variables 60
3.6.2. Distribución espacial de variables 62

3.7. Referencias bibliográficas 68

Capítulo 4. Información General Detalle por Parcela **71**

4.1. Detalle información parcela 15721 estrato Bosque de Palmas 72
4.2. Detalle información parcela 7818 estrato Bosque Maduro 80
4.3. Detalle información parcela 1664 estrato Bosque Secundario 87
4.4. Detalle información parcela 19505 estrato Pasto con Árboles 94
4.5. Detalle información parcela 5144 estrato Plantación Forestal 101
4.6. Detalle información parcela 5162 estrato Rodales de Mangle 107

Capítulo 5. Información General por Estratos **115**

5.1. Información general estrato Bosque de Palmas 116
5.1.1. Proporción de componentes vegetales para el estrato 117
5.1.2. Dasometría y existencias para el estrato por componentes vegetales 117
5.1.3. Densidad por componente vegetal (árboles o individuos por hectárea) 119
5.1.4. Número de Especies Promedio del Estrato 120
5.1.5. Carbono por hectárea por componente vegetal y suelo 121
5.1.6. Carbono total del estrato (toneladas de CO_2) 122

5.2. Información general estrato Bosque Maduro 123
5.2.1. Proporción de componentes vegetales para el estrato 124
5.2.2. Dasometría y existencias para el estrato por componentes vegetales 124
5.2.3. Densidad en árboles o individuos por hectárea por componente vegetal 126
5.2.4. Número de Especies Promedio del Estrato 127
5.2.5. Carbono por hectárea por componente vegetal y suelo 128
5.2.6. Carbono total del estrato (toneladas de CO_2) 128

5.3. Información general estrato Bosque Secundario 130
5.3.1. Dasometría y existencias por componentes vegetales 130
5.3.2. Densidad en árboles o individuos por hectárea por componente vegetal 132

5.3.3. Número de Especies Promedio del Estrato 133
5.3.4. Carbono por hectárea por componente vegetal y suelo 134
5.3.5. Carbono total del estrato (toneladas de CO_2) 135

5.4. Información general estrato Pasto con Árboles 136
5.4.1. Proporción de componentes vegetales para el estrato 137
5.4.2. Dasometría y existencias para el estrato por componentes vegetales 137
5.4.3. Densidad en árboles o individuos por hectárea por componente vegetal 139
5.4.4. Número de Especies Promedio del Estrato 140
5.4.5. Carbono por hectárea por componente vegetal y suelo 141
5.4.6. Carbono total del estrato (toneladas de CO_2) 142

5.5. Información general estrato Plantación Forestal 143
5.5.1. Proporción de componentes vegetales para el estrato 143
5.5.2. Dasometría y existencias para el estrato por componentes vegetales 143
5.5.3. Densidad en árboles o individuos por hectárea por componente vegetal 145
5.5.4. Número de Especies Promedio del Estrato 146
5.5.5. Carbono por hectárea por componente vegetal y suelo 147
5.5.6. Carbono total del estrato (toneladas de CO_2) 148

5.6. Información general estrato Rodales de Mangle 149
5.6.1. Proporción de componentes vegetales para el estrato 150
5.6.2. Dasometría y existencias para el estrato por componentes vegetales 150
5.6.3. Densidad en árboles o individuos por hectárea por componente vegetal 152
5.6.4. Número de Especies Promedio del Estrato 153
5.6.5. Carbono por hectárea por componente vegetal y suelo 154
5.6.6. Carbono total del estrato (toneladas de CO_2) 155

5.7. Información general del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica 156
5.7.1. Proporción de componentes vegetales para los estratos agrupados 156
5.7.2. Dasometría y existencias para los estratos agrupados por componentes vegetales 157
5.7.3. Densidad en árboles o individuos por hectárea por componente vegetal 159
5.7.4. Promedio de Especies de los Bosques de Costa Rica (estratos agrupados) 160
5.7.5. Carbono por hectárea por componente vegetal y suelo 161
5.7.6. Carbono total de todos los estratos agrupados (toneladas de CO_2) 162

Capítulo 6. Variables por Estrato y sus Parcelas Asociadas 165

6.1. Dasometría y existencias por estrato y componentes por parcelas 166
6.2. Información por parcelas estrato Bosque de Palmas 166
6.2.1. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 10 cm 167
6.2.2. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles entre 2 y 9,9 cm 167
6.2.3. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 2 cm 168
6.2.4. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 10 cm de DAP 168
6.2.5. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 168
6.2.6. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 2 cm de DAP 169
6.2.7. Valores promedio por parcela de densidad (árb/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 169
6.2.8. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 170
6.2.9. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 170
6.2.10. Valores promedio por parcela de área basal (m^2/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 171
6.2.11. Valores promedio por parcela de área basal (m^2/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 171
6.2.12. Valores promedio por parcela del área basal (m^2/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 172
6.2.13. Valores promedio por parcela para el volumen (m^3/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 172
6.2.14. Valores promedio por parcela para el volumen (m^3/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 173

6.2.15. Valores promedio por parcela para el volumen (m^3/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 173
6.2.16. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 174
6.2.17. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 174
6.2.18. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 175
6.2.19. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 175
6.2.20. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 176
6.2.21. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 176

6.3. Información por parcelas estrato Bosque Maduro 177
6.3.1. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 10 cm 178
6.3.2. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles entre 2 y 9,9 cm 178
6.3.3. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 2 cm 178
6.3.4. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 10 cm de DAP 179
6.3.5. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 179
6.3.6. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 2 cm de DAP 180
6.3.7. Valores promedio por parcela de densidad (árb/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 180
6.3.8. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 181
6.3.9. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 181
6.3.10. Valores promedio por parcela de área basal (m^2/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 182
6.3.11. Valores promedio por parcela de área basal (m^2/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 182
6.3.12. Valores promedio por parcela del área basal (m^2/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 183
6.3.13. Valores promedio por parcela para el volumen (m^3/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 183
6.3.14. Valores promedio por parcela para el volumen (m^3/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 184
6.3.15. Valores promedio por parcela para el volumen (m^3/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 184
6.3.16. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 185
6.3.17. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 185
6.3.18. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 186
6.3.19. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 186
6.3.20. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 187
6.3.21. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 187

6.4. Información por parcelas estrato Bosque Secundario 188
6.4.1. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 10 cm 189
6.4.2. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles entre 2 y 9,9 cm 189
6.4.3. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 2 cm 189
6.4.4. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 10 cm de DAP 190
6.4.5. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 190
6.4.6. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 2 cm de DAP 191
6.4.7. Valores promedio por parcela de densidad (árb/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 191
6.4.8. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 192
6.4.9. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 192
6.4.10. Valores promedio por parcela de área basal (m^2/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 193
6.4.11. Valores promedio por parcela de área basal (m^2/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 193
6.4.12. Valores promedio por parcela del área basal (m^2/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 194
6.4.13. Valores promedio por parcela para el volumen (m^3/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 194
6.4.14. Valores promedio por parcela para el volumen (m^3/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 195
6.4.15. Valores promedio por parcela para el volumen (m^3/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 195
6.4.16. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 196
6.4.17. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 196
6.4.18. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 197
6.4.19. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 197
6.4.20. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 198
6.4.21. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 198

6.5. Información por parcelas estrato Pasto con Árboles 199
6.5.1. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 10 cm 200
6.5.2. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles entre 2 y 9,9 cm 200
6.5.3. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 2 cm 200
6.5.4. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 10 cm de DAP 201
6.5.5. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 201
6.5.6. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 2 cm de DAP 202
6.5.7. Valores promedio por parcela de densidad (árb/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 202
6.5.8. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 203
6.5.9. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 203
6.5.10. Valores promedio por parcela de área basal (m^2/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 204
6.5.11. Valores promedio por parcela de área basal (m^2/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 204
6.5.12. Valores promedio por parcela del área basal (m^2/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 205
6.5.13. Valores promedio por parcela para el volumen (m^3/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 205
6.5.14. Valores promedio por parcela para el volumen (m^3/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 206
6.5.15. Valores promedio por parcela para el volumen (m^3/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 206
6.5.16. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 207
6.5.17. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 207
6.5.18. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 208
6.5.19. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 208
6.5.20. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 209
6.5.21. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 209

6.6. Información por parcelas estrato Plantación Forestal 210
6.6.1. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 10 cm 211
6.6.2. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles entre 2 y 9,9 cm 211
6.6.3. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 2 cm 211
6.6.4. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 10 cm de DAP 212
6.6.5. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 212
6.6.6. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 2 cm de DAP 213
6.6.7. Valores promedio por parcela de densidad (árb/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 213
6.6.8. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 214
6.6.9. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 214
6.6.10. Valores promedio por parcela de área basal (m^2/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 215
6.6.11. Valores promedio por parcela de área basal (m^2/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 215
6.6.12. Valores promedio por parcela del área basal (m^2/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 216
6.6.13. Valores promedio por parcela para el volumen (m^3/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 216
6.6.14. Valores promedio por parcela para el volumen (m^3/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 217
6.6.15. Valores promedio por parcela para el volumen (m^3/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 217
6.6.16. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 218
6.6.17. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 218
6.6.18. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 219
6.6.19. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 219
6.6.20. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 220
6.6.21. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 220

6.7. Información por parcelas estrato Rodales de Mangle 221
6.7.1. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 10 cm 222
6.7.2. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles entre 2 y 9,9 cm 222
6.7.3. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 2 cm 222
6.7.4. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 10 cm de DAP 223
6.7.5. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 223
6.7.6. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 2 cm de DAP 224
6.7.7. Valores promedio por parcela de densidad (árb/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 224

6.7.8. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 225
6.7.9. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 225
6.7.10. Valores promedio por parcela de área basal (m^2/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 226
6.7.11. Valores promedio por parcela de área basal (m^2/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 226
6.7.12. Valores promedio por parcela del área basal (m^2/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 227
6.7.13. Valores promedio por parcela para el volumen (m^3/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 227
6.7.14. Valores promedio por parcela para el volumen (m^3/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 228
6.7.15. Valores promedio por parcela para el volumen (m^3/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 228
6.7.16. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 229
6.7.17. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 229
6.7.18. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 230
6.7.19. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP 230
6.7.20. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP 231
6.7.21. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP 231

Capítulo 7. Inventario Vegetación Mayor INF-CR 235

7.1. Diámetro a la altura del pecho en centímetros (DAP) 236
7.2. Altura total en metros (HT) 238
7.3. Densidad en árboles por hectáreas (N) 240
7.4. Área Basal en metros cuadrados por hectárea (AB) 241
7.5. Volumen en metros cúbicos por hectárea (V) 243
7.6. Biomasa en toneladas por hectárea (B) 245
7.7. CO_2 en toneladas por hectárea (CO_2) 246

Capítulo 8. Carbono - CO_2 determinado en el INF-CR 251

8.1. Existencias de CO_2 por estratos y sus componentes 252
8.1.1. Bosque de Palmas 252
8.1.2. Bosque Maduro 252
8.1.3. Bosque Secundario 254
8.1.4. Pasto con Árboles 254
8.1.5. Plantaciones Forestales 255
8.1.6. Rodales de Mangle 256

8.2. Existencias de CO_2 totales para el INF-CR 257
8.3. Distribución espacial del CO_2 eq en los bosques de Costa Rica 258

Capítulo 9. Diversidad de especies arbóreas en los bosques de Costa Rica 267

9.1. Diversidad para especies arbóreas ≥ 2 cm de DAP (UMP – UMS) 271
9.1.1. Bosque de Palmas 272
9.1.2. Bosque Maduro 273
9.1.3. Bosque Secundario 274
9.1.4. Pasto con Árboles 274
9.1.5. Plantación Forestal 275
9.1.6. Rodales de Mangle 275

9.2. Diversidad en el INF-CR y por estratos arbóreos para especies ≥ 2 cm de DAP 276
9.2.1. Cantidad de especies arbóreas por unidad de muestreo para los estratos del INF-CR 279
9.2.2. Índice de diversidad de Margalef por estratos y para el INF-CR 280
9.2.3. Índice de diversidad de Menhinick por estratos y para el INF-CR 280
9.2.4. Índice de diversidad de Berger – Parker por estratos y para el INF-CR 281

9.2.5. Índice de diversidad de Simpson por estratos y para INF-CR 281
9.2.6. Índice de diversidad de Shannon - Wiener por estratos y para el INF-CR 282
9.2.7. Cantidad de árboles muertos por estratos y para el INF-CR 284

9.3. Especies Amenazadas o en Peligro presentes en el INF-CR 285
9.3.1. Número de árboles por categoría de conservación y estrato arbóreo 288
9.3.2. Especies en peligro de extinción en el INF-CR 290
9.3.3. Especies en peligro en el INF-CR 291
9.3.4. Especies amenazadas en el INF-CR 291
9.3.5. Especies vulnerables en el INF-CR 291
9.3.6. Especies con preocupación menor en el INF-CR 292

9.4. Referencias bibliográficas 293

Capítulo 10. Analisis de los sumideros de CO_2 de los bosques de Costa Rica 295

10.1. Stock de CO_2 de los árboles ≥ 2 cm de DAP y del Suelo por Categoría de Conservación 297
10.2. Relación entre el stock de CO_2 de los componentes arbóreo y suelo con variables ambientales 299
10.2.1. Stock de CO_2 de árboles ≥ 2 cm de DAP y suelo según elevación (msnm) 299
10.2.2. Stock de CO_2 de árboles ≥ 2 cm de DAP y suelo según exposición 302
10.2.3. Stock de CO_2 de árboles ≥ 2 cm de DAP y Suelo según pendiente del terreno 304

10.3. Stocks de CO_2 de árboles ≥ 2 cm de DAP y Suelo por factores de Sitio 305
10.3.1. Stocks de CO_2 de árboles ≥ 2 cm de DAP y Suelo según tipo de suelo del IPCC. 305
10.3.2. Stocks de CO_2 de árboles ≥ 2 cm de DAP y Suelo según zona climática del IPCC 308
10.3.3. Stock de CO_2 de árboles ≥ 2 cm de DAP y Suelo según zonas de vida de Holdridge 309

Capítulo 11. Regeneración de los bosques de Costa Rica 315

11.1. Dasometría de la regeneración 317
11.1.1. Altura total 317
11.1.2. Densidad (frecuencia) 317
11.1.4. Especies por clase de altura y estrato arbóreo 318
11.1.3. Número de especies por estrato y total 318
11.1.5. Especies de regeneración predominantes en el INF-CR 322

11.2. Diversidad de especies de la regeneración natural 322
11.2.1. Bosque de Palmas 326
11.2.2. Bosque Maduro 326
11.2.3. Bosque Secundario 327
11.2.4. Rodales de Mangle 327
11.2.5. INF-CR especies en estratos agrupados 328

11.3. Comparación de índices de diversidad por estratos y para el INF-CR especies < 2 cm de DAP 328
11.3.1. Cantidad de especies arbóreas por unidad de muestreo para estratos e INF-CR 328
11.3.2. Índice de diversidad de Margalef por estratos y para INF-CR 329
11.3.3. Índice de diversidad de Menhinick por estratos y para INF-CR 330
11.3.4. Índice de diversidad de Berger – Parker por estratos y para INF-CR 330
11.3.5. Índice de diversidad de Simpson por estratos y para INF-CR 331
11.3.6. Índice de diversidad de Shannon - Wiener por estratos y para INF-CR 332

11.4. Relación entre la regeneración y variables ambientales 333
11.4.1. Regeneración en función de la exposición, pendiente y altitud 333

11.4.2. Regeneración en función del tipo de suelo, zona climática y zona de vida 338
11.4.3. Regeneración de los bosques en las áreas protegidas 341

11.5. Referencias bibliográficas 344

Capítulo 12. Especies herbáceas presentes en los bosques de Costa Rica 347

12.1. Dasometría especies herbáceas 349
12.1.1. Altura total 349
12.1.2. Densidad (frecuencia) 350
12.1.3. Número de especies 350
12.1.4. Especies por clase de altura y estrato arbóreo 351
12.1.5. Especies herbáceas predominantes en el INF-CR 354

12.2. Diversidad de especies herbáceas 355
12.2.1. Bosque de Palmas 358
12.2.2. Bosque Maduro 358
12.2.3. Bosque Secundario 359
12.2.4. Rodales de Mangle 359
12.2.5. Especies herbáceas a nivel del INF-CR 360

12.3. Comparación de índices de diversidad por estratos y para el INF-CR especies herbáceas 361
12.3.1. Cantidad de especies por unidad de muestreo para los estratos del INF-CR 361
12.3.2. Índice de diversidad de Margalef por estratos y para INF-CR 361
12.3.3. Índice de diversidad de Menhinick por estratos y para INF-CR 362
12.3.4. Índice de diversidad de Berger - Parker por estratos y para el INF-CR 362
12.3.5. Índice de diversidad de Simpson por estratos y para INF-CR 363
12.3.6. Índice de diversidad de Shannon - Wiener por estratos y para INF-CR 363

12.4. Relación entre las especies herbáceas y variables ambientales 364
12.4.1. Especies herbáceas en función de la exposición, pendiente y altitud 365
12.4.2. Especies herbáceas en función del tipo de suelo, zona climática y zona de vida 368
12.4.3. Especies herbáceas de los bosques en las áreas protegidas 372

12.5. Referencias bibliográficas 375

Capítulo 13. Conclusiones de la cuantificación y caracterización de los recursos forestales de Costa Rica 377

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de tipos de bosque para Costa Rica. SINAC.2013 37
Figura 2. Mapa de tipos de bosque para el INF-CR. SINAC, 2013. 39
Figura 3. Diseño de parcela de área variable 43
Figura 4. Regiones operativas del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica 45
Figura 5. Ubicación de las unidades muestrales del INF-CR 58
Figura 6. Distribución espacial de la variable dasométrica DAP promedio en los bosques de Costa Rica 63
Figura 7. Distribución espacial de la variable dasométrica altura promedio en los bosques de Costa Rica 64
Figura 8. Distribución espacial de la variable dasométrica densidad en los bosques de Costa Rica 65
Figura 9. Distribución espacial de la variable dasométrica área basal en los bosques de Costa Rica 66
Figura 10. Distribución espacial de la variable dasométrica volumen en los bosques de Costa Rica 67
Figura 11. Proporción de depósitos de CO_2 en la parcela 15721 de Bosque de Palmas 75
Figura 12. Distribución diamétrica de árboles para parcela principal y secundaria de parcela 15721 de Bosque de Palmas 75
Figura 13. Relación DAP (cm) – Altura (m) de los árboles de la parcela 15721 de Bosque de Palmas en parcela principal (UMP) 76
Figura 14. Densidad de regeneración y vegetación herbácea para parcela 15721 de Bosque de Palmas 77
Figura 15. Número de especies por componente vegetal para la parcela 15721 de Bosque de Palmas 77
Figura 16. Distribución espacial de los árboles ≥ 10 cm de DAP para parcela 15721 de Bosque de Palmas 78
Figura 17. Proporción de depósitos de CO_2 en la parcela 7818 de Bosque Maduro 82
Figura 18. Distribución diamétrica de árboles para parcela principal y secundaria de parcela 7818 de Bosque Maduro 82
Figura 19. Relación DAP (cm) – Altura (m) de los árboles de la parcela 7818 de Bosque Maduro en parcela principal (UMP) 83
Figura 20. Densidad de regeneración y vegetación herbácea para parcela 7818 de Bosque Maduro 84
Figura 21. Número de especies por componente vegetal para la parcela 7818 de Bosque Maduro 84
Figura 22. Distribución espacial de los árboles ≥ 10 cm de DAP para parcela 7818 de Bosque Maduro 85
Figura 23. Proporción de depósitos de CO_2 en la parcela 1664 de Bosque Secundario 89
Figura 24. Distribución diamétrica de árboles para parcela principal y secundaria de parcela 1664 de Bosque Secundario 89
Figura 25. Relación DAP (cm) – Altura (m) de los árboles de la parcela 1664 de Bosque Secundario en parcela principal (UMP) 90
Figura 26. Densidad de regeneración y vegetación herbácea para parcela 1664 de Bosque Secundario 91
Figura 27. Número de especies por componente vegetal para la parcela 1664 de Bosque Secundario 91
Figura 28. Distribución espacial de los árboles ≥ 10 cm de DAP para parcela 1664 de Bosque Secundario 92
Figura 29. Proporción de depósitos de CO_2 en la parcela 19505 de Pasto con Árboles 96
Figura 30. Distribución diamétrica de árboles para parcela principal y secundaria de parcela 19505 de Pasto con Árboles 96
Figura 31. Relación DAP (cm) – Altura (m) de los árboles de la parcela 19505 de Pasto con Árboles en parcela principal (UMP) 97
Figura 32. Densidad de regeneración y vegetación herbácea para parcela 19505 de Pasto con Árboles 98
Figura 33. Número de especies por componente vegetal para la parcela 19505 de Pasto con Árbole 98
Figura 34. Distribución espacial de los árboles ≥ 10 cm de DAP para parcela 19505 de Pasto con Árboles 99
Figura 35. Proporción de depósitos de CO_2 en la parcela 5144 de Plantación Forestal 103
Figura 36. Distribución diamétrica de árboles para parcela principal y secundaria de parcela 5144 de Plantación Forestal 103
Figura 37. Relación DAP (cm) – Altura (m) de los árboles de la parcela 5144 de Plantación Forestal en parcela principal (UMP) 104
Figura 38. Densidad de regeneración y vegetación herbácea para parcela 5144 de Plantación Forestal 105
Figura 39. Número de especies por componente vegetal para la parcela 5144 de Plantación Forestal 105
Figura 40. Distribución espacial de los árboles ≥ 10 cm de DAP para parcela 5144 de Plantación Forestal 106
Figura 41. Proporción de depósitos de CO_2 en la parcela 5162 de Rodales de Mangle 109
Figura 42. Distribución diamétrica de árboles para parcela principal y secundaria de parcela 5162 de Rodales de Mangle 109

Figura 43. Relación DAP (cm) – Altura (m) de los árboles de la parcela 5162 de Rodales de Mangle en parcela principal (UMP) 110
Figura 44. Densidad de regeneración y vegetación herbácea para parcela 5162 de Rodales de Mangle 111
Figura 45. Número de especies por componente vegetal para la parcela 5162 de Rodales de Mangle 111
Figura 46. Distribución espacial de los árboles ≥ 10 cm de DAP para parcela 5162 de Rodales de Mangle 112
Figura 47. Valores de densidad media acumulada en árboles o individuos por hectárea para las especies arbóreas y herbáceas en estrato Bosque de Palmas 119
Figura 48. Número de especies promedio por componente vegetal para el estrato Bosque de Palmas (ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario) 120
Figura 49. Valores medios, inferior y superior de stock de CO_2 en toneladas por hectárea por componentes vegetales y de suelo para el estrato Bosque de Palmas 121
Figura 50. Existencias de CO_2 y sus límites para el estrato Bosque de Palmas 122
Figura 51. Proporción de CO_2 por componente vegetal y de suelo para el estrato Bosque de Palmas 123
Figura 52. Valores de densidad media acumulada en árboles o individuos por hectárea para las especies arbóreas y herbáceas en estrato Bosque Maduro 126
Figura 53. Número de especies promedio por componente vegetal para el estrato Bosque Maduro (ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario) 127
Figura 54. Valores medios, inferior y superior de stock de CO_2 en toneladas por hectárea, por componentes vegetales y de suelo para el estrato Bosque Maduro 128
Figura 55. Existencias de CO_2 y sus límites para el estrato Bosque Maduro 129
Figura 56. Proporción de CO_2 por componente vegetal y de suelo para el estrato Bosque Maduro 129
Figura 57. Número de especies promedio por componente vegetal para el estrato Bosque Secundario 133
Figura 58. Número de especies promedio por componente vegetal para el estrato Bosque Secundario (ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario) 134
Figura 59. Valores medios, inferior y superior de stock de CO_2 en toneladas por hectárea por componentes vegetales y de suelo para el estrato Bosque Secundario 135
Figura 60. Existencias de CO_2 y sus límites para el estrato Bosque Secundario 135
Figura 61. Proporción de CO_2 por componente vegetal y de suelo para el estrato Bosque Secundario 136
Figura 62. Número de especies promedio por componente vegetal para el estrato Pasto con árboles 139
Figura 63. Número de especies promedio por componente vegetal para el estrato Pasto con Árboles (ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario) 140
Figura 64. Valores medios, inferior y superior de stock de CO_2 en toneladas por hectárea por componentes vegetales y de suelo para el estrato Pasto con Árboles 141
Figura 65. Existencias de CO_2 y sus límites para el estrato Pasto con Árboles 142
Figura 66. Proporción de CO_2 por componente vegetal y de suelo para el estrato Pasto con Árboles 142
Figura 67. Número de especies promedio por componente vegetal para el estrato Plantación Forestal 146
Figura 68. Número de especies promedio por componente vegetal para el estrato Plantación Forestal (ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario) 147
Figura 69. Valores medios, inferior y superior de stock de CO_2 en toneladas por hectárea por componentes vegetales y de suelo para el estrato Plantación Forestal 148
Figura 70. Existencias de CO_2 y sus límites para el estrato Plantación Forestal 148
Figura 71. Proporción de CO_2 por componente vegetal y de suelo para el estrato Plantación Forestal 149
Figura 72. Número de especies promedio por componente vegetal para el estrato Rodales de Mangle 152
Figura 73. Número de especies promedio por componente vegetal para el estrato Rodales de Mangle (ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario) 153
Figura 74. Valores medios, inferior y superior de stock de CO_2 en toneladas por hectárea por componentes vegetales y de suelo para el estrato Rodales de Mangle 154
Figura 75. Existencias de CO_2 y sus límites para el estrato Rodales de Mangle 155
Figura 76. Proporción de CO_2 por componente vegetal y de suelo para el estrato Rodales de Mangle 155
Figura 77. Número de especies promedio por componente vegetal para el Bosque de Costa Rica 159
Figura 78. Número de especies promedio por componente vegetal para el Bosque de Costa Rica 160
Figura 79. Valores medios, inferior y superior de stock de CO_2 en toneladas por hectárea por componentes vegetales y de suelo para el Bosque de Costa Rica 161
Figura 80. Existencias de CO_2 y sus límites para el Bosque de Costa Rica 162

Figura 81. Proporción de CO_2 por componente vegetal y de suelo para el Bosque de Costa Rica 162
Figura 82. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 10 cm 167
Figura 83. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles entre 2 cm y 9,9 cm 167
Figura 84. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 2 cm 168
Figura 85. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 10 cm de DAP 168
Figura 86. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 169
Figura 87. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 2 cm de DAP 169
Figura 88. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 10 cm de DAP 170
Figura 89. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 170
Figura 90. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 2 cm de DAP 171
Figura 91. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 10 cm de DAP 171
Figura 92. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 172
Figura 93. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 2 cm de DAP 172
Figura 94. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 10 cm de DAP 173
Figura 95. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles 2 cm y 9,9 cm de DAP 173
Figura 96. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 2 cm de DAP 174
Figura 97. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 10 cm de DAP 174
Figura 98. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 175
Figura 99. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 2 cm de DAP 175
Figura 100. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 10 cm de DAP 176
Figura 101. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 176
Figura 102. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 2 cm de DAP 177
Figura 103. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 10 cm 178
Figura 104. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles entre 2 cm y 9,9 cm 178
Figura 105. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 2 cm 179
Figura 106. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 10 cm de DAP 179
Figura 107. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 180
Figura 108. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 2 cm de DAP 180
Figura 109. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 10 cm de DAP 181
Figura 110. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 181
Figura 111. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 2 cm de DAP 182
Figura 112. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 10 cm de DAP 182
Figura 113. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 183
Figura 114. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 2 cm de DAP 183
Figura 115. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 10 cm de DAP 184
Figura 116. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 184
Figura 117. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 2 cm de DAP 185
Figura 118. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 10 cm de DAP 185
Figura 119. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 186
Figura 120. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 2 cm de DAP 186
Figura 121. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 10 cm de DAP 187
Figura 122. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 187

Figura 123. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 2 cm de DAP 188
Figura 124. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 10 cm 189
Figura 125. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles entre 2 cm y 9,9 cm 189
Figura 126. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 2 cm 190
Figura 127. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 10 cm de DAP 190
Figura 128. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 191
Figura 129. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 2 cm de DAP 191
Figura 130. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 10 cm de DAP 192
Figura 131. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 192
Figura 132. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 2 cm de DAP 193
Figura 133. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 10 cm de DAP 193
Figura 134. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 194
Figura 135. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 2 cm de DAP 194
Figura 136. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 10 cm de DAP 195
Figura 137. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 195
Figura 138. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 2 cm de DAP 196
Figura 139. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 10 cm de DAP 196
Figura 140. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 197
Figura 141. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 2 cm de DAP 197
Figura 142. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 10 cm de DAP 198
Figura 143. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 198
Figura 144. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 2 cm de DAP 199
Figura 145. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 10 cm 200
Figura 146. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles entre 2 cm y 9,9 cm 200
Figura 147. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 2 cm 201
Figura 148. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 10 cm de DAP 201
Figura 149. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 202
Figura 150. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 2 cm de DAP 202
Figura 151. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 10 cm de DAP 203
Figura 152. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 203
Figura 153. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 2 cm de DAP 204
Figura 154. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 10 cm de DAP 204
Figura 155. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 205
Figura 156. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 2 cm de DAP 205
Figura 157. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 10 cm de DAP 206
Figura 158. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 206
Figura 159. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 2 cm de DAP 207
Figura 160. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 10 cm de DAP 207
Figura 161. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 208
Figura 162. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 2 cm de DAP 208

Figura 163. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 10 cm de DAP 209
Figura 164. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP.. 209
Figura 165. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 2 cm de DAP 210
Figura 166. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 10 cm 211
Figura 167. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles entre 2 cm y 9,9 cm 211
Figura 168. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 2 cm 212
Figura 169. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 10 cm de DAP..... 212
Figura 170. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 213
Figura 171. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 2 cm de DAP 213
Figura 172. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 10 cm de DAP 214
Figura 173. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 214
Figura 174. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 2 cm de DAP 215
Figura 175. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 10 cm de DAP..... 215
Figura 176. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 216
Figura 177. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 2 cm de DAP 216
Figura 178. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 10 cm de DAP 217
Figura 179. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 217
Figura 180. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 2 cm de DAP 218
Figura 181. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 10 cm de DAP 218
Figura 182. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 219
Figura 183. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 2 cm de DAP 219
Figura 184. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 10 cm de DAP..... 220
Figura 185. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 220
Figura 186. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 2 cm de DAP 221
Figura 187. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 10 cm 222
Figura 188. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles entre 2 cm y 9,9 cm 222
Figura 189. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 2 cm 223
Figura 190. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 10 cm de DAP..... 223
Figura 191. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 224
Figura 192. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 2 cm de DAP 224
Figura 193. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 10 cm de DAP..... 225
Figura 194. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 225
Figura 195. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 2 cm de DAP 226
Figura 196. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 10 cm de DAP 226
Figura 197. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 227
Figura 198. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 2 cm de DAP 227
Figura 199. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 10 cm de DAP 228

Figura 200. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 228
Figura 201. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 2 cm de DAP 229
Figura 202. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 10 cm de DAP 229
Figura 203. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 230
Figura 204. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 2 cm de DAP 230
Figura 205. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 10 cm de DAP 231
Figura 206. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 231
Figura 207. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 2 cm de DAP 232
Figura 208. Variable DAP (cm) para parcela principal (especies ≥ 10 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 236
Figura 209. Variable DAP (cm) para parcela secundaria (especies entre 2 cm y 9,9 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 237
Figura 210. Variable DAP (cm) para parcela primaria y secundaria (especies ≥ 2 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 237
Figura 211. Variable HT (m) para parcela principal (especies ≥ 10 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 238
Figura 212. Variable HT (m) para parcela secundaria (especies entre 2 cm y 9,9 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 239
Figura 213. Variable HT (m) para parcela primaria y secundaria (especies ≥ 2 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 239
Figura 214. Variable densidad (árboles/ha) para parcela principal (especies ≥ 10 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 240
Figura 215. Variable densidad (árboles/ha) para parcela secundaria (especies entre 2 cm y 9,9 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 240
Figura 216. Variable densidad (árboles/ha) para parcela primaria y secundaria (especies ≥ 2 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 241
Figura 217. Variable Área Basal (m^2/ha) para parcela principal (especies ≥ 10 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 242
Figura 218. Variable área basal (m^2/ha) para parcela secundaria (especies entre 2 cm y 9,9 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 242
Figura 219. Variable Área Basal (m^2/ha) para parcela primaria y secundaria (especies ≥ 2 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 243
Figura 220. Variable Volumen (m^3/ha) para parcela principal (especies ≥ 10 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 243
Figura 221. Variable volumen (m^3/ha) para parcela secundaria (especies entre 2 cm y 9,9 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 244
Figura 222. Variable Volumen (m^3/ha) para parcela primaria y secundaria (especies ≥ 2 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 244
Figura 223. Variable Biomasa (ton/ha) para parcela principal (especies ≥ 10 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 245
Figura 224. Variable Biomasa (ton/ha) para parcela secundaria (especies entre 2 cm y 9,9 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 246
Figura 225. Variable Biomasa (ton/ha) para parcela primaria y secundaria (especies ≥ 2 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 246
Figura 226. Variable CO_2 (ton/ha) para parcela principal (especies ≥ 10 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 247
Figura 227. Variable Biomasa (ton/ha) para parcela secundaria (especies entre 2 cm y 9,9 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 247
Figura 228. Variable CO_2 (ton/ha) para parcela primaria y secundaria (especies ≥ 2 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable 248
Figura 229. Distribución espacial del CO_2 de los árboles mayores a 10 cm en los bosques de Costa Rica 259

Figura 230. Distribución espacial del CO_2 de las raíces en los bosques de Costa Rica 260
Figura 231. Distribución espacial del CO_2 de las maderas muertas en los bosques de Costa Rica 261
Figura 232. Distribución espacial del CO_2 de la hojarasca en los bosques de Costa Rica 262
Figura 233. Distribución espacial del CO_2 de los suelos en los bosques de Costa Rica 263
Figura 234. Distribución espacial del CO_2 Total (incluido suelo) en los bosques de Costa Rica 264
Figura 235. Valores de índices de diversidad para estrato Bosque de Palmas 273
Figura 236. Valores de índices de diversidad para estrato Bosque Maduro 273
Figura 237. Valores de índices de diversidad para estrato Bosque Secundario 274
Figura 238. Valores de índices de diversidad para estrato Pasto con Árboles 274
Figura 239. Valores de índices de diversidad para estrato Plantación Forestal 275
Figura 240. Valores de índices de diversidad para estrato Rodales de Mangle 275
Figura 241. Distribución espacial del promedio para el número de especies arbóreas de los bosques de Costa Rica 277
Figura 242. Distribución espacial del total de especies arbóreas distintas presentes en cada tipo de bosque 278
Figura 243. Valores máximo, mínimo y medio del número de especies arbóreas por estrato y para INF-CR 279
Figura 244. Número total de especies arbóreas por estrato y para INF-CR 279
Figura 245. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Margalef 280
Figura 246. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Menhinick 280
Figura 247. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Berger – Parker 281
Figura 248. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Simpson 281
Figura 249. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Shannon - Wiener 282
Figura 250. Distribución espacial de la biodiversidad de especies arbóreas de los bosques de Costa Rica según el índice de diversidad de Shannon - Wiener 283
Figura 251. Número de árboles muertos por hectárea por estrato y para el INF-CR 284
Figura 252. Volumen en m^3 por hectárea de árboles muertos por estrato y para el INF-CR 284
Figura 253. Distribución espacial de las distintas categorías de vulnerabilidad para las especies arbóreas de Costa Rica 289
Figura 254. Participación de la superficie y el CO_2 capturado en componente arbóreo y suelo en el INF-CR 297
Figura 255. Valores unitarios de CO_2 (ton/ha) capturado en los componentes arbóreo y de suelo para los bosques de Costa Rica 298
Figura 256. Distribución espacial del CO_2 almacenado en las especies arbóreas mayores o iguales a 2 cm de DAP en los bosques de Costa Rica, según Áreas de Conservación 299
Figura 257. Distribución espacial del CO_2 almacenado en los suelos de los bosques de Costa Rica, según Áreas de Conservación 300
Figura 258. Stoks de CO_2 capturado por rango de altitud del terreno, en los componentes arbóreo y suelo, para los bosques de Costa Rica 301
Figura 259. Valores unitarios (ton/ha) de CO_2 capturado en los componentes arbóreo y suelo de los bosques de Costa Rica, según altitud del terreno 301
Figura 260. Distribución espacial del CO_2 almacenado en especies arbóreas mayores a 2 cm de DAP en los bosques de Costa Rica, en relación a la altitud del terreno 302
Figura 261. Distribución espacial del CO_2 almacenado en el suelo de los bosques de Costa Rica, en relación a la altitud del terreno 303
Figura 262. Valores unitarios (ton/ha) de CO_2 capturado en los componentes arbóreo y suelo de los bosques de Costa Rica, según exposición del terreno 303
Figura 263. Valores unitarios (ton/ha) de CO_2 capturado en los componentes arbóreo y suelo, según la pendiente del terreno, para los bosques de Costa Rica 304
Figura 264. Distribución espacial del CO_2 almacenado en especies arbóreas mayores a 2 cm de DAP de los bosques de Costa Rica, en relación a la pendiente del terreno 305
Figura 265. Distribución espacial del CO_2 almacenado en el suelo de los bosques de Costa Rica, en relación a la pendiente del terreno 306
Figura 266. Valores unitarios (ton/ha) de CO_2 capturado en los componentes arbóreo y suelo de los bosques de Costa Rica, en relación al tipo de suelo del IPCC 307
Figura 267. Distribución espacial del CO_2 almacenado en las especies arbóreas mayores a 2 cm de DAP de los bosques de Costa Rica, en relación a los tipos de suelo del IPCC 307

Figura 268. Distribución espacial del CO_2 almacenado en el suelo de los bosques de Costa Rica, según tipo de suelo del IPCC 308
Figura 269. Valores unitarios (ton/ha) de CO_2, capturado en los componentes arbóreo y suelo de los bosques de Costa Rica, por zona climática del IPCC 309
Figura 270. Valores unitarios (ton/ha) de CO_2 capturado en los componentes arbóreo y suelo por zona de vida de Holdridge 310
Figura 271. Distribución espacial del CO_2 almacenado en las especies arbóreas mayores a 2 cm de DAP de los bosques de Costa Rica, según zonas de vida de Holdridge 311
Figura 272. Distribución espacial del CO_2 almacenado en los suelos de los bosques de Costa Rica, en relación a las zonas de vida de Holdridge 312
Figura 273. Altura en metros en especies de regeneración natural por estrato y para el INF-CR 317
Figura 274. Densidad por hectárea para especies de regeneración natural por estrato y para el INF-CR 317
Figura 275. Número de especies en regeneración natural por estrato y para el INF-CR 318
Figura 276. Clase de altura (m) y especies en regeneración natural estrato Bosque de Palmas 318
Figura 277. Clase de altura (m) y especies en regeneración natural estrato Bosque Maduro 319
Figura 278. Clase de altura (m) y especies en regeneración natural estrato Bosque Secundario 320
Figura 279. Clase de altura (m) y especies en regeneración natural estrato Rodales de Mangle 321
Figura 280. Distribución espacial para el promedio del número de especies arbóreas regenerándose en los bosques de Costa Rica 324
Figura 281. Distribución espacial del total de especies arbóreas distintas presentes en la regeneración para cada tipo de bosque 325
Figura 282. Valores de índices de diversidad para estrato Bosque de Palmas en regeneración 326
Figura 283. Valores de índices de diversidad para estrato Bosque Maduro en regeneración 326
Figura 284. Valores de índices de diversidad para estrato Bosque Secundario en regeneración 327
Figura 285. Valores de índices de diversidad para estrato Rodales de Mangle en regeneración 327
Figura 286. Valores de índices de diversidad para el INF-CR en regeneración 328
Figura 287. Valores máximo, mínimo y medio del número de especies de regeneración natural por estrato y para INF-CR 329
Figura 288. Número total de especies de regeneración natural por estrato y para INF-CR 329
Figura 289. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Margalef en regeneración natural 330
Figura 290. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Menhinick en regeneración natural 330
Figura 291. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Berger – Parker en regeneración natural 331
Figura 292. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Simpson en regeneración natural 331
Figura 293. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Shannon – Wiener en regeneración natural 332
Figura 294. Distribución espacial de la biodiversidad de especies arbóreas regenerándose en los bosques de Costa Rica, según el índice de diversidad de Shannon - Wiener 333
Figura 295. Distribución espacial de la densidad de la regeneración de especies arbóreas de los bosques de Costa Rica en relación a la pendiente del terreno 335
Figura 296. Distribución espacial de la densidad de la regeneración de especies arbóreas de los bosques de Costa Rica en relación a la altitud del terreno 336
Figura 297. Densidad de la regeneración de los bosques de Costa Rica en relación a la exposición, la pendiente y la altitud del terreno 337
Figura 298. Distribución espacial de la densidad de la regeneración de especies arbóreas según tipo de suelo en base a clasificación del IPC 339
Figura 299. Distribución espacial de la densidad de la regeneración de especies arbóreas según zonas de vida de Holdridge 340
Figura 300. Densidad de la regeneración de los bosques de Costa Rica en relación al tipo de suelo y zonas climáticas del IPCC, y a las zonas de vida de Holdridge 341
Figura 301. Densidad de la regeneración de los bosques de Costa Rica para cada una de las categorías de Áreas de Conservación existentes en el país 342
Figura 302. Distribución espacial de la densidad de la regeneración de especies arbóreas según categoría de Área de Conservación de los bosques de Costa Rica 343
Figura 303. Comparación de la densidad promedio de la regeneración entre bosques protegidos y no protegidos de Costa Rica 343

Figura 304. Altura en metros de especies herbáceas por estrato y para el INF-CR 349
Figura 305. Densidad por hectárea para especies herbáceas por estrato y para el INF-CR 350
Figura 306. Número de especies herbáceas por estrato y para el INF-CR 350
Figura 307. Clase de altura (m) y especies herbáceas estrato Bosque de Palmas 351
Figura 308. Clase de altura (m) y especies herbáceas estrato Bosque Maduro 352
Figura 309. Clase de altura (m) y especies herbáceas estrato Bosque Secundario 353
Figura 310. Clase de altura (m) y especies herbáceas estrato Rodales de Mangle 354
Figura 311. Distribución espacial para el promedio del número de especies herbáceas en los bosques de Costa Rica 356
Figura 312. Distribución espacial del total de especies herbáceas presentes en cada tipo de bosque 357
Figura 313. Valores de índices de diversidad de especies herbáceas estrato Bosque de Palmas 358
Figura 314. Valores de índices de diversidad de especies herbáceas estrato Bosque Maduro 358
Figura 315. Valores de índices de diversidad de especies herbáceas estrato Bosque Secundario 359
Figura 316. Valores de índices de diversidad de especies herbáceas estrato Rodales de Mangle 359
Figura 317. Valores de índices de diversidad de especies herbáceas para el INF-CR 360
Figura 318. Valores máximo, mínimo y medio del número de especies herbáceas por estrato y para INF-CR 360
Figura 319. Número total de especies herbáceas por estrato y para INF-CR 360
Figura 320. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Margalef en especies herbáceas 361
Figura 321. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Menhinick en especies herbáceas 362
Figura 322. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Berger – Parker en especies herbáceas 362
Figura 323. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Simpson en especies herbáceas 363
Figura 324. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Simpson Shannon – Wiener en especies herbáceas 363
Figura 325. Distribución espacial de la biodiversidad de especies herbáceas presentes en los bosques de Costa Rica, según el índice de diversidad de Shannon-Wiener 364
Figura 326. Distribución espacial de la densidad de especies herbáceas presentes en los bosques de Costa Rica, según pendiente del terreno 366
Figura 327. Distribución espacial de la densidad de especies herbáceas en los bosques de Costa Rica, según elevación del terreno 367
Figura 328. Densidad de las especies herbáceas presentes en los bosques de Costa Rica, en relación a la exposición, la pendiente y la altitud del terreno 368
Figura 329. Distribución espacial de la densidad de especies herbáceas según tipo de suelo del IPCC 369
Figura 330. Distribución espacial de la densidad de especies herbáceas según zonas de vida de Holdridge 371
Figura 331. Densidad de especies herbáceas de los bosques de Costa Rica en relación al tipo de suelo y zonas climáticas del IPCC, y a las zonas de vida de Holdridge 372
Figura 332. Densidad de especies herbáceas presentes en los bosques de Costa Rica para cada una de las categorías de Áreas de Conservación existentes en el país 373
Figura 333. Distribución espacial de la densidad de especies herbáceas según categoría de Área de Conservación de los bosques de Costa Rica 374
Figura 334. Comparación de la densidad promedio de especies herbáceas entre bosques protegidos y no protegidos de Costa Rica 375

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Superficie y participación de los tipos de bosque en Costa Rica 38
Cuadro 2. Unidades muestrales planificadas y ejecutadas en la Fase I del INF-CR 47
Cuadro 3. Tamaño de muestra estimado para la Fase II y total del INF-CR 47
Cuadro 4. Unidades muestrales planificadas y ejecutadas en la Fase II del INF-CR 48
Cuadro 5. Tamaño de muestra para el INF-CR ejecutadas las Fases I y II 48
Cuadro 6. Datos atípicos en la estimación del CO_2 (ton/ha) de los cinco sumideros evaluados 55
Cuadro 7. Resultado del proceso de depuración 57
Cuadro 8. Unidades muestrales totales del INF-CR 58
Cuadro 9. Parcelas seleccionadas para muestra de detalle de información que genera 72
Cuadro 10. Información general para parcela 15721de Bosque de Palmas 73
Cuadro 11. Variables y existencias calculadas para parcela 15721 incluida en estrato Bosque de Palmas especies ≥ 10 cm de DAP 73
Cuadro 12. Variables y existencias calculadas para parcela 15721 incluida en estrato Bosque de Palmas especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 74
Cuadro 13. Variables y existencias calculadas para parcela 15721 incluida en estrato Bosque de Palmas especies ≥ 2 cm de DAP 74
Cuadro 14. Existencias de CO_2 en parcela 15721 de estrato Bosque de Palmas 74
Cuadro 15. Valores de densidad y número de especies para componentes de regeneración y vegetación herbácea en parcela 15721 de Bosque de Palmas 76
Cuadro 16. Especies según clase de DAP para especies ≥ 10 cm para parcela 15721 de Bosque de Palmas 78
Cuadro 17. Especies según clase de DAP para especies entre 2 cm y 9,9 cm para parcela 15721 de Bosque de Palmas 79
Cuadro 18. Información general para parcela 7818 de Bosque Maduro 80
Cuadro 19. Variables y existencias calculadas para parcela 7818 incluida en estrato Bosque Maduro especies ≥ 10 cm de DAP 80
Cuadro 20. Variables y existencias calculadas para parcela 7818 incluida en estrato Bosque Maduro especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 81
Cuadro 21. Variables y existencias calculadas para parcela 7818 incluida en estrato Bosque Maduro especies ≥ 2 cm de DAP 81
Cuadro 22. Existencias de CO_2 en parcela 7818 de estrato Bosque Maduro 81
Cuadro 23. Valores de densidad y número de especies para componentes de regeneración y vegetación herbácea en parcela 7818 de Bosque Maduro 83
Cuadro 24. Frecuencia de especies según clase de DAP para árboles ≥ 10 cm, parcela 7818 de Bosque Maduro 86
Cuadro 25. Frecuencia de especies según clase de DAP para árboles entre 2 cm y 9,9 cm, parcela 7818 de Bosque Maduro 86
Cuadro 26. Información general para parcela 1664 de Bosque Secundario 87
Cuadro 27. Variables y existencias calculadas para parcela 1664 incluida en estrato Bosque Secundario especies ≥ 10 cm de DAP 87
Cuadro 28. Variables y existencias calculadas para parcela 1664 incluida en estrato Bosque Secundario especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 88
Cuadro 29. Variables y existencias calculadas para parcela 1664 incluida en estrato Bosque Secundario especies ≥ 2 cm de DAP 88
Cuadro 30. Existencias de CO_2 en parcela 1664 de estrato Bosque Secundario 88
Cuadro 31. Valores de densidad y número de especies para componentes de regeneración y vegetación herbácea en parcela 1664 de Bosque Secundario 90
Cuadro 32. Frecuencia de especies según clase de DAP para árboles ≥ 10 cm, parcela 1664 de Bosque Secundario 92
Cuadro 33. Frecuencia de especies según clase de DAP para árboles entre 2 cm y 9,9 cm, parcela 1664 de Bosque Secundario 93
Cuadro 34. Información general para parcela 19505 de Pasto con Árboles 94
Cuadro 35. Variables y existencias calculadas para parcela 19505 incluida en estrato Pasto con Árboles especies ≥ 10 cm de DAP 94
Cuadro 36. Variables y existencias calculadas para parcela 19505 incluida en estrato Pasto con Árboles especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 95

Cuadro 37. Variables y existencias calculadas para parcela 19505 incluida en estrato Pasto con Árboles especies ≥ 2 cm de DAP 95
Cuadro 38. Existencias de CO_2 en parcela 19505 de estrato Pasto con Árboles 95
Cuadro 39. Valores de densidad y número de especies para componentes de regeneración y vegetación herbácea en parcela 19505 de Pasto con Árboles 97
Cuadro 40. Especies según clase de DAP para especies ≥ 10 cm para parcela 19505 de Pasto con Árboles 99
Cuadro 41. Especies según clase de DAP para especies entre 2 cm y 9,9 cm para parcela 19505 de 100
Pasto con Árboles 100
Cuadro 42. Información general para parcela 5144 de Plantación Forestal 101
Cuadro 43. Variables y existencias calculadas para parcela 5144 incluida en estrato Plantación Forestal especies ≥ 10 cm de DAP 101
Cuadro 44. Variables y existencias calculadas para parcela 5144 incluida en estrato Plantación Forestal especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 102
Cuadro 45. Variables y existencias calculadas para parcela 5144 incluida en estrato Plantación Forestal especies ≥ 2 cm de DAP 102
Cuadro 46. Existencias de CO_2 en parcela 5144 de estrato Plantación Forestal 102
Cuadro 47. Valores de densidad y número de especies para componentes de regeneración y vegetación herbácea en parcela 5144 de Plantación Forestal 104
Cuadro 48. Especies según clase de DAP para especies ≥ 10 cm para parcela 5144 de Plantación Forestal 106
Cuadro 49. Información general para parcela 5162 de Rodales de Mangle 107
Cuadro 50. Variables y existencias calculadas para parcela 5162 incluida en estrato Rodales de Mangle especies ≥ 10 cm de DAP 107
Cuadro 51. Variables y existencias calculadas para parcela 5162 incluida en estrato Rodales de Mangle especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 108
Cuadro 52. Variables y existencias calculadas para parcela 5162 incluida en estrato Rodales de Mangle especies ≥ 2 cm de DAP 108
Cuadro 53. Existencias de CO_2 en parcela 5162 de estrato Rodales de Mangle 108
Cuadro 54. Valores de densidad y número de especies para componentes de regeneración y vegetación herbácea en parcela 5162 de Rodales de Mangle 110
Cuadro 55. Frecuencia de especies según clase de DAP para árboles ≥ 10 cm, parcela 5162 de Rodales de Mangle 112
Cuadro 56. Frecuencia de especies según clase de DAP para árboles entre 2 cm y 9,9 cm, parcela 5162 de Rodales de Mangle 113
Cuadro 57. Información general para el estrato arbóreo Bosque de Palmas 116
Cuadro 58. Proporción de componentes vegetales para el estrato Bosque de Palmas 117
Cuadro 59. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Bosque de Palmas en componente árboles ≥ 10 cm de DAP 117
Cuadro 60. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Bosque de Palmas en componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 118
Cuadro 61. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Bosque de Palmas árboles ≥ 2 cm de DAP combinación de los componentes 118
Cuadro 62. Densidad en árboles por hectárea por componente vegetal para el estrato Bosque de Palmas 119
Cuadro 63. Número de especies por componente vegetal del estrato Bosque de Palmas 120
Cuadro 64. Stock de CO_2 en toneladas por hectárea para los depósitos considerados 121
Cuadro 65. Información general para el estrato arbóreo Bosque Maduro 123
Cuadro 66. Proporción de componentes vegetales para el estrato Bosque Maduro 124
Cuadro 67. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Bosque Maduro en componente árboles ≥ 10 cm de DAP 124
Cuadro 68. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Bosque Maduro en componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 125
Cuadro 69. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Bosque Maduro árboles ≥ 2 cm de DAP combinación de los componentes 125
Cuadro 70. Densidad en árboles por hectárea por componente vegetal para el estrato Bosque Maduro 126
Cuadro 71. Número de especies por componente vegetal estrato Bosque Maduro 127
Cuadro 72. Stock de CO_2 en toneladas por hectárea para los depósitos considerados 128

Cuadro 73. Información general para el estrato arbóreo Bosque Secundario 130
Cuadro 74. Proporción de componentes vegetales para el estrato Bosque Secundario 130
Cuadro 75. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Bosque Secundario en componente árboles ≥ 10 cm de DAP 131
Cuadro 76. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Bosque Secundario en componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 131
Cuadro 77. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Bosque Secundario en árboles ≥ 2 cm de DAP combinación de los componentes 132
Cuadro 78. Densidad en árboles por hectárea por componente vegetal para el estrato Bosque Secundario 132
Cuadro 79. Número de especies por componente vegetal estrato Bosque Secundario 133
Cuadro 80. Stock de CO_2 en toneladas por hectárea para los depósitos considerados 134
Cuadro 81. Información general para el estrato arbóreo Pasto con Árboles 136
Cuadro 82. Proporción de componentes vegetales para el estrato Pasto con Árboles 137
Cuadro 83. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Pasto con Árboles en componente árboles ≥ 10 cm de DAP 137
Cuadro 84. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Pasto con Árboles en componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 138
Cuadro 85. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Pasto con Árboles para árboles ≥ 2 cm de DAP combinación de los componentes 138
Cuadro 86. Densidad en árboles por hectárea por componente vegetal para el estrato Pasto con Árboles 139
Cuadro 87. Número de especies por componente vegetal estrato Pasto con Árboles 140
Cuadro 88. Stock de CO_2 en toneladas por hectárea para los depósitos considerados 141
Cuadro 89. Información general para el estrato arbóreo Plantación Forestal 143
Cuadro 90. Proporción de componentes vegetales para el estrato Plantación Forestal 143
Cuadro 91. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Plantación Forestal en componente árboles ≥ 10 cm de DAP 144
Cuadro 92. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Plantación Forestal en componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 144
Cuadro 93. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Plantación Forestal para árboles ≥ 2 cm de DAP combinación de los componentes 145
Cuadro 94. Densidad en árboles por hectárea por componente vegetal para el estrato Plantación Forestal 145
Cuadro 95. Número de especies por componente vegetal estrato Plantación Forestal 146
Cuadro 96. Stock de CO_2 en toneladas por hectárea para los depósitos considerados 147
Cuadro 97. Información general para el estrato arbóreo Rodales de Mangle 149
Cuadro 98. Proporción de componentes vegetales para el estrato Rodales de Mangle 150
Cuadro 99. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Rodales de Mangle en componente árboles ≥ 10 cm de DAP 150
Cuadro 100. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Rodales de Mangle en componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 151
Cuadro 101. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Rodales de Mangle para árboles ≥ 2 cm de DAP combinación de los componentes 151
Cuadro 102. Densidad en árboles por hectárea por componente vegetal para el estrato Rodales de Manglar 152
Cuadro 103. Número de especies por componente vegetal estrato Rodales de Mangle 153
Cuadro 104. Stock de CO_2 en toneladas por hectárea para los depósitos considerados 154
Cuadro 105. Información general determinada a través del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica 156
Cuadro 106. Proporción de componentes vegetales determinados a través del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica 156
Cuadro 107. Dasometría y existencias determinadas a través del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica en componente árboles ≥ 10 cm de DAP 157
Cuadro 108. Dasometría y existencias determinadas a través del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica en componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP 158
Cuadro 109. Dasometría y existencias determinadas a través del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica para árboles ≥ 2 cm de DAP combinación de los componentes 158
Cuadro 110. Densidad en árboles por hectárea por componente vegetal para el Bosque de Costa Rica 159

Cuadro 111. Número de especies promedio por componente vegetal en los Bosques de Costa Rica 160
Cuadro 112. Stock de CO_2 en toneladas por hectárea para los depósitos considerados 161
Cuadro 113. Proporción de existencias en relación al inventario total para Bosque de Palmas 167
Cuadro 114. Proporción de existencias en relación al inventario total para Bosque Maduro 177
Cuadro 115. Proporción de existencias en relación al inventario total para Bosque Secundario 188
Cuadro 116. Proporción de existencias en relación al inventario total para Pasto con Árboles 199
Cuadro 117. Proporción de existencias en relación al inventario total para Plantación Forestal 210
Cuadro 118. Proporción de existencias en relación al inventario total para Rodales de Mangle 221
Cuadro 119. Existencias (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Bosque de Palmas 252
Cuadro 120. Errores de muestreo (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Bosque de Palmas 253
Cuadro 121. Existencias (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Bosque Maduro 253
Cuadro 122. Errores de muestreo (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Bosque Maduro 253
Cuadro 123. Existencias (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Bosque Secundario 254
Cuadro 124. Errores de muestreo (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Bosque Secundario 254
Cuadro 125. Existencias (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Pasto con Árboles 255
Cuadro 126. Errores de muestreo (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Pasto con Árboles 255
Cuadro 127. Existencias (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Plantaciones Forestales 255
Cuadro 128. Errores de muestreo (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Plantaciones Forestales 256
Cuadro 129. Existencias (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Rodales de Mangle 256
Cuadro 130. Errores de muestreo (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Rodales de Mangle 257
Cuadro 131. Existencias de CO_2 (en toneladas) por estrato arbóreo o tipo de bosque 257
Cuadro 132. Existencias de CO_2 (en toneladas) y participación porcentual por estrato arbóreo según error de muestreo 257
Cuadro 133. Existencias de CO_2 (en toneladas) y participación porcentual por componente 258
Cuadro 134. Índices de diversidad, cantidad de especies arbóreas y madera muerta en pie por estrato arbóreo 272
Cuadro 135. Índices de diversidad, cantidad de especies arbóreas y madera muerta en pie para el INF-CR y los estratos arbóreos 276
Cuadro 136. 40 especies forestales nativas de Costa Rica amenazadas o en peligro de extinción (Jiménez, 1999). Incluye las 18 especies con prohibición de aprovechamiento según decreto ejecutivo N° 25.700 – MINAE de Enero 1997 285
Cuadro 137. Categoría de conservación de especies forestales nativas de Costa Rica, vulnerables o en peligro (Estrada *et al*., 2005) 287
Cuadro 138. Cantidad de árboles por hectárea por categoría de conservación, estrato arbóreo e INF-CR 289
Cuadro 139. Especies en peligro de extinción encontradas en el INF-CR 290
Cuadro 140. Especies en peligro encontradas en el INF-CR (Estrada, 2005) 290
Cuadro 141. Especies amenazadas encontradas en el INF-CR 291
Cuadro 142. Especies vulnerables encontradas en el INF-CR 292
Cuadro 143. Especies de preocupación menor encontradas en el INF-CR 292
Cuadro 144. Superficie y CO_2 capturado en componente arbóreo y suelo en el INF-CR 297
Cuadro 145. Superficie y CO_2 capturado en los componentes arbóreo y suelo para cada categoría de conservación de los bosques de Costa Rica 298
Cuadro 146. Superficie y stock de CO_2 asociado a los componentes arbóreo y suelo por rango de elevación del terreno para los bosques de Costa Rica 301
Cuadro 147. Superficie y CO_2 capturado en los componentes arbóreo y suelo, en relación a la exposición del terreno, para los bosques de Costa Rica 302
Cuadro 148. Superficie y CO_2 capturado en los componentes arbóreo y suelo, según pendiente del terreno, para los bosques de Costa Rica 304
Cuadro 149. Superficie y CO_2 capturado en los componentes arbóreo y suelo, por tipo de suelo del IPCC, para los bosques de Costa Rica 306
Cuadro 150. Superficie y CO_2 capturado en los componentes arbóreo y suelo de los bosques de Costa Rica, en relación a las zonas climáticas del IPCC 309
Cuadro 151. Superficie y CO_2 capturado, en componente arbóreo y suelo de los bosques de Costa Rica, según zonas de vida de Holdridge 310
Cuadro 152. Especies de regeneración natural con mayor presencia en el INF-CR 322

Cuadro 153. Índices de diversidad y cantidad de especies arbóreas por estrato arbóreo para especies de regeneración natural 323
Cuadro 154. Densidad de la regeneración en relación a la exposición del terreno 334
Cuadro 155. Densidad de la regeneración en relación a la pendiente del terreno 334
Cuadro 156. Densidad de la regeneración en relación a la altitud del terreno 334
Cuadro 157. Densidad de la regeneración en relación al tipo de suelo según clasificación del IPCC 338
Cuadro 158. Densidad de la regeneración en relación las zonas climáticas del IPCC 338
Cuadro 159. Densidad de la regeneración en relación a las zonas de vida de Holdridge 338
Cuadro 160. Densidad de la regeneración en cada categoría de Área de Conservación de Costa Rica 342
Cuadro 161. Densidad promedio de la regeneración en bosques protegidos y no protegidos de Costa Rica 343
Cuadro 162. Especies herbáceas con mayor presencia en el INF-CR 354
Cuadro 163. Índices de diversidad y cantidad de especies herbáceas por estrato arbóreo 355
Cuadro 164. Densidad de especies herbáceas en relación a la exposición del terreno 365
Cuadro 165. Densidad de especies herbáceas en relación a la pendiente del terreno 365
Cuadro 166. Densidad de especies herbáceas en relación a la altitud del terreno 367
Cuadro 167. Densidad de especies herbáceas en relación al tipo de suelo, según clasificación del IPCC 369
Cuadro 168. Densidad de especies herbáceas en relación las zonas climáticas del IPCC 370
Cuadro 169. Densidad de especies herbáceas en relación a las zonas de vida de Holdridge 370
Cuadro 170. Densidad de especies herbáceas en cada categoría de Área de Conservación de Costa Rica 373
Cuadro 171. Densidad promedio de especies herbáceas en bosques protegidos y bosques no protegidos de Costa Rica 374



Presentación

Es la primera vez en la historia Natural de Costa Rica que se ha realizado un inventario forestal nacional y que con gran beneplácito estamos presentando su informe final. Sin duda en las ciencias forestales no hay una acción más compleja y retadora porque además del reto científico, tecnológico e institucional que esto conlleva, se experimenta un sentimiento de aventura y de expectativa por lo que se va a descubrir y aquí es donde la silvicultura y la estadística se articulan virtuosamente. Los resultados que hemos obtenido y que presentamos renuevan nuestra capacidad de asombro ante lo nuevo, ante lo inédito de la información.

En una forma atrevida pero confiados en nuestras capacidades como país, nos planteamos desde el inicio que este estudio iba a ser el mejor de los producidos en el mundo, este fuerte sentimiento hizo que todos los que estuvimos involucrados en su ejecución, en los diferentes roles, tuviéramos la convicción de que el resultado iba a ser exitoso.

Una característica deseada del personal seleccionado, indistintamente de su nivel académico o especialidad fue la vocación por el dato, por el valor del dato y su calidad. Pero para efectos de asegurar la confiabilidad absoluta de los datos obtenidos, se establecieron varios protocolos de control de calidad, tres para el mapa de tipos de bosques, dos para la lista maestra de especies forestales y tres para la campaña de campo. Precisamente, esta rigurosidad científica y estadística alimentada con el compromiso de sus ejecutores permitió hacer entrega de resultados extraordinarios.

Las 380 páginas de este informe organizadas en 13 capítulos, nos permite conocer como nunca antes, la ubicación, la tipología, estructura, composición, producción, regeneración asociada y variabilidad de nuestros bosques. Este instrumento científicamente sólido servirá para sustentar la formulación de políticas públicas y tomar decisiones informadas a nivel de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales.







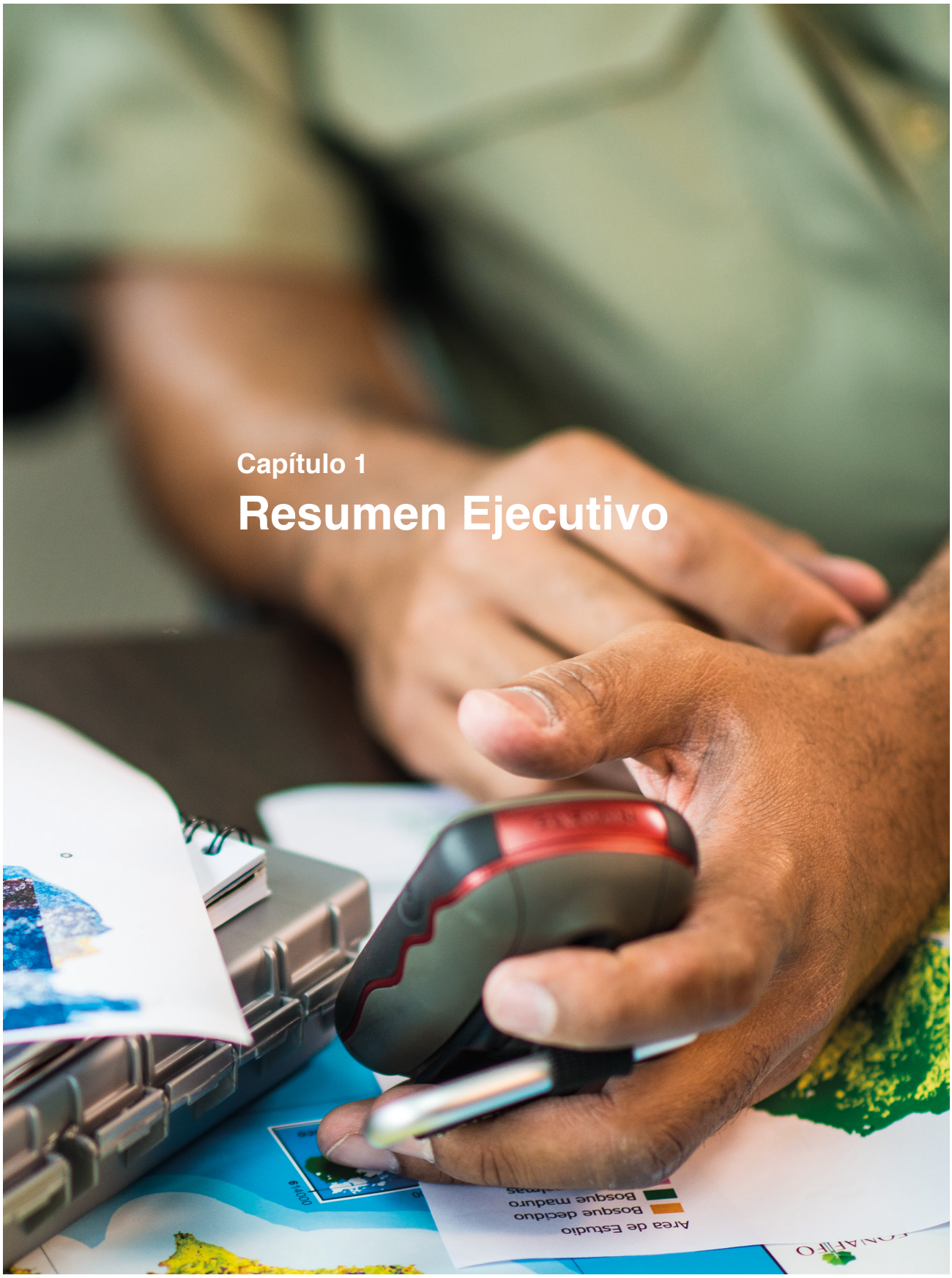
Entendemos que el potencial de la información que están aún sin analizar en los más de 24000 registros levantados en el campo es grande, y que claramente sobrepasa las capacidades institucionales del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), por lo que la necesidad de establecer alianzas con la academia, institutos científicos y demás actores de la comunidad científica es indispensable. Esto nos plantea el desafío de realizar esfuerzos institucionales sostenidos para continuar dando seguimiento y actualizando la información forestal, por lo que el poder consolidar el Sistema Nacional de Monitoreo Forestal y brindarle los recursos requeridos para su consolidación será vital.

Debemos dar continuidad a estas acciones para generar la información que respalde científicamente y oficialmente las acciones de mitigación que el país realiza, así mismo, entender la resiliencia de nuestros ecosistemas de bosques y su comportamiento adaptativo ante el cambio climático.

Sin duda este inventario forestal esta en concordancia con la imagen internacional y respalda vigorosamente las acciones que Costa Rica ha venido ejecutando históricamente y que lo ubican como un país líder a nivel mundial por sus logros en conservación y uso sostenible de la biodiversidad, con el propósito de resguardar y hacer un uso responsable de nuestro capital natural para el disfrute y bienestar de la ciudadanía costarricense.

Gilbert Canet Brenes
Director Nacional del Inventario Forestal Nacional
Administrador Forestal del Estado


inerfor
Panamá



Capítulo 1

Resumen Ejecutivo

Capítulo 1

Resumen Ejecutivo

Costa Rica emprendió en el año 2012, la planificación y ejecución del Primer Inventario Nacional Forestal (INF-CR) liderado por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) con el respaldo técnico de la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ), a través del Programa Regional REDD/CCAD-GIZ. Durante este proceso se han elaborado una serie de productos intermedios relevantes para el logro de los objetivos del INF-CR, como la "Cartografía Base" para la estratificación en tipos de bosque, el "Manual de Campo" para el establecimiento y medición de parcelas de muestreo, los "Protocolos de Identificación de Especies" y la "Memoria de Cálculo del INF". En este contexto, la presente publicación viene a complementar esta secuencia de generación de productos del INF-CR en el tenor de mostrar en detalle los resultados finales asociados al procesamiento de la información multinivel recabada en las parcelas anidadas realizadas, así como mostrar algunas relaciones entre las principales variables dasométricas, de biodiversidad y de stock con variables del medio. A este respecto, la perspectiva y metodología de procesamiento y análisis de información se desarrolló en plena consecuencia con el cumplimiento del objetivo general establecido para el INF-CR: "determinar las existencias, características y el estado de los recursos forestales del país como base para orientar el ordenamiento de las tierras forestales en la toma de decisiones para su manejo y administración".

La base para la planificación y ejecución del INF-CR corresponde a la superficie forestal de Costa Rica. Según la cartografía desarrollada en 2013, con imágenes RapidEye de resolución de 5 metros, la superficie forestal corresponde a 3.866.895,8 ha (75,5%), la superficie no forestal es de 773.135,2 ha (15,1%) y la superficie no clasificada por la existencia de nubes o sombra de nubes es de 481.997,4 ha (9,4%). La superficie forestal se compone de 6 tipos de ecosistemas forestales definidos para los efectos del levantamiento de información del INF-CR. Los tipos de bosques de mayor participación en cuanto a la superficie de bosques de Costa Rica son el Bosque maduro y el Bosque secundario, que en conjunto representan el 64,38% de la superficie boscosa del país; la tercera superficie en importancia corresponde al uso Pasto con árboles, con un 31,54% de participación. Los usos Bosque de palmas naturales, Rodales de mangle y Plantaciones forestales representan en conjunto sólo el 4,2% de la superficie de interés.

Cada tipo de bosque corresponde a un estrato y se aplicó un muestreo sistemático en cada uno de ellos, con una intensidad de muestreo variable establecida con la finalidad de lograr como resultado final una incertidumbre, asociada a la variable dasométrica área basal, no superior al 15%. La unidad muestral utilizada corresponde un sistema de parcelas de dimensiones variables según sea el componente a mensurar, conjugándose 7 parcelas anidadas en un mismo sitio. El desarrollo del INF-CR se realizó en dos fases de trabajo de campo y se logró en último término una muestra total de 280 parcelas con las que se efectuó el proceso de estimación para las variables consideradas de interés según muestreo aleatorio simple para cada estrato.

Dados los distintos niveles de información levantada en campo, los resultados generados en el procesamiento de los antecedentes del INF-CR pueden ser agregados desde el nivel de la parcela o unidad de muestreo hasta obtener un valor del total para la superficie que se consideró en el diseño y ejecución del mismo.

Para mostrar la gran cantidad de información que se genera del análisis, se desarrolló un modelo de datos construido especialmente para estos efectos que permite visualizar de manera dinámica la información desde distintas perspectivas para los diferentes niveles de detalle que se requieren para lograr interpretar de manera adecuada los resultados. El menú principal del Dashboard [1] desarrollado permite acceder a la información del inventario en 5 niveles distintos de agregación de ella, ordenados jerárquicamente desde el menor al mayor nivel de detalle o desagregación.

En los capítulos presentados en este documento se detallan en primer término los antecedentes generales y aspectos metodológicos de la planificación y ejecución del INF-CR, y posteriormente se muestran los resultados más relevantes asociados tanto a los distintos niveles de procesamiento posibles como a las variables dendrométricas, dasométricas, de biodiversidad y ambientales consideradas de mayor interés.

Para el estrato Bosque maduro, la densidad promedio para los árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP es de 469 árboles/ha, el DAP medio alcanza a los 24,5 cm, la altura total es de 13,7 m, el área basal media es de 32,3 m^2/ha, y la existencia de volumen llega en promedio a 338,0 m^3/ha y el stock promedio de CO_2 a 447,4 ton/ha. Para este tipo de bosque, los mayores valores de CO_2 se encuentran en el componente arbóreo con 464,2 ton/ha, lo sigue el componente suelo con 411,9 ton/ha y entre ambos aportan un 84% del total de CO_2 almacenado en este tipo de bosque. El menor aporte de CO_2 corresponde a los depósitos de hojarasca y maderas muertas, con 6,02 ton/ha y 29,2 ton/ha respectivamente.

Para el componente árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP de los Bosques secundarios, se estiman valores de densidad de 415 árboles/ha, DAP promedio de 21,2 cm, altura total de 11,9 m, área basal promedio de 19,5 m^2/ha, y existencias de volumen de 159,2 m^3/ha y de CO_2 de 204,0 ton/ha. Los mayores valores de CO_2 se encuentran en el componente suelo con 389,8 ton/ha, seguido por el componente arbóreo con 219,9 ton/ha, y entre ambos aportan un 89% del total. El menor aporte de CO_2 corresponde a los depósitos de hojarasca y maderas muertas con 4,6 ton/ha y 10,8 ton/ha respectivamente.

Para el estrato Pasto con árboles, la densidad promedio para los árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP es de 72 árboles/ha, el DAP medio alcanza a 26,4 cm, la altura total es de 9,1 m, el área basal promedio de 5,1 m^2/ha, y la existencia de volumen llega a 34,0 m^3/ha y el stock promedio de CO_2 es de 39,9 ton/ha. Los mayores valores de CO_2 se encuentran en el componente suelo con 398,2 ton/ha, seguido por el componente arbóreo con 45,3 ton/ha, entre ambos aportan un 89% del total. El menor aporte de CO_2 corresponde a los depósitos de hojarasca y raíces con 2,1 ton/ha y 12,2 ton/ha respectivamente.

En el caso de los Bosques de palmas, para el componente árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP, se estiman valores medios de densidad de 468 árboles/ha, DAP medio de 24,6 cm, altura total de 12,8 m, área basal promedio de 25,5 m^2/ha, y existencias de volumen de 191,1 m^3/ha y de CO_2 de 204,1 ton/ha. A nivel general en este tipo de bosque, los mayores valores de CO_2 se encuentran en el componente suelo con 415,2 ton/ha, seguido por las especies forestales (árboles mayores a 2 cm de DAP) con 214,6 ton/ha, y entre ambos aportan un 90% del CO_2 total. El menor aporte de CO_2 corresponde a los depósitos de hojarasca y maderas muertas con 5,5 ton/ha y 12,5 ton/ha respectivamente.

Para el componente árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP del estrato Plantación forestal, la densidad promedio es de 286 árboles/ha, el DAP medio de 24,4 cm, la altura total de 13,2 m, el área basal promedio es de 10,9 m^2/ha, y la existencia de volumen es de 86,2 m^3/ha y para el CO_2 se tienen 94,7 ton/ha. Los mayores valores de CO_2 se encuentran en el componente suelo con 381,1 ton/ha, seguido por el componente arbóreo con 94,9 ton/ha, entre ambos aportan un 92% del total. El menor aporte de CO_2 corresponde a los depósitos de maderas muertas y hojarasca con 5,7 ton/ha y 7,5 ton/ha respectivamente.

Para el caso del estrato Rodales de Mangle, el muestreo aplicado permite estimar, para los árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP, valores medios de densidad de 338 árboles/ha, DAP medio de 19,7 cm, altura total de 12,8 m, área basal promedio de 15,2 m^2/ha, y existencias de volumen de 131,7 m^3/ha y de CO_2 de 225,7 ton/ha. Los mayores valores de CO_2 se encuentran en el componente suelo con 415,8 ton/ha, seguido

1 El Dashboard corresponde a una base de datos sistematizada en formato MS Excel que permite visualizar los resultados del INF-CR en ambiente de ventanas interactivas desde los niveles generales hasta el nivel de detalle de cada parcela. La utilidad de esta herramienta está en el hecho de poder lograr la interacción y segmentación de la información a mostrar.

por el componente arbóreo con 233,9 ton/ha, entre ambos aportan un 86% del total. El menor aporte de CO_2 corresponde a los depósitos de hojarasca y maderas muertas con 0,8 ton/ha y 7,5 ton/ha respectivamente.

Considerando los árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP, al analizar el conjunto de todos los estratos definidos (total de la población) se estima para los bosques de Costa Rica un DAP medio de 24,3 cm (± 4,8%), una altura total promedio de 12,0 m (± 3,8%), área basal promedio de 20,2 m^2/ha (± 7,8%) y biomasa promedio de 134,6 ton/ha (± 11,8%). Para este componente del bosque, los errores de muestreo obtenidos en las estimaciones de las variables dasométricas analizadas son mas bajos que el preestablecido en la planificación del inventario (15%), encontrándose la mayor variabilidad para la estimación de la biomasa seca (11,8%).

El stock total de CO_2 estimado por el INF-CR para los bosques de Costa Rica alcanza a 2.950.174.696 toneladas, estimación que tiene asociado un error de muestro del 6,1%, por lo que este stock oscila entre 2.771.536.308 y 3.128.813.084 toneladas. En términos de la incertidumbre asociada a las estimaciones por tipo de bosque, el máximo error de muestreo corresponde a un 13,9%, para el estrato Rodales de mangle y el mínimo error de muestreo corresponde a un 2,8%, para el estrato Pasto con árboles. Luego, el error de muestreo por estrato resultó menor al 15 % fijado como objetivo al inicio de la planificación del INF-CR. Es el Bosque maduro el tipo de bosque con mayor stock de CO_2 total fijado con 1.605.409.870 toneladas (54% del total), seguido por el Bosque secundario con 639.872.834 toneladas (22% del total). En términos de cada uno de los sumideros de CO_2 evaluados en el INF-CR, si no se considera el aporte de CO_2 del suelo, el mayor stock de CO_2 está dado para el componente Árboles iguales o mayores a 10 cm de DAP, que representan un 68,6% del CO_2 total, seguido de los componentes Raíces (19,3%) y Maderas muertas (7,5%). Cuando se incorpora en el análisis como sumidero el Suelo (a 30 cm de profundidad), este componente por sí sólo representa el Es 51,7% del CO_2 total, seguido de los Árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP (32,5%).

De acuerdo a todos los índices de biodiversidad calculados con la información resultante del INF-CR, considerando los árboles mayores o iguales a 2 cm de DAP (Unidad Muestral Primaria y Unidad Muestral Secundaria), los estratos Bosque maduro y Bosque secundario presentan la mayor diversidad de especies, con presencia de 893 y 904 especies distintas respectivamente. El siguiente estrato con mayor diversidad es Pasto con árboles, el cual presenta 166 especies distintas. Los estratos Bosque de Palmas (98 especies distintas), Plantaciones Forestales (39 especies distintas) y Rodales de Mangle (17 especies distintas) presentan diversidad Media a Baja, debido a que predominan sólo algunas especies, y el resto tiene escasa presencia, lo que los hace menos diversos.

En el INF-CR se detectaron 11 especies en peligro de extinción, 7 de ellas además incluidas en el Decreto Ejecutivo 25.700 MINAE que las cataloga como especies en veda, lo que corresponde al 61,1% de las especies consideradas en esta categoría de conservación en la legislación de Costa Rica (18 especies); estas están presentes principalmente en los estratos Bosque secundario y Plantación forestal. Existen 2 especies catalogadas en peligro y 20 especies en la categoría de vulnerables, presentes principalmente en los estratos Bosque maduro y Bosque secundario. Las especies caracterizadas como amenazadas encontradas fueron 16, presentes principalmente en Bosque de palmas y Bosque maduro.

Respecto a la regeneración de los bosques de Costa Rica, el promedio de la densidad es de 3.868 plantas/ha, con un error de muestreo de 15,3%; al interpretar este último dato es necesario tener presente que para los estratos Plantación forestal y Pastos con árboles no se realizó la evaluación del componente regeneración. En los estratos Bosque maduro y Bosque secundario se encontró la mayor cantidad de regeneración, con 5.747 plantas/ha y 6.229 plantas/ha respectivamente; mientras que son los Bosques de palmas los que presentan la menor regeneración, con tan sólo 1.179 plantas/ha y el estrato Rodales de mangle presenta un promedio de 3.820 plantas/ha regenerándose. Son también los estratos Bosque secundario y Bosque maduro los que presentan la mayor diversidad de especies regenerándose (212 y 155 especies distintas, respectivamente), en tanto que en los estratos Bosque de palmas y Rodales de mangle la biodiversidad de la regeneración es baja (9 y 6 especies distintas, respectivamente). Al considerar todos los estratos en su conjunto, se estima que se encuentran en situación de regeneración 340 especies distintas de árboles para los bosques de Costa Rica.

Para el caso de las especies herbáceas presentes en los bosques, el promedio de la densidad para el INF-CR es de 71.851 individuos por unidad de superficie, con un error de muestreo de 26%; al interpretar este último dato es necesario tener presente que, al igual que en el caso de la regeneración, para los estratos Plantación forestal y Pastos con árboles no se realizó la evaluación del componente herbáceo. Para los estratos Bosque

secundario y Bosque maduro es donde existe una mayor cantidad de individuos para las especies herbáceas, con 139.882 ind/ha y 90.667 ind/ha, respectivamente, en tanto que los Bosques de palmas y Rodales de mangle tienen la menor cantidad de individuos de plantas herbáceas, con 40.000 ind/ha y 54.000 ind/ha. De acuerdo a los índices de biodiversidad, son también los estratos Bosque secundario y Bosque maduro para los que se estima la mayor diversidad de especies herbáceas presentes en los bosques (234 y 136 especies distintas, respectivamente); en tanto los estratos Bosque de palmas y Rodales de mangle, los índices establecen que la biodiversidad de las especies herbáceas es baja (31 y 9 especies distintas, respectivamente). Al considerar todos los tipos de bosques en su conjunto se tiene que, para los estratos en los que se evaluó la presencia de herbáceas, existen 339 especies distintas de plantas vasculares herbáceas en los bosques de Costa Rica.

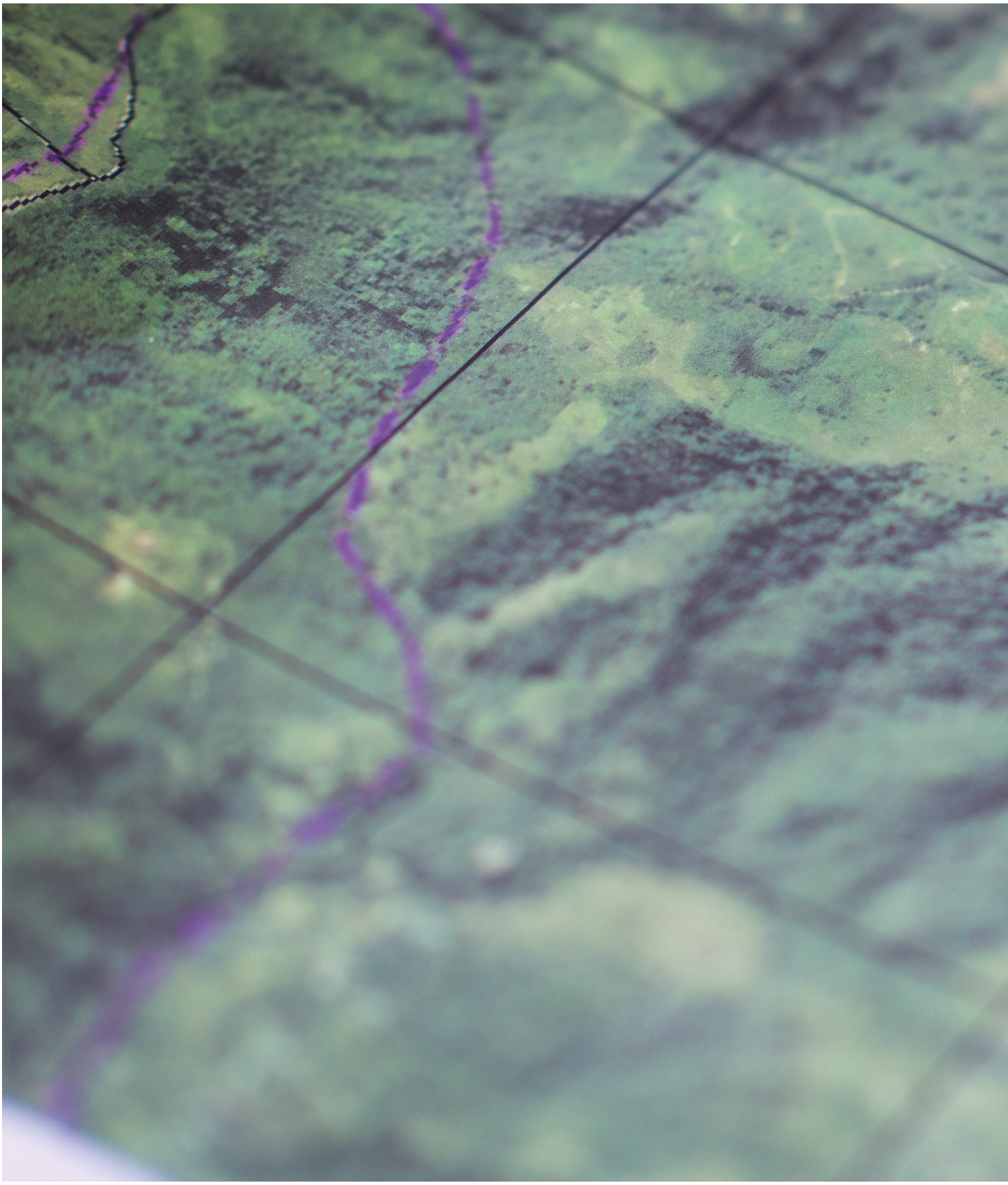
Si se agrupa el territorio nacional con bosque de Costa Rica en dos categorías de conservación, se tiene que la regeneración es mayor en las áreas boscosas protegidas (4.012 plantas/ha) que en las áreas boscosas sin ningún régimen de protección (3.491 plantas/ha). En el mismo análisis, pero para el caso de la densidad de especies herbáceas se tiene que esta es también levemente mayor (3,4%) en las áreas boscosas protegidas (73.023 individuos/ha) que en las áreas boscosas sin ningún régimen de protección (60.440 individuos/ha).

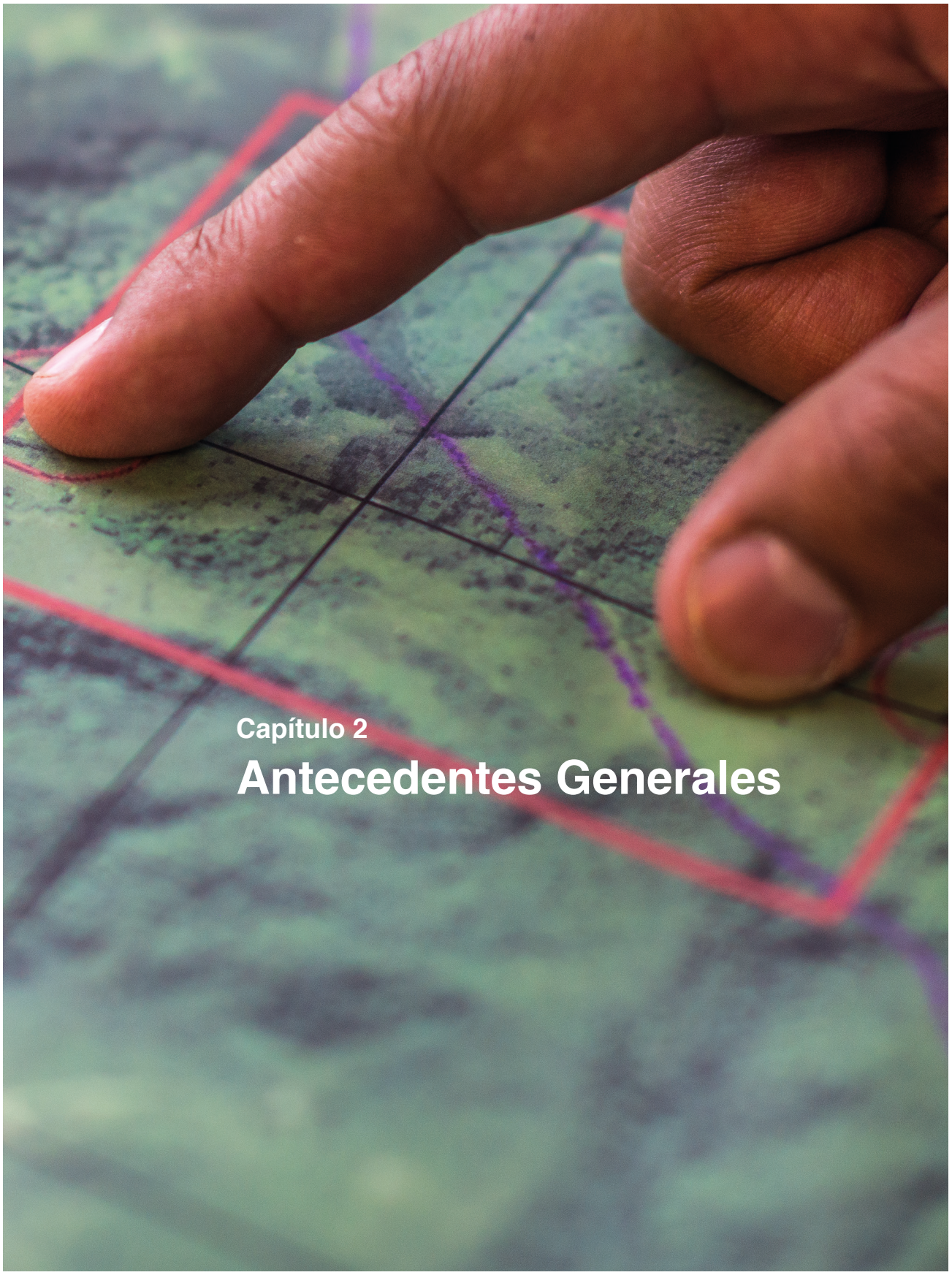
Dentro de las áreas protegidas, la mayor densidad de regeneración se da en las categorías de Área de Conservación Reserva Forestal (5.549 plantas/ha) y Parque Nacional (4.769 plantas/ha), en tanto que los menores niveles de regeneración están dados para Refugio de Vida Silvestre (3.302 plantas/ha) y Otras categorías de conservación (2.081 plantas/ha). La mayor densidad de especies herbáceas presentes en los bosques de Costa Rica se da en la categoría Reserva Indígena (169.723 individuos/ha) en la cual existe más del doble de individuos por unidad de superficie que en la categoría Refugio Nacional que es la que le precede. Los menores niveles de especies herbáceas están dados para Humedales (41.756 individuos/ha) y Refugio de Vida Silvestre (50.278 individuos/ha).

Respecto a un análisis más detallado de los sumideros de CO_2 de los bosques de Costa Rica, si se agrupa el territorio nacional con bosque en dos categorías de conservación, se tiene que el stock de CO_2 total (componentes arbóreo y suelo) es de 998,8 millones de toneladas para las áreas bajo algún régimen de protección (39%) y de 1.561,1 millones de toneladas de CO_2 en las áreas no protegidas (61%). La mayor captura de CO_2 de las áreas protegidas está en los Parques Nacionales y las Reservas Indígenas, con un 64% del CO_2 de las áreas protegidas y un 25% del CO_2 total estimado para los bosques de Costa Rica. Además, al analizar la relación entre stock de CO_2 y variables ambientales, se evidencia un nulo efecto de la exposición, pero si hay una tendencia a mayor stock de CO_2 en la medida que la inclinación del terreno es menor y que la altitud también es menor: las existencias de CO_2 se concentran principalmente en las altitudes menores o igual a 1.500 msnm (solo el 14% del CO_2 capturado se encuentra en altitudes superiores a 1.500 msnm) y en la pendiente menor (0 – 15%).

Para las variables de sitio (suelo y clima), las mayores existencias de carbono se encuentran en los Suelos arcillosos de alta y baja actividad, tanto para componente arbóreo como para componente de suelo, y el 60% de las existencias totales de carbono se concentra en las zonas de vida de Holdridge Bosque húmedo tropical premontano, Bosque muy húmedo tropical y Bosque húmedo tropical.

Dados los distintos niveles de información con los que se cuenta, la diversidad de variables evaluadas y la incorporación de los distintos componentes estructurales del bosque en la caracterización de los ecosistemas forestales realizada, es posible concluir que el desarrollo del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica (INF-CR) ha permitido cuantificar y caracterizar la existencia de los recursos forestales en el país, siendo esta información un insumo fundamental para establecer la línea base para la implementación del Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) en el marco de la Estrategia REDD+ Nacional. Así también, la información recabada y las múltiples combinaciones posibles que puede realizarse con ella, son pieza clave para la toma de decisiones para el manejo sustentable de los bosques de Costa Rica.





Capítulo 2

Antecedentes Generales

Capítulo 2

Antecedentes Generales

Como parte del apoyo del Programa REDD-CCAD-GIZ a Costa Rica, se encuentra el desarrollo del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica (INF-CR) con el cual se busca cuantificar y caracterizar las existencias de los recursos forestales en el país, y que a su vez establece la línea base para la implementación del Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) en el marco de la Estrategia REDD+ Nacional. Se espera que la información generada por el INF-CR esté a disposición de las instituciones y personal encargado de la toma de decisiones, y sirva de base para la buena gestión de los recursos forestales del país y generación de políticas de conservación, manejo y gestión de los recursos naturales.

El INF-CR tiene como objetivo "determinar las existencias, características y el estado de los recursos forestales del país como base para orientar el ordenamiento de las tierras forestales en la toma de decisiones para su manejo y administración".

Sus objetivos específicos son:

1. Determinar el área de cobertura forestal del país por tipos de bosque.
2. Determinar las existencias y el estado productivo por tipos de bosque (dendrometría, especies, abundancia, biomasa y las existencias de carbono relacionadas).
3. Servir de base para la determinación de tasas de recuperación, deforestación y degradación de los bosques.
4. Generar información para el sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) para la Estrategia Nacional REDD - Costa Rica.
5. Generar información para orientar el ordenamiento de tierras forestales y atender los compromisos del país en el ámbito nacional e internacional.

El INF-CR fue liderado por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), particularmente por la Gerencia de Desarrollo Forestal. El INF-CR cuenta con un Comité Director, compuesto por funcionarios del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) y SINAC cuya función es orientar las actividades para que se cumpla con los objetivos establecidos para el INF-CR y los mecanismos acordados de MRV de REDD.

En el contexto del INF-CR y del Monitoreo, Reporte y Verificación de REDD se adoptó la definición de bosque reportada por Costa Rica para los proyectos MDL: "Bosque es una área de tierra con un tamaño mínimo de 1,0 hectárea con una cobertura de dosel (o el equivalente en densidad) de más de 30%, con árboles con un potencial para alcanzar una altura mínima de 5 metros a su madurez in situ. Un bosque puede consistir de formaciones cerradas donde los árboles de varios estratos y sotobosque cubren una alta proporción del terreno, o de bosque abierto. Rodales naturales jóvenes, y todas las plantaciones que no hayan alcanzado todavía una cobertura de dosel del 30%, o una altura de 5 metros son considerados bosques". La definición adoptada para el INF y MRV de REDD es compatible con la definición legal de bosque y ecosistema boscoso adoptada por Costa Rica en la Ley Forestal No. 7575 del 13 de Marzo de 1996 (Art 3, Alcance: 21, Nº Gaceta 7216/04/1996): "Bosque: Ecosistema nativo o autóctono, intervenido o no, regenerado por sucesión natural u otras técnicas forestales, que ocupa una superficie de dos o más hectáreas, caracterizada por la presencia de árboles maduros de diferentes edades, especies y porte variado, con uno o más doseles que cubran más del

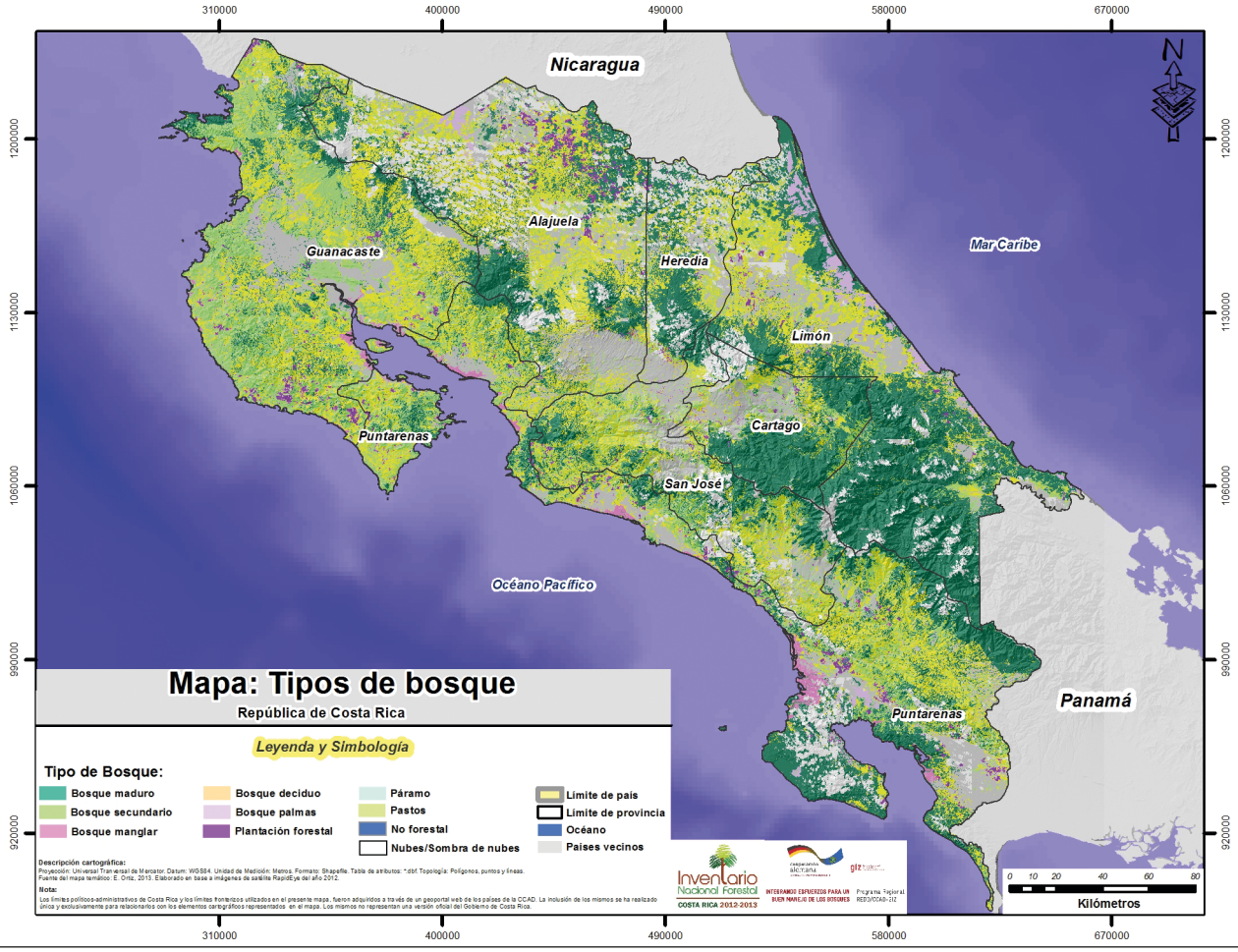


Figura 1. Mapa de tipos de bosque para Costa Rica. SINAC.2013

setenta por ciento (70%) de esa superficie y donde existan más de sesenta árboles por hectárea de quince o más centímetros de diámetro medido a la altura del pecho (DAP)".

Las clases de uso-cobertura, o tipos de bosque, utilizados en el INF fueron definidas en base al mapa forestal de Costa Rica, el cual se desarrolló paralelamente al inventario utilizando imágenes RapidEye con una resolución de 5 metros (Figura 1).

Se definieron 6 uso-coberturas como la población objetivo a ser muestreada, correspondiendo cada tipo de bosque a un estrato para efectos de la planificación del INF (Figura 2).

Los tipos de bosques de mayor participación en cuanto a la superficie de bosques de Costa Rica son el Bosque maduro y el Bosque secundario, que en conjunto representan el 64,38% de la superficie boscosa del país; la tercera superficie en importancia corresponde al uso Pasto con árboles, con un 31,54% de participación. Los usos Bosque de palmas naturales, Rodales de mangle y Plantaciones forestales representan en conjunto sólo el 4,09% de la superficie de interés (Cuadro 1).

La definición técnica y legal de cada uno de estos tipos de bosque (estratos) es reportada por SINAC – Programa REDD-CCAD-GIZ (2015).

Cuadro 1. Superficie y participación de los tipos de bosque en Costa Rica

USO DEL SUELO (tipos de bosques)	Superficie (km^2)	Superficie (ha)	Participación (%)
Bosque Maduro	15.485,83	1.548.583,38	40,05
Bosque Secundario	9.408,20	940.820,31	24,33
Rodales de Mangle	362,50	36.250,34	0,94
Bosque de Palmas	472,19	47.219,26	1,22
Pasto con Árboles	12.194,26	1.219.425,65	31,54
Plantaciones Forestales	745,97	74.596,85	1,93
TOTAL	38.668,96	3.866.895,79	100,00





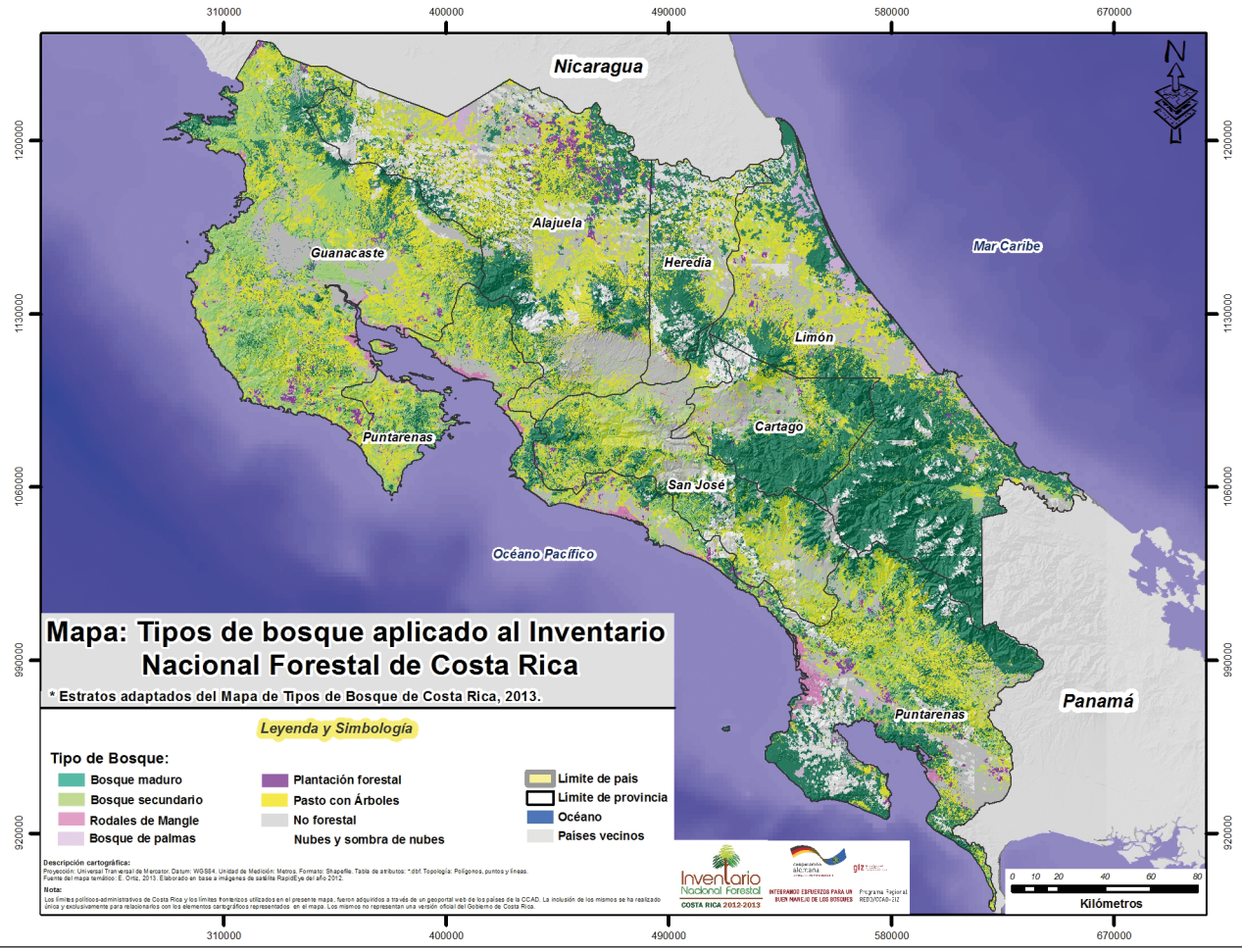


Figura 2. Mapa de tipos de bosque para el INF-CR. SINAC, 2013.









Capítulo 3

Aspectos metodológicos

Capítulo 3

Aspectos metodológicos

Una vez definidos los tipos de bosque a ser analizados, se aplicó un muestreo sistemático en cada estrato, con una intensidad de muestreo variable. Esta intensidad de muestreo podría definirse de dos maneras: determinada a través de un premuestreo en cada área de interés o utilizando antecedentes bibliográficos, información de bases de datos, información de planes de manejo u opinión de expertos en relación a la variabilidad existente en dichas áreas. Así, el método utilizado para obtener la muestra en el INF-CR corresponde a un muestreo sistemático estratificado, en el que las parcelas se distribuyen de forma equidistantes dentro de cada estrato.

El tipo de unidad muestral utilizado corresponde un sistema de parcelas de dimensiones variables (Figura 3) según sea el componente a mensurar (Sánchez-Monge 2012, SINAC-FONAFIFO 2011). En este sentido se tiene 7 evaluaciones distintas desarrolladas en unidades muestrales anidadas:

- Unidad de muestreo primaria (20*50 m; 1.000 m^2) (UMP): para evaluar el componente arbóreo considerando los individuos cuyo DAP sea igual o mayor a 10 cm.
- Unidad de muestreo secundaria (10 m*20 m; 200 m^2) (UMS): en la cual se identifica y mide los individuos arbóreos con un diámetro a la altura del pecho (DAP) entre 2 y 10 cm.
- Unidad de muestreo terciaria (UMT) (1 m de radio; 3,1416 m^2): para identificar y medir la altura total de árboles, arbustos, palmas y helechos arborescentes con una altura superior o mayor o igual a 1,5 m y un DAP menor a 2 cm; esto corresponde a la regeneración existente en el bosque.
- Unidad cuaternaria (1*1 m; 1 m^2) (UMC): en la cual se registra abundancia y altura total de especies herbáceas.
- Unidad de muestreo de quinto nivel (0,5*0,5 m; 0,25 m^2)(UMH): para registrar la profundidad y peso de la hojarasca.
- Unidad de muestreo de madera muerta caída (20 m de longitud) UMMm): el diámetro de la madera muerta caída se mide en un transecto longitudinal de 20 m.
- Muestra de suelo: se extrae una muestra de suelo de los primeros 30 cm utilizando el método del cilindro.

Según lo establecido en el Manual de Campo del INF-CR (SINAC – Programa REDD-CCAD-GIZ, 2015), y en base a criterios técnicos definidos por los profesionales forestales de Costa Rica a cargo de la planificación del INF-CR, las parcelas secundarias, terciarias, cuaternarias, madera muerta caída y hojarasca se establecen en los estratos de bosque (maduro, secundario) y en el bosque de palma y rodal de mangle cuando las condiciones del sitio lo permitan, sin embargo, para los estratos de pasto con árboles y plantaciones forestales sólo se establece la UMP.

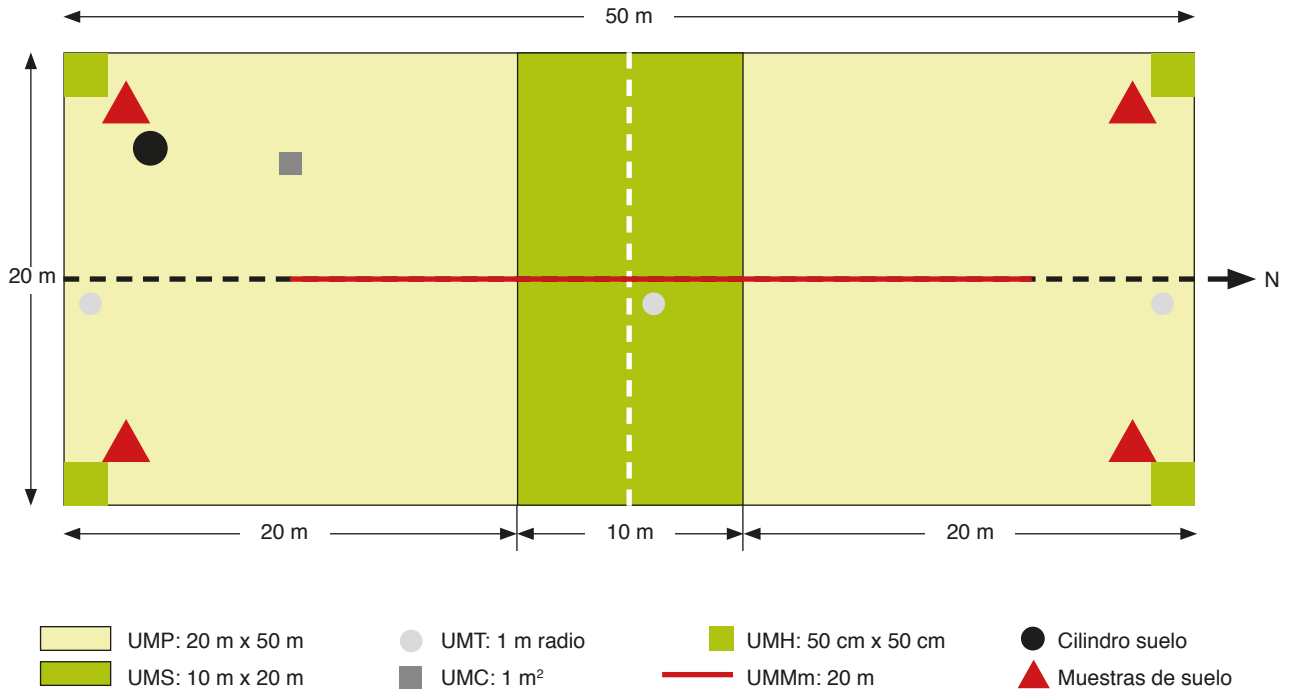


Figura 3. Diseño de parcela de área variable



Para hacer el levantamiento de campo más eficiente, en lo relativo a aspectos logísticos y tiempos de desplazamiento, se dividió al país en cinco regiones operativas (Figura 4): Pacífico Norte y Valle Central (PNVC), Pacífico Central y Pacífico Sur (PCPS), Zona Norte y Caribe Norte (ZNCN), Caribe Central y Caribe Sur (CCCS) y sitios de Difícil Acceso (cordillera de Talamanca y otros distribuidos en el país; ZDA).

Además, la estrategia de desarrollo del INF de Costa Rica implicó la ejecución del inventario en etapas. La primera, denominada Fase I, tuvo por objetivo refinar los datos estadísticos disponibles para el cálculo del tamaño de muestra, evaluar la logística y acceso, los arreglos institucionales y el tiempo requerido para el establecimiento de las parcelas. En la segunda etapa (Fase II) se utilizaron los datos colectados en la fase I para recalcular el tamaño de muestra y completar el número de parcelas requeridas para logar un error de muestreo preestablecido (fijado inicialmente en un 15% para cada estrato), en la variable de principal de interés para el inventario (área basal en este caso), con un nivel de confianza de 95%. En forma optativa se planteó el desarrollo de una tercera etapa (Fase III) cuyo objetivo sería el evaluar aquellas parcelas que por razones de accesibilidad, seguridad o condiciones meteorológicas no se pudieran medir durante las fases I y II. Esta Fase III no fue necesario desarrollarla.

3.1. Planificación del INF-CR

En la planificación de la Fase I del INF-CR se utilizó información de unidades muestrales ya establecidas con anterioridad en el territorio nacional de Costa Rica. Esto implicó recabar y analizar información de las siguientes fuentes:

a. Parcelas compiladas por Ulate (2011) como parte de su tesis de Licenciatura en Ingeniería Forestal en la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). La tesis se titula “Análisis y comparación de la biomasa aérea de la cobertura forestal según Zona de Vida y tipo de bosque para Costa Rica”. La autora reunió datos de parcelas publicados por 41 fuentes entre 1970 y 2010. Los autores con mayor número de parcelas fueron: Holdridge (1970) (22), Imbach *et al*. (2005) (17), Kappelle (2001) (11), Rodríguez (2001) (10), Quirós (2002) (8), Zamora (2010) (8) y Barrantes y Muñoz (1995) (7). De los 951 registros compilados por Ulate (2011) se seleccionaron 666 con datos de área basal y un diámetro mínimo de medición de 5 o 10 cm.

b. Parcelas permanentes facilitadas por la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR), de la Universidad Nacional e Instituto Tecnológico de Costa Rica. Esta información corresponde a datos de 31 sitios con parcelas permanentes ubicadas en el Caribe Norte; cada sitio puede tener entre 1 y 12 parcelas y cada parcela contar entre 1 y 9 mediciones realizadas entre 1995 y 2012.

c. La Universidad Nacional (UNA) y el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) facilitaron datos de 44 parcelas permanentes establecidas en bosque maduro del P. N. Guanacaste, sur y este de la cordillera de Tilarán, El Rodeo, La Cangreja, Fincas Bella Vista y La Catalina (piedemonte noreste de la C. V. Central), Finca Municipal de Guácimo, Finca Agropecuaria López (tierras bajas del Caribe Central), Osa, Mogos (Filas Esquinas y Aguacate).

d. Parcelas del inventario forestal piloto (IFP) realizado en el marco de la evaluación de recursos forestales de FAO (FRA, por sus siglas en inglés) (Kleinn *et al*., 2001). Este inventario se llevó a cabo bajo una Carta de Acuerdo entre FAO y CATIE y con la participación de SINAC como autoridad nacional responsable por la gestión de los bosques en Costa Rica. Esta información corresponde a 39 conglomerados establecidos en el campo que aportaron información relativa a los estratos Pasto con árboles, Bosque de mangle y Plantación forestal:

    - Se seleccionaron 24 conglomerados que contenían pasto natural, pasto-leñosas o potreros y para los propósitos del INF-CR se reclasificaron como pasto con árboles.



Figura 4. Regiones operativas del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica

- El conglomerado 17 del IFP fue establecido en el manglar de Térrraba-Sierpe, Osa y el 69 en la desembocadura del río Bongo, Península de Nicoya aportando ambos entonces información relativa a Bosque de mangle.
- Como parte de la campaña de campo del IFP se estableció el conglomerado 162 en una plantación de teca y el 223 a una plantación de melina.

Sobre la base de esta información se determinó el tamaño de la muestra para cada estrato. Inicialmente la propuesta fue trabajar con la variable área basal, ya que esta variable integra tanto el tamaño de los árboles como su frecuencia en la parcela, está estrechamente relacionada con el volumen y la biomasa, y no incluye errores atribuibles a otras fuentes ajenas a las mediciones de campo como es el caso del volumen o la biomasa (Chave *et al.*, 2004; Ketterings *et al.*, 2001). El error máximo admisible fue fijado en 15%, llegándose a establecer que el total de unidades muestrales a asignar correspondía a 526 UMP.

Realizando análisis complementarios que consideraron estimaciones para variables adicionales al área basal (Número de Árboles (arb/ha), Volumen (m^3/ha) y Stock de CO_2 (ton/ha)), además de analizando distintos niveles de error para cada estrato, se logró establecer que operacionalmente es posible distribuir en total 235 UMP para el desarrollo de la Fase I.

3.2. Ejecución del INF-CR

En la ejecución de la Fase I se evaluaron en forma efectiva un total de 108 unidades de 1.000 m^2, pero cabe señalar que la parcela 18780, de la Región Operacional CCCS, correspondía a un uso del suelo de sistema agroforestal (café con sombra) por lo que no fue considerada para efectos del procesamiento de la información. Las 107 parcelas en análisis quedaron distribuidas para cada uno de los estratos según se ilustra en el Cuadro 2.

La información obtenida de la Fase I fue proporcionada por cada cuadrilla en una plantilla Excel homogénea y concertada por el equipo profesional del SINAC, las cuales son revisadas , previo a la entrega de la información para procesamiento por parte del Programa REDD-CCAD-GIZ. La tarea de análisis de la información correspondió a Sud Austral Consulting SpA, cuyo personal procedió nuevamente a contrastar la información de la plantilla Excel respecto a los formularios originales de terreno que se adjuntaron debidamente escaneados. Sólo una vez clarificadas por la contraparte profesional de Costa Rica (en SINAC) todas las posibles inconsistencias de información y dudas surgidas en esta revisión se procedió a generar una Base de Datos apropiada para hacer más eficiente el procesamiento de los antecedentes recabados.

Con la información obtenida en la Fase I se determinó el número de unidades muestrales que necesarias para alcanzar distintos niveles de error de muestreo. El cálculo se realizó para cada estrato en forma independiente, así como también se consideró a todo el bosque de Costa Rica como una sola población (estrato TODOS), siguiendo la secuencia por cada componente de carbono indicada en el capítulo precedente.

Las variables consideradas en este cálculo fueron: número de árboles (arb/ha), área basal (m^2/ha), volumen (m^3/ha) y stock de CO_2 (ton/ha). En términos generales, las variables analizadas que presentaron la mayor variabilidad (mayor número de unidades muestrales para un mismo nivel de error) fueron el volumen y el stock de CO_2. La excepción la constituyeron los estratos Rodales de Mangle y Plantaciones Forestales en donde el número de árboles resulta ser la variable dasométrica de mayor variabilidad. Lo anterior tiene su explicación en dos elementos:

- La configuración heterogénea de cada estrato: las plantaciones pueden estar constituidas por bosques de distintas edades y con distintos esquemas de actuación silvícola, y a su vez los rodales de mangles pueden corresponder a bosques en distintos estados de desarrollo y/o con distinta composición.
- El bajo número de unidades muestrales utilizadas en las estimaciones.

Analizando los resultados del procesamiento de la Fase I y conjugando la baja intensidad de muestreo inicial para los estratos Rodales de Mangle y Bosques de Palmas, con la importancia relativa de los estratos Bosque Maduro y Bosque Secundario, además de la precisión final requerida del inventario y los tiempos (costos) que conllevan las mediciones, la propuesta de parcelas a evaluar en la Fase II implica:

- Adicionar 10 parcelas a las calculadas para el 15% de error de muestreo a los estratos Bosque Maduro y Bosque Secundario, con la intención de que el error final sea efectivamente inferior al 15% en estos estratos que son los de mayor participación en superficie.
- Establecer el tamaño de la muestra de los estratos Rodales de Mangle y Bosques de Palmas considerando un error de muestreo del 30% (igual que el fijado para Pasto con Árboles). En estos estratos de la Fase I se tiene muy pocas parcelas, la información total una vez finalizada la Fase II permitiría realizar una mejor estimación de la variabilidad de estos bosques y, por ende, precisar de mejor manera el total de unidades muestrales requeridas para errores más bajos.

Cuadro 2. Unidades muestrales planificadas y ejecutadas en la Fase I del INF-CR

ESTRATO	Fase I	
	Planificadas	Medidas
Bosque Maduro	28	22
Bosque Secundario	46	32
Rodales de Mangle	4	4
Bosque de Palmas	7	5
Pasto con Árboles	141	38
Plantaciones Forestales	9	6
TOTAL	235	107

Cuadro 3. Tamaño de muestra estimado para la Fase II y total del INF-CR

ESTRATO	Error Muestreo Requerido (%)	Parcelas medidas en la FASE I	Parcelas a medir en la FASE II	Total parcelas propuestas para el IFN
Bosque Maduro (*)	15	22	38	60
Bosque secundario (*)	15	32	48	80
Rodales de Mangle	30	4	11	15
Bosque de Palmas	30	5	14	19
Pasto con Arboles	30	38	45	83
Plantaciones Forestales	15	6	17	23
TOTAL		107	173	280

(*) Se agregan 10 parcelas adicionales respecto a las calculadas

Teniendo en cuenta estas consideraciones, la Fase II quedaría constituida completamente al medir en ella 173 unidades muestrales con lo que el Inventario Nacional Forestal de Costa Rica contaría hasta esa etapa de 280 parcelas. La distribución por cada uno de los estratos es la que se indica en el Cuadro 3.

Cuadro 4. Unidades muestrales planificadas y ejecutadas en la Fase II del INF-CR

ESTRATO	Fase II	
	Planificadas	Medidas
Bosque Maduro	38	38
Bosque Secundario	48	55
Rodales de Mangle	11	11
Bosque de Palmas	14	14
Pasto con Árboles	45	44
Plantaciones Forestales	17	17
TOTAL	173	179

Cuadro 5. Tamaño de muestra para el INF-CR ejecutadas las Fases I y II

ESTRATO	Parcelas medidas en la FASE I	Parcelas a medidas en la FASE II	Total parcelas propuestas para el IFN
Bosque Maduro (*)	22	38	60
Bosque secundario (*)	32	55	87
Rodales de Mangle	4	11	15
Bosque de Palmas	5	14	19
Pasto con Arboles	38	44	82
Plantaciones Forestales	6	17	23
TOTAL	107	179	286

Desarrollada la Fase II se tiene que en esta etapa se materializaron 179 parcelas, superando en 6 UMP las planificadas. Esta diferencia se genera dado que para el estrato Bosque secundario se midieron 7 UMP más que lo estimado y en cambio para el estrato pasto con árboles se evaluó 1 UMP menos que lo planificado (Cuadro 4).

Adicionalmente, fue necesario revisar los estratos o tipos de bosques de esta Fase II para homologarlos con los de la Fase I. Esto ya que en los registros de las parcelas de la Fase II aparecían listados algunos usos del suelo como: Bosque de Yolillo, Tacotal, Charral, Bosque ripiario, Café arbolado, Bosque deciduo; los que no se correspondían a los estratos definidos para la Fase I. La homologación se realizó en función de la definición previa de los estratos del INF y los antecedentes reportados a nivel de especies y tamaños de los individuos revisados en los formularios con los datos de terreno.

Si bien la información obtenida de la Fase II fue proporcionada por cada cuadrilla en un formulario Excel tipo que fue revisado por el equipo técnico del INF-CR, al igual que en la Fase I, el personal de Sud Austral Consulting SpA procedió nuevamente a contrastar la información de la plantilla Excel respecto a los formularios originales de terreno, y sólo una vez clarificadas todas las posibles dudas, se procedió a ingresar la información de la Fase II en la Base de Datos junto a la información de la Fase I.

Finalmente, terminadas las actividades de campo, el INF-CR quedó constituido por la muestra indicada en el Cuadro 5.

3.3. Procesamiento de la información

En el desarrollo del INF-CR para obtener la información de terreno se utilizó un sistema de dimensiones de parcelas variables dependiendo de las características arbóreas o vegetales específicas a medir. La división de las estructuras vegetacionales se relacionan principalmente con tamaños (alturas y diámetros) y comprenden siete categorías:

a. Especies arbóreas con DAP ≥ 10 cm.

b. Especies arbóreas con DAP ≥ 2 cm y < 10 cm.

c. Regeneración de especies (árboles, arbustos, palmas y helechos arborescentes) con una altura ≥ a 1,5 m y DAP < 2 cm.

d. Especies herbáceas.

e. Profundidad y peso de la hojarasca en el piso forestal.

f. Maderas muertas en el piso forestal.

g. Carbono orgánico en el suelo

A continuación se detalla el esquema de procesamiento y cálculo de las variables del INF-CR para cada una de estas categorías o componentes.

3.3.1. Metodología de procesamiento por tipo de componente

Componente arbóreo DAP ≥ 10 cm Unidad Muestral Primaria (UMP):

- Tamaño: la parcela de la UMP es de 1.000 m^2 (20m de ancho x 50m de largo), con un factor de expansión a la hectárea de 10.
- Mediciones: se mide el DAP (diámetro a la altura del pecho) a todos los árboles dentro de la parcela y una muestra de la HT (altura total) a 5 árboles en función de su posición fitosociológica, el resto de las HT se estiman visualmente utilizando intervalos de 5 metros de largo.
- Ajuste alturas (HT): en algunas parcelas no se realizó o no incluyó la estimación visual de las HT no medidas, por lo que para obtenerlas se realizó el ajuste de una función de altura en base a los estratos o usos de la tierra:

  $Ln(HT) = a + b \times Ln(DAP)$

- Cálculo de volumen: el volumen de los árboles (en m^3) fue calculado con el área basal (AB (m^2)), la altura total (HT (m)) y un factor de forma promedio de 0,5 conformando la siguiente fórmula:

  $V = AB \times HT \times 0,5$

- Calculo de biomasa: la biomasa aérea (sobre el suelo) seca en Kg de los árboles es calculada utilizando la función alométrica de biomasa generada por Chave *et al.* (2005) para un rango de DAP de 5 cm a 106 cm y que agrega las variables gravedad específica (GE (cm/g)) y la altura total (HT (m)):

  $B = EXP(-2,977 + Ln(GE \times DAP^2 \times HT))$

La gravedad específica (GE) fue obtenida de la literatura cuya fuente principal es Chave *et al*. (2006). Se busca en primer lugar el valor de la especie específica (género/especie), de no encontrarse, se asciende a valores de género y finalmente a valores de familia si no se encuentran los anteriores. Para aquellas especies desconocidas o no encontradas en ninguno de los niveles de búsqueda se utilizó el valor de densidad o gravedad promedio de la especies encontradas (totales).

Específicamente para plantaciones de Tectona grandis se cuenta con una función desarrollada para Costa Rica por Pérez y Kanninen (2003):

$B = 10^{(-0,815 + (2,382 \times LOG_{10}(DAP)))}$

- Cálculo de Carbono Aéreo: el carbono aéreo (C_A) en toneladas es calculado usando la fracción de Carbono (FC) obtenido de la literatura para especies o bosques tropicales. Contenido de carbono en la biomasa estimada (ton/ha) en un 50%, según IPCC (1997).

  $C_A = B \times 0,5$

- Cálculo de Carbono total: para llegar al carbono total del componente arbóreo es necesario incorporar en la estimación el contenido de carbono de las raíces de los árboles. La fracción de carbono contenida en la raíz cambia según la especie, por lo que se utilizaron distintos factores según el tipo de bosque que se tratara y estos se obtuvieron de una revisión bibliográfica. Para el caso de Rodales de mangle el factor usado fue 0,39 (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2012); para Plantaciones forestales se usó 0,30 (Fonseca *et al*., 2008); para Bosque secundario 0,25 (Fonseca *et al*., 2009) en tanto que para Bosque maduro, Bosque de palmas y Pasto con árboles se usó el valor por defecto de 0,27 (IPCC, 1997).
- Cálculo de dióxido de carbono: el CO_2 fijado en toneladas es calculado usando el carbono en la biomasa (ton/ha) por una constante (44/12), obtenido también de la literatura.

  $CO_{2\ fijado} = C \times (44/12)$

- Clases de diámetro: El DAP se agrupó en clases de diámetro par de dos en dos centímetros (10...12...14...n).

Componente arbóreo DAP ≥ 2 cm y < 10 cm Unidad Muestral Secundaria (UMS):

- Tamaño: la parcela de la UMS es de 200 m^2 (10m de ancho x 20m de largo), con un factor de expansión a la hectárea de 50.
- Mediciones: se mide el DAP (diámetro a la altura del pecho) a todos los árboles dentro de la parcela y una muestra de la HT (altura total) a 5 árboles en función de su posición fitosociológica; el resto de las HT se estiman visualmente utilizando intervalos de 1 metro de largo.
- Ajuste alturas (HT): en algunas parcelas no se realizó o no incluyó la estimación visual de las HT no medidas, por lo que para obtenerlas se realizó el ajuste de una función de altura en base a los estratos o usos de la tierra:

  $Ln(HT) = a + b \times Ln(DAP)$

- Cálculo de volumen: el volumen en m^3 de los árboles fue calculado con el área basal (AB (m^2)), la altura total (HT (m)) y un factor de forma promedio de 0,5 conformando la siguiente fórmula:

  V = AB * HT * 0,5

- Cálculo de biomasa: la biomasa aérea (sobre el suelo) seca en Kg de los árboles es calculada utilizando la función alométrica de biomasa generada por Chave *et al*. (2005) para un rango de DAP de 5 cm a 106 cm y que agrega las variables gravedad específica (GE (cm/gr)) y la altura total (HT (m)) y otra función generada por Fonseca *et al*. (2009) para un rango de DAP de 2,5 cm a 30 cm y utilizando en este caso para los DAP < 5 cm:

  $B = EXP (-2,977 + Ln(GE \times DAP^2 \times HT))$

  $B = EXP (-1,80246 + 2,28927 \times Ln(DAP))$

Específicamente para plantaciones de Tectona grandis se cuenta con una función desarrollada para Costa Rica por Pérez y Kanninen (2003):

$B = 10^{(-0,815 + (2,382 \times LOG_{10}(DAP)))}$

La gravedad específica (GE) fue obtenida de la literatura cuya fuente principal es Chave *et al*. (2006). Se busca en primer lugar el valor de la especie específica (genero/especie), de no encontrarse, se asciende a valores de género y finalmente a valores de familia si no se encuentran las anteriores. Para aquellas especies desconocidas o no encontradas en ninguno de los niveles de búsqueda se utilizó el valor de densidad o gravedad promedio de la especies encontradas (totales).

- Cálculo de Carbono aéreo: el carbono aéreo (CA) en toneladas es calculado usando la fracción de Carbono (FC) obtenido de la literatura para especies o bosques tropicales. Contenido de carbono en la biomasa estimada (ton/ha) en un 50%, según IPCC (1997).

  $C_A = B \text{ v } 0.5$

- Cálculo de Carbono total: para llegar al carbono total del componente arbóreo se siguió el mismo procedimiento indicado para la UMP.

- Cálculo de dióxido de carbono: el CO_2 fijado en toneladas es calculado usando el carbono en la biomasa (ton/ha) por una constante (44/12), obtenido también de la literatura.

  $CO_{2\ fijado} = C \times (44/12)$

- Clases de diámetro: El DAP se agrupó en clases de diámetro par de dos en dos centímetros (10...12...14...n).

Componente arbóreo DAP < 2 cm (regeneración) y HT ≥ 1,5 m (árboles/ arbustos/palmas/helechos arborescentes) Unidad Muestral Terciaria (UMT):

- Tamaño: la UMT consta de tres subparcelas circulares de 3,1416 m^2, con un factor de expansión a la hectárea de 3.183.
- Mediciones: se midió a todas las especies dentro de la parcela la HT (altura total) y no se realizó mediciones de DAP.
- Clases de altura: Las alturas (HT) se agruparon en clases con intervalos de 0,2 metros (1,4...1,6...1,8...n).

Componente herbáceo, Unidad Muestral Cuaternaria (UMC):

- Tamaño: la UMC consta de una parcela de 1 m^2 (1m x 1m) con un factor de expansión a la hectárea de 10.000.
- Mediciones: se midió a todas las especies dentro de la parcela la HT (altura total) y no se realizó mediciones de DAP.
- Clases de altura: Las alturas (HT) se agruparon en clases con intervalos de 0,2 metros (0,02...0,22...0,42...n).

Componente hojarasca, Unidad Muestral Hojarasca (UMH) (de quinto nivel):

- Tamaño: la UMH consta de cuatro parcelas de 0,25 m^2 (50cm x 50cm) con un factor de expansión a la hectárea de 40.000.
- Mediciones: se midió la profundidad de la hojarasca y el peso de ella en gr. En cada submuestra se pesará la hojarasca (gr.).
- Se toma una muestra compuesta de hojarasca en una bolsa de 15x25 cm que es enviada al laboratorio.
- Calculo de biomasa: La biomasa (B) en toneladas por hectárea se realiza utilizando los resultados de laboratorio, peso fresco (PF) y peso seco (PS) en gramos, obteniendo en primer lugar el porcentaje de peso seco (%PS). Luego multiplicando el %PS por el peso verde (PV) en gramos obtenido del inventario al momento de realizar la parcela.

  $\%PS = PS / PF$

  $B = \%PS \times PV$

- Cálculo de Carbono: el carbono (C) en toneladas por hectárea es calculado usando la fracción de Carbono (FC(lab)) calculada en laboratorio en base a muestras enviadas. Multiplicada por la biomasa (B) calculada anteriormente (ton/ha).

  $C = B \times FC_{(lab)}$

- Cálculo de dióxido de carbono: el CO_2 fijado en toneladas por hectárea es calculado usando el carbono en la biomasa (ton/ha) por una constante (44/12), obtenido también de la literatura.

  $CO_{2\ fijado} = C \times (44/12)$

Componente maderas muertas, Unidad Muestral Maderas Muertas (UMMm):

- Tamaño: la UMMm consta de un transepto de 20 m.
- Mediciones: se midió el diámetro de maderas muertas cilíndricas o semicilíndricas (troncos y ramas con un diámetro mínimo de 10 cm y una longitud mínima de 1,5 m) que interceptaban la línea, para trozos de maderas bifurcados o que se cruzaban con el trayecto varias veces, el diámetro se registró en cada intersección. Además se clasificó el estado de descomposición de la madera como sólido, intermedio y podrido (Teissier du Cros y López, 2009; IPCC, 2003; Marshall *et al*., 2000; Kaiser, 1983; van Wagner 1968, 1982a, 1982b; Warren y Olsen, 1964; Woodall *et al*., 2004; Woodall y Williams, 2005; Woodall *et al*., 2009).
- Cálculo volumen maderas muertas caídas: El volumen (V) en metros cúbicos por hectárea es calculado en base al diámetro (d) en centímetros de la troza, la longitud del trayecto (L) en metros y el valor de la constante ∏ (3.1416).

$$V_i = \frac{\Pi^2}{8 \, x \, L} \sum_{j=1}^{m_i} d_{ij}^{\,2}$$

Dónde:

V = volumen (m^3/ha) de madera muerta caída.

d = diámetro (cm) de la troza perpendicular a su eje en el punto de intersección con el trayecto.

L = longitud de trayecto (m).

∏ : valor de la constante Pi (3,1416).

- Cálculo de biomasa: La biomasa (B) en toneladas por hectárea se realiza multiplicando el volumen por hectárea (V) obtenido con ecuación anterior por la gravedad específica (GEMm) en gramos por centímetro cúbico de las maderas muertas, a su vez calculada ésta con la GEArb promedio de todas las especies de la parcela y en función del nivel de descomposición del material leñoso muerto en el suelo (sólidos, intermedios y podridos).

  B = GEMm x V

La gravedad específica (GEMm en (gr/cm^3)) se obtiene en base a fórmulas agrupadas según clases de descomposición. Los valores de densidad de las clases de descomposición son específicos de cada sitio, pero altamente relacionados con la densidad de la madera de los árboles vivos a nivel de parcela (Chao *et al*., 2008). Así la densidad de maderas muertas caídas (GEMm) fue estimada como una función de la densidad o gravedad promedio de los árboles vivos de la parcela (GEArb), según las ecuaciones que se detallan a continuación.

- Maderas sólidas:

  GEMm = 1,17 (GEArb) – 0,21

- Maderas no sólidas e intermedias:

  GEMm = 1,17 (GEArb) – 0,31

- Maderas podridas, blandas o suaves, se utiliza valor medio de la densidad por detritus de estudios publicados de bosques neotropicales húmedos de las tierras bajas, correspondiente a un valor fijo de:

  0,29 gr/cm^3

- Cálculo de Carbono: el carbono (C) en toneladas es calculado usando la fracción de Carbono (FC) obtenido de la literatura para especies o bosques tropicales. Contenido de carbono en la biomasa estimada (ton ha-1) en un 50%, según IPCC (1996).

  C = B x 0.5

- Cálculo de dióxido de carbono: el CO_2 fijado en toneladas es calculado usando el carbono en la biomasa (ton/ha) por una constante (44/12), obtenido también de la literatura.

  $CO_{2\ fijado}$ = C x (44/12)

Componente suelo, Unidad Muestral Suelo (UMSuelo):

Se recoge muestras compuestas de suelo para la determinación de porcentaje de carbono orgánico y densidad aparente. La muestra de suelo se extrae de los primeros 30 cm de suelo mineral de la esquina NE de la parcela primaria.

- Con información entregada por el laboratorio de porcentaje de carbono orgánico y de densidad aparente se calcula el carbono del suelo (ton/ha), multiplicando la densidad aparente en (gr/cm^3) por la profundidad (m) definida para la toma de la muestra por el porcentaje de carbono orgánico dividido por 100 y por 10.000.

  Csuelo = 10.000 x Da x P x (%CO/100)

- Cálculo de dióxido de carbono: el CO_2 fijado en toneladas es calculado usando el carbono del suelo (ton/ha) por una constante (44/12), obtenido también de la literatura.

  $CO_{2\ fijado}$ = Csuelo x (44/12)

3.3.2. Depuración de Datos

Una vez realizadas las estimaciones de CO_2, por cada sumidero de carbono (componente) y para cada parcela se realizó un análisis de diagrama de caja (Box-plot) por estrato con la finalidad de detectar posibles datos atípicos para la estimación de CO_2. Este análisis se realizó en forma independiente para cada uno de los componentes de carbono analizados; esto es árboles con DAP mayor a 10 cm, árboles entre 2 y 10 cm de DAP; hojarasca, suelo y madera muerta caída. En total se determinaron 63 datos atípicos, vale decir, parcelas en las que el CO_2 estimado (en alguno de los sumideros analizados) estaba por sobre el tercer cuartil más 1,5 veces el Rango Intercuartílico o por debajo del primer cuartil más 1,5 veces el Rango Intercuartílico (Cuadro 6).

Cuadro 6. Datos atípicos en la estimación del CO_2 (ton/ha) de los cinco sumideros evaluados

Tipo Bosque	Parcela	CO_2 árboles > 10 cm	CO_2 árboles 2-10 cm	CO_2 Hojarasca	CO_2 Suelo	CO_2 MM
Bosque Maduro	2275	1.089,1				
Bosque Maduro	2294					322,2
Bosque Maduro	3161				775,4	
Bosque Maduro	3815				457,4	
Bosque Maduro	6630	1.088,2				
Bosque Maduro	6706		52,2			135,5
Bosque Maduro	7632	1.065,0				
Bosque Maduro	8358					130,7
Bosque Maduro	17869				803,9	235,6
Bosque Maduro	18948				1.133,4	
Bosque Maduro	19242				909,9	
Bosque Maduro	20045	1.101,6				96,9
Bosque Maduro	20128					120,0
Bosque Maduro	23922	1.367,7				
Bosque Maduro	15808				1.296,5	
Bosque Secundario	1829					56,6
Bosque Secundario	2181				746,1	
Bosque Secundario	2937					131,5
Bosque Secundario	4637	562,4			822,1	
Bosque Secundario	5717				783,1	
Bosque Secundario	9078			13,6		
Bosque Secundario	9534	757,5			770,0	
Bosque Secundario	10973	548,4				
Bosque Secundario	14696			20,0	745,8	39,5
Bosque Secundario	16786	613,7				
Bosque Secundario	17424		47,7			
Bosque Secundario	17852					30,9
Bosque Secundario	18064					76,4
Bosque Secundario	18154					47,6
Bosque Secundario	20149					29,5
Bosque Secundario	20401				775,2	
Bosque Secundario	20753		44,8			

>> continúa en la siguiente página

>> continúa de la página anterior

Tipo Bosque	Parcela	CO_2 árboles > 10 cm	CO_2 árboles 2-10 cm	CO_2 Hojarasca	CO_2 Suelo	CO_2 MM
Bosque Secundario	22488					74,9
Bosque Secundario	17149 - BS					46,2
Bosque Secundario	18506	-	1,6			
Bosque Secundario	3430	66,2	7,7			
Bosque Secundario	3530	14,3	4,5			
Bosque Secundario	5413	42,4	12,3			
Bosque Secundario	19048	35,9	-			
Bosque Secundario	6177	64,1	16,9			
Bosque Secundario	6253	63,1	20,8			
Bosque Secundario	6891	45,9	16,5			
Bosque Secundario	23743	37,4	7,0			
Bosque Secundario	5692	62,2	28,8			
Bosque Secundario	14947	10,4	4,3			
Bosque Secundario	1736	21,1	5,9			
Pasto con Arboles	3113	191,2				
Pasto con Arboles	6110	130,3				
Pasto con Arboles	13870	170,5				
Pasto con Arboles	15514	161,4				
Pasto con Arboles	15803	297,1				
Pasto con Arboles	20599	190,5				
Pasto con Arboles	11229	164,6				
Pasto con Arboles	23910	136,7				
Pasto con Arboles	15717	118,4				
Pasto con Arboles	19505					194,3
Rodales Mangle	4070	-	4,7			
Rodales Mangle	17663	-	7,3			
Plantación Forestal	5503	-				
Plantación Forestal	5870	289,0				
Plantación Forestal	6704	-	3,5			

Dado que un valor atípico es un dato que es considerablemente diferente a los otros datos de la muestra su existencia alerta sobre las anormalidades experimentales o errores en las mediciones tomadas. Si los valores atípicos del conjunto se ignoran, puede haber cambios importantes en las conclusiones obtenidas del estudio. Además, para lograr estimaciones robustas de estadísticos de posición se destaca la importancia de

la mediana como estimador de parámetros de localización y en general de los cuartiles como estimadores de parámetros de dispersión (Carbonero *et al.*, 2005).

Para establecer si efectivamente los valores de estas 63 parcelas corresponden a datos a típicos, generados por inconsistencias o errores en los cálculos o el manejo de la información, se procedió a revisar cada una de ellas, tanto a nivel de los datos de terreno como de la secuencia de cálculo empleada.

Para el caso de stock CO_2 de árboles mayores a 10 cm de DAP se logró constatar que valores muy altos para esta variable se generaban porque en las parcelas bajo análisis existían árboles de gran tamaño (de más de 65 cm de DAP y hasta 130 cm en algún caso y en otros casos ocurría lo totalmente opuesto: diámetros bajos pero un gran número de árboles. Para valores demasiado bajos en el stock de CO_2 ocurría lo inverso tanto para los DAPs como para el número de árboles. La situación es similar para el caso del CO_2 de árboles entre 2 y 10 cm de DAP, así como para el CO_2 de la madera muerta caída.

En lo relativo a stock de CO_2 en la hojarasca, si bien se encuentran 2 valores que se podrían considerar como atípicos (13,6 y 20,0 ton/ha), la revisión de los antecedentes de terreno indican que efectivamente se encontraba una alta masa de hojarasca en las parcelas correspondientes ambas a bosque secundario.

Para el caso del stock de CO_2 contenido en el suelo, los altos valores resultantes en general son producto de un alto contenido de carbono orgánico o de una alta densidad aparente del suelo. Dado que ambas variables son obtenidas de los análisis de laboratorio, los cuales no pueden ser revisados, se recurre a literatura sobre el tema encontrándose que los valores altos para ambas variables se encuentran dentro del rango posible a nivel mundial por lo que se asume que no se trata de valores atípicos.

Finalmente, se realizó una depuración de la información eliminando aquellas parcelas que siendo datos atípicos además registran inconsistencias entre lo evaluado en terreno y lo que sería correcto según el estrato que se trate. El total de parcelas eliminadas y la justificación para la depuración se indica en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Resultado del proceso de depuración

Estrato	Parcela	R. operativa	Justificación
Bosque de palma	1111	ZNCN	Sin registro de árboles en la UMP y en la UMS, tampoco a nivel de regeneración y herbáceas; ningún dato respecto a los restantes componentes de carbono
Bosque secundario	18506	CCCS	UMP sin árboles y en UMS sólo la especies de Páramo *Hypericum irazuense* que crece sobre la línea de las especies arbóreas y bajo la línea de nieve (3.000 msnm aprox.). Se deduce que la parcela no corresponde a Bosque secundario
Bosque secundario	1736	ZNCN	UMP con muy baja densidad (60 arb/ha). En observación de parcela se indica: Punto cayó en BS + PF de teca. Se corrió al BS más cercano. Este es un BS socolado que se va a cortar para sembrar arroz.
Pasto con árboles	15514	ZNCN	UMP presenta una densidad mayor a 200 arb/ha. Por las especies listadas en el formulario y los tamaños de estas se presume que se trataría de un bosque secundario. Ya que no es posible corroborarlo se opta por no considerarla en las estimaciones.
Pasto con árboles	20599	CCCS	UMP presenta una densidad mayor a 300 arb/ha. Se procede igual que en el caso anterior.
Plantación forestal	5503	PNVC	Sin individuos en la UMP. En observación de parcela se indica: La plantación original fue cosechada y el sitio vuelto a plantar con teca de un año. Por el tamaño de las plantas tampoco se logra inclusión de individuos en la UMS.

3.4. Tamaño Final de la Muestra

Depurada la información, la base de datos a ser analizada queda constituida por el total de parcelas por estrato indicadas en el Cuadro 8, cuya distribución espacial se muestra en la Figura 5.

Cuadro 8. Unidades muestrales totales del INF-CR

ESTRATO	Número de unidades muestrales		
	FASE	FASE II	TOTAL
Bosque Maduro	22	38	60
Bosque Secundario	32	53	85
Rodales de Mangle	4	11	15
Bosque de Palmas	5	13	18
Pasto con Árboles	38	42	80
Plantaciones Forestales	6	16	22
TOTAL	107	173	280

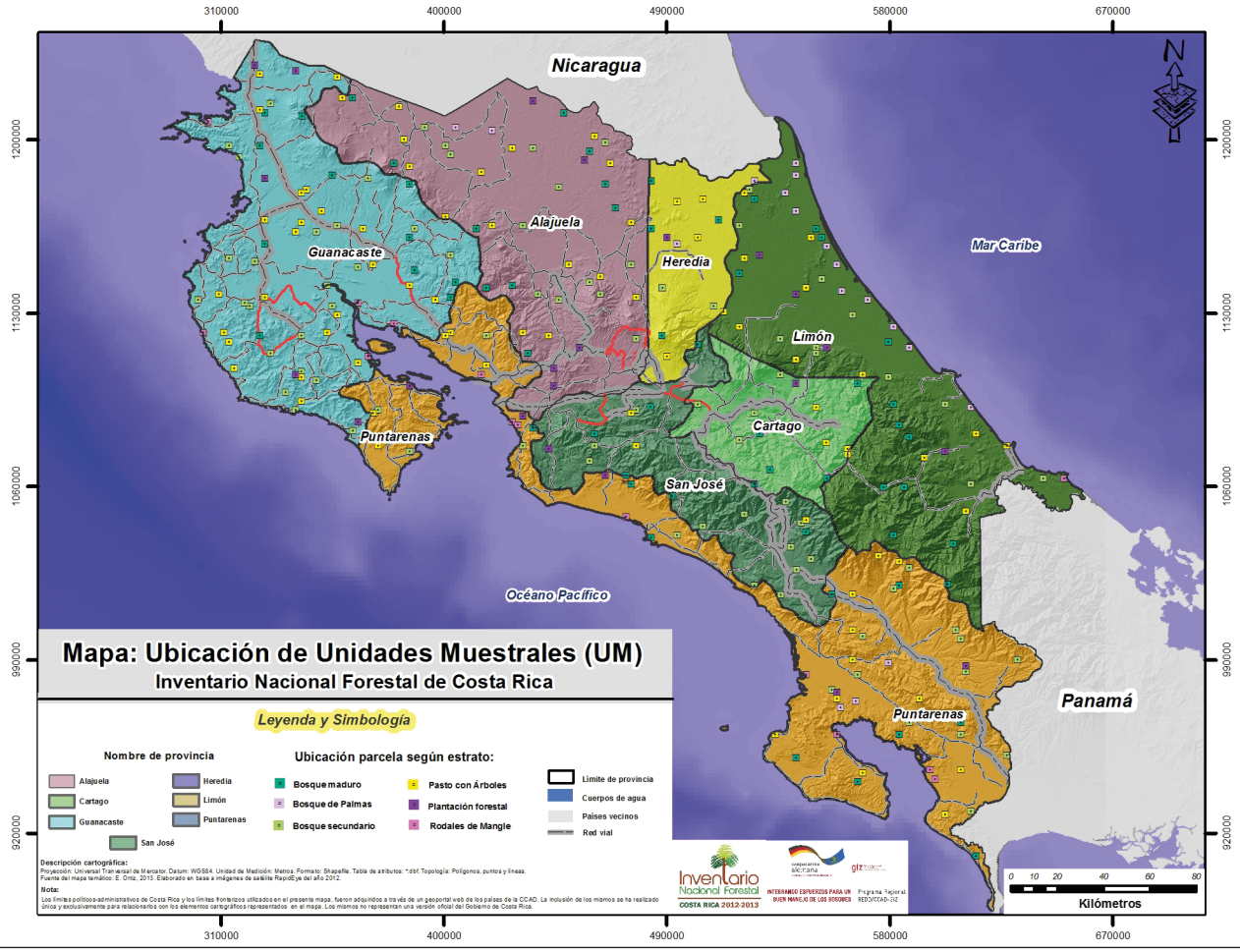


Figura 5. Ubicación de las unidades muestrales del INF-CR

Sobre estos antecedentes, con una muestra total de 280 parcelas, se efectuó el proceso de estimación para las variables consideradas de interés según muestreo aleatorio simple para cada estrato. La inferencia se realiza para la media y la varianza de las medias, con lo cual es posible establecer el error de muestreo para cada variable y por cada tipo de bosque. Para consolidar las estimaciones se procede al cálculo de la media y error de muestreo general empleando los estadísticos correspondientes al muestreo estratificado, en donde la ponderación de cada estrato se estima a partir de la participación en superficie pues se considera que en todos los casos la población es infinita.

En el caso particular de la estimación de CO_2 por componente, es importante recordar que se estableció en el manual del INF-CR que las parcelas secundarias, terciarias, cuaternarias, madera muerta caída y hojarasca se establecen en los estratos de bosque maduro y bosque segundario siempre; en el bosque de palma y rodal de mangle sólo cuando las condiciones del sitio lo permitan, y que para los estratos de pasto con árboles y plantaciones forestales sólo se establece la UMP. Luego, existen estratos en los cuales no se registra información de los componentes hojarasca, suelo y madera muerta caída (ya sea de todos o al menos uno de ellos) y otros en que estos componentes son registrados sólo en algunas parcelas. Esta consideración se tuvo en cuenta al momento de realizar las estimaciones de la media y error de muestreo de estas variables, ya que se contabilizó sólo las parcelas en las cuales había información registrada que no necesariamente coincide con el tamaño de muestra para el estrato.

La misma situación anterior genera también dificultades metodológicas al momento de establecer el CO_2 total, que corresponde a la suma del CO_2 de cada sumidero considerado para el INF-CR. Dado que existen estratos en los cuales la información para algunos sumideros es parcial y otros en los que esta información simplemente no existe, si bien se puede calcular el CO_2 total mediante la suma de los componentes (con valor cero para algunos de ellos) el resultado sería inconsistente al momento de realizar comparaciones entre estratos o de inferir hacia el total de CO_2 de los bosques de Costa Rica.

Para solucionar esta situación, y únicamente para efectos de estimar el CO_2 total por tipo de bosque y a nivel de todo el país, se procedió a completar la información utilizando el promedio de los valores registrados por componente cuando existía alguna información de ellos para cada estrato.

De no existir datos registrados, entonces se usaron valores derivados de revisión bibliográfica. Este es el caso del tipo de bosque Rodales de mangle, en que para el componente hojarasca se empleó el valor de 0,97 ton/ha, para el componente suelo se usó el valor de 415,8 ton/ha y para el componente madera muerta caída el valor 10,73 ton/ha (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2012). En el caso de Plantaciones forestales, para el componente hojarasca se empleó el valor de 7,47 ton/ha, para el componente suelo se usó el valor de 381,1 ton/ha y para el componente madera muerta caída el valor 5,68 ton/ha (Fonseca *et al.*, 2008).

3.5. Distribución espacial de los datos

Adicionalmente, para fines de conocer y representar gráficamente la distribución espacial de las variables dasométricas más relevantes y de los stocks de CO_2, se generaron mapas temáticos mediante la aplicación de la geoestadística. El principal objetivo fue estimar valores a nivel nacional a través de interpolaciones utilizando los datos provenientes de las mediciones en terreno para las 280 parcelas distribuidas en los seis estratos de cobertura forestal a nivel nacional. Las variables utilizadas en la interpolación fueron: DAP, altura, área basal, densidad CO_2 en árboles, ramas, suelo, materia muerta caída y raíces. La metodología utilizada comprendió las siguientes etapas:

1. **Análisis exploratorio de los datos:** Con el objetivo de conocer la información disponible de las 280 parcelas y cada una de las variables medidas se realizó un análisis de estadística descriptiva buscando identificar si la distribución de los datos era normal mediante número de clases, rangos de distribución, moda, mediana, varianza, desviación estándar ilustrando cada uno de ellos mediante gráficos, mapas y vista en perspectiva entre otros.

2. **Análisis de correlación espacial:** con este análisis se busca identificar la dependencia espacial entre los datos. Se utilizó las funciones; semivariograma/covarianza de la superficie.

   El cálculo del semivariograma es una de las herramientas geoestadísticas más importantes en la determinación de las características de variabilidad y correlación entre las variables que se desean interpolar, este análisis permite conocer cómo la variable cambia de una localización a otra. El semivariograma fue calculado en diferentes direcciones (360°) permitiendo seleccionar un modelo esférico para modelar e interpolar los datos.

3. **Aplicación de IDW, herramienta de interpolación utilizando a técnica de distancia inversa ponderada:** existen diferentes maneras de derivar una predicción para cada ubicación; cada método se denomina modelo. Con cada modelo, se realizan diferentes suposiciones acerca de los datos, y algunos modelos son más aplicables para determinados datos. La herramienta de interpolación, utilizada para generar las superficies predictoras utilizando como información base las 280 parcelas del INF-CR, consistió en la aplicación del método denominado Inverse Distance Weighting (IDW) (peso ponderado por el inverso de la distancia) de la extensión Spatial Analyst de ArcGis Desktop ©ESRI.

   La interpolación mediante distancia inversa ponderada determina los valores de celda a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de puntos de muestra. La ponderación es una función de la distancia inversa. La superficie que se interpola debe ser la de una variable dependiente de la ubicación.

   El método IDW presupone que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde la ubicación del punto muestral en análisis.

3.6. Resultados obtenidos

3.6.1. Estimación cuantitativa de variables

Los resultados generados a partir de la información capturada en campo pueden ser agregados desde el nivel de la parcela o Unidad de Muestreo hasta obtener un valor del Total para la superficie que se consideró en el diseño y ejecución del mismo.

Para mostrar la gran cantidad de información que se genera del análisis de la información de campo, se utilizó un Modelo de Datos construido especialmente para el Inventario Nacional de Costa Rica en EXCEL 2013. Este permite visualizar de manera dinámica la información desde distintas perspectivas para los diferentes niveles de detalle que se requieren para lograr interpretar de manera adecuada los resultados. Esta manera de presentación recibe el nombre genérico de Dashboard y se asocia a normalmente a actividades de Inteligencia de Negocios (BI por sus siglas en inglés). En términos generales, para hacer un dashboard en Excel se debe crear un libro con tres hojas: “datos” (para los datos), “tablas” (para las tablas dinámicas) y “dashboard” (para el dashboard), esta última es la que permite la interacción y segmentación de la información a mostrar.

En el caso particular del INF-CR, el menú principal del Dashboard permite al usuario acceder a la información del inventario en 5 niveles distintos de agregación de la información ordenados jerárquicamente desde el menor al mayor nivel de detalle o desagregación. Cada uno de ellos se explica a continuación en términos generales, ya que en los capítulos siguientes se analizará estos niveles de información en detalle.

Nivel 1 Resumen de CO_2:

Muestra los valores totales de carbono para el INF-CR y los errores de muestreo asociados a esta estimación. Esta información puede verse a nivel global del bosque de Costa Rica, así como también en forma parcializada para cada uno de los tipos de bosque evaluados.

El principal resultado de este análisis indica que el stock de CO_2 de los bosques de Costa Rica alcanza a 2.950.174.696 toneladas, estimación que tiene asociado un error de muestro (según muestreo estratificado) del 6,1% por lo que se puede afirmar que este stock oscila entre 2.771.536.308 y 3.128.813.084 toneladas.

En términos de la incertidumbre asociada a las estimaciones, el máximo error de muestreo corresponde a un 13,9%, para el estrato Rodales de Mangle y el mínimo error de muestreo corresponde a un 2,8%, para el estrato Pasto con Árboles. Además de la variabilidad propia del stock de CO_2 en cada uno de los estratos, estas cifras se explican por el bajo número de parcelas en el estrato Rodales de Mangle (15 parcelas) y, a la inversa, por el mayor número de parcelas en el estrato Pasto con Árboles (80 parcelas). Aun así, el error de muestreo en cada estrato es menor al 15 % fijado como objetivo al inicio de la planificación del INF-CR.

Adicionalmente, en este nivel de manejo de los datos es posible desagregar esta información global a fin de conocer lo que ocurre a nivel de cada uno de los componentes de carbono analizados, tanto en forma global como por estrato. Es posible también conocer los errores de muestreo de cada una de las estimaciones realizadas en este nivel de desagregación.

Nivel 2 Inventario-estrato:

Muestra los valores generales de las principales variables dasométricas del inventario y su desagregación por estrato. Se considera los valores promedio de las variables DAP (cm), Altura (m), Densidad (árboles/ha), Área basal (m^2/ha), Volumen (m^3/ha), Biomasa (toneladas/ha) y CO_2 Total (toneladas/ha).

Incluye el valor promedio general (Inventario CR) y su respectivo error de muestreo, analizados estos como muestreo aleatorio simple considerando las 280 parcelas del inventario. Además, se muestra gráficamente el comportamiento de cada variable y su correspondiente error de muestreo para cada uno de los estratos.

Junto con presentar los valores para la UMP (árboles mayores a 10 cm de DAP) y la UMS (árboles con DAP entre 2 y 10 cm), se considera la agregación de ambas unidades de muestreo para mostrar los valores a nivel de todos los árboles con DAP mayor o igual a 2 cm.

En términos de CO_2 Total, puede verse gráficamente en este análisis que, tanto a nivel de la UMP como de la UMS, es el estrato Bosque Maduro el que presenta el mayor stock promedio de esta variable; le siguen los estratos Rodales de Mangle, Bosque de Palmas y Bosque Secundario, en el caso de los árboles mayores a 10 cm de DAP, y los estratos Bosque Secundario, Bosque de Palmas y rodales de Mangle en el caso de los árboles entre 2 y 10 cm de DAP.

Nivel 3 Estrato- detalle:

Permite conocer información general, variables dasométricas valores de CO_2 y especies a nivel de las estimaciones que se realizan en cada uno de los estratos, considerando el total de unidades muestrales evaluadas para ellos.

Por ejemplo, para el caso de Pasto con Árboles, la superficie del estrato es de 1.219.426 ha, representando el 31,5% del bosque de Costa Rica, con un stock promedio de CO_2 estimado en 496,8 ton/ha (error de muestreo del 2,8%). Conjugando esta información, el stock total de CO_2 eq para este tipo de bosques es de 605.790.978 toneladas. De las 80 parcelas que se utilizan en las estimaciones, 28 fueron realizadas en la Fase I del inventario y 42 en la Fase II.

En términos de las variables dasométricas, se presentan los promedios de estas así como los límites inferior y superior de cada una en función del error de muestreo obtenido.

Para el caso de CO_2, se muestran las estimaciones realizadas para cada uno de los sumideros considerados, también incluyendo no sólo la media sino que los límites del intervalo de confianza.

Gráficamente se ilustran los promedios de CO_2 por sumidero, los límites de confianza para el CO_2 total del estrato, la participación en el total de cada sumidero, así como información relativa a densidad y presencia de especies arbóreas, herbáceas y otras presentes en cada estrato.

En este nivel, además de aparecer cada uno de los 6 estratos, también es posible abordar el análisis global del inventario completo utilizando la opción “Inventario CR”.

Nivel 4 Estrato-parcela:

Es posible seleccionar cualquiera de los 6 estratos y visualizar las principales variables dasométricas a nivel de cada una de las parcelas evaluadas para ese tipo de bosques.

Para cada estrato se indica el total de parcelas procesadas, y para cada una de ellas se presenta información gráfica en relación a cada una de las variables dasométricas analizadas, segregando esta información para la UMP (árboles mayores a 10 cm de DAP) y la UMS (árboles entre 2 y 10 cm de DAP), así como para la agrupación de ambas (árboles mayores a 2 cm de DAP). Se efectúa también un análisis del aporte en términos de volumen, biomasa y CO_2 de este estrato en relación al total del bosque de Costa Rica.

Específicamente, se analiza de forma gráfica el comportamiento a nivel de unidad de superficie (hectárea) del volumen, biomasa y CO_2 por tipo de unidad de muestreo de árboles, presentando los valores calculados en cada parcela, así como los estadígrafos media y error de muestreo asociado a la estimación.

Nivel 5 Parcela-detalle:

Presenta para cualquiera de las 280 parcelas del inventario la totalidad de la información procesada, así como la información general registrada en los formularios.

Seleccionada una parcela, se presenta información general de ella: el estrato al que corresponde, si fue evaluada en la Fase I o II del INF-CR, su Región Operativa, su ubicación administrativa (Provincia, Distrito), entre otros. Se presenta además, los antecedentes dasométricos correspondientes a los árboles, tanto considerando el espectro de árboles mayores a 2 cm de DAP como segregando por tipo de unidad muestral (UMP y UMS). Se aborda la estimación del contenido de CO_2 tanto de los árboles, como de los otros sumideros evaluados, y se aporta información en relación a especies presentes (arbóreas, arbustivas, helechos, lianas, bambúes y herbáceas).

Además, es posible visualizar gráficamente la distribución diamétrica de los árboles en la UMP y en la UMS, la relación DAP-Altura total de los mismos, el número de especies distintas para cada categoría de cobertura vegetal definida, y la distribución espacial de los árboles dentro de la UMP con el antecedente de las coordenadas x e y registradas para cada árbol.

3.6.2. Distribución espacial de variables

La utilización de la herramienta IDW, aplicada a la interpolación geoespacial de las distintas variables dasométricas, permite visualizar gráficamente el comportamiento de estas en el territorio de Costa Rica, considerando en el análisis la superficie cuyo uso corresponde al definido como Bosque en el INF-CR.

Para efectos de una mejor interpretación de los datos numéricos se ha divido cada variable en rangos de igual amplitud y a cada uno de estos rangos se le asigna una degradación de color, representando el color más claro el valor más bajo de la variable y el más oscuro valores más altos.

En las figuras siguientes se ilustran los mapas generados para las variables DAP promedio (cm), Altura promedio (m), Densidad (árboles/ha), Área basal (m^2/ha) y Volumen (m^3/ha).

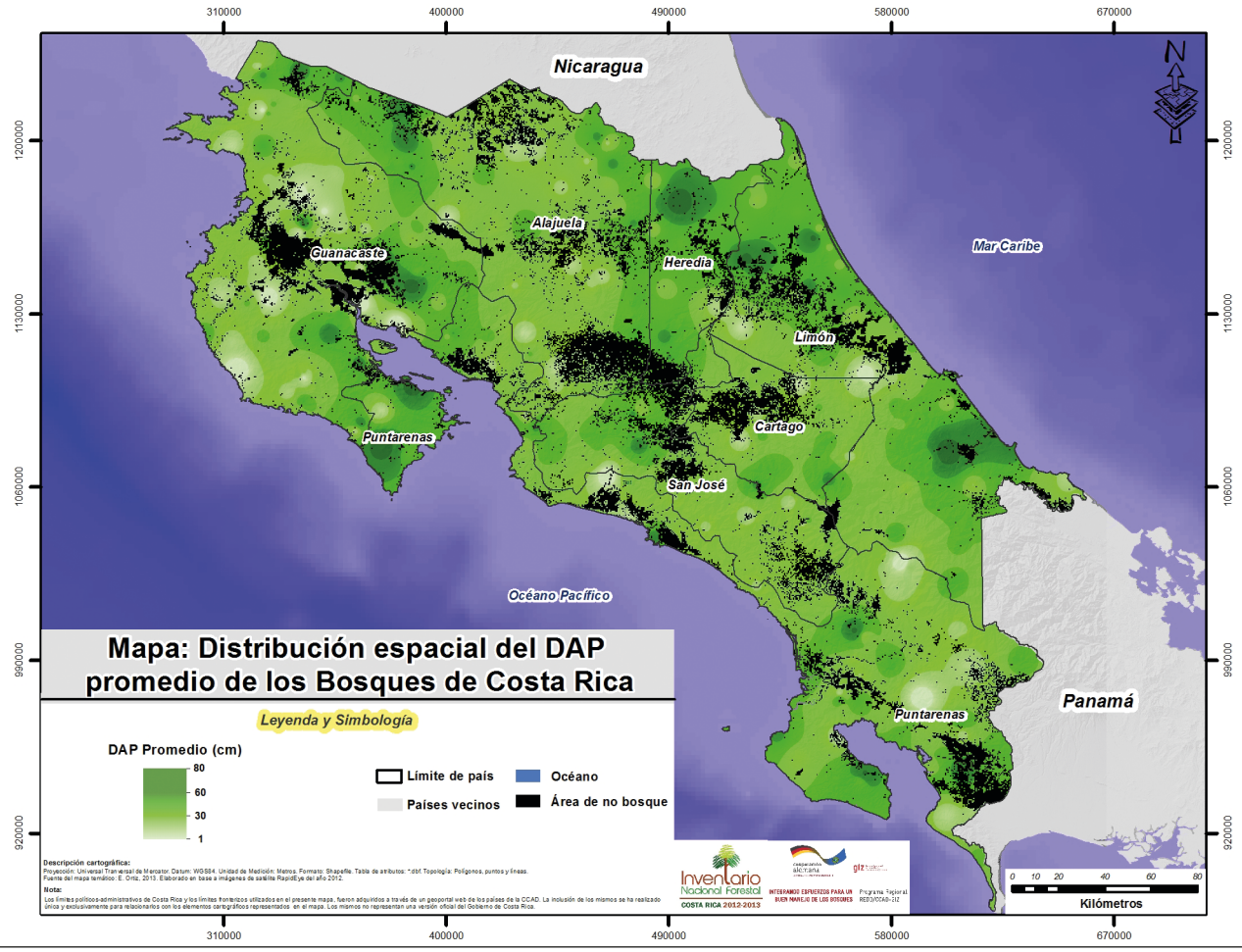


Figura 6. Distribución espacial de la variable dasométrica DAP promedio en los bosques de Costa Rica



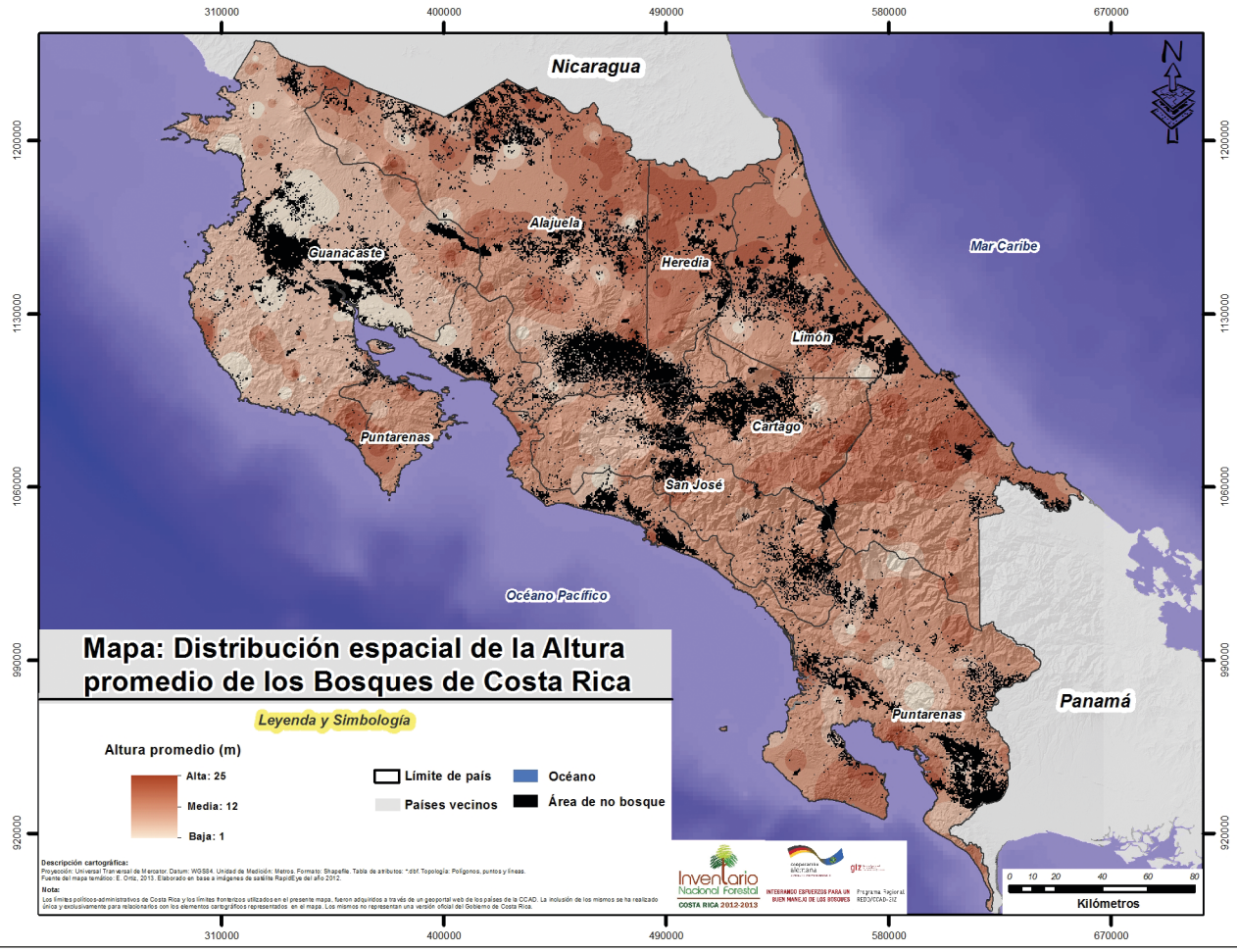
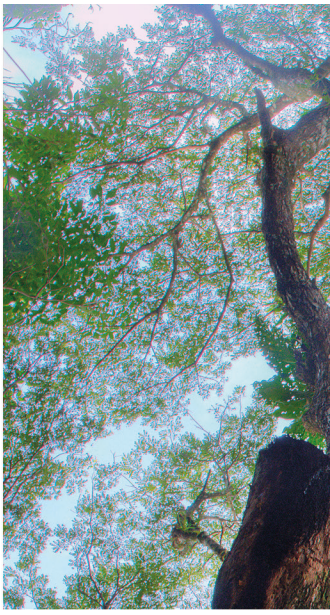


Figura 7. Distribución espacial de la variable dasométrica altura promedio en los bosques de Costa Rica





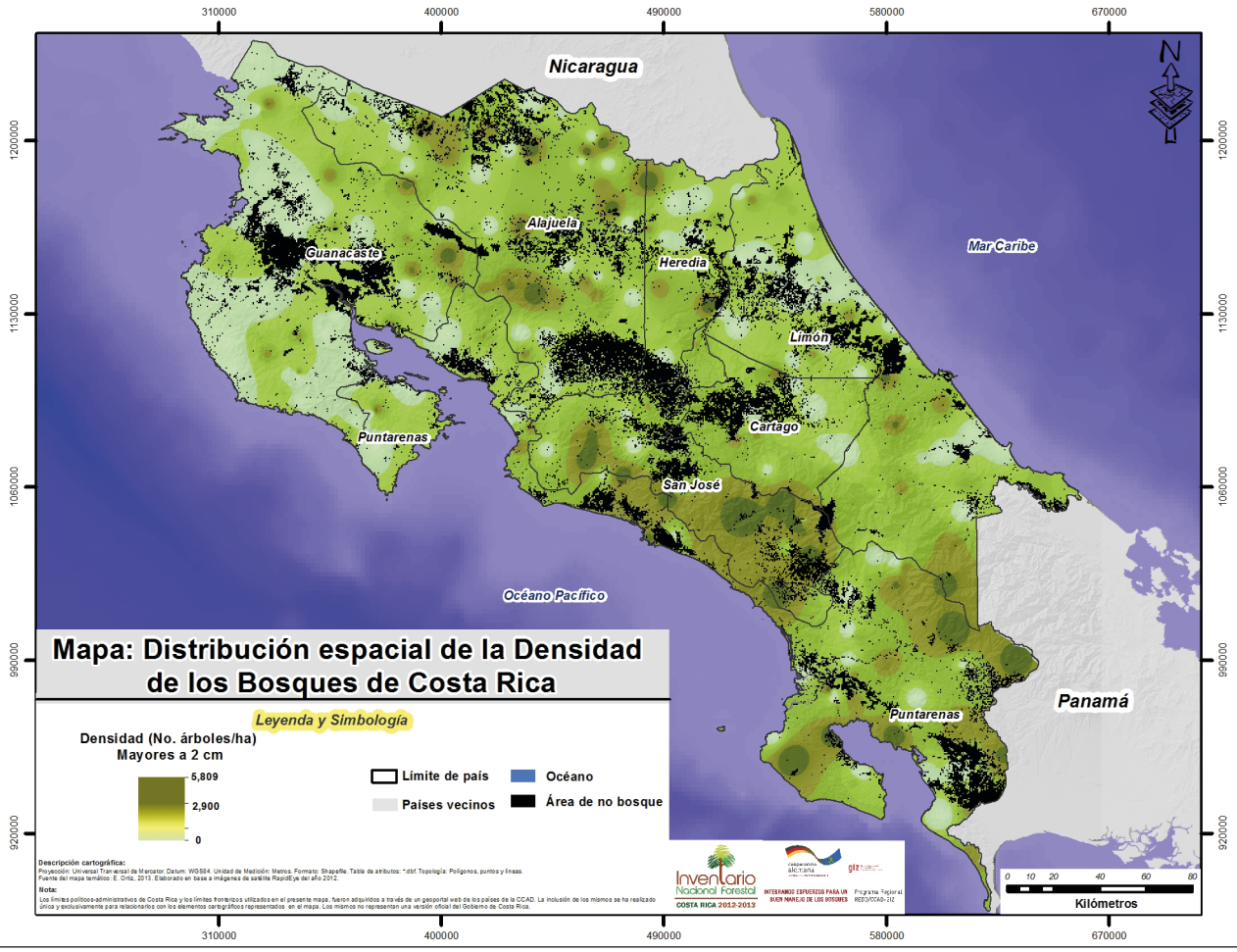


Figura 8. Distribución espacial de la variable dasométrica densidad en los bosques de Costa Rica





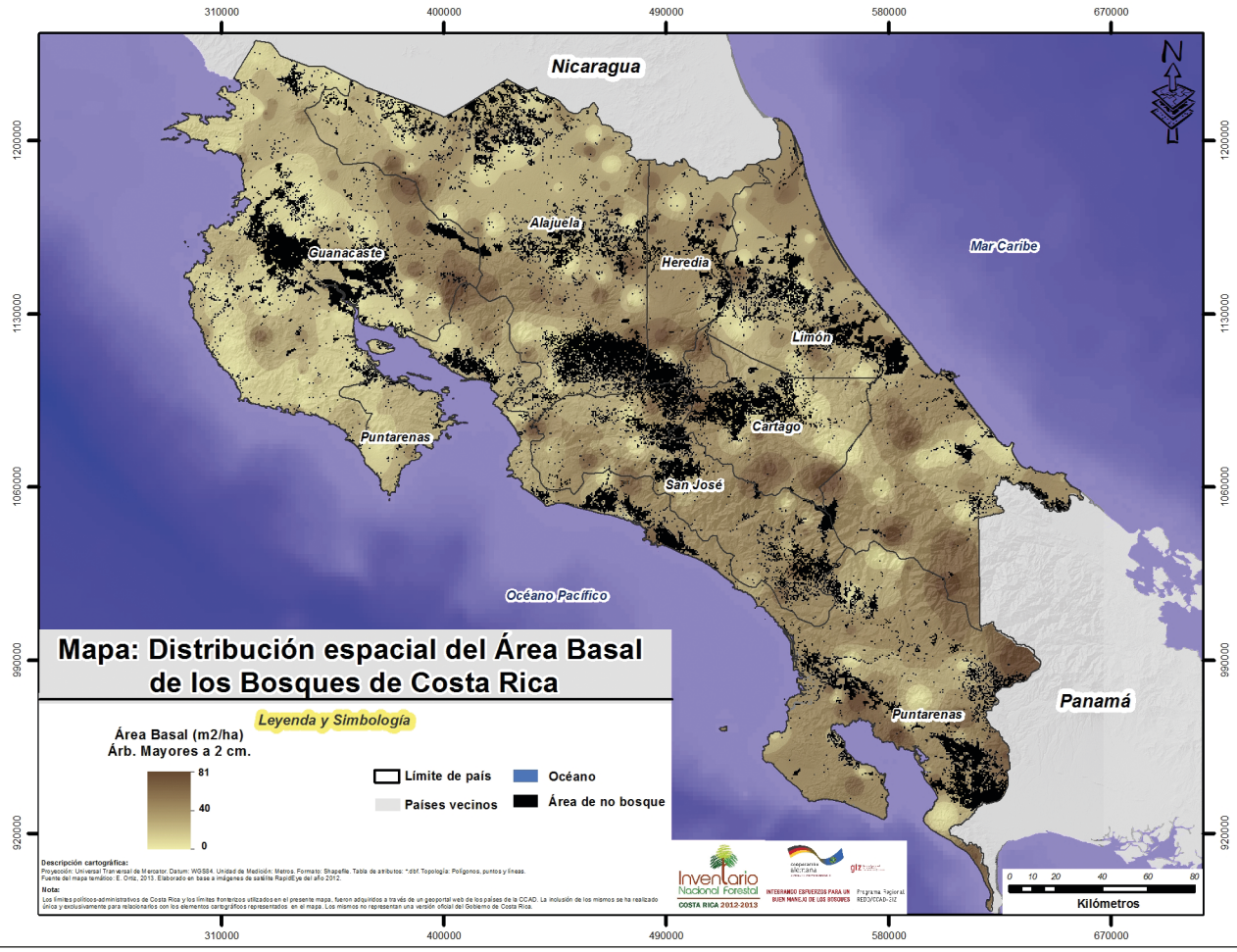


Figura 9. Distribución espacial de la variable dasométrica área basal en los bosques de Costa Rica





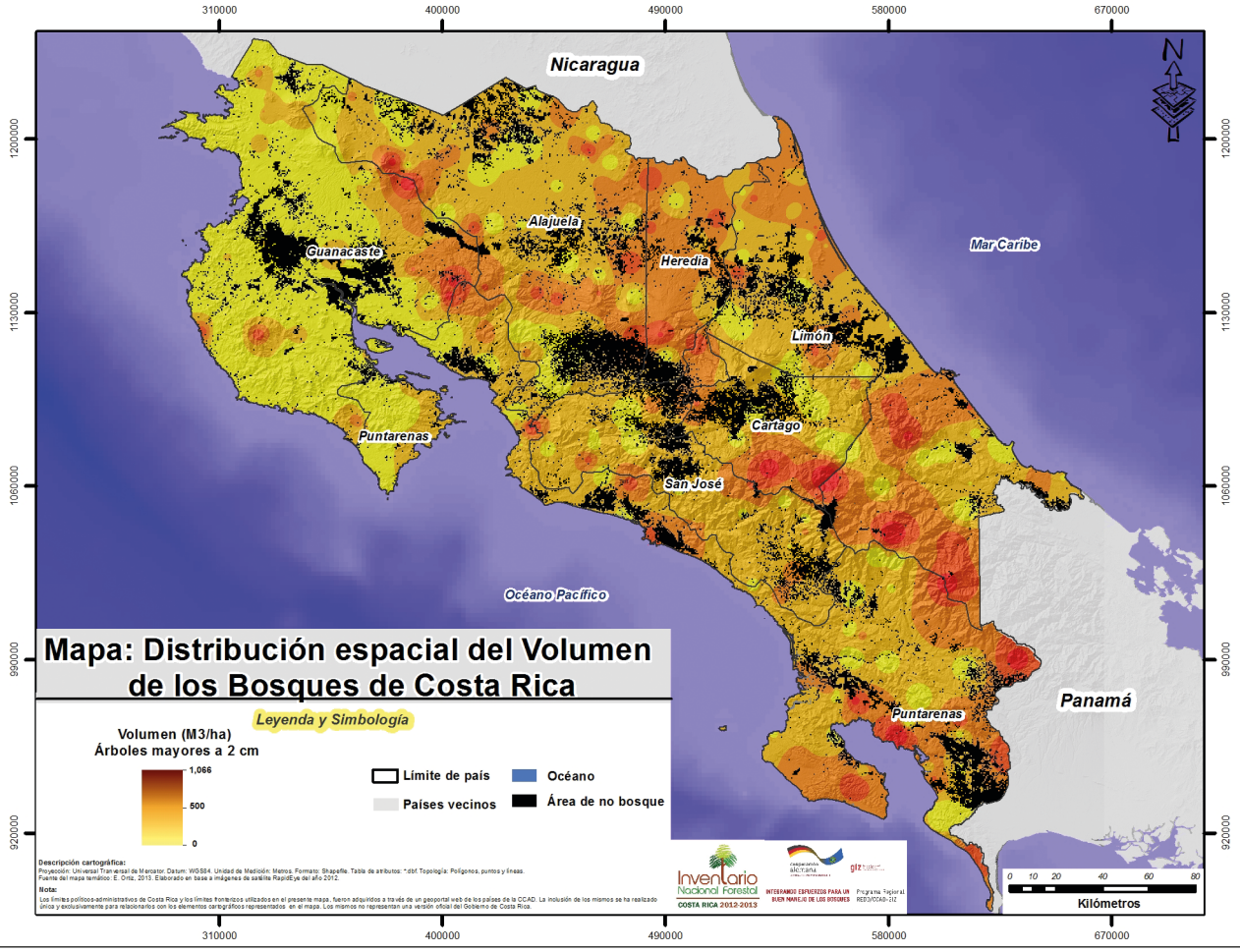


Figura 10. Distribución espacial de la variable dasométrica volumen en los bosques de Costa Rica





3.7. Referencias bibliográficas

1. BIOMARCC-SINAC-GIZ. 2012. Evaluación de carbono en el Humedal Nacional Térraba-Sierpe. San José-Costa Rica. 26 pp.

2. Carbonero, M.; Ramírez, J.; Hervás, C. y D. Ortiz. 2005. Estimadores robustos de estadísticos de posición. Trabajo financiado por el MCYT, proyecto TIC2002-04036-C05-02 y con fondos FEDER. Presentado en el III Taller Nacional de Minería de Datos y Aprendizaje, TAMIDA2005. 14 al 16 de septiembre de 2005. Granada, España. 7 p.

3. Chao, J.; Phillips, L.; Baker, R.; Peacock, J.; López, G.; Vasquez, R.; Monteagudo, A.; Torres A. 2009. After trees die: quantities and determinants of necromass across. Amazonia. Biogeosciences 6: 1615–1626.

4. Chave, J; Condit, R.; Aguilar, S.; Hernández, A., Lao, S. y Pérez, R. 2004. Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates Phil. Trans. R. Soc. Lond. B 359 1443:409-420. Disponible en http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/359/1443/409.full.pdf+html

5. Chave, J.; Andalo, C.; Brown, S.; Cairns, M.A.; Chambers, J.Q.; Eamus, D.; Fölster, H.; Fromard, F.; Higuchi, N.; Kira, T.; Lescure, J.-P.; Nelson, B.W.; Ogawa, H.; Puig, H.; Riéra, B.; Yamakura, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. Oecologia, Ecosystem ecology 145: 87–99

6. Chave, J. 2006. Medición de densidad de madera en árboles tropicales. Proyectos Pan Amazonía - RAINFOR. 7 pp.

7. Fonseca, W.; Alice, F.; Montero, J.; Toruño, H. y H. Leblanc. 2008. Acumulación de biomasa y carbono en bosques secundarios y plantaciones forestales de Vochysia guatemalensis e Hieronyma alchorneoides en el Caribe de Costa Rica. Agroforestería en las Américas 46: 57-64.

8. Fonseca, W.; Alice, F. y J.M. Rey. 2009. Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. Bosque 30(1): 36-47.

9. Kaiser, L. 1983. Unbiased estimation in line-intersect sampling. Biometrics. 39: 965-976.

10. Kleinn, C.; Ramírez, C.; Chaves, G. y Lobo, S. 2001. Pilot forest inventory in Costa Rica for the Global Forest Survey (GFS) Initiative of FAO FRA. Report to FAO FRA. FAO-CATIE-SINAC. 46 p.

11. Ketterings, Q.M.; Coe, R.; van Noordwijk, M.; Ambagau, Y. y Palm, C.A. 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. Forest Ecology and Management 146: 199–209.

12. IPCC. 1997. Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - versión revisada en 1996. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Libro de Trabajo (Volumen 2). Editores: J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B. Lim., K. Tréanton, I. Mamaty, Y. Bonduki, D.J. Griggs and B.A. Callander. 185 p.

13. IPCC. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Edited by Jim Penman, Michael Gytarsky, Taka Hiraishi, Thelma Krug, Dina Kruger, Riitta Pipatti, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara, Kiyoto Tanabe and Fabian Wagner. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC. 583 p.

14. Marshall, P.L.; Davis, G.; LeMay, V.M. 2000. Using line intersect sampling for coarse woody debris. Tech. Rep. TR-003. Vancouver, BC: Research Section, Vancouver Forest Region, BC Ministry of Forests. 34 p.

15. Pérez, D. y M. Kanninen 2003. Aboveground biomass of Tectona grandis plantations in Costa Rica.

Journal of Tropical Forest Science 15(1): 199-213.

16. Sánchez-Monge, M. 2012. Documento metodológico para el Inventario Forestal Nacional de Costa Rica. Programa Reducción de Emisiones de la Deforestación y Degradación de Bosques en Centroamérica y República Dominicana (REDD – CCAD – GIZ). SINAC-FONAFIFO San José, Costa Rica. 16 p.

17. SINAC-FONAFIFO. 2011. Taller Nacional de Expertos para Analizar y Sugerir la Metodología para la Línea de Base y el Sistema de Monitoreo, Reporte y Validación para la Estrategia Nacional REDD+ de Costa Rica, 20 y 21 de septiembre del 2011.

18. SINAC – Programa REDD-CCAD-GIZ, 2014. Manual de campo para el inventario forestal nacional de Costa Rica: Diseño de parcela y medición de variables de sitio y dasométricas. Elaborado por Jorge Fallas – consultor, para el Programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal en Centroamérica y la República Dominicana (REDD/CCAD/GIZ) y el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). San José, Costa Rica. 78 páginas.

19. Teissier du Cros, R.; López, S. 2009. Preliminary study on the assessment of deadwood volume by the French national forest inventory. Ann. For. Sci 66, 302.

20. Ulate, CA. 2011. Análisis y comparación de la biomasa aérea de la cobertura forestal según zona de vida y tipo de bosque para Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 61 p.

21. Van Wagner, C.E. 1968. The Line Intersect Method in Forest Fuel Sampling. Forest Science 14: 20-26.

22. Van Wagner, C.E. 1982a. Graphical estimation of quadratic mean diameters in the line-intersect method. Forest Science. 28: 852-855.

23. Van Wagner, C.E. 1982b. Practical aspects of the line intersect method. Inform. Rep. PIX-12. Petawawa National Forestry Institute, Canadian Forestry Service. 18 p.

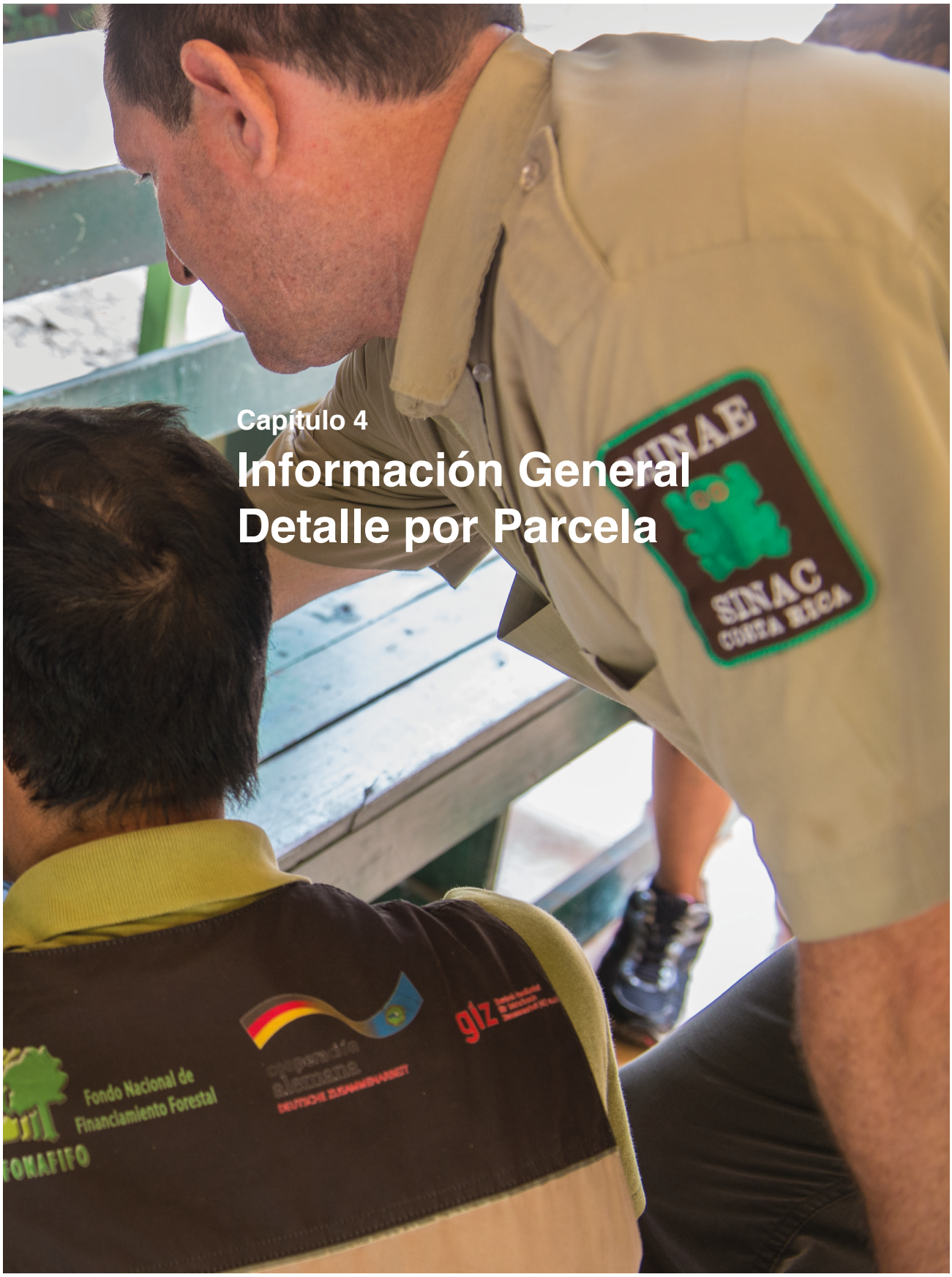
24. Warren, W.G.; Olsen, P.F. 1964. A line-intersect technique for assessing logging waste. Forest Science. 10: 267-276.

25. Woodall, C.W.; Holden, G.R.; Vissage, J.S. 2004. Large scale maps of forest fuels. Fire Management Today. 64 (2): 19-21.

26. Woodall, C. y M. Williams. 2005. Sampling Protocol, Estimation, and Analysis Procedures for the Down Woody Materials Indicator of the FIA Progam. Gen. Tech. Rep. NC-256. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Research Station. 47 p.

27. Woodall, C.W.; Rondeux, J.; Verkerk, P.; Stahl, G., 2009. Estimating dead wood during national inventories: a review of inventory methodologies and suggestions for harmonization. Environmental Management 44: 624–631.


Twice a day the tide washes the beach. Water levels rise and fall
seven to ten feet regularly, depending on the phases of the moon.
In the last 30 years strong storms have eroded Manuel Antonio Beach
more than five yards inland.



Capítulo 4

Información General Detalle por Parcela

Capítulo 4

Información General Detalle por Parcela

En este capítulo se presenta la información que da origen a los resultados de aplicar el Inventario Nacional Forestal de Costa Rica. Cada unidad de muestreo (parcela) levantada en el campo, registrada adecuadamente y procesada en detalle, permite obtener las información clave para poder calcular las variables dasométricas y las existencias caso a caso para luego extrapolarlas en función de la superficie evaluada según los requerimientos. A continuación se muestra, a modo de ejemplo, la información en detalle que provee cada parcela, en particular para 6 parcelas seleccionadas, una por cada estrato definido para el inventario (Cuadro 9).

Cuadro 9. Parcelas seleccionadas para muestra de detalle de información que genera

ESTRATO	Nº parcela
Bosque de Palmas	15721
Bosque Maduro	7818
Bosque Secundario	1664
Pasto con Árboles	19505
Plantación Forestal	5144
Rodales de Mangle	5162

4.1. Detalle información parcela 15721 estrato Bosque de Palmas

a. Información general

Los registros de campo incluyen inicialmente la información general de la parcela y su entorno. En el Cuadro 10 se muestra un ejemplo de la información capturada para la parcela 15721 correspondiente al estrato arbóreo Bosque de Palmas, donde se incluye el número de la parcela, estrato en campo, región operativa, información geográfica, coordenadas de ubicación, fechas, estrato teórico y aspectos relacionados con el lugar donde se

instaló la parcela, tales como, elevación, posición topográfica, pendiente del terreno, aspectos de intervención del lugar y las observaciones que sea necesario consignar.

Cuadro 10. Información general para parcela 15721de Bosque de Palmas

Parcela	**15721**		
Fase de Inventario	Fase1	Elevación	15
Estrato	Bosque de Palmas	Posición Topográfica	Plano
Región Operacional	ZNCN	Pendiente Terreno (%)	0
Provincia	Limón	Sucesión	BP
Cantón	Pococi	Origen	NAT
Distrito	Colorado	Integridad Fac. Natural	(en blanco)
Localidad	Puerto Lindo	Integridad Fac. Antrópicos	(en blanco)
Coordenada X	538.023	Protección Hídrica	(en blanco)
Coordenada Y	1.178.660	Desplazamiento (hh:mm)	No Registra
Fecha de Medición	01-01-2014	Ejecución (hh:mm)	No Registra
Estrato Según Malla	Pasto con Árboles	Observaciones Generales	Bosque Inundado, Yolillal

b. Dasometría y existencias calculadas para árboles ≥ 10 cm de DAP

Se muestra a continuación en el Cuadro 11 las variables dasométricas (DAP, HT, área basal, densidad, etc.) y de existencias (volumen, biomasa y CO_2) calculadas en base a la información levantada en parcela 15721 para el componente vegetal de especies mayores.

Cuadro 11. Variables y existencias calculadas para parcela 15721 incluida en estrato Bosque de Palmas especies ≥ 10 cm de DAP

Variables	Media	Variables	Media
DAP (cm) [arb > 10 cm]	25,8	Vol (m^3/ha) [arb > 10 cm]	209,7
DMC (cm) [arb > 10 cm]	28,1	Biomasa (ton/ha) [arb > 10 cm]	131,2
ALTURA (m) [arb > 10 cm]	11,1	Carbono (ton/ha) [arb > 10 cm]	65,6
AB (m^2/ha) [arb > 10 cm]	34,7	**CO_2 (ton/ha) [arb > 10 cm]**	**240,5**
Densidad (N/ha) [arb > 10 cm]	560,0	Nº Esp [arb > 10 cm]	7

c. Dasometría y existencias calculadas para árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Se muestra a continuación en el Cuadro 12 las variables dasométricas (DAP, HT, área basal, densidad, etc.) y de existencias (volumen, biomasa y CO_2) calculadas en base a la información levantada en parcela 15721 para el componente vegetal de especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP.

Cuadro 12. Variables y existencias calculadas para parcela 15721 incluida en estrato Bosque de Palmas especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Variables	Media	Variables	Media
DAP (cm) [arb 2-10 cm]	4,8	Vol (m^3/ha) [arb 2-10 cm]	7,7
DMC (cm) [arb 2-10 cm]	5,2	Biomasa (ton/ha) [arb 2-10 cm]	7,6
ALTURA (m) [arb 2-10 cm]	4,7	Carbono (ton/ha) [arb 2-10 cm]	3,8
AB (m^2/ha) [arb 2-10 cm]	2,8	**CO_2 (ton/ha) [arb 2-10 cm]**	**14,0**
Densidad (N/ha) [arb 2-10 cm]	1300,0	Nº Esp [arb 2-10 cm]	10

d. Dasometría y existencias calculadas para árboles ≥ 2 cm de DAP

Se muestra a continuación en el Cuadro 13 las variables dasométricas (DAP, HT, área basal, densidad, etc.) y de existencias (volumen, biomasa y CO_2) calculadas en base a la información levantada en parcela 15721 para la suma de los componentes especies ≥ 2 cm de DAP.

Cuadro 13. Variables y existencias calculadas para parcela 15721 incluida en estrato Bosque de Palmas especies ≥ 2 cm de DAP

Variables	Media	Variables	Media
DAP (cm) [arb > 2 cm]	19,2	Vol (m^3/ha) [arb > 2 cm]	217,3
DMC (cm) [arb > 2 cm]	16,0	Biomasa (ton/ha) [arb > 2 cm]	138,8
ALTURA (m) [arb > 2 cm]	9,1	Carbono (ton/ha) [arb > 2 cm]	69,4
AB (m^2/ha) [arb > 2 cm]	37,5	**CO_2 (ton/ha) [arb > 2 cm]**	**254,5**
Densidad (N/ha) [arb > 2 cm]	1860,0	Nº Esp [arb > 2 cm]	12

e. Existencia de CO_2 obtenida de la parcela por componente arbóreo y de suelo

Se presenta en el Cuadro 14 los valores de CO_2 obtenidos del proceso de la parcela 15721 correspondiente al estrato Bosque de Palmas. Se muestra por tipo de componente, arbóreo con una existencia de 327,4 ton/ha (44%) y de suelo con 415,2 ton/ha (56%). En la Figura 11 se grafica las proporciones por componente o depósito.

Cuadro 14. Existencias de CO_2 en parcela 15721 de estrato Bosque de Palmas

Tipo de componente	Existencia	Tipo de componente	Existencia
CO_2 Árboles (ton/ha)	254,5	CO_2 Suelo (ton/ha)	415,2
CO_2 Raíces (ton/ha)	68,7	CO_2 MM (ton/ha)	1,5
CO_2 Hojarasca (ton/ha)	2,7	**CO_2 TOTAL (ton/ha)**	**742,6**

En base al muestreo de suelo realizado en campo se puede determinar el CO_2 fijado en este componente, que además se observa que tiene una muy alta participación y, por ende, una gran importancia en los niveles de stocks.

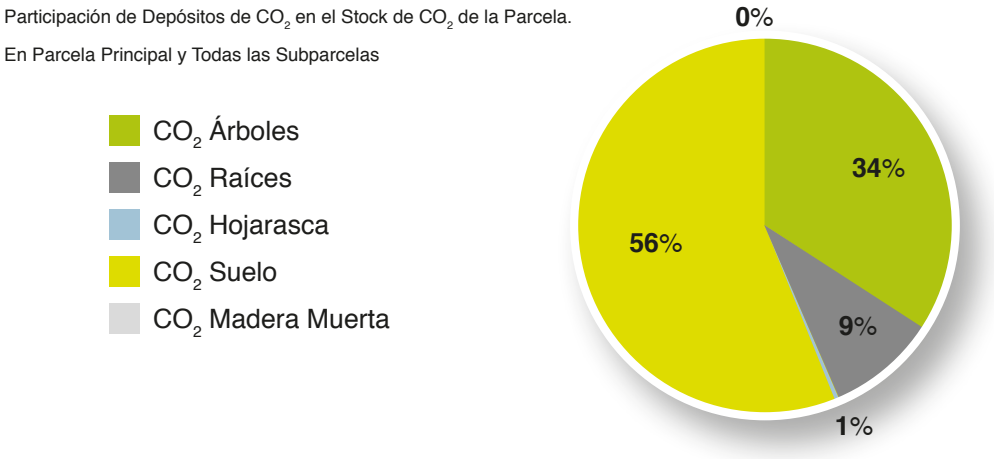


Figura 11. Proporción de depósitos de CO_2 en la parcela 15721 de Bosque de Palmas

f. Distribución diamétrica de las especies ≥ 10 cm y entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

A través de la medición del DAP a las especies insertas en las parcelas se puede obtener la distribución diamétrica para los distintos componentes arbóreos. En la Figura 12 se muestra las distribuciones de los árboles obtenida para la parcela principal (UMP: especies ≥ 10 cm de DAP) y para la parcela secundaria (UMS: especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP).

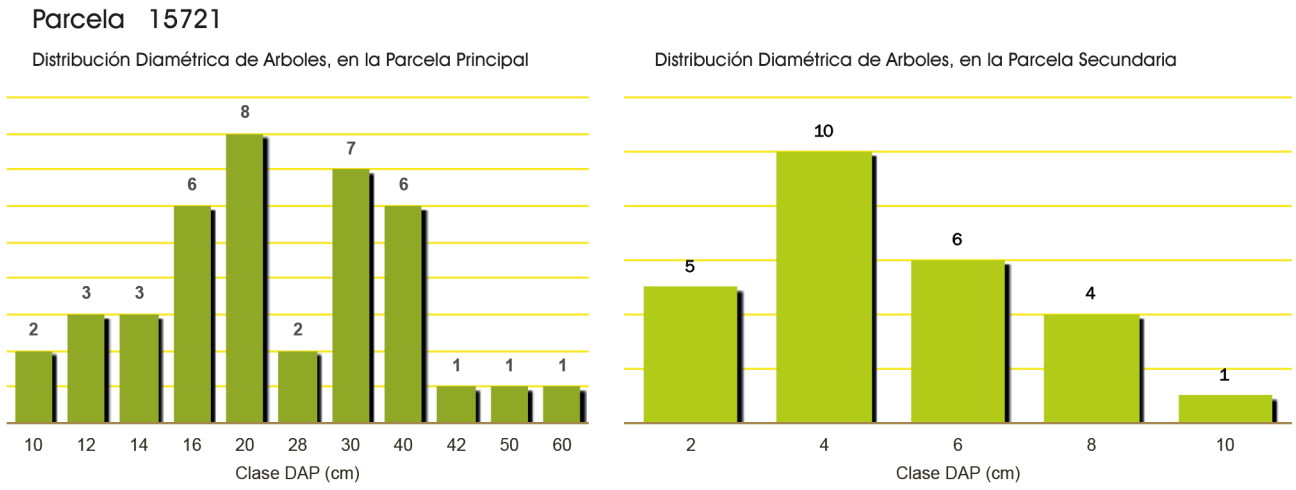


Figura 12. Distribución diamétrica de árboles para parcela principal y secundaria de parcela 15721 de Bosque de Palmas

g. Relación DAP - HT (m) para las especies ≥ 10 cm DAP

En la Figura 13 se muestra la relación existente entre los DAP en centímetros de cada árbol y su respectiva altura total en metros obtenida de la parcela 15721 de Bosque de Palmas.

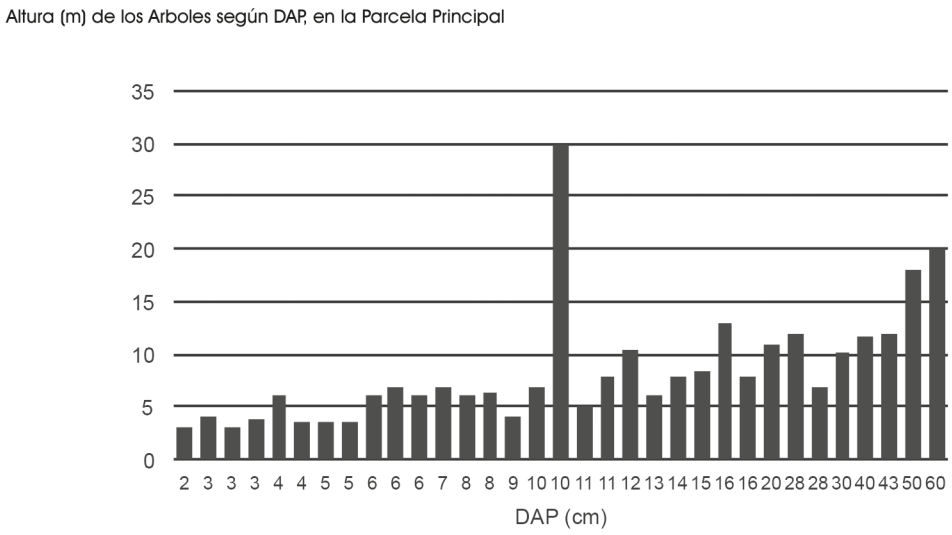


Figura 13. Relación DAP (cm) – Altura (m) de los árboles de la parcela 15721 de Bosque de Palmas en parcela principal (UMP)

h. Otros componentes vegetales y número de especies

Además de los componentes arbóreos principales donde se encuentran las especies ≥ 2 cm de DAP, también de midió regeneración natural (especies < 2 cm de DAP) y vegetación herbácea, en este inventario no se consideró la medición de arbustos, lianas y bambú (ALB). En el Cuadro 15 se presenta valores de densidad en individuos por hectárea y número de especies individuales que participan de estos componentes.

Cuadro 15. Valores de densidad y número de especies para componentes de regeneración y vegetación herbácea en parcela 15721 de Bosque de Palmas

Componente	Valor	Componente	Valor
Densidad Regeneración (ind/ha)	1.061	Especies Regeneración	1
Densidad Herbáceas (ind/ha)	80.000	Especies Herbáceas	6
Densidad ALB (ind/ha)	0	Especies ALB	0

ALB: arbustos, lianas y bambues

En la Figura 14 se grafica la densidad para los componentes regeneración (1.061 individuos/ha) y vegetación herbácea (80.000 individuos/ha).

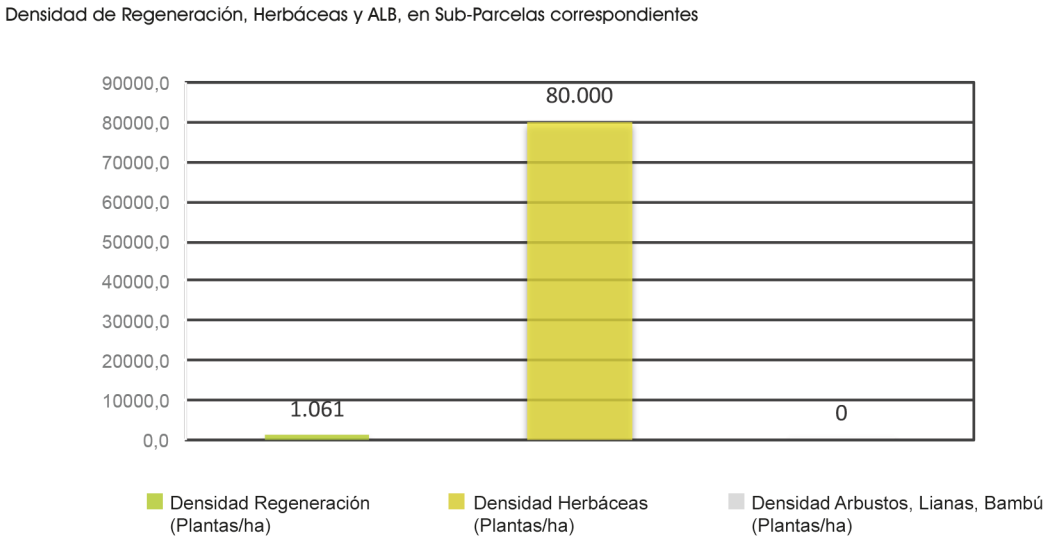


Figura 14. Densidad de regeneración y vegetación herbácea para parcela 15721 de Bosque de Palmas

En la Figura 15 se grafica el número de especies individuales para la totalidad de los componentes vegetales. Siendo el componente de especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP el que posee el mayor número de especies (10).

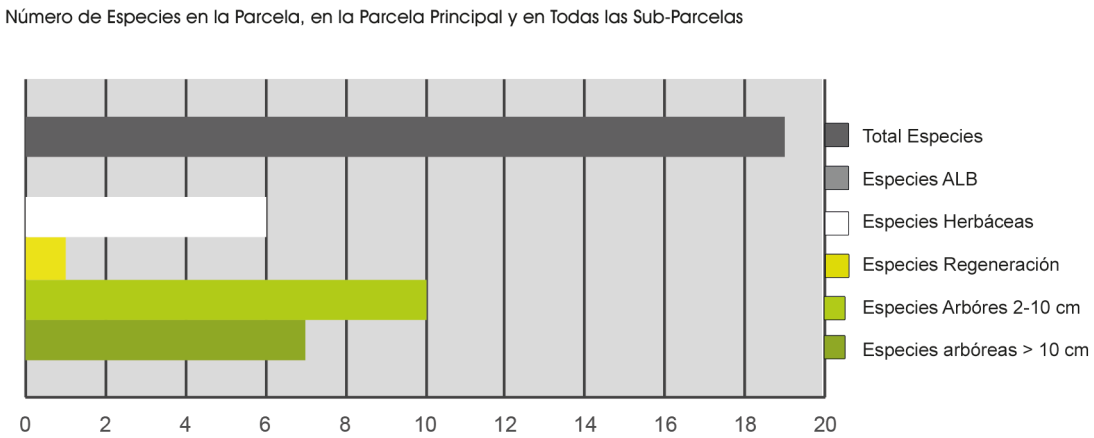


Figura 15. Número de especies por componente vegetal para la parcela 15721 de Bosque de Palmas

i. Distribución espacial de los árboles dentro de la parcela

En la Figura 16 se muestra la distribución horizontal de los árboles ≥ 10 cm de DAP en el límite de la Parcela Principal. Esta ubicación se obtiene con las coordenadas (x,y) que se levanta en campo para cada uno de los árboles al momento del inventario. Permitiendo con esto saber cuál es la distribución de las especies específicas en el área inventariada.

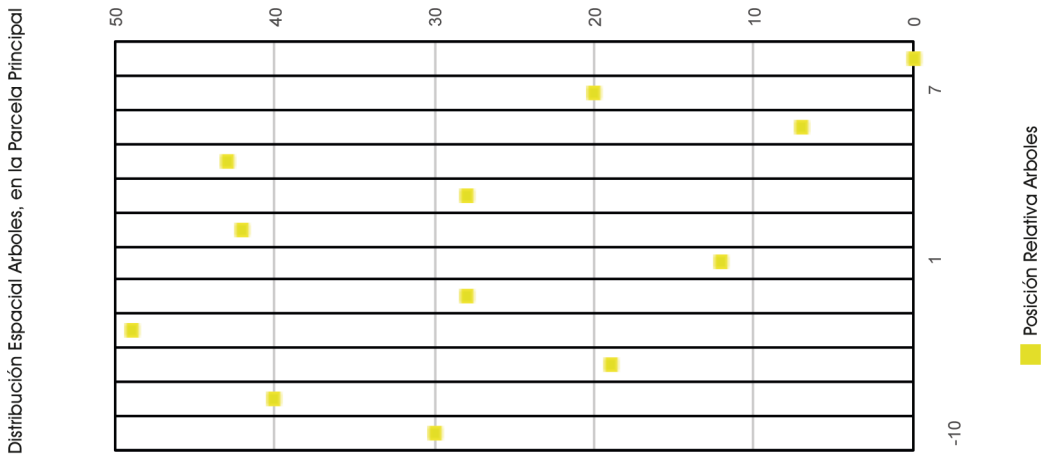
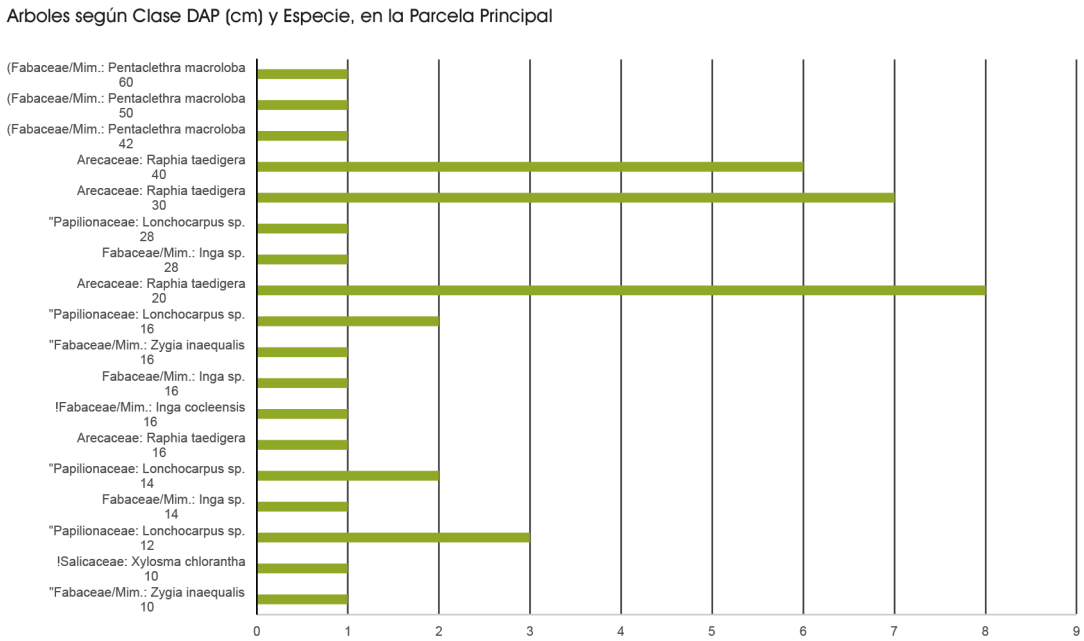


Figura 16. Distribución espacial de los árboles ≥ 10 cm de DAP para parcela 15721 de Bosque de Palmas

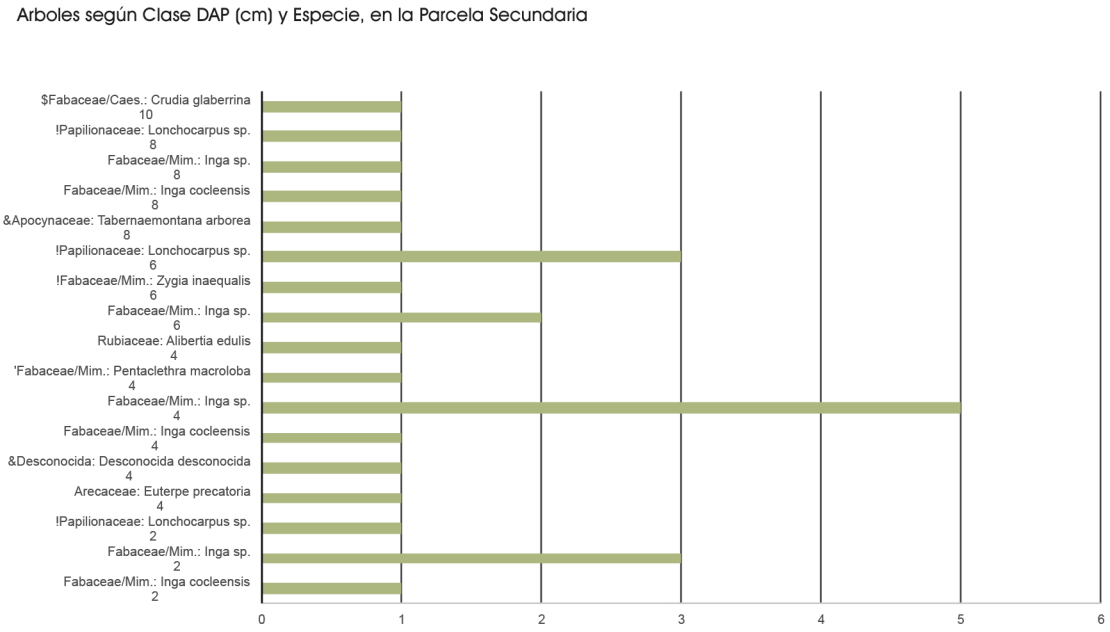
j. Árboles según clase de DAP y especie componente ≥ 10 cm y entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Se muestra en el Cuadro 16 y el Cuadro 17 el número y la forma como se distribuyen las especies por cada clase diamétrica para los dos componentes arbóreos principales (UMP y UMS), para la parcela 15721 de Bosque de Palmas.

Cuadro 16. Especies según clase de DAP para especies ≥ 10 cm para parcela 15721 de Bosque de Palmas



Cuadro 17. Especies según clase de DAP para especies entre 2 cm y 9,9 cm para parcela 15721 de Bosque de Palmas





4.2. Detalle información parcela 7818 estrato Bosque Maduro

a. Información general

Los registros de campo incluyen inicialmente la información general de la parcela y su entorno. En el Cuadro 18 se muestra un ejemplo de la información capturada para la parcela 7818 correspondiente al estrato arbóreo Bosque Maduro, donde se incluye el número de la parcela, estrato en campo, región operativa, información geográfica, coordenadas de ubicación, fechas, estrato teórico y aspectos relacionados con el lugar donde se instaló la parcela, tales como, elevación, posición topográfica, pendiente del terreno, aspectos de intervención del lugar y las observaciones que sea necesario consignar.

Cuadro 18. Información general para parcela 7818 de Bosque Maduro

Parcela	**7818**		
Fase de Inventario	Fase II	Elevación	1441
Estrato	Bosque maduro	Posición Topográfica	Media
Región Operacional	ZDA	Pendiente Terreno (%)	70
Provincia	Limón	Sucesión	0
Cantón	Talamanca	Origen	Natural
Distrito	Telire	Integridad Fac. Natural	0
Localidad	Alto Uren	Integridad Fac. Antrópicos	0
Coordenada X	605.844	Protección Hídrica	Quebrada
Coordenada Y	1.036.806	Desplazamiento (hh:mm)	0:00:00
Fecha de Medición	04-03-2014	Ejecución (hh:mm)	9:00:00
Estrato Según Malla	Bosque maduro	Observaciones Generales: Debido a las condiciones de difícil acceso y al clima de la región se tuvo que instalar la parcela a 1,5 km de la ubicación	

b. Dasometría y existencias calculadas para árboles ≥ 10 cm de DAP

Se muestra a continuación en el Cuadro 19 las variables dasométricas (DAP, HT, área basal, densidad, etc.) y de existencias (volumen, biomasa y CO_2) calculadas en base a la información levantada en parcela 7818 para el componente vegetal de especies mayores.

Cuadro 19. Variables y existencias calculadas para parcela 7818 incluida en estrato Bosque Maduro especies ≥ 10 cm de DAP

Variables	Media	Variables	Media
DAP (cm) [arb > 10 cm]	24,7	Vol (m^3/ha) [arb > 10 cm]	357,6
DMC (cm) [arb > 10 cm]	28,7	Biomasa (ton/ha) [arb > 10 cm]	224,1
ALTURA (m) [arb > 10 cm]	12,9	Carbono (ton/ha) [arb > 10 cm]	112,1
AB (m^2/ha) [arb > 10 cm]	37,5	**CO_2 (ton/ha) [arb > 10 cm]**	**410,9**
Densidad (N/ha) [arb > 10 cm]	580,0	Nº Esp [arb > 10 cm]	26

c. Dasometría y existencias calculadas para árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Se muestra a continuación en el Cuadro 20 las variables dasométricas (DAP, HT, área basal, densidad, etc.) y de existencias (volumen, biomasa y CO_2) calculadas en base a la información levantada en parcela 7818 para el componente vegetal de especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP.

Cuadro 20. Variables y existencias calculadas para parcela 7818 incluida en estrato Bosque Maduro especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Variables	Media	Variables	Media
DAP (cm) [arb 2-10 cm]	4,5	Vol (m^3/ha) [arb 2-10 cm]	14,9
DMC (cm) [arb 2-10 cm]	5,1	Biomasa (ton/ha) [arb 2-10 cm]	11,8
ALTURA (m) [arb 2-10 cm]	5,3	Carbono (ton/ha) [arb 2-10 cm]	5,9
AB (m^2/ha) [arb 2-10 cm]	4,2	**CO_2 (ton/ha) [arb 2-10 cm]**	**21,7**
Densidad (N/ha) [arb 2-10 cm]	2050,0	Nº Esp [arb 2-10 cm]	20

d. Dasometría y existencias calculadas para árboles ≥ 2 cm de DAP

Se muestra a continuación en el Cuadro 21 las variables dasométricas (DAP, HT, área basal, densidad, etc.) y de existencias (volumen, biomasa y CO_2) calculadas en base a la información levantada en parcela 7818 para la suma de los componentes especies ≥ 2 cm de DAP.

Cuadro 21. Variables y existencias calculadas para parcela 7818 incluida en estrato Bosque Maduro especies ≥ 2 cm de DAP

Variables	Media	Variables	Media
DAP (cm) [arb > 2 cm]	16,3	Vol (m^3/ha) [arb > 2 cm]	372,5
DMC (cm) [arb > 2 cm]	14,2	Biomasa (ton/ha) [arb > 2 cm]	236,0
ALTURA (m) [arb > 2 cm]	9,8	Carbono (ton/ha) [arb > 2 cm]	118,0
AB (m^2/ha) [arb > 2 cm]	41,7	**CO_2 (ton/ha) [arb > 2 cm]**	**432,6**
Densidad (N/ha) [arb > 2 cm]	2630,0	Nº Esp [arb > 2 cm]	35

e. Existencia de CO_2 obtenida de la parcela por componente arbóreo y de suelo

Se presenta en el Cuadro 22 los valores de CO_2 obtenidos del proceso de la parcela 7818 correspondiente al estrato Bosque Maduro. Se muestra por tipo de componente, arbóreo con una existencia de 599,2 ton/ha (62%) y de suelo con 362,6 ton/ha (38%). En la Figura 17 se grafica las proporciones por componente o depósito.

Cuadro 22. Existencias de CO_2 en parcela 7818 de estrato Bosque Maduro

Tipo de componente	Existencia	Tipo de componente	Existencia
CO_2 Árboles (ton/ha)	432,6	CO_2 Suelo (ton/ha)	362,6
CO_2 Raíces (ton/ha)	116,8	CO_2 MM (ton/ha)	47,3
CO_2 Hojarasca (ton/ha)	2,5	**CO_2 TOTAL (ton/ha)**	**961,7**

La mayor participación en la parcela la tiene el componente de árboles con 45%, seguido por el componente suelo con un 36%, que son comúnmente los principales depósitos de CO_2 para este estrato.

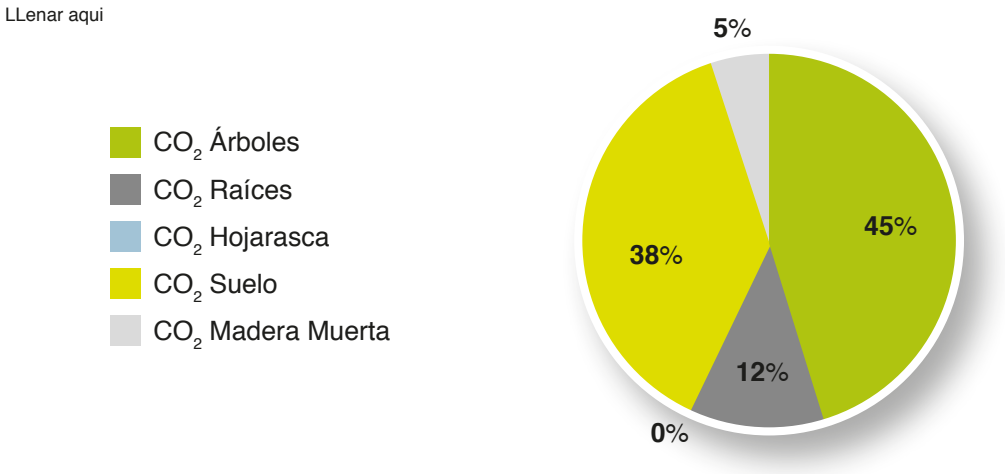


Figura 17. Proporción de depósitos de CO_2 en la parcela 7818 de Bosque Maduro

f. Distribución diamétrica de las especies ≥ 10 cm y entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

A través de la medición del DAP a las especies insertas en las parcelas se puede obtener la distribución diamétrica para los distintos componentes arbóreos. En la Figura 18 se muestra las distribuciones de los árboles obtenida para la parcela principal (UMP: especies ≥ 10 cm de DAP) y para la parcela secundaria (UMS: especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP).

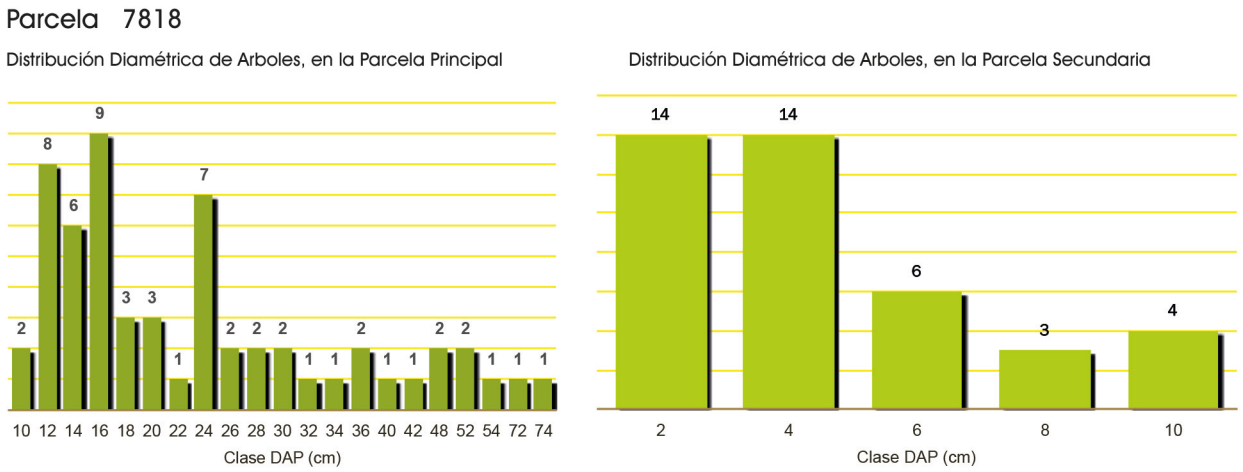


Figura 18. Distribución diamétrica de árboles para parcela principal y secundaria de parcela 7818 de Bosque Maduro

g. Relación DAP - HT (m) para las especies ≥ 10 cm DAP

En la Figura 19 se muestra la relación existente entre los DAP en centímetros de cada árbol y su respectiva altura total en metros obtenida de la parcela 7818 de Bosque Maduro.

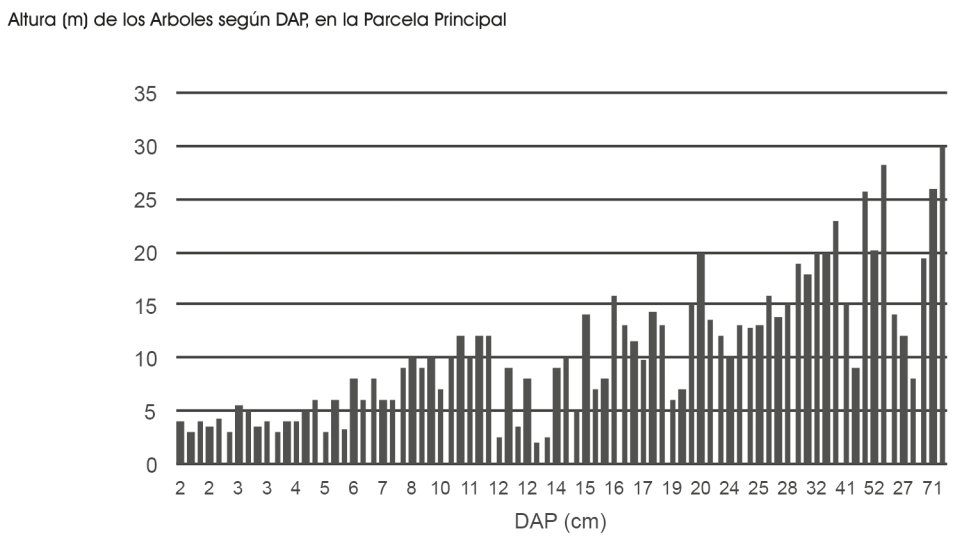


Figura 19. Relación DAP (cm) – Altura (m) de los árboles de la parcela 7818 de Bosque Maduro en parcela principal (UMP)

h. Otros componentes vegetales y número de especies

Además de los componentes arbóreos principales donde se encuentran las especies ≥ 2 cm de DAP, también de midió regeneración natural (especies < 2 cm de DAP) y vegetación herbácea, en este inventario no se consideró la medición de arbustos, lianas y bambú (ALB). En el Cuadro 23 se presenta valores de densidad en individuos por hectárea y número de especies individuales que participan de estos componentes.

Cuadro 23. Valores de densidad y número de especies para componentes de regeneración y vegetación herbácea en parcela 7818 de Bosque Maduro

Componente	Valor	Componente	Valor
Densidad Regeneración (ind/ha)	3.183	Especies Regeneración	3
Densidad Herbáceas (ind/ha)	100.000	Especies Herbáceas	4
Densidad ALB (ind/ha)	0	Especies ALB	0

En la Figura 20 se grafica la densidad para los componentes regeneración (3.183 individuos/ha) y vegetación herbácea (100.000 individuos/ha).

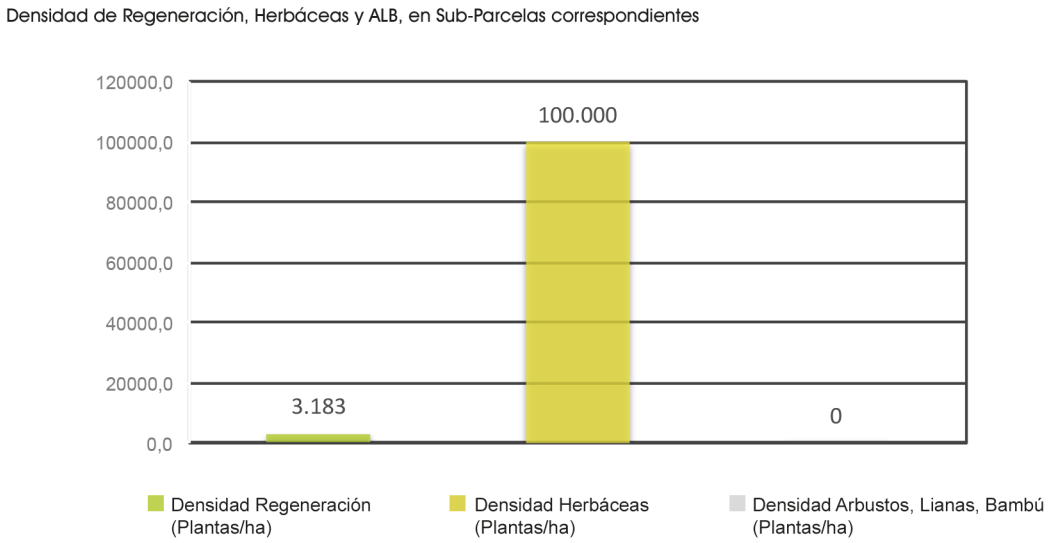


Figura 20. Densidad de regeneración y vegetación herbácea para parcela 7818 de Bosque Maduro

En la Figura 21 se grafica el número de especies individuales (distinto de frecuencia) para la totalidad de los componentes vegetales. Siendo el componente de especies arbóreas ≥ 10 cm de DAP el que posee el mayor número de especies (26).

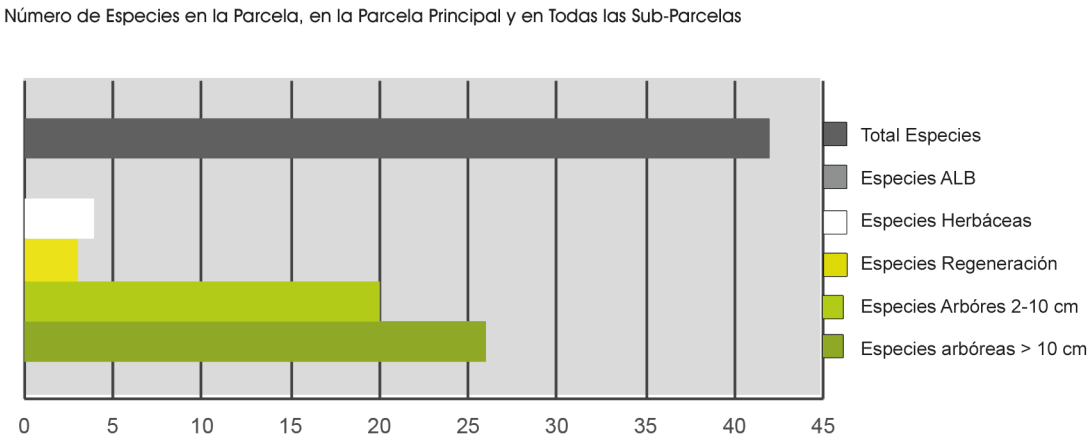


Figura 21. Número de especies por componente vegetal para la parcela 7818 de Bosque Maduro

i. Distribución espacial de los árboles dentro de la parcela

En la Figura 22 se muestra la distribución horizontal de los árboles ≥ 10 cm de DAP en el límite de la Parcela Principal. Esta ubicación se obtiene con las coordenadas (x,y) que se levanta en campo para cada uno de los árboles al momento del inventario. Permitiendo con esto saber cuál es la distribución de las especies específicas en el área inventariada.

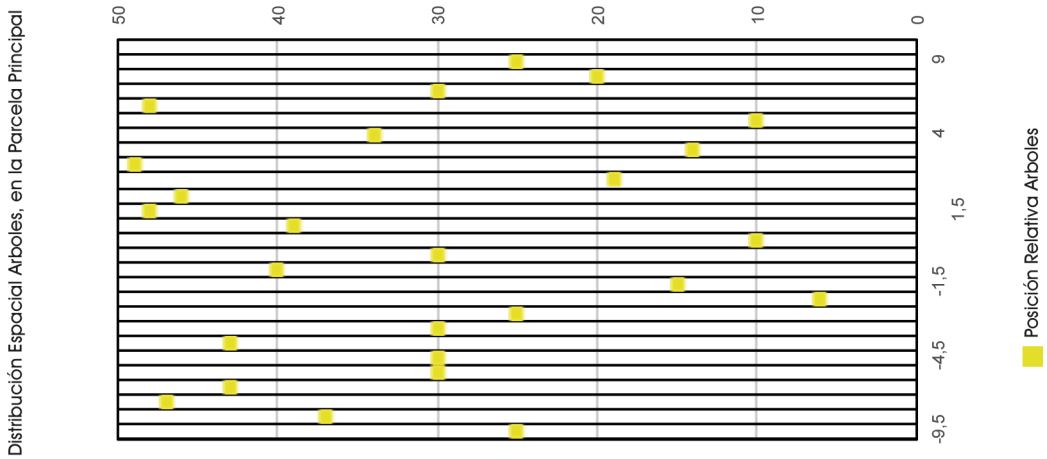


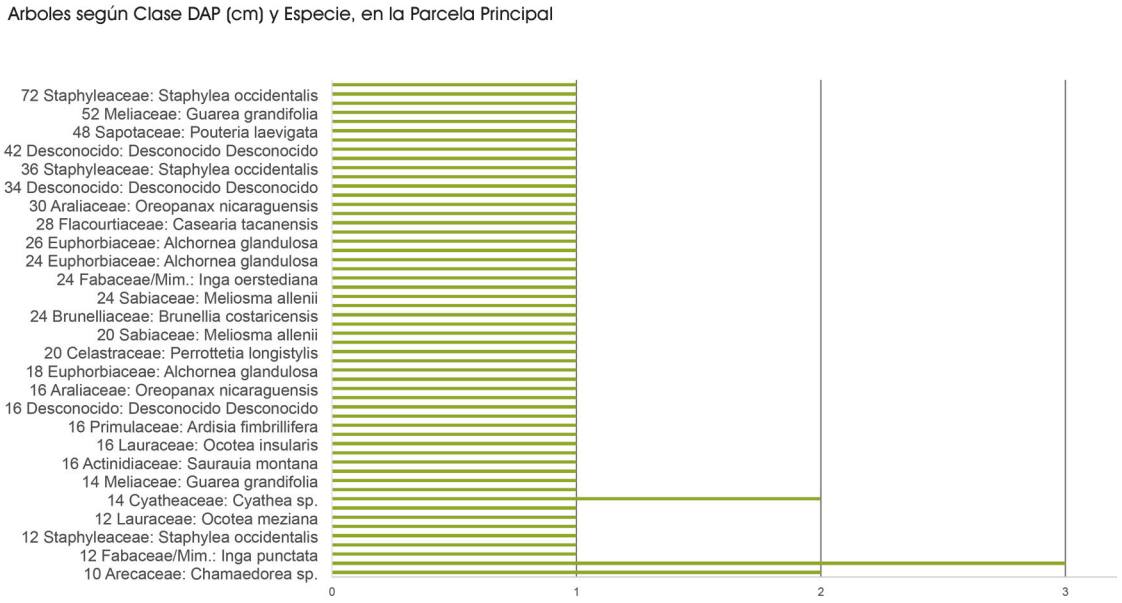
Figura 22. Distribución espacial de los árboles ≥ 10 cm de DAP para parcela 7818 de Bosque Maduro

j. Árboles según clase de DAP y especie componente ≥ 10 cm y entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

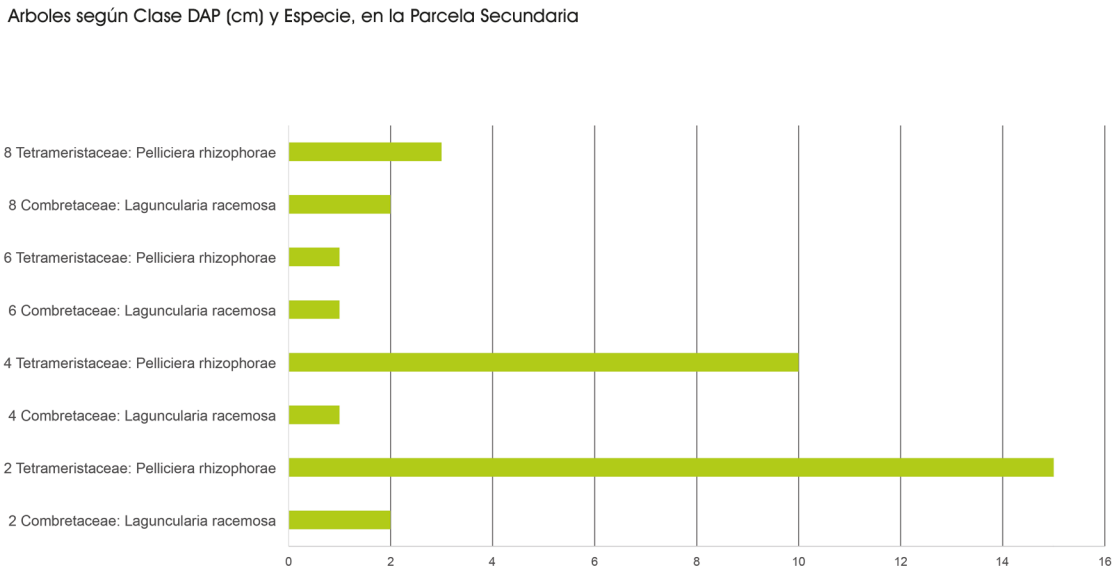
Se muestra en el Cuadro 24 y el Cuadro 25 el número y la forma como se distribuyen las especies por cada clase diamétrica para los dos componentes arbóreos principales (UMP y UMS), para la parcela 7818 de Bosque Maduro.



Cuadro 24. Frecuencia de especies según clase de DAP para árboles ≥ 10 cm, parcela 7818 de Bosque Maduro



Cuadro 25. Frecuencia de especies según clase de DAP para árboles entre 2 cm y 9,9 cm, parcela 7818 de Bosque Maduro



4.3. Detalle información parcela 1664 estrato Bosque Secundario

a. Información general

Los registros de campo incluyen inicialmente la información general de la parcela y su entorno. En el Cuadro 26 se muestra un ejemplo de la información capturada para la parcela 1664 correspondiente al estrato arbóreo Bosque Secundario, donde se incluye el número de la parcela, estrato en campo, región operativa, información geográfica, coordenadas de ubicación, fechas, estrato teórico y aspectos relacionados con el lugar donde se instaló la parcela, tales como, elevación, posición topográfica, pendiente del terreno, aspectos de intervención del lugar y las observaciones que sea necesario consignar.

Cuadro 26. Información general para parcela 1664 de Bosque Secundario

Parcela	**1664**		
Fase de Inventario	Fase II	Elevación	93
Estrato	Bosque secundario	Posición Topográfica	Media
Región Operacional	ZNCN	Pendiente Terreno (%)	18
Provincia	Alajuela	Sucesión	0
Cantón	San Carlos	Origen	Nat
Distrito	Cutris	Integridad Fac. Natural	0
Localidad	Chorreras	Integridad Fac. Antrópicos	0
Coordenada X	165.191	Protección Hídrica	No
Coordenada Y	1.199.084	Desplazamiento (hh:mm)	4:00:00
Fecha de Medición	06-02-2014	Ejecución (hh:mm)	2:30:00
Estrato Según Malla	BS	Observaciones Generales: Punto cayó sobre camino interno de la finca. se corrió 74 m y 111º. Entre punto y parcela hay un BS muy joven (charral) con pocos individuos leñosos.	

b. Dasometría y existencias calculadas para árboles ≥ 10 cm de DAP

Se muestra a continuación en el Cuadro 27 las variables dasométricas (DAP, HT, área basal, densidad, etc.) y de existencias (volumen, biomasa y CO_2) calculadas en base a la información levantada en parcela 1664 para el componente vegetal de especies mayores.

Cuadro 27. Variables y existencias calculadas para parcela 1664 incluida en estrato Bosque Secundario especies ≥ 10 cm de DAP

Variables	Media	Variables	Media
DAP (cm) [arb > 10 cm]	18,9	Vol (m^3/ha) [arb > 10 cm]	211,0
DMC (cm) [arb > 10 cm]	20,5	Biomasa (ton/ha) [arb > 10 cm]	148,4
ALTURA (m) [arb > 10 cm]	17,1	Carbono (ton/ha) [arb > 10 cm]	74,2
AB (m^2/ha) [arb > 10 cm]	20,1	**CO_2 (ton/ha) [arb > 10 cm]**	**272,0**
Densidad (N/ha) [arb > 10 cm]	610,0	Nº Esp [arb > 10 cm]	29

c. Dasometría y existencias calculadas para árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Se muestra a continuación en el Cuadro 28 las variables dasométricas (DAP, HT, área basal, densidad, etc.) y de existencias (volumen, biomasa y CO_2) calculadas en base a la información levantada en parcela 1664 para el componente vegetal de especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP.

Cuadro 28. Variables y existencias calculadas para parcela 1664 incluida en estrato Bosque Secundario especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Variables	Media	Variables	Media
DAP (cm) [arb 2-10 cm]	4,4	Vol (m^3/ha) [arb 2-10 cm]	18,8
DMC (cm) [arb 2-10 cm]	4,7	Biomasa (ton/ha) [arb 2-10 cm]	18,1
ALTURA (m) [arb 2-10 cm]	5,3	Carbono (ton/ha) [arb 2-10 cm]	9,0
AB (m^2/ha) [arb 2-10 cm]	5,6	**CO_2 (ton/ha) [arb 2-10 cm]**	**33,1**
Densidad (N/ha) [arb 2-10 cm]	3200,0	Nº Esp [arb 2-10 cm]	29

d. Dasometría y existencias calculadas para árboles ≥ 2 cm de DAP

Se muestra a continuación en el Cuadro 29 las variables dasométricas (DAP, HT, área basal, densidad, etc.) y de existencias (volumen, biomasa y CO_2) calculadas en base a la información levantada en parcela 1664 para la suma de los componentes especies ≥ 2 cm de DAP.

Cuadro 29. Variables y existencias calculadas para parcela 1664 incluida en estrato Bosque Secundario especies ≥ 2 cm de DAP

Variables	Media	Variables	Media
DAP (cm) [arb > 2 cm]	11,5	Vol (m^3/ha) [arb > 2 cm]	229,7
DMC (cm) [arb > 2 cm]	9,3	Biomasa (ton/ha) [arb > 2 cm]	166,4
ALTURA (m) [arb > 2 cm]	11,1	Carbono (ton/ha) [arb > 2 cm]	83,2
AB (m^2/ha) [arb > 2 cm]	25,7	**CO_2 (ton/ha) [arb > 2 cm]**	**305,1**
Densidad (N/ha) [arb > 2 cm]	3810,0	Nº Esp [arb > 2 cm]	52

e. Existencia de CO_2 obtenida de la parcela por componente arbóreo y de suelo

Se presenta en el Cuadro 30 los valores de CO_2 obtenidos del proceso de la parcela 1664 correspondiente al estrato Bosque Secundario. Se muestra por tipo de componente, arbóreo con una existencia de 407,2 ton/ha (54%) y de suelo con 348,0 ton/ha (46%). En la Figura 23 se grafica las proporciones por componente o depósito.

Cuadro 30. Existencias de CO_2 en parcela 1664 de estrato Bosque Secundario

Tipo de componente	Existencia	Tipo de componente	Existencia
CO_2 Árboles (ton/ha)	305,1	CO_2 Suelo (ton/ha)	348,0
CO_2 Raíces (ton/ha)	76,3	CO_2 MM (ton/ha)	15,9
CO_2 Hojarasca (ton/ha)	9,9	**CO_2 TOTAL (ton/ha)**	**755,2**

La mayor participación en la parcela la tiene el componente de suelo con 46%, seguido por el componente de árboles con un 41%, que son comúnmente los principales depósitos de CO_2 para este tipo de estrato, Bosque Secundario.

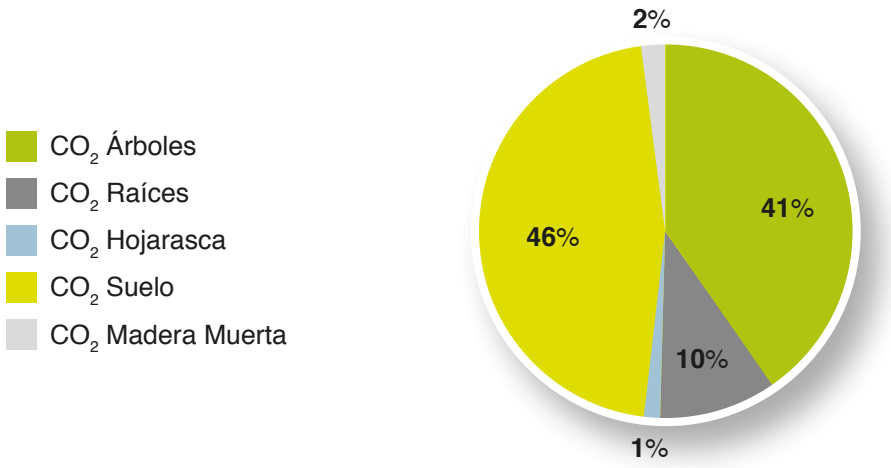


Figura 23. Proporción de depósitos de CO_2 en la parcela 1664 de Bosque Secundario

f. Distribución diamétrica de las especies ≥ 10 cm y entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

A través de la medición del DAP a las especies insertas en las parcelas se puede obtener la distribución diamétrica para los distintos componentes arbóreos. En la Figura 24 se muestra las distribuciones de los árboles obtenida para la parcela principal (UMP: especies ≥ 10 cm de DAP) y para la parcela secundaria (UMS: especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP).

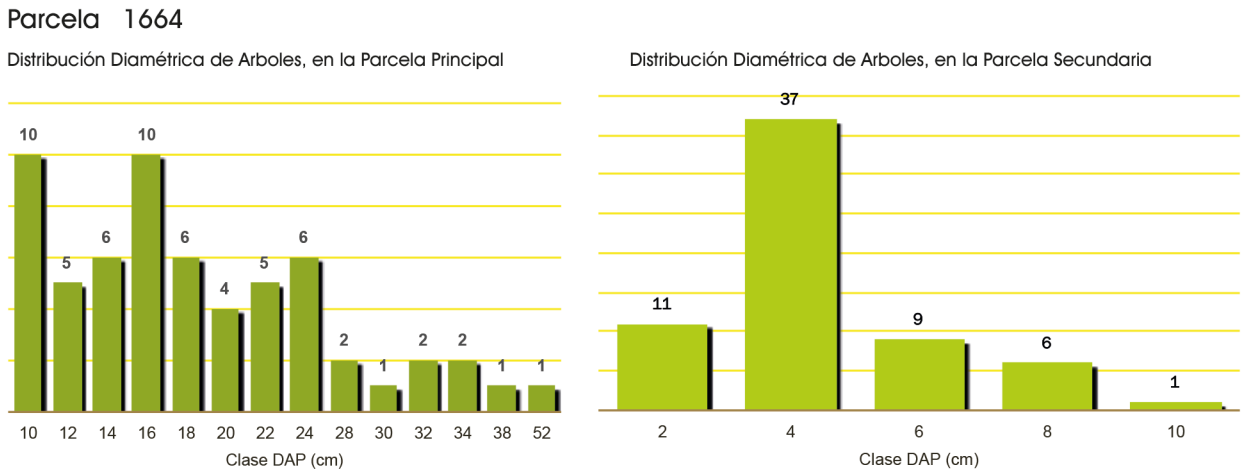


Figura 24. Distribución diamétrica de árboles para parcela principal y secundaria de parcela 1664 de Bosque Secundario

g. Relación DAP - HT (m) para las especies ≥ 10 cm DAP

En la Figura 25 se muestra la relación existente entre los DAP en centímetros de cada árbol y su respectiva altura total en metros obtenida de la parcela 1664 de Bosque Secundario.

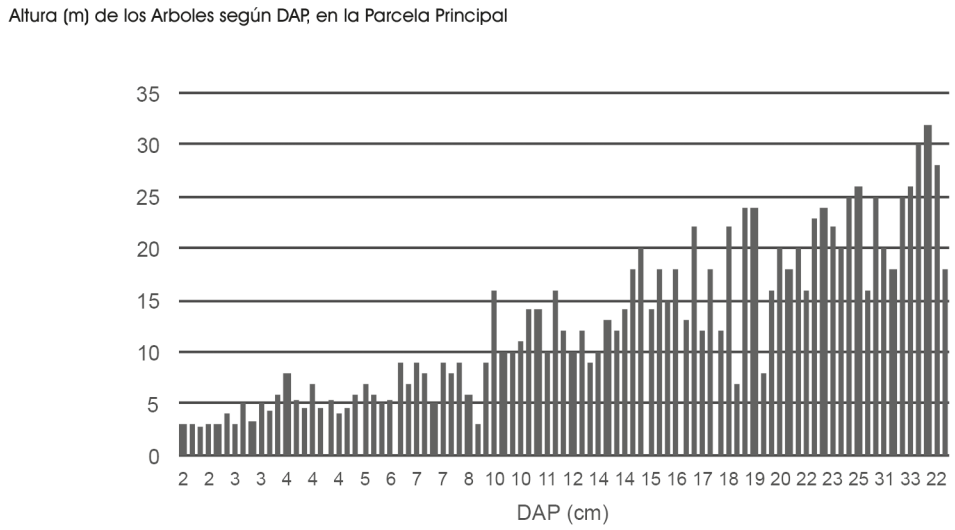


Figura 25. Relación DAP (cm) – Altura (m) de los árboles de la parcela 1664 de Bosque Secundario en parcela principal (UMP)

h. Otros componentes vegetales y número de especies

Además de los componentes arbóreos principales donde se encuentran las especies ≥ 2 cm de DAP, también de midió regeneración natural (especies < 2 cm de DAP) y vegetación herbácea, en este inventario no se consideró la medición de arbustos, lianas y bambú (ALB). En el Cuadro 31 se presenta valores de densidad en individuos por hectárea y número de especies individuales que participan de estos componentes.

Cuadro 31. Valores de densidad y número de especies para componentes de regeneración y vegetación herbácea en parcela 1664 de Bosque Secundario

Componente	Valor	Componente	Valor
Densidad Regeneración (ind/ha)	4.244	Especies Regeneración	3
Densidad Herbáceas (ind/ha)	60.000	Especies Herbáceas	5
Densidad ALB (ind/ha)	0	Especies ALB	0

En la Figura 26 se grafica la densidad para los componentes regeneración (4.244 individuos/ha) y vegetación herbácea (60.000 individuos/ha).

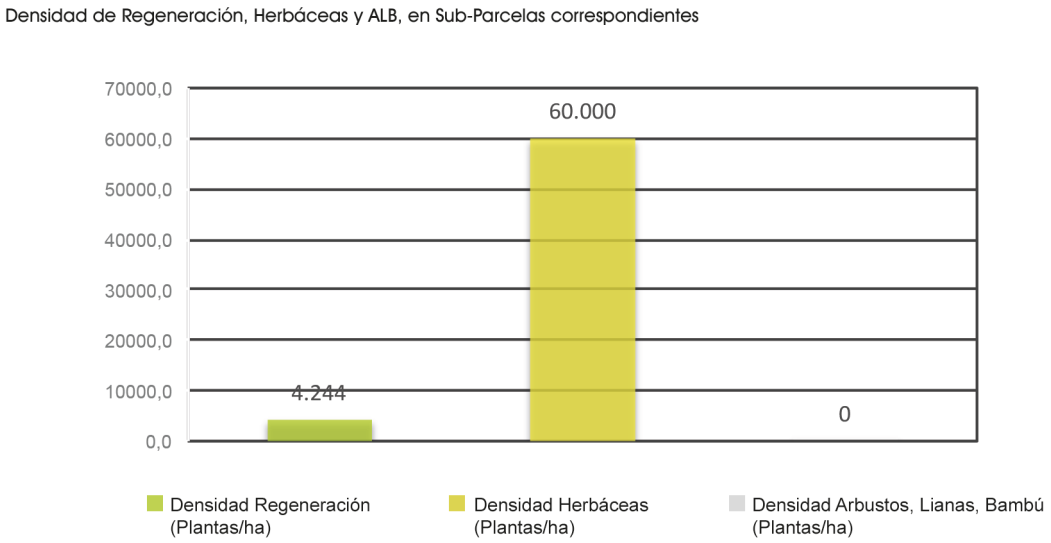


Figura 26. Densidad de regeneración y vegetación herbácea para parcela 1664 de Bosque Secundario

En la Figura 27 se grafica el número de especies individuales (distinto de frecuencia) para la totalidad de los componentes vegetales. Los componentes de especies arbóreas ≥ 10 cm y entre 2 cm y 9,9 cm de DAP poseen el mismo número de especies (29 cada uno).

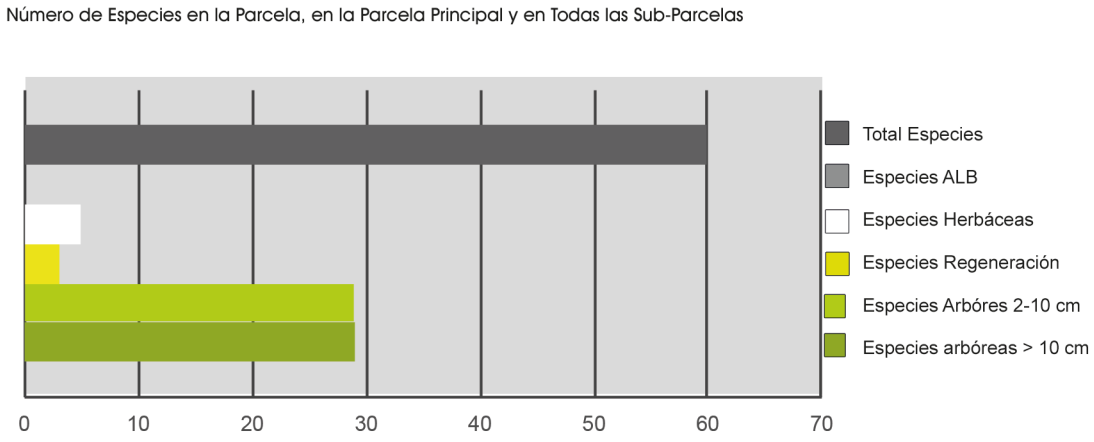


Figura 27. Número de especies por componente vegetal para la parcela 1664 de Bosque Secundario

i. Distribución espacial de los árboles dentro de la parcela

En la Figura 28 se muestra la distribución horizontal de los árboles ≥ 10 cm de DAP en el límite de la Parcela Principal. Esta ubicación se obtiene con las coordenadas (x,y) que se levanta en campo para cada uno de los árboles al momento del inventario. Permitiendo con esto saber cuál es la distribución de las especies específicas en el área inventariada.

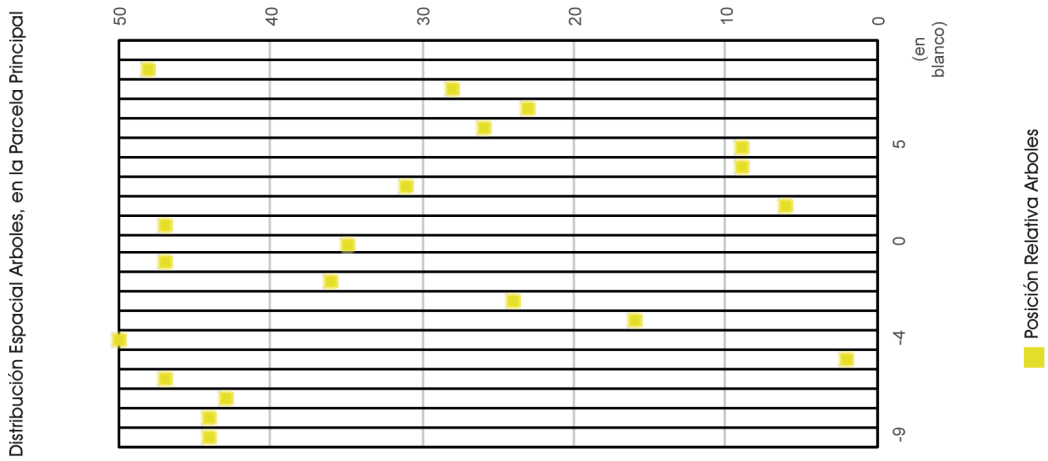
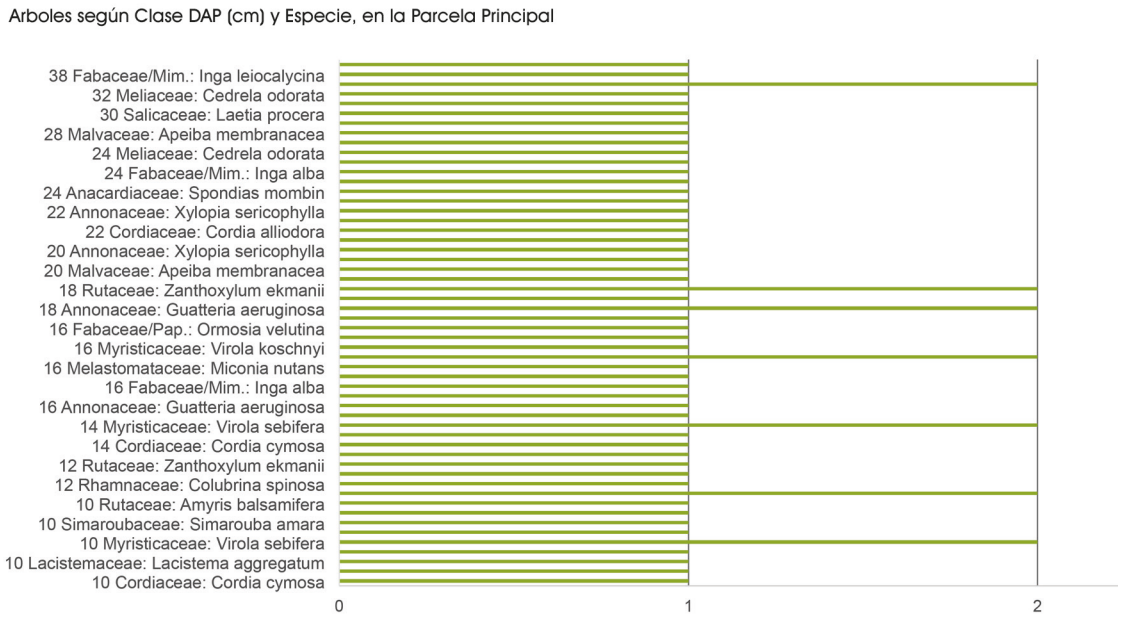


Figura 28. Distribución espacial de los árboles ≥ 10 cm de DAP para parcela 1664 de Bosque Secundario

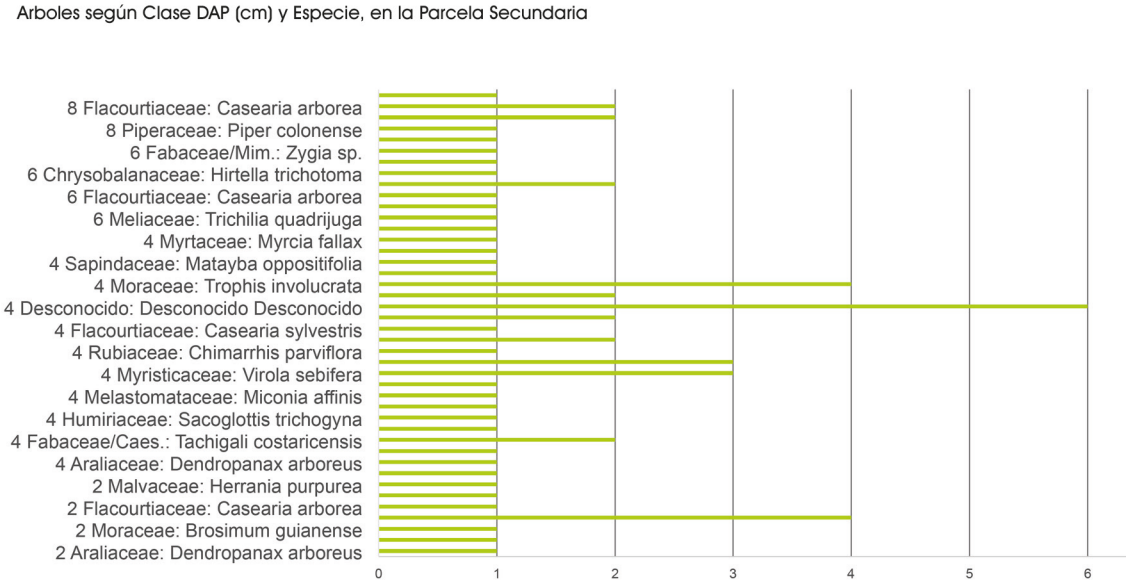
j. Árboles según clase de DAP y especie componente ≥ 10 cm y entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Se muestra en el Cuadro 32 y el Cuadro 33 el número y la forma como se distribuyen las especies por cada clase diamétrica para los dos componentes arbóreos principales (UMP y UMS), para la parcela 1664 de Bosque Secundario.

Cuadro 32. Frecuencia de especies según clase de DAP para árboles ≥ 10 cm, parcela 1664 de Bosque Secundario



Cuadro 33. Frecuencia de especies según clase de DAP para árboles entre 2 cm y 9,9 cm, parcela 1664 de Bosque Secundario





4.4. Detalle información parcela 19505 estrato Pasto con Árboles

a. Información general

Los registros de campo incluyen inicialmente la información general de la parcela y su entorno. En el Cuadro 34 se muestra un ejemplo de la información capturada para la parcela 19505 correspondiente al estrato arbóreo Pasto con Árboles, donde se incluye el número de la parcela, estrato en campo, región operativa, información geográfica, coordenadas de ubicación, fechas, estrato teórico y aspectos relacionados con el lugar donde se instaló la parcela, tales como, elevación, posición topográfica, pendiente del terreno, aspectos de intervención del lugar y las observaciones que sea necesario consignar.

Cuadro 34. Información general para parcela 19505 de Pasto con Árboles

Parcela	**19505**		
Fase de Inventario	Fase II	Elevación	835
Estrato	Pasto con Árboles	Posición Topográfica	Fondo de valle
Región Operacional	ZDA	Pendiente Terreno (%)	0
Provincia	Cartago	Sucesión	0
Cantón	Turrialba	Origen	Natural
Distrito	Chirripo	Integridad Fac. Natural	0
Localidad	Alto Pacuare	Integridad Fac. Antrópicos	0
Coordenada X	554.478	Protección Hídrica	Río
Coordenada Y	1.077.839	Desplazamiento (hh:mm)	7:00:00
Fecha de Medición	11-05-2014	Ejecución (hh:mm)	4:00:00
Estrato Según Malla	Pasto con Árboles	Observaciones Generales: La parcela originalmente está ubicada en la margen derecha del río Pacuare, sin embargo no fue posible cruzarlo, por lo que se estableció la parcela en la margen	

b. Dasometría y existencias calculadas para árboles ≥ 10 cm de DAP

Se muestra a continuación en el Cuadro 35 las variables dasométricas (DAP, HT, área basal, densidad, etc.) y de existencias (volumen, biomasa y CO_2) calculadas en base a la información levantada en parcela 19505 para el componente vegetal de especies mayores.

Cuadro 35. Variables y existencias calculadas para parcela 19505 incluida en estrato Pasto con Árboles especies ≥ 10 cm de DAP

Variables	Media	Variables	Media
DAP (cm) [arb > 10 cm]	26,2	Vol (m^3/ha) [arb > 10 cm]	26,1
DMC (cm) [arb > 10 cm]	28,2	Biomasa (ton/ha) [arb > 10 cm]	26,4
ALTURA (m) [arb > 10 cm]	15,4	Carbono (ton/ha) [arb > 10 cm]	13,2
AB (m^2/ha) [arb > 10 cm]	3,1	**CO_2 (ton/ha) [arb > 10 cm]**	**48,4**
Densidad (N/ha) [arb > 10 cm]	50,0	Nº Esp [arb > 10 cm]	1

c. Dasometría y existencias calculadas para árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Se muestra a continuación en el Cuadro 36 las variables dasométricas (DAP, HT, área basal, densidad, etc.) y de existencias (volumen, biomasa y CO_2) calculadas en base a la información levantada en parcela 19505 para el componente vegetal de especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP.

Cuadro 36. Variables y existencias calculadas para parcela 19505 incluida en estrato Pasto con Árboles especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Variables	Media	Variables	Media
DAP (cm) [arb 2-10 cm]	2,9	Vol (m^3/ha) [arb 2-10 cm]	0,7
DMC (cm) [arb 2-10 cm]	3,0	Biomasa (ton/ha) [arb 2-10 cm]	1,3
ALTURA (m) [arb 2-10 cm]	3,0	Carbono (ton/ha) [arb 2-10 cm]	0,6
AB (m^2/ha) [arb 2-10 cm]	0,4	**CO_2 (ton/ha) [arb 2-10 cm]**	**2,4**
Densidad (N/ha) [arb 2-10 cm]	650,0	Nº Esp [arb 2-10 cm]	1

d. Dasometría y existencias calculadas para árboles ≥ 2 cm de DAP

Se muestra a continuación en el Cuadro 37 las variables dasométricas (DAP, HT, área basal, densidad, etc.) y de existencias (volumen, biomasa y CO_2) calculadas en base a la información levantada en parcela 19505 para la suma de los componentes especies ≥ 2 cm de DAP.

Cuadro 37. Variables y existencias calculadas para parcela 19505 incluida en estrato Pasto con Árboles especies ≥ 2 cm de DAP

Variables	Media	Variables	Media
DAP (cm) [arb > 2 cm]	9,4	Vol (m^3/ha) [arb > 2 cm]	26,8
DMC (cm) [arb > 2 cm]	8,1	Biomasa (ton/ha) [arb > 2 cm]	27,7
ALTURA (m) [arb > 2 cm]	6,4	Carbono (ton/ha) [arb > 2 cm]	13,8
AB (m^2/ha) [arb > 2 cm]	3,6	**CO_2 (ton/ha) [arb > 2 cm]**	**50,8**
Densidad (N/ha) [arb > 2 cm]	700,0	Nº Esp [arb > 2 cm]	2

e. Existencia de CO_2 obtenida de la parcela por componente arbóreo y de suelo

Se presenta en el Cuadro 38 los valores de CO_2 obtenidos del proceso de la parcela 19505 correspondiente al estrato Pasto con Árboles. Se muestra por tipo de componente, arbóreo con una existencia de 259.3 ton/ha (34%) y de suelo con 500,9 ton/ha (66%). En la Figura 29 se grafica las proporciones por componente o depósito.

Cuadro 38. Existencias de CO_2 en parcela 19505 de estrato Pasto con Árboles

Tipo de componente	Existencia	Tipo de componente	Existencia
CO_2 Árboles (ton/ha)	50,8	CO_2 Suelo (ton/ha)	500,9
CO_2 Raíces (ton/ha)	13,7	CO_2 MM (ton/ha)	194,3
CO_2 Hojarasca (ton/ha)	0,5	**CO_2 TOTAL (ton/ha)**	**760,2**

La mayor participación en la parcela la tiene el componente de suelo con 66%, en este estrato los componentes de árboles no son depósitos importantes básicamente por la densidad en número de árboles que presenta, sin embargo, aparece el componente de maderas muertas con una participación importante (25%), debido tal vez a la presencia de trozas de grandes dimensiones en el piso forestal.

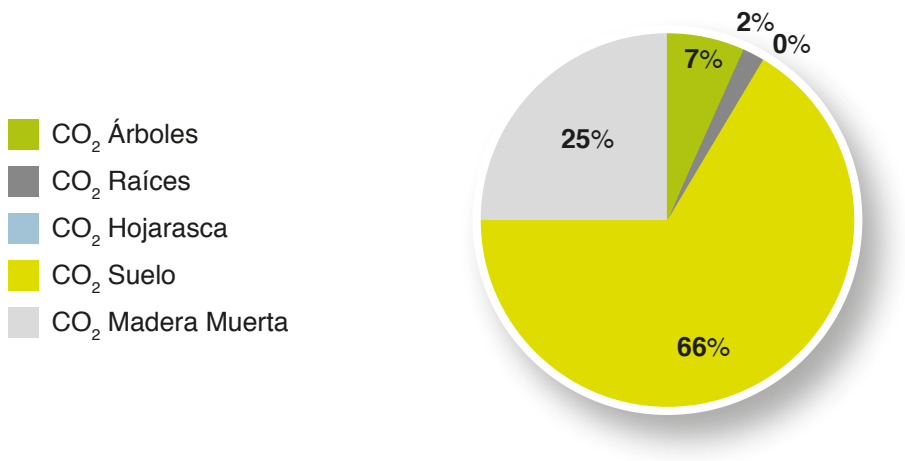


Figura 29. Proporción de depósitos de CO_2 en la parcela 19505 de Pasto con Árboles

f. Distribución diamétrica de las especies ≥ 10 cm y entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

A través de la medición del DAP a las especies insertas en las parcelas se puede obtener la distribución diamétrica para los distintos componentes arbóreos. En la Figura 30 se muestra las distribuciones de los árboles obtenida para la parcela principal (UMP: especies ≥ 10 cm de DAP) y para la parcela secundaria (UMS: especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP).

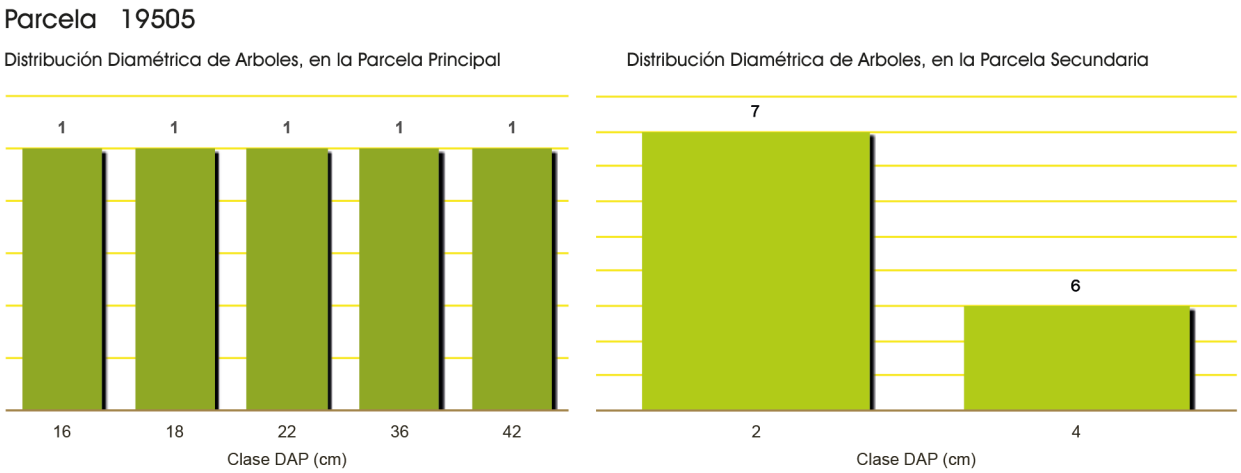


Figura 30. Distribución diamétrica de árboles para parcela principal y secundaria de parcela 19505 de Pasto con Árboles

g. Relación DAP - HT (m) para las especies ≥ 10 cm DAP

En la Figura 31 se muestra la relación existente entre los DAP en centímetros de cada árbol y su respectiva altura total en metros obtenida de la parcela 19505 de Pasto con Árboles.

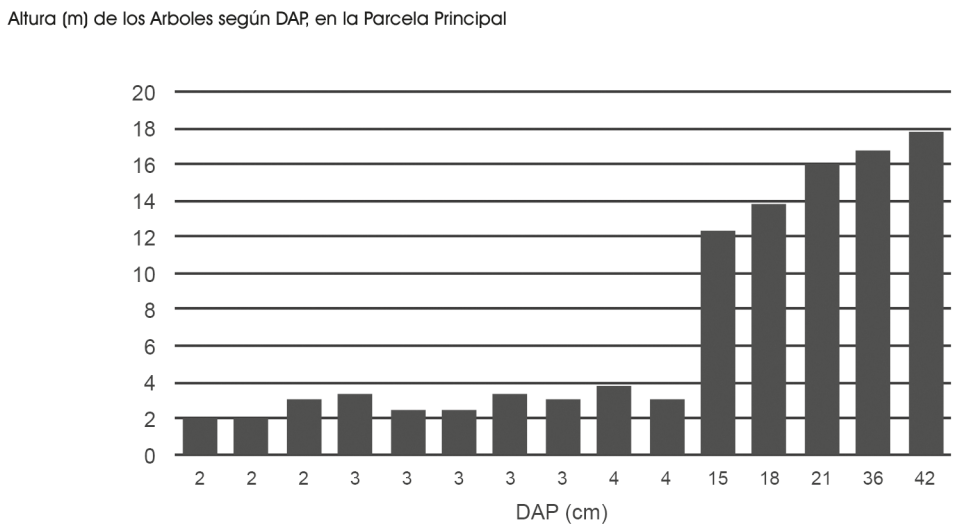


Figura 31. Relación DAP (cm) – Altura (m) de los árboles de la parcela 19505 de Pasto con Árboles en parcela principal (UMP)

h. Otros componentes vegetales y número de especies

En este estrato no estaba establecido medir regeneración natural (especies < 2 cm de DAP), vegetación herbácea ni se consideró la medición de arbustos, lianas y bambú (ALB). En el Cuadro 39 se presenta valores de densidad en individuos por hectárea y número de especies individuales que participan de estos componentes.

Cuadro 39. Valores de densidad y número de especies para componentes de regeneración y vegetación herbácea en parcela 19505 de Pasto con Árboles

Componente	Valor	Componente	Valor
Densidad Regeneración (ind/ha)	0	Especies Regeneración	0
Densidad Herbáceas (ind/ha)	0	Especies Herbáceas	0
Densidad ALB (ind/ha)	0	Especies ALB	0

En la Figura 32 la gráfica no muestra valores debido a que no se hizo mediciones para los componentes vegetales de regeneración y vegetación herbácea en estrato Pasto con Árboles.

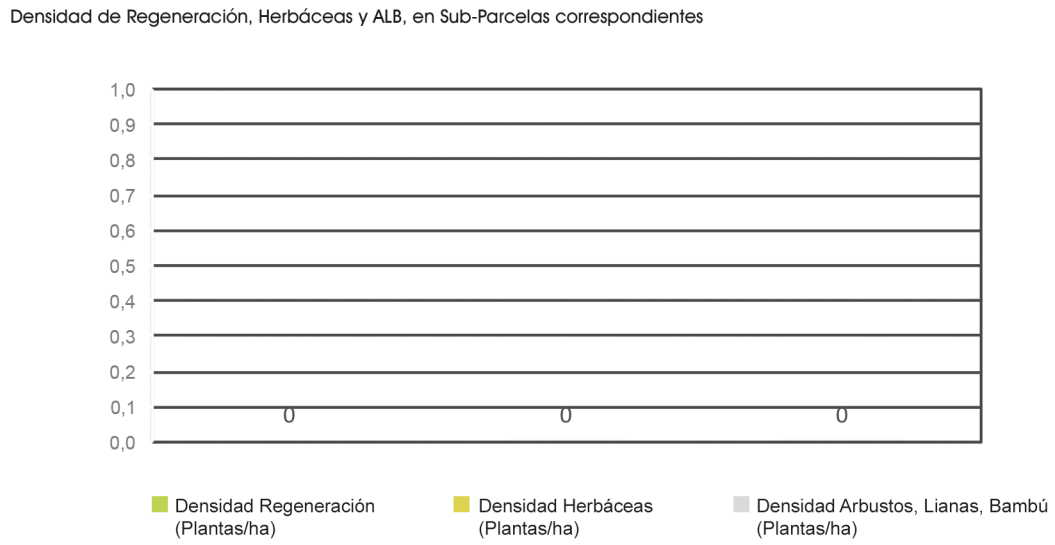


Figura 32. Densidad de regeneración y vegetación herbácea para parcela 19505 de Pasto con Árboles

En la Figura 33 se grafica el número de especies individuales (distinto de frecuencia) para la totalidad de los componentes vegetales. Los componentes de especies arbóreas ≥ 10 cm y entre 2 cm y 9,9 cm de DAP poseen el mismo número de especies (1 cada uno).

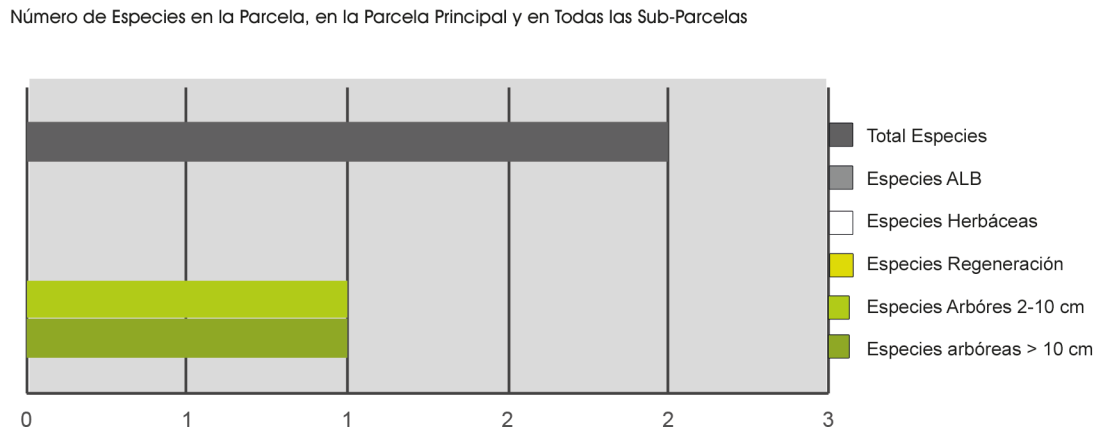


Figura 33. Número de especies por componente vegetal para la parcela 19505 de Pasto con Árbole

i. Distribución espacial de los árboles dentro de la parcela

En la Figura 34 se muestra la distribución horizontal de los árboles ≥ 10 cm de DAP en el límite de la Parcela Principal. Esta ubicación se obtiene con las coordenadas (x,y) que se levanta en campo para cada uno de los árboles al momento del inventario. Permitiendo con esto saber cuál es la distribución de las especies específicas en el área inventariada.

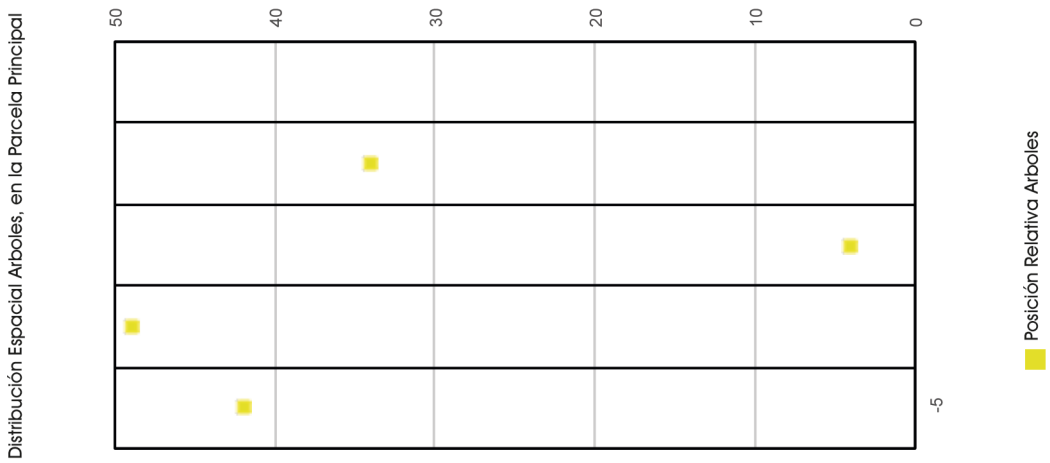
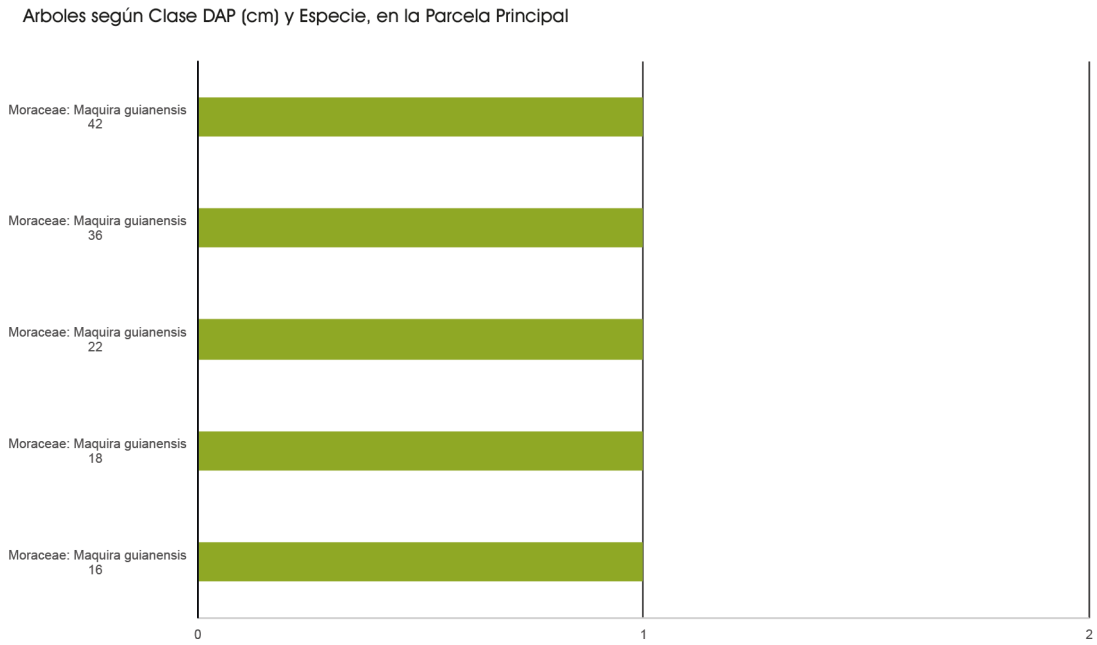


Figura 34. Distribución espacial de los árboles ≥ 10 cm de DAP para parcela 19505 de Pasto con Árboles

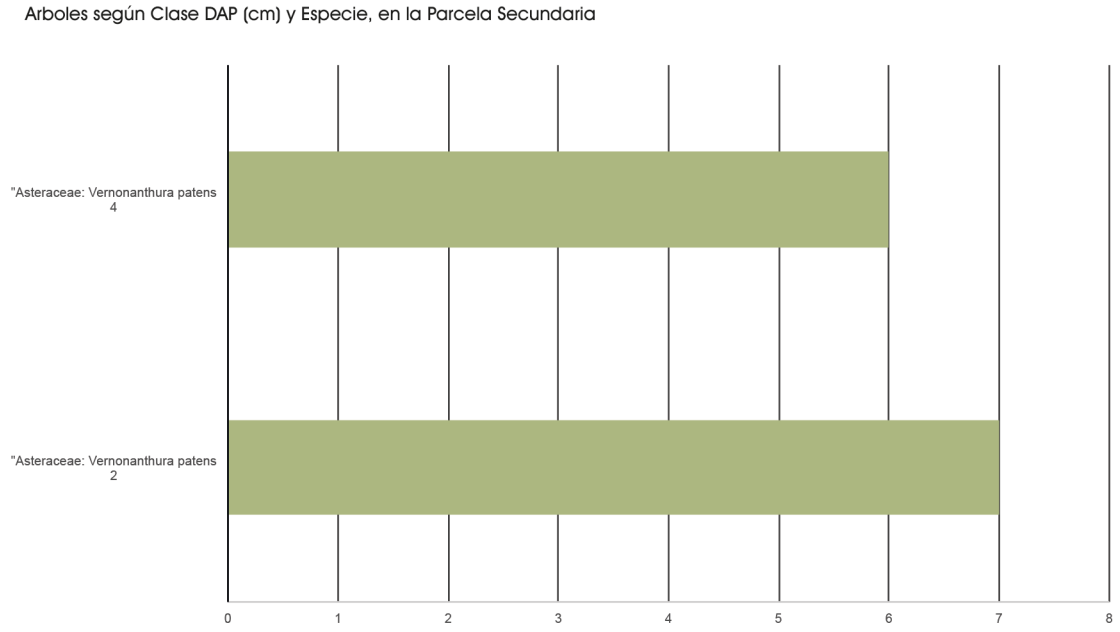
j. Árboles según clase de DAP y especie componente ≥ 10 cm y entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Se muestra en el Cuadro 40 y el Cuadro 41 el número y la forma como se distribuyen las especies por cada clase diamétrica para los dos componentes arbóreos principales (UMP y UMS), para la parcela 19505 de Pasto con Árboles.

Cuadro 40. Especies según clase de DAP para especies ≥ 10 cm para parcela 19505 de Pasto con Árboles



Cuadro 41. Especies según clase de DAP para especies entre 2 cm y 9,9 cm para parcela 19505 de Pasto con Árboles





4.5. Detalle información parcela 5144 estrato Plantación Forestal

a. Información general

Los registros de campo incluyen inicialmente la información general de la parcela y su entorno. En el Cuadro 42 se muestra un ejemplo de la información capturada para la parcela 5144 correspondiente al estrato arbóreo Plantación Forestal, donde se incluye el número de la parcela, estrato en campo, región operativa, información geográfica, coordenadas de ubicación, fechas, estrato teórico y aspectos relacionados con el lugar donde se instaló la parcela, tales como, elevación, posición topográfica, pendiente del terreno, aspectos de intervención del lugar y las observaciones que sea necesario consignar.

Cuadro 42. Información general para parcela 5144 de Plantación Forestal

Parcela	**5144**		
Fase de Inventario	Fase II	Elevación (msnm)	318
Estrato	Plantación forestal	Posición Topográfica	Media
Región Operacional	PNVC	Pendiente Terreno (%)	25
Provincia	Guanacaste	Sucesión	0
Cantón	Hojancha	Origen	(en blanco)
Distrito	Puerto Carrillo	Integridad Fac. Natural	0
Localidad	Lajas	Integridad Fac. Antrópicos	0
Coordenada X	340.336	Protección Hídrica	No
Coordenada Y	1.105.385	Desplazamiento (hh:mm)	2:10:00
Fecha de Medición	12-01-2014	Ejecución (hh:mm)	1:20:00
Estrato Según Malla	Plantación	Observaciones Generales: Se reubica parcela 10 m rumbo N 352 W, para evitar plantación mezclada de teca con gallinazo (*Schizolobium parahyba*). El nuevo rumbo de levantamiento de la	

b. Dasometría y existencias calculadas para árboles ≥ 10 cm de DAP

Se muestra a continuación en el Cuadro 43 las variables dasométricas (DAP, HT, área basal, densidad, etc.) y de existencias (volumen, biomasa y CO_2) calculadas con en base la información levantada en parcela 5144 para el componente vegetal de especies mayores.

Cuadro 43. Variables y existencias calculadas para parcela 5144 incluida en estrato Plantación Forestal especies ≥ 10 cm de DAP

Variables	Media	Variables	Media
DAP (cm) [arb > 10 cm]	21,6	Vol (m^3/ha) [arb > 10 cm]	73,9
DMC (cm) [arb > 10 cm]	21,9	Biomasa (ton/ha) [arb > 10 cm]	52,9
ALTURA (m) [arb > 10 cm]	16,9	Carbono (ton/ha) [arb > 10 cm]	26,4
AB (m^2/ha) [arb > 10 cm]	8,3	**CO_2 (ton/ha) [arb > 10 cm]**	**96,9**
Densidad (N/ha) [arb > 10 cm]	220,0	Nº Esp [arb > 10 cm]	2

c. Dasometría y existencias calculadas para árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Se muestra a continuación en el Cuadro 44 las variables dasométricas (DAP, HT, área basal, densidad, etc.) y de existencias (volumen, biomasa y CO_2) calculadas en base a la información levantada en parcela 5144 para el componente vegetal de especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP. En este estrato estaba establecido sólo medir la vegetación de la parcela principal (UMP).

Cuadro 44. Variables y existencias calculadas para parcela 5144 incluida en estrato Plantación Forestal especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Variables	Media	Variables	Media
DAP (cm) [arb 2-10 cm]	0,0	Vol (m^3/ha) [arb 2-10 cm]	0,0
DMC (cm) [arb 2-10 cm]	0,0	Biomasa (ton/ha) [arb 2-10 cm]	0,0
ALTURA (m) [arb 2-10 cm]	0,0	Carbono (ton/ha) [arb 2-10 cm]	0,0
AB (m^2/ha) [arb 2-10 cm]	0,0	**CO_2 (ton/ha) [arb 2-10 cm]**	**0,0**
Densidad (N/ha) [arb 2-10 cm]	0,0	Nº Esp [arb 2-10 cm]	0

d. Dasometría y existencias calculadas para árboles ≥ 2 cm de DAP

Se muestra a continuación en el Cuadro 45 las variables dasométricas (DAP, HT, área basal, densidad, etc.) y de existencias (volumen, biomasa y CO_2), calculadas en base a la información levantada en parcela 5144 para la suma de los componentes especies ≥ 2 cm de DAP.

Cuadro 45. Variables y existencias calculadas para parcela 5144 incluida en estrato Plantación Forestal especies ≥ 2 cm de DAP

Variables	Media	Variables	Media
DAP (cm) [arb > 2 cm]	21,6	Vol (m^3/ha) [arb > 2 cm]	73,9
DMC (cm) [arb > 2 cm]	21,9	Biomasa (ton/ha) [arb > 2 cm]	52,9
ALTURA (m) [arb > 2 cm]	16,9	Carbono (ton/ha) [arb > 2 cm]	26,4
AB (m^2/ha) [arb > 2 cm]	8,3	**CO_2 (ton/ha) [arb > 2 cm]**	**96,9**
Densidad (N/ha) [arb > 2 cm]	220,0	Nº Esp [arb > 2 cm]	2

e. Existencia de CO_2 obtenida de la parcela por componente arbóreo y de suelo

Se presenta en el Cuadro 46 los valores de CO_2 obtenidos del proceso de la parcela 5144 correspondiente al estrato Plantación Forestal. Se muestra por tipo de componente, arbóreo con una existencia de 139.2 ton/ha (27%) y de suelo con 381,1 ton/ha (73%). En la Figura 35 se grafica las proporciones por componente o depósito.

Cuadro 46. Existencias de CO_2 en parcela 5144 de estrato Plantación Forestal

Tipo de componente	Existencia	Tipo de componente	Existencia
CO_2 Árboles (ton/ha)	96,9	CO_2 Suelo (ton/ha)	381,1
CO_2 Raíces (ton/ha)	29,1	CO_2 MM (ton/ha)	5,7
CO_2 Hojarasca (ton/ha)	7,5	**CO_2 TOTAL (ton/ha)**	**520,2**

La mayor participación en la parcela la tiene el componente de suelo con 73% con lo que se transforma en una importante fuente de captura de CO_2. En este estrato los componentes de árboles no son depósitos importantes básicamente por la baja densidad de plantación que se manejan.

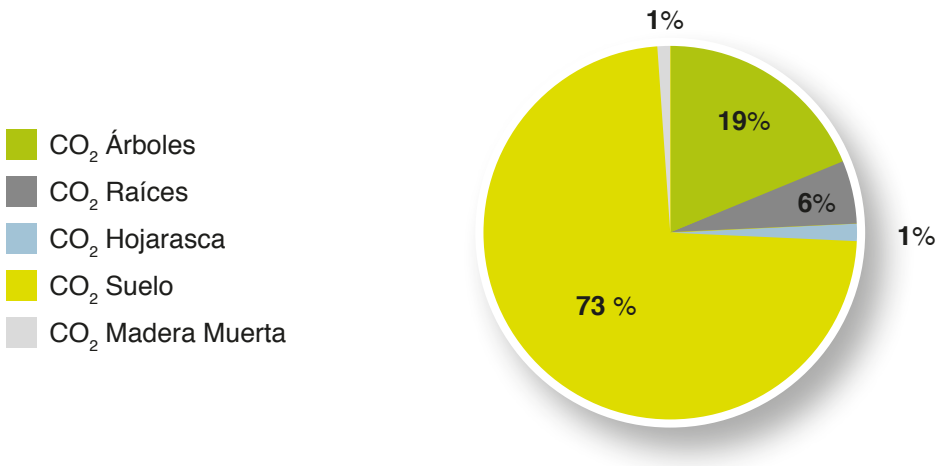


Figura 35. Proporción de depósitos de CO_2 en la parcela 5144 de Plantación Forestal

f. Distribución diamétrica de las especies ≥ 10 cm de DAP

A través de la medición del DAP a las especies insertas en las parcelas se puede obtener la distribución diamétrica para los distintos componentes arbóreos. En la Figura 36 se muestra las distribuciones de los árboles obtenida para la parcela principal (UMP: especies ≥ 10 cm de DAP). Para la parcela secundaria (UMS: especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP) no se realizó mediciones en este estrato.

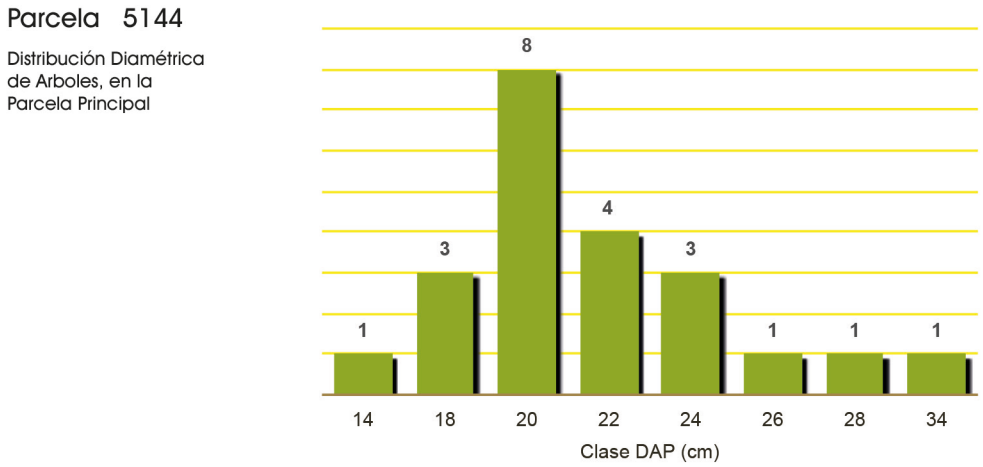


Figura 36. Distribución diamétrica de árboles para parcela principal y secundaria de parcela 5144 de Plantación Forestal

g. Relación DAP - HT (m) para las especies ≥ 10 cm DAP

En la Figura 37 se muestra la relación existente entre los DAP en centímetros de cada árbol y su respectiva altura total en metros obtenida de la parcela 5144 de Plantación Forestal.

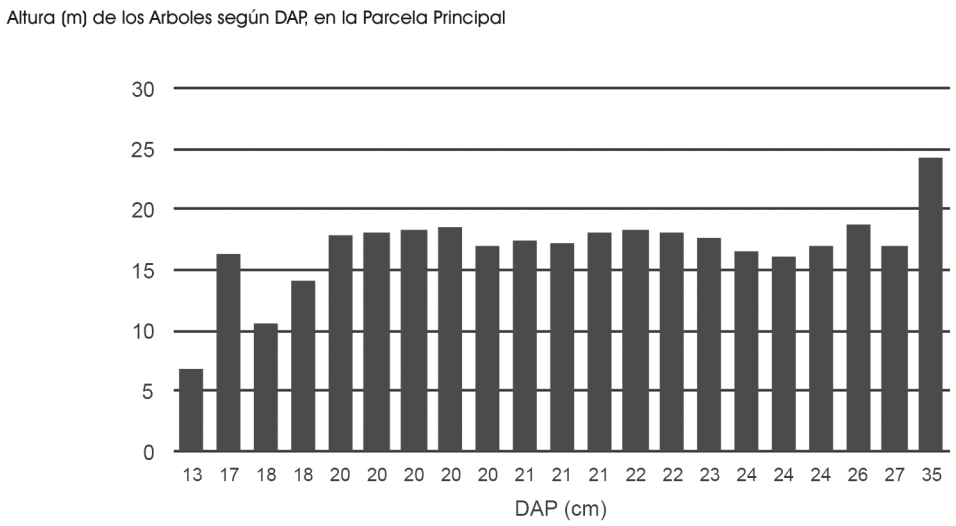


Figura 37. Relación DAP (cm) – Altura (m) de los árboles de la parcela 5144 de Plantación Forestal en parcela principal (UMP)

h. Otros componentes vegetales y número de especies

En este estrato no estaba establecido medir regeneración natural (especies < 2 cm de DAP) o vegetación herbácea, ni se consideró la medición de arbustos, lianas y bambú (ALB). En el Cuadro 47 se presentan valores de densidad en individuos por hectárea y número de especies individuales que participan de estos componentes.

Cuadro 47. Valores de densidad y número de especies para componentes de regeneración y vegetación herbácea en parcela 5144 de Plantación Forestal

Componente	Valor	Componente	Valor
Densidad Regeneración (ind/ha)	0	Especies Regeneración	0
Densidad Herbáceas (ind/ha)	0	Especies Herbáceas	0
Densidad ALB (ind/ha)	0	Especies ALB	0

En la Figura 38 la gráfica no muestra valores debido a no se hicieron mediciones para los componentes vegetales de regeneración y vegetación herbácea en estrato Plantación Forestal.

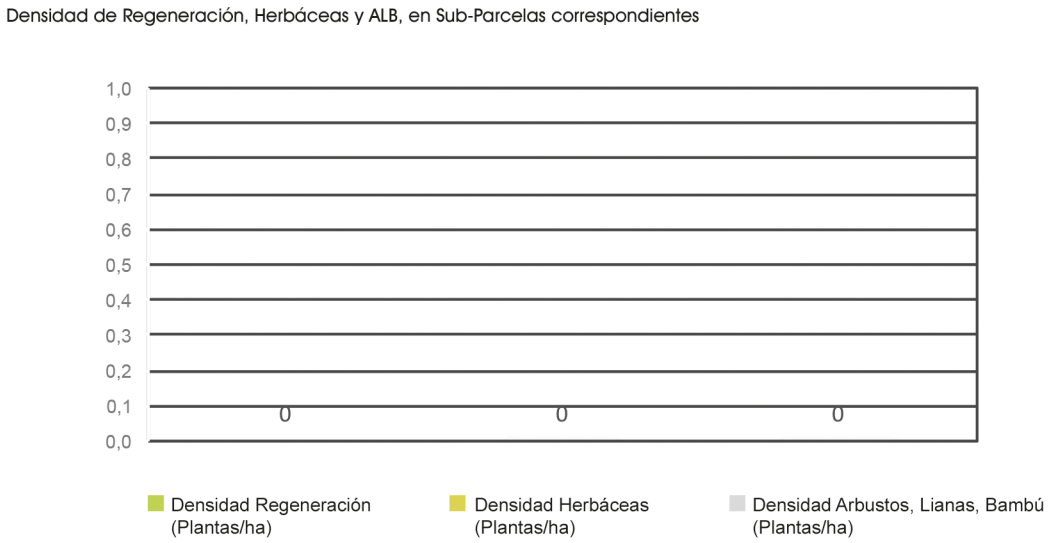


Figura 38. Densidad de regeneración y vegetación herbácea para parcela 5144 de Plantación Forestal

En la Figura 39 se grafica el número de especies individuales (distinto de frecuencia) para la totalidad de los componentes vegetales. El componente de especies arbóreas ≥ 10 cm de DAP posee 2 especies.

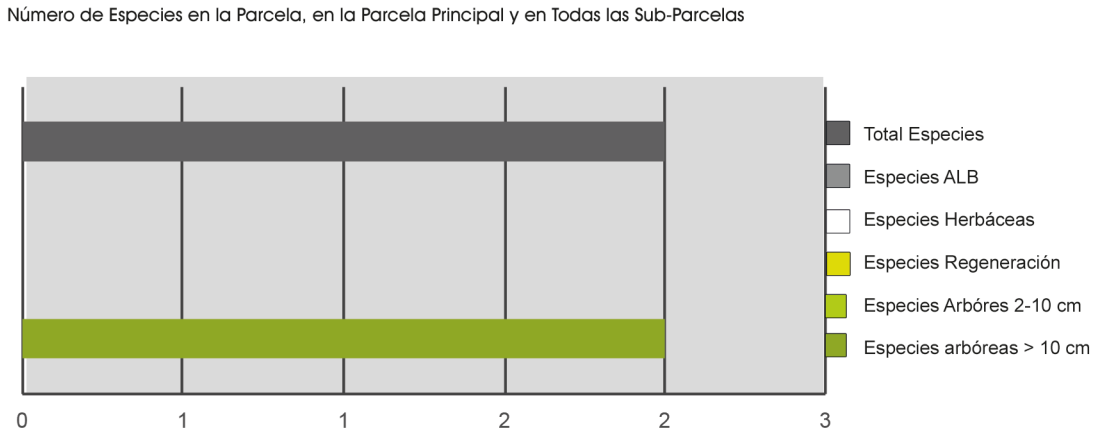


Figura 39. Número de especies por componente vegetal para la parcela 5144 de Plantación Forestal

i. Distribución espacial de los árboles dentro de la parcela

En la Figura 40 se muestra la distribución horizontal de los árboles ≥ 10 cm de DAP en el límite de la Parcela Principal. Esta ubicación se obtiene con las coordenadas (x,y) que se levanta en campo para cada uno de los árboles al momento del inventario. Permitiendo con esto saber cuál es la distribución de las especies específicas en el área inventariada.

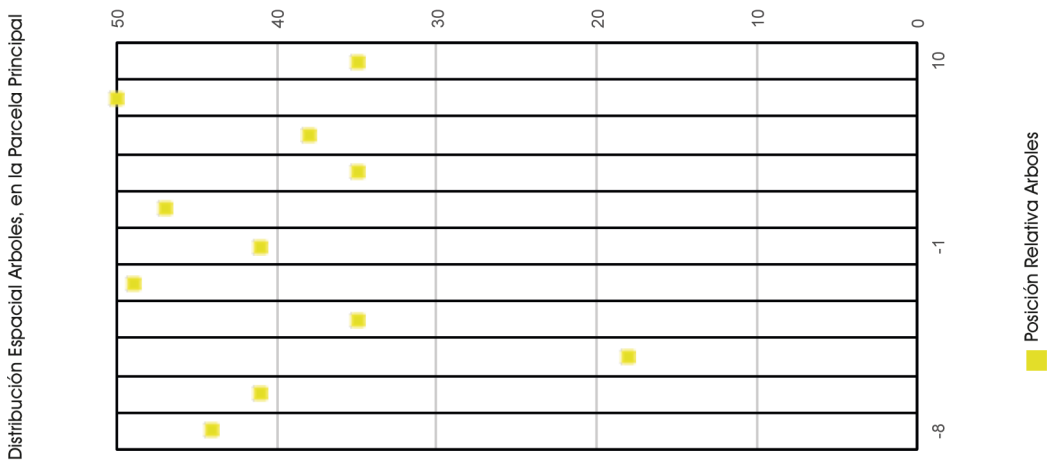
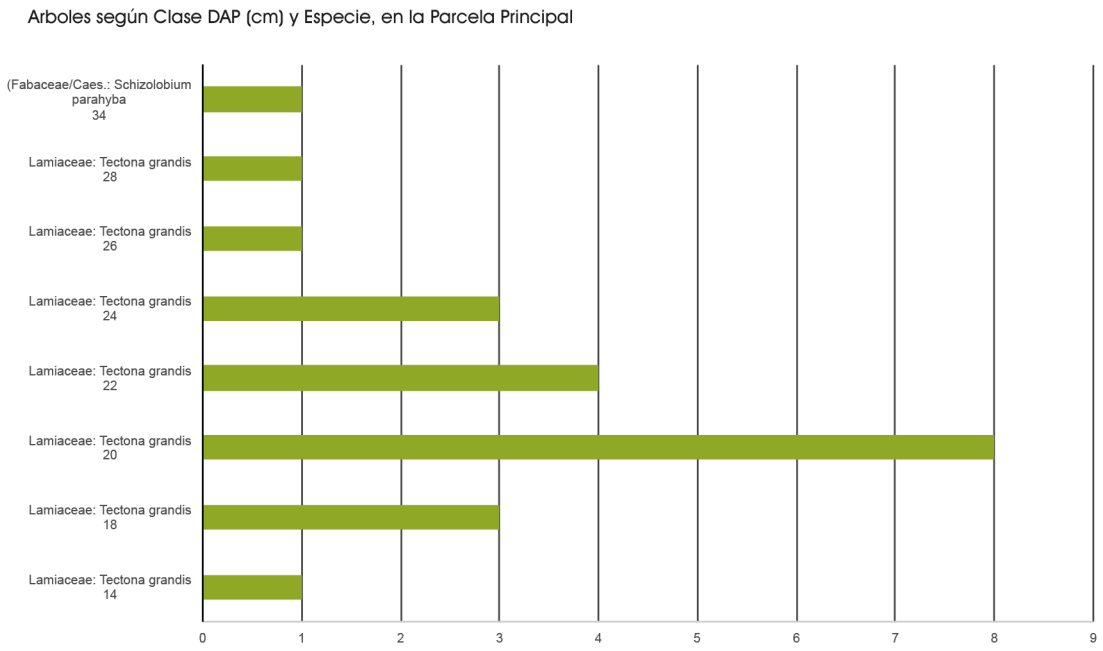


Figura 40. Distribución espacial de los árboles ≥ 10 cm de DAP para parcela 5144 de Plantación Forestal

j. Árboles según clase de DAP y especie componente ≥ 10 cm de DAP

Se muestra en el Cuadro 48 el número y la forma como se distribuyen las especies por cada clase diamétrica para el componente arbóreo principal (UMP), para la parcela 5144 de Plantación Forestal.

Cuadro 48. Especies según clase de DAP para especies ≥ 10 cm para parcela 5144 de Plantación Forestal



4.6. Detalle información parcela 5162 estrato Rodales de Mangle

a. Información general

Los registros de campo incluyen inicialmente la información general de la parcela y su entorno. En el Cuadro 49 se muestra un ejemplo de la información capturada para la parcela 5162 correspondiente al estrato arbóreo Rodales de Mangle, donde se incluye el número de la parcela, estrato en campo, región operativa, información geográfica, coordenadas de ubicación, fechas, estrato teórico y aspectos relacionados con el lugar donde se instaló la parcela, tales como, elevación, posición topográfica, pendiente del terreno, aspectos de intervención del lugar y las observaciones que sea necesario consignar.

Cuadro 49. Información general para parcela 5162 de Rodales de Mangle

Parcela	**5162**		
Fase de Inventario	Fase II	Elevación	21
Estrato	Rodales de Mangle	Posición Topográfica	Baja
Región Operacional	PNVC	Pendiente Terreno (%)	2
Provincia	Puntarenas	Sucesión	0
Cantón	Puntarenas	Origen	Natural
Distrito	Puntarenas	Integridad Fac. Natural	0
Localidad	Estero Chacarita	Integridad Fac. Antrópicos	0
Coordenada X	415.251	Protección Hídrica	(en blanco)
Coordenada Y	1.105.371	Desplazamiento (hh:mm)	4:30:00
Fecha de Medición	20-01-2014	Ejecución (hh:mm)	2:25:00
Estrato Según Malla	Manglar	Observaciones Generales: Manglar maduro	

b. Dasometría y existencias calculadas para árboles ≥ 10 cm de DAP

Se muestra a continuación en el Cuadro 50 las variables dasométricas (DAP, HT, área basal, densidad, etc.) y de existencias (volumen, biomasa y CO_2), calculadas en base a la información levantada en parcela 5162 para el componente vegetal de especies mayores.

Cuadro 50. Variables y existencias calculadas para parcela 5162 incluida en estrato Rodales de Mangle especies ≥ 10 cm de DAP

Variables	Media	Variables	Media
DAP (cm) [arb > 10 cm]	23,5	Vol (m^3/ha) [arb > 10 cm]	163,1
DMC (cm) [arb > 10 cm]	24,9	Biomasa (ton/ha) [arb > 10 cm]	119,2
ALTURA (m) [arb > 10 cm]	14,7	Carbono (ton/ha) [arb > 10 cm]	59,6
AB (m^2/ha) [arb > 10 cm]	21,0	**CO_2 (ton/ha) [arb > 10 cm]**	**218,6**
Densidad (N/ha) [arb > 10 cm]	430,0	Nº Esp [arb > 10 cm]	2

c. Dasometría y existencias calculadas para árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Se muestra a continuación en el Cuadro 51 las variables dasométricas (DAP, HT, área basal, densidad, etc.) y de existencias (volumen, biomasa y CO_2), calculadas en base a la información levantada en parcela 5162 para el componente vegetal de especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP.

Cuadro 51. Variables y existencias calculadas para parcela 5162 incluida en estrato Rodales de Mangle especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Variables	Media	Variables	Media
DAP (cm) [arb 2-10 cm]	3,9	Vol (m^3/ha) [arb 2-10 cm]	7,5
DMC (cm) [arb 2-10 cm]	4,3	Biomasa (ton/ha) [arb 2-10 cm]	7,0
ALTURA (m) [arb 2-10 cm]	4,7	Carbono (ton/ha) [arb 2-10 cm]	3,5
AB (m^2/ha) [arb 2-10 cm]	2,6	**CO_2 (ton/ha) [arb 2-10 cm]**	**12,8**
Densidad (N/ha) [arb 2-10 cm]	1750,0	Nº Esp [arb 2-10 cm]	2

d. Dasometría y existencias calculadas para árboles ≥ 2 cm de DAP

Se muestra a continuación en el Cuadro 52 las variables dasométricas (DAP, HT, área basal, densidad, etc.) y de existencias (volumen, biomasa y CO_2), calculadas en base a la información levantada en parcela 5162 para la suma de los componentes especies ≥ 2 cm de DAP.

Cuadro 52. Variables y existencias calculadas para parcela 5162 incluida en estrato Rodales de Mangle especies ≥ 2 cm de DAP

Variables	Media	Variables	Media
DAP (cm) [arb > 2 cm]	14,7	Vol (m^3/ha) [arb > 2 cm]	170,6
DMC (cm) [arb > 2 cm]	11,7	Biomasa (ton/ha) [arb > 2 cm]	126,2
ALTURA (m) [arb > 2 cm]	10,2	Carbono (ton/ha) [arb > 2 cm]	63,1
AB (m^2/ha) [arb > 2 cm]	23,6	**CO_2 (ton/ha) [arb > 2 cm]**	**231,4**
Densidad (N/ha) [arb > 2 cm]	2.180,0	Nº Esp [arb > 2 cm]	3

e. Existencia de CO_2 obtenida de la parcela por componente arbóreo y de suelo

Se presenta en el Cuadro 53 los valores de CO_2 obtenidos del proceso de la parcela 5162 correspondiente al estrato Rodales de Mangle. Se muestra por tipo de componente, arbóreo con una existencia de 330,1 ton/ha (44%) y de suelo con 415,8 ton/ha (56%). En la Figura 41 se grafica las proporciones por componente o depósito.

Cuadro 53. Existencias de CO_2 en parcela 5162 de estrato Rodales de Mangle

Tipo de componente	Existencia	Tipo de componente	Existencia
CO_2 Árboles (ton/ha)	231,4	CO_2 Suelo (ton/ha)	415,8
CO_2 Raíces (ton/ha)	90,2	CO_2 MM (ton/ha)	7,5
CO_2 Hojarasca (ton/ha)	1,0	**CO_2 TOTAL (ton/ha)**	**745,9**

La mayor participación en la parcela la tiene el componente de suelo con 56%, seguido por el componente de árboles con un 31%, las raíces tienen una participación de 12% en los Rodales de Mangle en base a datos de la parcela.

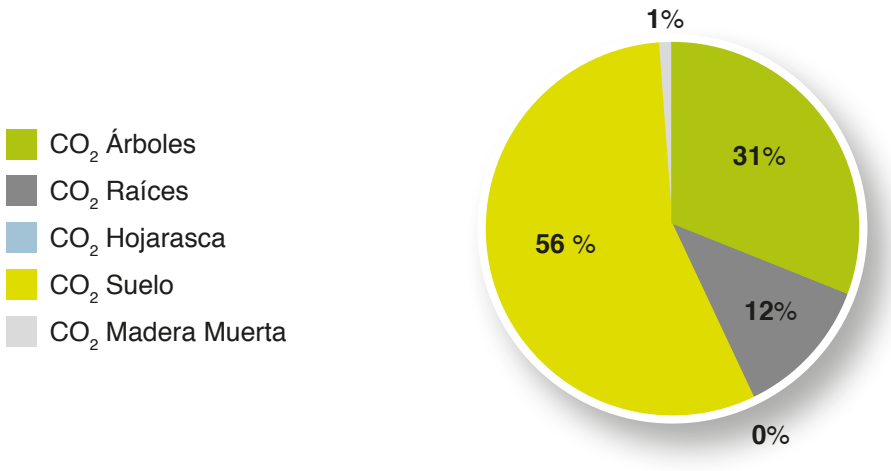


Figura 41. Proporción de depósitos de CO_2 en la parcela 5162 de Rodales de Mangle

f. Distribución diamétrica de las especies ≥ 10 cm y entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

A través de la medición del DAP a las especies insertas en las parcelas se puede obtener la distribución diamétrica para los distintos componentes arbóreos. En la Figura 42 se muestra las distribuciones de los árboles obtenida para la parcela principal (UMP: especies ≥ 10 cm de DAP) y para la parcela secundaria (UMS: especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP).

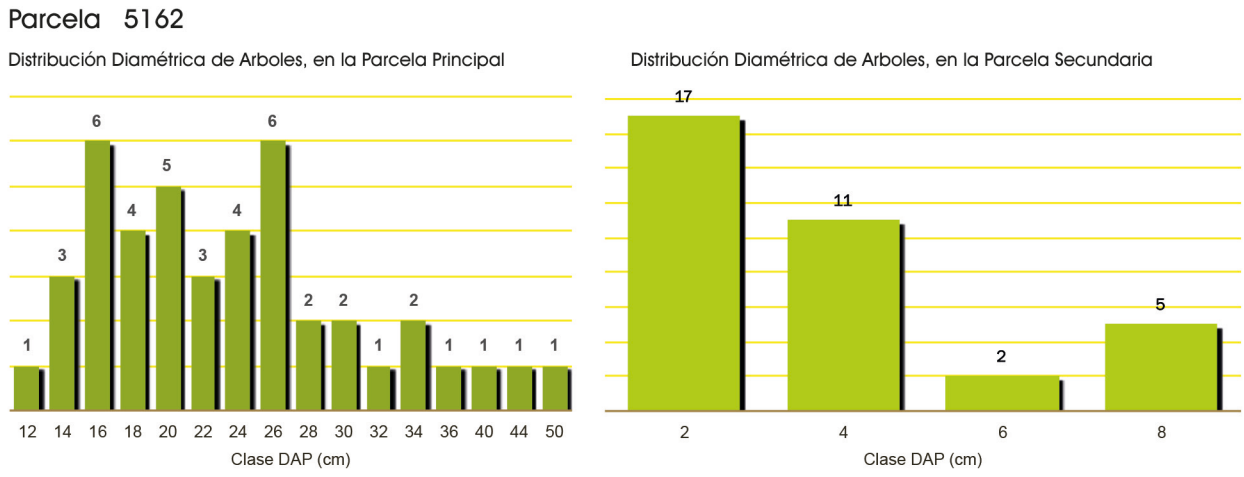


Figura 42. Distribución diamétrica de árboles para parcela principal y secundaria de parcela 5162 de Rodales de Mangle

g. Relación DAP - HT (m) para las especies ≥ 10 cm DAP

En la Figura 43 se muestra la relación existente entre los DAP en centímetros de cada árbol y su respectiva altura total en metros obtenida de la parcela 5162 de Rodales de Mangle.

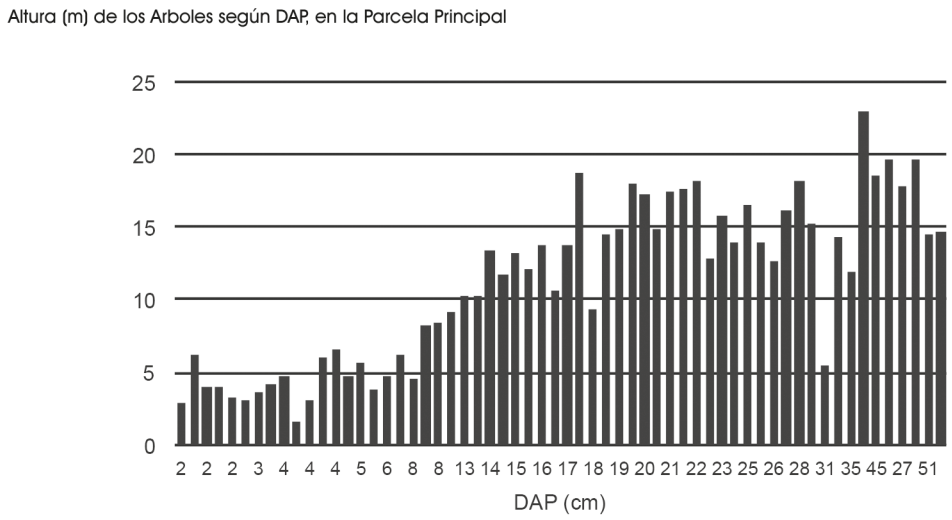


Figura 43. Relación DAP (cm) – Altura (m) de los árboles de la parcela 5162 de Rodales de Mangle en parcela principal (UMP)

h. Otros componentes vegetales y número de especies

Además de los componentes arbóreos principales donde se encuentran las especies ≥ 2 cm de DAP, también de midió regeneración natural (especies < 2 cm de DAP) y vegetación herbácea. En este inventario no se consideró la medición de arbustos, lianas y bambú (ALB). En el Cuadro 54 se presenta valores de densidad en individuos por hectárea y número de especies individuales que participan de estos componentes.

Cuadro 54. Valores de densidad y número de especies para componentes de regeneración y vegetación herbácea en parcela 5162 de Rodales de Mangle

Componente	Valor	Componente	Valor
Densidad Regeneración (ind/ha)	7.427	Especies Regeneración	1
Densidad Herbáceas (ind/ha)	150.000	Especies Herbáceas	1
Densidad ALB (ind/ha)	0	Especies ALB	0

En la Figura 44 se grafica la densidad para los componentes regeneración (7.427 individuos/ha) y vegetación herbácea (150.000 individuos/ha).

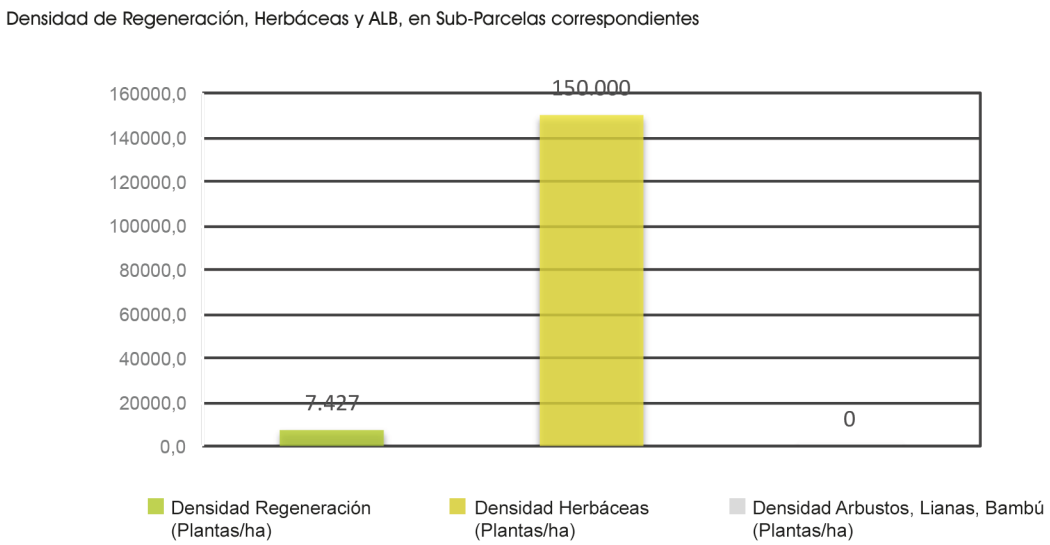


Figura 44. Densidad de regeneración y vegetación herbácea para parcela 5162 de Rodales de Mangle

En la Figura 45 se grafica el número de especies individuales (distinto de frecuencia) para la totalidad de los componentes vegetales. Los componentes de especies arbóreas ≥ 10 cm y entre 2 cm y 9,9 cm de DAP poseen el mismo número de especies (2 cada uno).

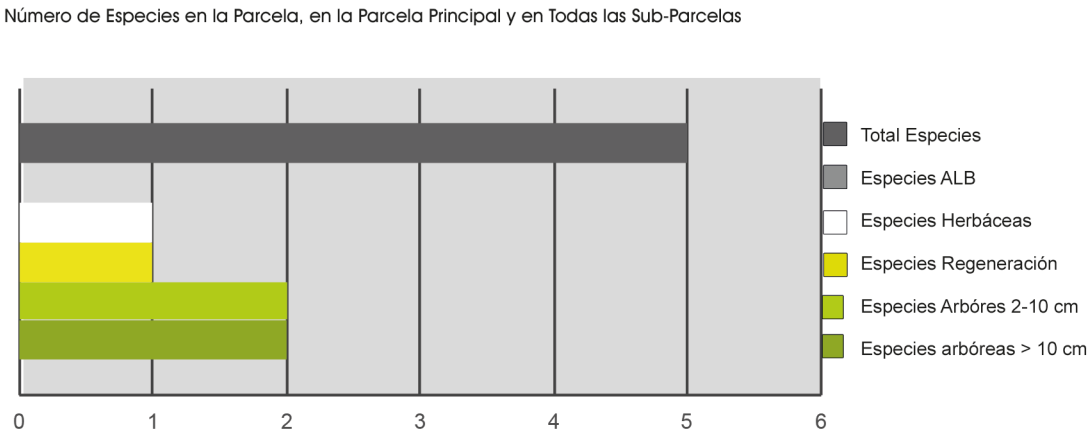


Figura 45. Número de especies por componente vegetal para la parcela 5162 de Rodales de Mangle

i. Distribución espacial de los árboles dentro de la parcela

En la Figura 46 se muestra la distribución horizontal de los árboles ≥ 10 cm de DAP en el límite de la Parcela Principal. Esta ubicación se obtiene con las coordenadas (x,y) que se levanta en campo para cada uno de los árboles al momento del inventario. Permitiendo con esto saber cuál es la distribución de las especies específicas en el área inventariada.

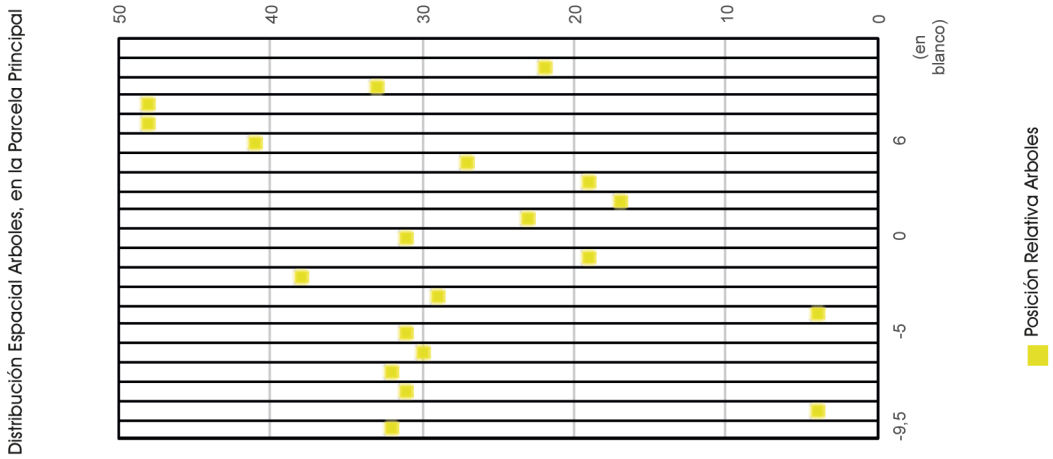
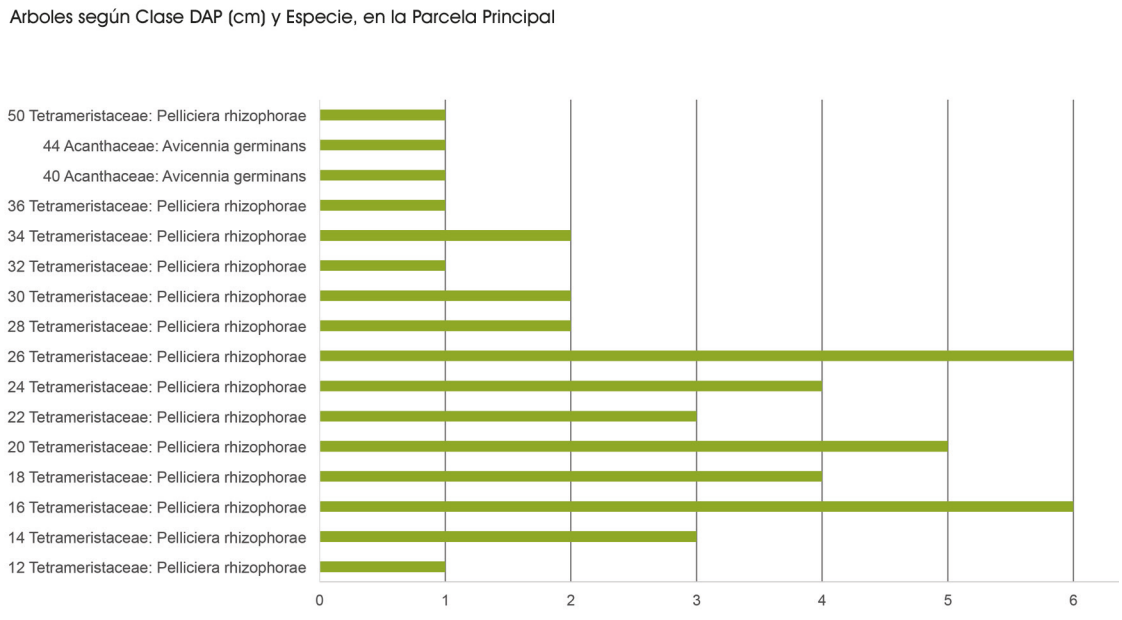


Figura 46. Distribución espacial de los árboles ≥ 10 cm de DAP para parcela 5162 de Rodales de Mangle

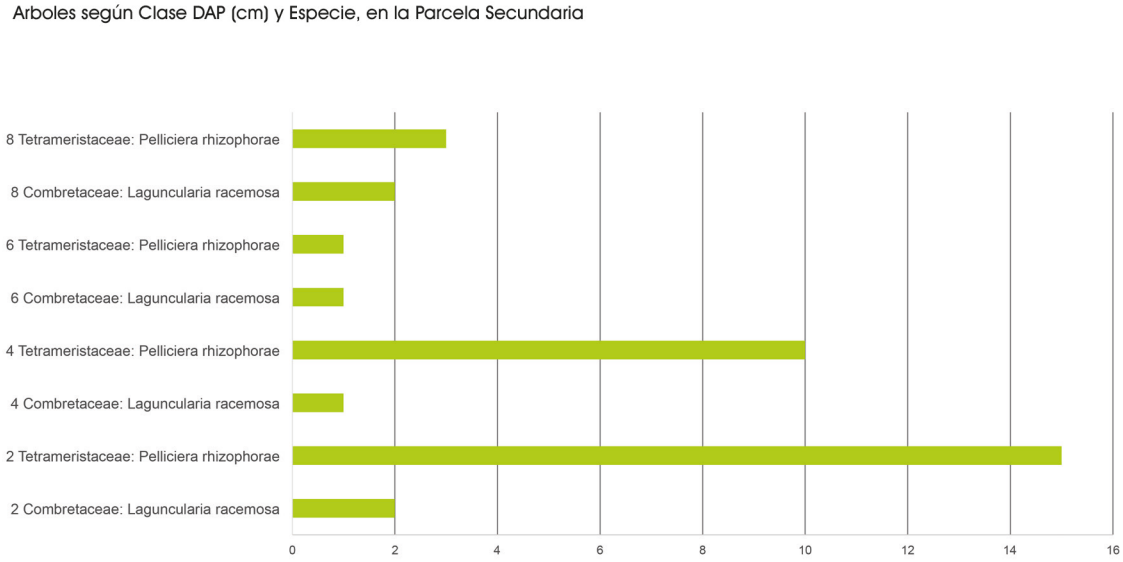
j. Árboles según clase de DAP y especie componente ≥ 10 cm y entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Se muestra en el Cuadro 55 y el Cuadro 56 el número y la forma en que se distribuyen las especies por cada clase diamétrica para los dos componentes arbóreos principales (UMP y UMS), para la parcela 5162 de Rodales de Mangle.

Cuadro 55. Frecuencia de especies según clase de DAP para árboles ≥ 10 cm, parcela 5162 de Rodales de Mangle



Cuadro 56. Frecuencia de especies según clase de DAP para árboles entre 2 cm y 9,9 cm, parcela 5162 de Rodales de Mangle









Capítulo 5

Información General por Estratos

Capítulo 5

Información General por Estratos

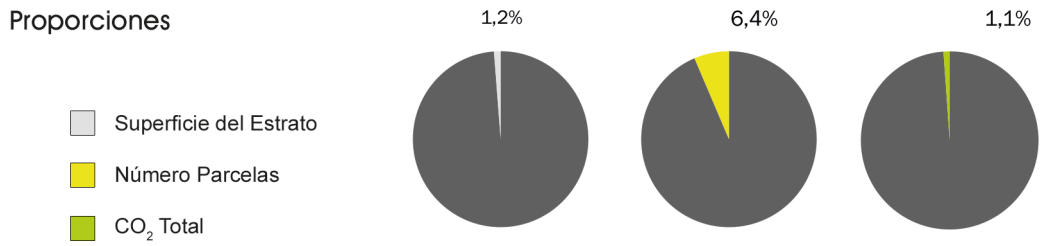
En este capítulo se muestra toda la información relacionada con cada uno de los estratos arbóreos definidos y para todos los componentes vegetales en base a sus características dimensionales, así como del suelo, componente altamente integrado y de vital importancia. Además, se incluyen otros sumideros de carbono, tales como maderas muertas en el piso forestal y raíces, junto con otros tipos de vegetación como arbustos, lianas, bambú y herbáceas. Para cada estrato se entrega información general (número de parcelas por fase y total, superficie, existencia total de CO_2, error de muestreo, etc.) y relacionado con los componente, se presenta la dasometría asociada a sus variables (DAP, HT, AB, N), las existencias obtenidas (Volumen, Biomasa, CO_2), indicando los valores medios y su dispersión. En cuanto a la presencia de especies, se informa la cantidad de ellas que participan en cada componente vegetal.

5.1. Información general estrato Bosque de Palmas

La superficie que considera este estrato asciende a 47.219 hectáreas, en las cuales existe un stock de 33.326.649 toneladas de CO_2 equivalente. En el Cuadro 57 se indica la cantidad de parcelas, superficie, existencia de carbono por hectárea y total, las proporciones en base a los totales del inventario y otros aspectos asociados al estrato arbóreo.

Cuadro 57. Información general para el estrato arbóreo Bosque de Palmas

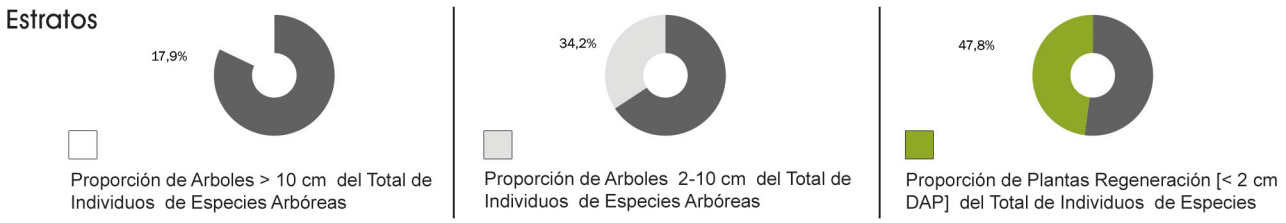
Concepto	Cantidad	Concepto	Cantidad
Nº Parcelas Fase I	5	Proporción del Total (%)	1,2
Nº Parcelas Fase II	13	Factor de Emisión (ton CO_2 / ha)	705,8
Nº Parcelas Totales	**18**	**Existencia de CO_2 eq (ton)**	**33.326.649**
Dato Actividad (ha)]	47.219	Error de Muestreo (%)	9,3



5.1.1. Proporción de componentes vegetales para el estrato

Para este estrato, en el cual se evaluaron 18 unidades de muestreo, la proporción del total de individuos de especies arbóreas de los componentes vegetales es de 17,9% para las especies ≥ 10 cm de DAP, 34,2% para las que tienen un DAP entre 2 cm y 9,9 cm y para la regeneración natural compuesta por especies < 2 cm de DAP es de 47,8% (Cuadro 58).

Cuadro 58. Proporción de componentes vegetales para el estrato Bosque de Palmas



5.1.2. Dasometría y existencias para el estrato por componentes vegetales

a. Dasometría y existencias para el componente árboles ≥ 10 cm de DAP

El muestreo aplicado (Fase I y II) permite estimar para el estrato Bosque de Palmas valores medios de DAP de 24,6 cm, HT 12,8 m, AB 25,5 m^2/ha, existencia de volumen de 191,1 m^3/ha y de CO_2 de 204,1 ton/ha. La cantidad de especies que se encontraron para este estrato y componente es de 6, dado por el tipo de estrato. En el Cuadro 59 se muestra en detalle los valores de dasometría, existencias y números de especies para el estrato y componente, así como los límites de confianza asociados a cada variable.

Cuadro 59. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Bosque de Palmas en componente árboles ≥ 10 cm de DAP

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb>10 cm]	23,5	25,7	24,6	
DMC (cm) [arb>10 cm]	25,3	27,7	26,5	
ALTURA (m) [arb>10 cm]	11,7	13,9	12,8	
AB (m^2/ha) [arb>10 cm]	20,8	30,1	25,5	
Densidad (N/ha) [arb>10 cm]	396	541	468	
Vol (m^3/ha) [arb>10 cm]	150,7	231,4	191,1	
Biomasa (ton/ha) [arb>10 cm]	88,3	134,4	111,3	
Carbono (ton/ha) [arb>10 cm]	44,1	67,2	55,7	
CO_2 (ton/ha) [arb>10 cm]	161,8	246,4	204,1	
Especies Arbóreas [>10 cm]	5	7	6	

b. Dasometría y existencias para el componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Para este componente el muestreo permitió establecer para el estrato Bosque de Palmas valores medios de DAP de 4,0 cm, HT de 3,8 m, AB de 2,1 m^2/ha y de existencias de volumen de 6,3 m^3/ha y de CO_2 de 10,5 ton/ha. La cantidad de especies que se encontraron para este estrato y componente es de 5. En el Cuadro 60 se muestra en detalle los valores de dasometría, existencias y números de especies para el estrato y componente y los límites del correspondiente intervalo de confianza.

Cuadro 60. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Bosque de Palmas en componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb 2-10 cm]	3,2	4,9	4,0	
DMC (cm) [arb 2-10 cm]	3,4	5,3	4,4	
ALTURA (m) [arb 2-10 cm]	2,9	4,7	3,8	
AB (m^2/ha) [arb 2-10 cm]	1,2	2,9	2,1	
Densidad (N/ha) [arb 2-10 cm]	563	1.226	894	
Vol (m^3/ha) [arb 2-10 cm]	3,2	9,4	6,3	
Biomasa (ton/ha) [arb 2-10 cm]	2,8	6,6	4,7	
Carbono (ton/ha) [arb 2-10 cm]	2,1	3,6	2,9	
CO_2 (ton/ha) [arb 2-10 cm]	7,7	13,3	10,5	
Especies Arbóreas [2-10 cm]	3	6	5	

c. Dasometría y existencias para el componente árboles ≥ 2 cm de DAP

La combinación de los dos componentes anteriores permite observar las características de la vegetación desde un tamaño mínimo de 2 cm de DAP para el estrato en análisis, considerando que esta es la vegetación con mayor participación en los estratos. Para este caso, los valores promedios son: DAP=20,1 cm, HT=11,1

Cuadro 61. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Bosque de Palmas árboles ≥ 2 cm de DAP combinación de los componentes

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb>2 cm]	18,3	22,0	20,1	
DMC (cm) [arb>2 cm]	16,3	21,2	18,7	
ALTURA (m) [arb>2 cm]	10,0	12,3	11,1	
AB (m^2/ha) [arb>2 cm]	22,4	32,4	27,4	
Densidad (N/ha) [arb>2 cm]	971	1.654	1.313	
Vol (m^3/ha) [arb>2 cm]	155,1	238,8	197,0	
Biomasa (ton/ha) [arb>2 cm]	92,0	139,6	115,8	
Carbono (ton/ha) [arb>2 cm]	46,8	70,3	58,5	
CO_2 (ton/ha) [arb>2 cm]	171,4	257,7	214,6	
Especies Arbóreas [>2 cm]	8	12	10	

m y AB=27,4 m^2/ha. Las existencias obtenidas para el volumen es de 197,0 m^3/ha y para CO_2 es de 214,6 ton/ha. Finalmente, la cantidad de especies que participan naturalmente en este estrato arbóreo es de 10. En el Cuadro 61 se muestra en detalle los valores de dasometría, existencias y números de especies para el estrato y componente, así como los límites de confianza asociados a cada variable.

5.1.3. Densidad por componente vegetal (árboles o individuos por hectárea)

En el Cuadro 62 se indica los valores de densidad en número de árboles o individuos por hectárea para todos los componentes vegetales medidos. Para las especies mayores (≥ 10 cm de DAP) la densidad es de 468 árboles/ha siendo el componente con menor cantidad de árboles. Las especies herbáceas son las que poseen mayor cantidad de individuos con 42.353 individuos/ha.

Cuadro 62. Densidad en árboles por hectárea por componente vegetal para el estrato Bosque de Palmas

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
Densidad (N/ha) [arb>10 cm]	396	541	468	
Densidad (N/ha) [arb 2-10 cm]	563	1.226	894	
Densidad Regeneración (ind/ha)	536	1.960	1.248	
Densidad Herbáceas (ind/ha)	25.180	59.526	42.353	
Densidad ALB (ind/ha)	0	0	0	

ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario

En la Figura 47 se grafica la densidad media acumulada para las especies arbóreas y densidad herbácea para el estrato Bosque de Palmas (árboles o individuos por hectárea). Se incluye en esta estimación las mediciones en la parcela principal y todas las subparcelas.

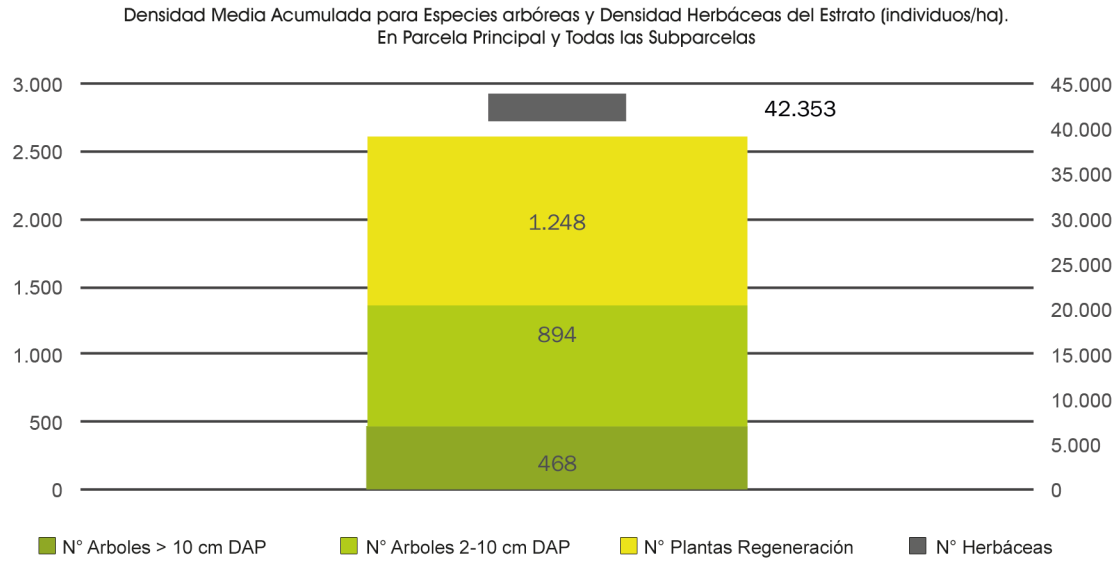


Figura 47. Valores de densidad media acumulada en árboles o individuos por hectárea para las especies arbóreas y herbáceas en estrato Bosque de Palmas

5.1.4. Número de Especies Promedio del Estrato

En el Cuadro 63 se muestra el número de especies que participan en los diferentes componentes vegetales para el estrato Bosque de Palmas. En promedio, son 5 las especies que están presentes en este tipo de bosques, evidenciándose muy poca diferencia en el número de especies entre componentes para este estrato.

Cuadro 63. Número de especies por componente vegetal del estrato Bosque de Palmas

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
Especies Arbóreas [>10 cm]	5	7	6	
Especies Arbóreas [2-10 cm]	3	6	5	
Especies Regeneración	0	1	1	
Especies Herbáceas	2	5	3	
Especies ALB	0	0	0	
Especies Totales	2	8	5	

ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario

En la Figura 48 se ilustra el número de especies promedio para el estrato, siendo el componente de especies arbóreas ≥ 10 cm de DAP la que presenta la mayor cantidad de especies, seguido por el componente de especies entre 2 cm y 9,9 cm.

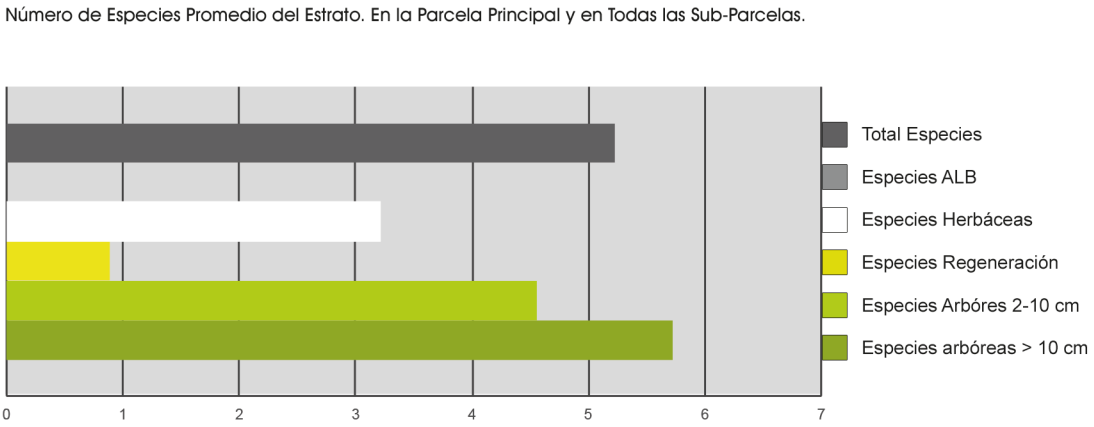


Figura 48. Número de especies promedio por componente vegetal para el estrato Bosque de Palmas (ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario)

5.1.5. Carbono por hectárea por componente vegetal y suelo

Se muestra a continuación los resultados promedios del stock de CO_2 para cada uno de los depósitos vegetales y de suelo obtenidos en el estrato Bosque de Palmas (Cuadro 64).

Cuadro 64. Stock de CO_2 en toneladas por hectárea para los depósitos considerados

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
CO_2 (ton/ha) [arb 2-10 cm]	7,7	13,3	10,5	
CO_2 (ton/ha) [arb>10 cm]	161,8	246,4	204,1	
CO_2 Hojarasca (ton/ha)	3,5	7,6	5,5	
CO_2 MM (ton/ha)	-2,3	27,4	12,5	
CO_2 Raices (ton/ha)	46,3	69,6	57,9	
CO_2 Total [SIN SUELO] (ton/ha)	236,5	344,7	290,6	
CO_2 Suelo (ton/ha)	345,7	484,7	415,2	
CO_2 Total [CON SUELO] (ton/ha)	640,1	771,5	705,8	

Los mayores valores de CO_2 se encuentran en el componente suelo con 415,2 ton/ha, seguido por las especies forestales con 214,6 ton/ha, y entre ambos aportan un 90% del CO_2 total. El menor aporte de CO_2 corresponde a los depósitos de hojarasca y maderas muertas con 5,5 ton/ha y 12,5 ton/ha respectivamente. En la Figura 49 se muestran los stocks de CO_2 por componentes principales (árboles, raíces, hojarasca, maderas muertas y suelo), incluyendo los valores de límites inferiores y superiores.

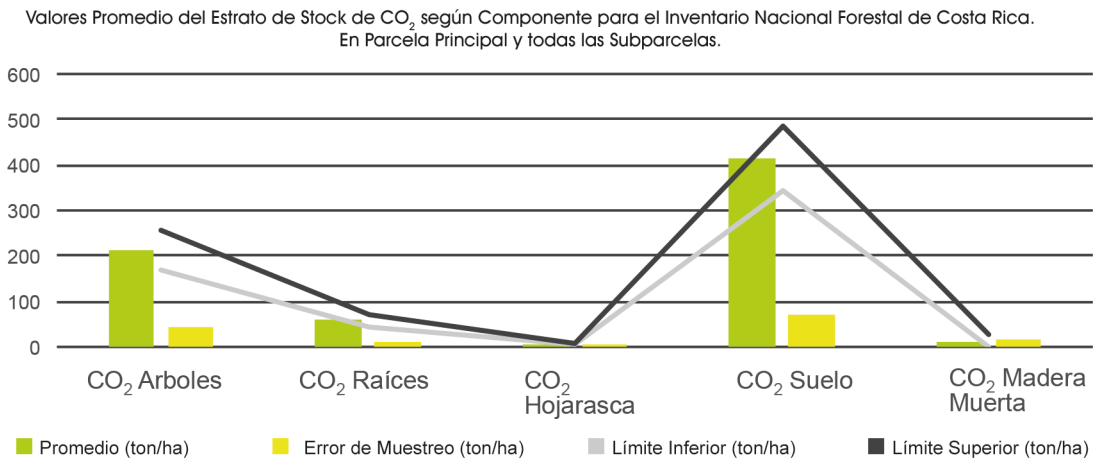


Figura 49. Valores medios, inferior y superior de stock de CO_2 en toneladas por hectárea por componentes vegetales y de suelo para el estrato Bosque de Palmas

5.1.6. Carbono total del estrato (toneladas de CO_2)

El stock total de CO_2 para el estrato Bosque de Palmas fluctúa entre 30,2 millones de toneladas y 36,4 millones de toneladas. Esto considera todos los componentes vegetales y de suelo medidos en el Inventario Nacional de Costa Rica (Figura 50).

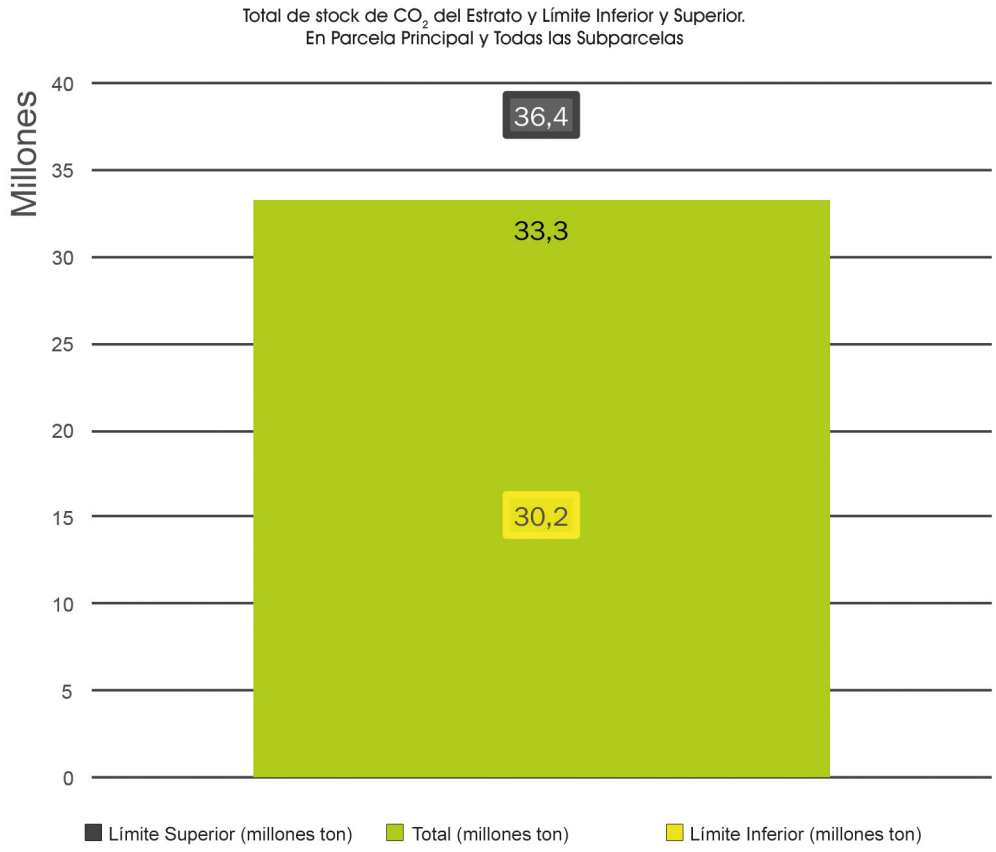


Figura 50. Existencias de CO_2 y sus límites para el estrato Bosque de Palmas



Se muestra además, la participación de los diferentes componentes vegetales y de suelo relacionado con el stock total de CO_2 calculado para el estrato. El depósito suelo y árboles son los que presentan la mayor cantidad de captura de CO_2. En la Figura 51 se observan las proporciones para cada depósito.

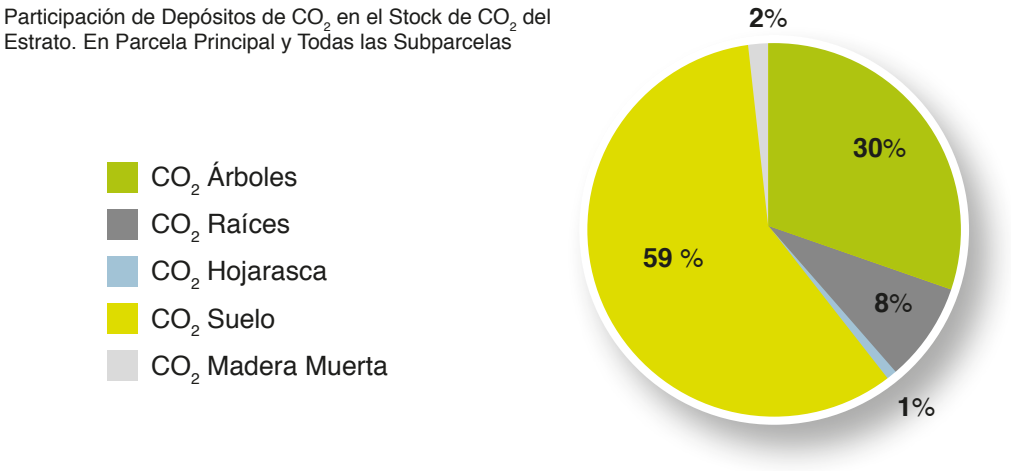


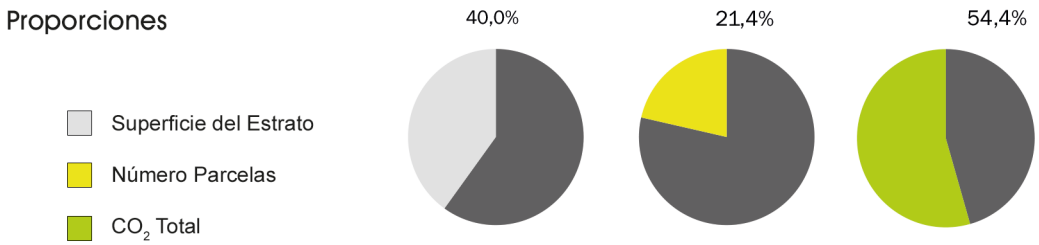
Figura 51. Proporción de CO_2 por componente vegetal y de suelo para el estrato Bosque de Palmas

5.2. Información general estrato Bosque Maduro

La superficie que considera este estrato asciende a 1.548.583 ha, con un stock de 1.605.409.870 toneladas de CO_2 equivalente. En el Cuadro 65 se indica la cantidad de parcelas, superficie, existencia de carbono por hectárea y total, las proporciones en base a los totales del inventario y otros aspectos asociados al estrato arbóreo.

Cuadro 65. Información general para el estrato arbóreo Bosque Maduro

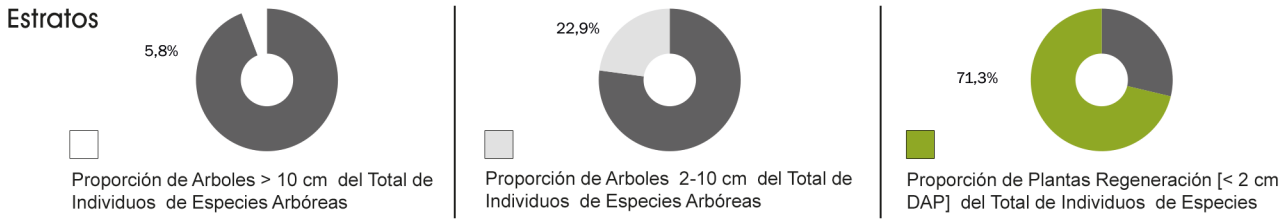
Concepto	Cantidad	Concepto	Cantidad
Nº Parcelas Fase I	22	Proporción del Total (%)	40,0
Nº Parcelas Fase II	38	Factor de Emisión (ton CO_2 / ha)	1.036,7
Nº Parcelas Totales	**60**	**Existencia de CO_2 eq (ton)**	**1.605.409.870**
Dato Actividad (ha)]	1.548.583	Error de Muestreo (%)	9,0



5.2.1. Proporción de componentes vegetales para el estrato

Para este estrato, en el que se evaluaron 60 unidades de muestreo, la proporción del total de individuos de especies arbóreas de los componentes vegetales es de 5,8% para las especies ≥ 10 cm de DAP, 22,9% para las que tienen un DAP entre 2 cm y 9,9 cm y para la regeneración natural compuesta por especies < 2 cm de DAP es de 71,3% (Cuadro 66).

Cuadro 66. Proporción de componentes vegetales para el estrato Bosque Maduro



5.2.2. Dasometría y existencias para el estrato por componentes vegetales

a. Dasometría y existencias para el componente árboles ≥ 10 cm de DAP

El muestreo desarrollado permite estimar para el estrato Bosque Maduro, valores medios de DAP de 24,5 cm, de HT de 13,7 m, de AB de 32,3 m^2/ha y existencias de volumen de 338,0 m^3/ha y de CO_2 de 447,4 ton/ha. La cantidad de especies que se encontraron para este estrato y componente es de 22; en este tipo de bosques se encuentra la mayor cantidad y diversidad de especies. En el Cuadro 67 se muestra en detalle los valores de dasometría, existencias y números de especies para el estrato y componente y los límites para el correspondiente intervalo de confianza.

Cuadro 67. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Bosque Maduro en componente árboles ≥ 10 cm de DAP

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb>10 cm]	23,7	25,4	24,5	
DMC (cm) [arb>10 cm]	28,2	30,9	29,6	
ALTURA (m) [arb>10 cm]	13,2	14,3	13,7	
AB (m^2/ha) [arb>10 cm]	29,3	35,4	32,3	
Densidad (N/ha) [arb>10 cm]	441	498	469	
Vol (m^3/ha) [arb>10 cm]	294,2	381,8	338,0	
Biomasa (ton/ha) [arb>10 cm]	211,5	276,6	244,0	
Carbono (ton/ha) [arb>10 cm]	105,8	138,3	122,0	
CO_2 (ton/ha) [arb>10 cm]	387,8	507,0	447,4	
Especies Arbóreas [>10 cm]	20	23	22	

b. Dasometría y existencias para el componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Para este componente, el muestreo aplicado permite estimar valores medios de DAP=4,5 cm, HT=4,8 m, AB=3,5 m^2/ha y existencias de volumen de 10,3 m^3/ha y de CO_2 de 16,8 ton/ha. La cantidad de especies que

se encontraron para este estrato y componente es de 16. En el Cuadro 68 se muestra en detalle los valores de dasometría, existencias y números de especies para el estrato y componente, y sus respectivos intervalos de confianza.

Cuadro 68. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Bosque Maduro en componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb 2-10 cm]	4,3	4,8	4,5	
DMC (cm) [arb 2-10 cm]	4,6	5,1	4,9	
ALTURA (m) [arb 2-10 cm]	4,6	5,0	4,8	
AB (m^2/ha) [arb 2-10 cm]	3,0	3,9	3,5	
Densidad (N/ha) [arb 2-10 cm]	1.640	2.048	1.844	
Vol (m^3/ha) [arb 2-10 cm]	8,9	11,7	10,3	
Biomasa (ton/ha) [arb 2-10 cm]	8,0	10,3	9,1	
Carbono (ton/ha) [arb 2-10 cm]	4,0	5,2	4,6	
CO_2 (ton/ha) [arb 2-10 cm]	14,7	18,9	16,8	
Especies Arbóreas [2-10 cm]	14	18	16	

c. Dasometría y existencias para el componente árboles ≥ 2 cm de DAP

La combinación de los dos componentes anteriores permite observar las características de la vegetación con DAP mínimo de 2 cm para el estrato en análisis, considerando que esta es la vegetación con mayor participación en los estratos. Para este caso, los valores promedios son: DAP=16,0 cm, HT=9,9 m y AB=35,8 m^2/ha. La existencia obtenida para el volumen es de 348,3 m^3/ha y para el CO_2 es de 464,2 ton/ha. Finalmente, la cantidad de especies que participan naturalmente en este estrato arbóreo es de 38. En el Cuadro 69 se muestra en detalle los valores de dasometría, existencias y números de especies para el estrato y componente, así como los límites de los correspondientes intervalos de confianza.

Cuadro 69. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Bosque Maduro árboles ≥ 2 cm de DAP combinación de los componentes

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb>2 cm]	15,2	16,9	16,0	
DMC (cm) [arb>2 cm]	13,7	15,5	14,6	
ALTURA (m) [arb>2 cm]	9,5	10,4	9,9	
AB (m^2/ha) [arb>2 cm]	32,8	38,8	35,8	
Densidad (N/ha) [arb>2 cm]	2.106	2.521	2.314	
Vol (m^3/ha) [arb>2 cm]	304,7	392,0	348,3	
Biomasa (ton/ha) [arb>2 cm]	220,7	285,7	253,2	
Carbono (ton/ha) [arb>2 cm]	110,3	142,8	126,6	
CO_2 (ton/ha) [arb>2 cm]	404,6	523,7	464,2	
Especies Arbóreas [>2 cm]	35	40	38	

5.2.3. Densidad en árboles o individuos por hectárea por componente vegetal

En el Cuadro 70 se indica los valores de densidad, en número de árboles o individuos por hectárea según corresponda, para todos los componentes vegetales medidos. Para las especies mayores (≥ 10 cm de DAP) la densidad es de 469 árboles/ha siendo el componente con menor cantidad de árboles. Las especies herbáceas son las que poseen mayor cantidad de individuos estimándose 90.667 individuos/ha. En el inventario no se midió la vegetación compuesta por lianas, bambú o arbustos (ALB).

Cuadro 70. Densidad en árboles por hectárea por componente vegetal para el estrato Bosque Maduro

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
Densidad (N/ha) [arb>10 cm]	441	498	469	
Densidad (N/ha) [arb 2-10 cm]	1.640	2.048	1.844	
Densidad Regeneración (ind/ha)	4.669	6.826	5.747	
Densidad Herbáceas (ind/ha)	78.192	103.141	90.667	
Densidad ALB (ind/ha)	0	0	0	

ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario

En la Figura 52 se muestra la densidad media acumulada para las especies arbóreas y densidad herbácea para el estrato Bosque Maduro, árboles o individuos por hectárea. Se incluye las mediciones en parcela principal y todas las subparcelas.

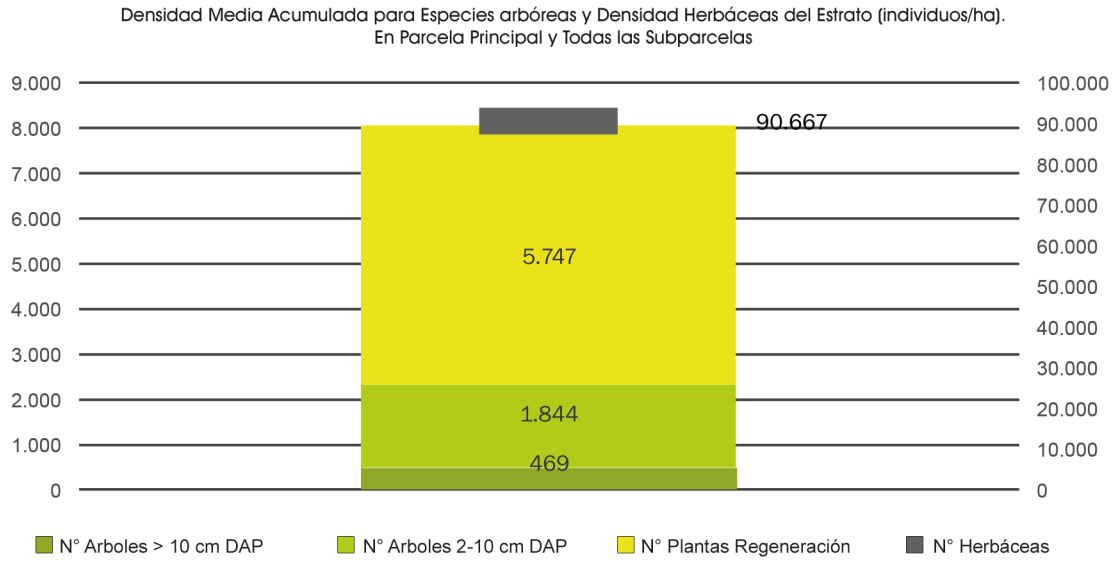


Figura 52. Valores de densidad media acumulada en árboles o individuos por hectárea para las especies arbóreas y herbáceas en estrato Bosque Maduro

5.2.4. Número de Especies Promedio del Estrato

En el Cuadro 71 se muestra el número de especies que participan en los diferentes componentes vegetales para el estrato Bosque Maduro. En total son 16 las especies que están presentes en este tipo de bosques. Para este caso, si se presentan diferencias en el número de especies entre componentes, por ejemplo para la regeneración natural son sólo 5 especies las que la conforman, en contraste con la 22 o 16 del componente especies ≥ 10 cm de DAP y especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP respectivamente.

Cuadro 71. Número de especies por componente vegetal estrato Bosque Maduro

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
Especies Arbóreas [>10 cm]	20	23	22	
Especies Arbóreas [2-10 cm]	14	18	16	
Especies Regeneración	4	6	5	
Especies Herbáceas	6	9	8	
Especies ALB	0	0	0	
Especies Totales	13	20	16	

ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario

En la Figura 53 se grafica el número de especies promedio para el estrato siendo el componente de especies arbóreas ≥ 10 cm de DAP la que presenta la mayor cantidad de especies seguida por el componente de especies entre 2 cm y 9,9 cm.

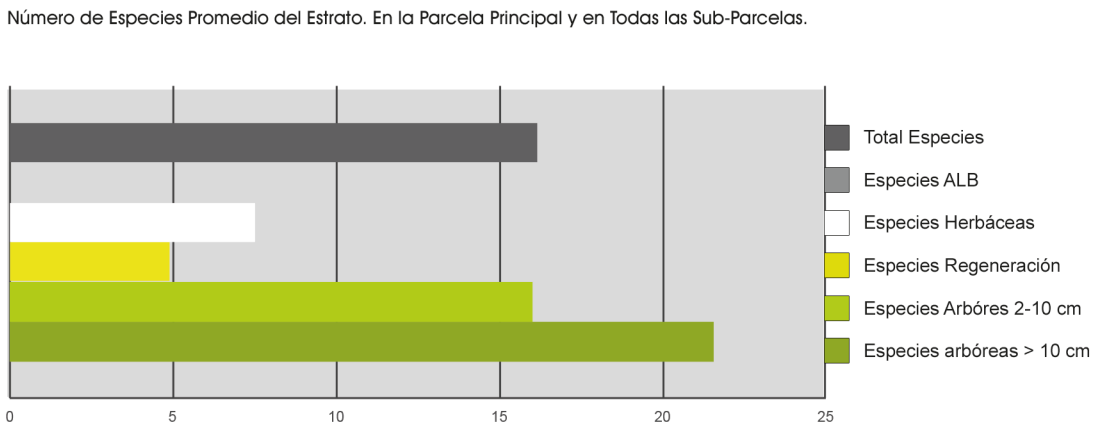


Figura 53. Número de especies promedio por componente vegetal para el estrato Bosque Maduro (ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario)

5.2.5. Carbono por hectárea por componente vegetal y suelo

Se muestra a continuación los resultados promedios del stock de CO_2 para cada uno de los depósitos vegetales y de suelo obtenidos en el estrato Bosque Maduro (Cuadro 72).

Cuadro 72. Stock de CO_2 en toneladas por hectárea para los depósitos considerados

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
CO_2 (ton/ha) [arb 2-10 cm]	14,7	18,9	16,8	
CO_2 (ton/ha) [arb>10 cm]	387,8	507,0	447,4	
CO_2 Hojarasca (ton/ha)	5,2	6,8	6,0	
CO_2 MM (ton/ha)	13,6	45,0	29,3	
CO_2 Raices (ton/ha)	109,2	141,4	125,3	
CO_2 Total [SIN SUELO] (ton/ha)	547,4	702,2	624,8	
CO_2 Suelo (ton/ha)	365,0	458,8	411,9	
CO_2 Total [CON SUELO] (ton/ha)	943,4	1130,0	1036,7	

Los mayores valores de CO_2 se encuentran en el componente arbóreo con 464,2 ton/ha, lo sigue el componente suelo con 411,9 ton/ha y, entre ambos, aportan un 84% del total de CO_2 almacenado en este tipo de bosque. El menor aporte de CO_2 corresponde a los depósitos de hojarasca y maderas muertas con 6,8 ton/ha y 29,2 ton/ha respectivamente. En la Figura 54 se ilustra gráficamente esta situación; el componente árboles considera todos los individuos desde 2 cm de DAP en adelante.

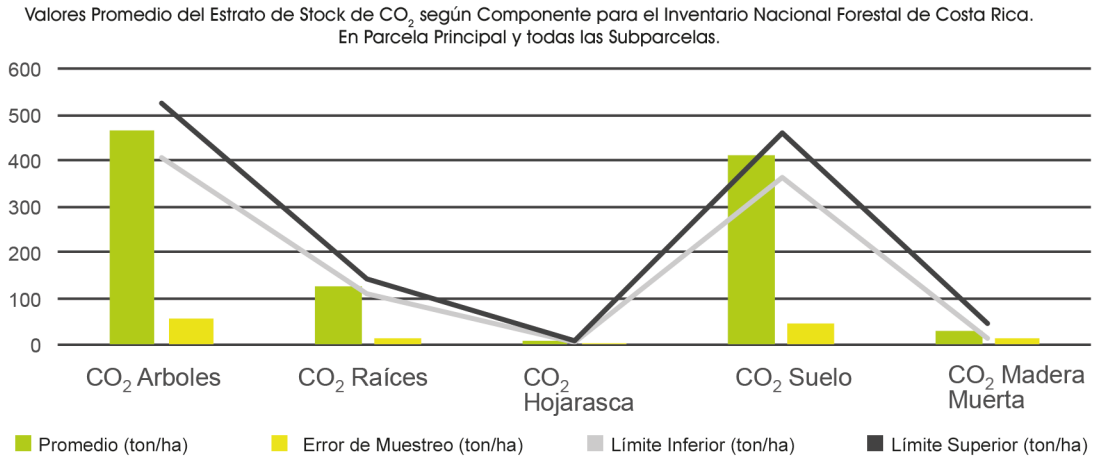


Figura 54. Valores medios, inferior y superior de stock de CO_2 en toneladas por hectárea, por componentes vegetales y de suelo para el estrato Bosque Maduro

5.2.6. Carbono total del estrato (toneladas de CO_2)

El stock total de CO_2 para el estrato Bosque Maduro fluctúa entre 1.460,9 millones de toneladas y 1.750,0 millones de toneladas con un promedio de 1.605,4 millones de toneladas. Esto considera todos los componentes vegetales y de suelo medidos en el Inventario Nacional de Costa Rica (Figura 55).

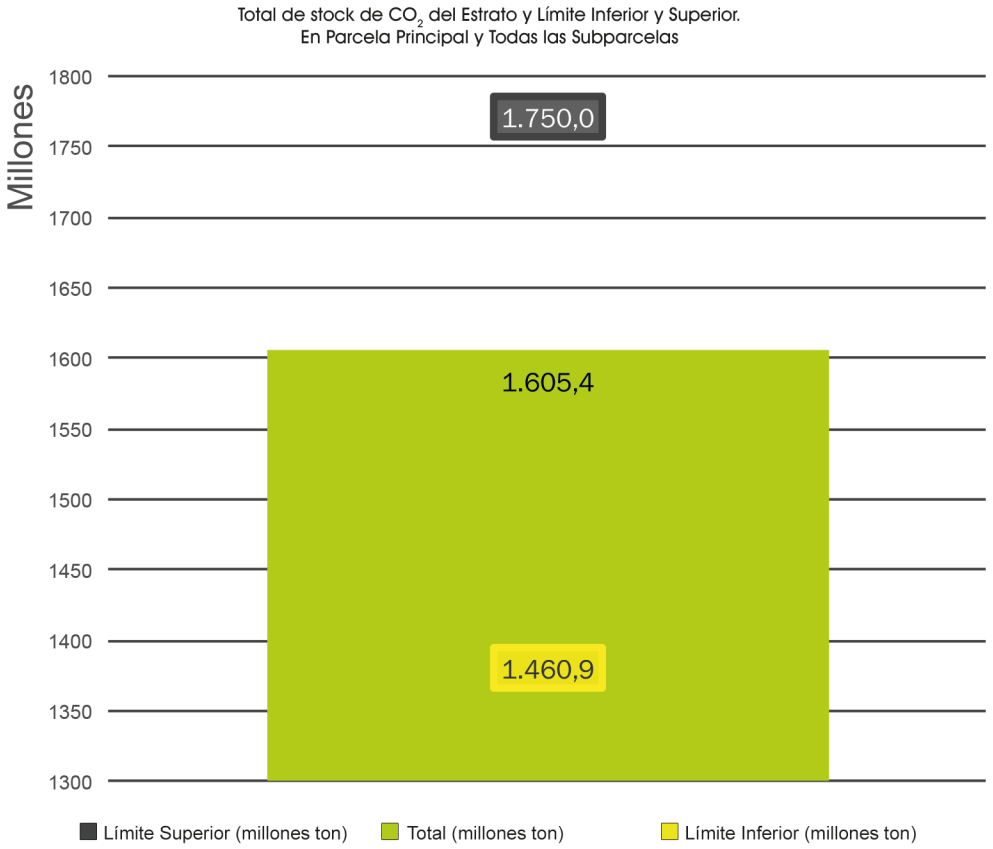


Figura 55. Existencias de CO_2 y sus límites para el estrato Bosque Maduro

Se muestra la participación de los diferentes componentes vegetales y de suelo relacionado con el stock total de CO_2 calculado para el estrato. El depósito suelo y árboles son los que presentan la mayor cantidad de captura de CO_2. En la Figura 56 se observan las proporciones para cada depósito.

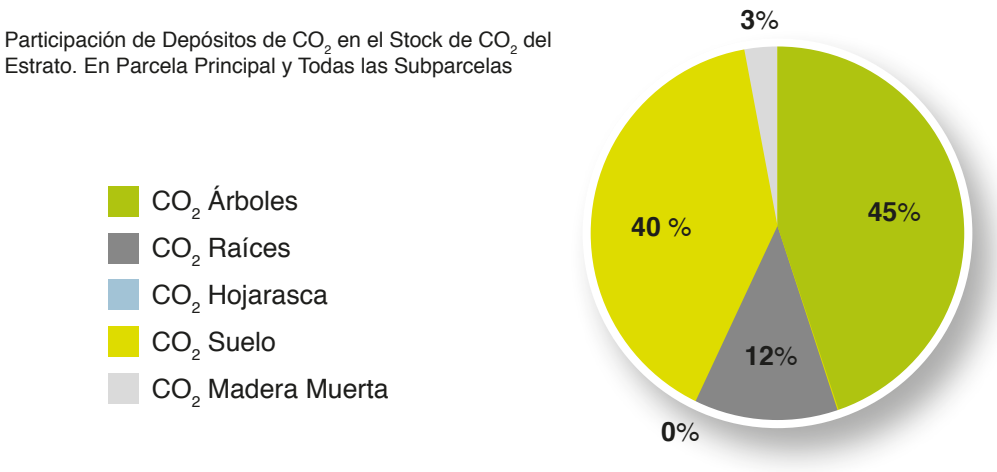


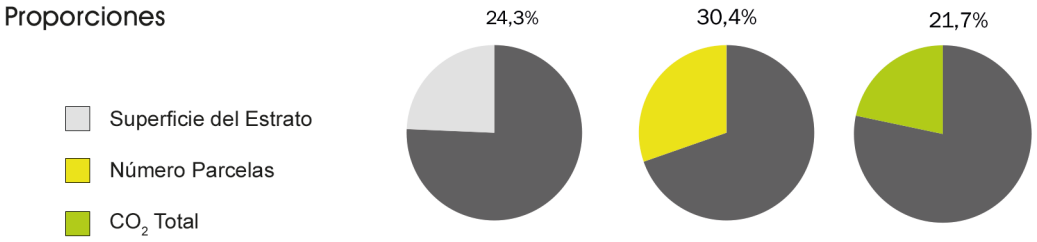
Figura 56. Proporción de CO_2 por componente vegetal y de suelo para el estrato Bosque Maduro

5.3. Información general estrato Bosque Secundario

La superficie que considera este estrato asciende a 940.820 hectáreas, con un stock de 639.872.834 toneladas de CO_2 equivalente. En el Cuadro 73 se indica la cantidad de parcelas, superficie, existencia de carbono por hectárea y total, las proporciones en base a los totales del inventario y otros aspectos asociados a este estrato arbóreo.

Cuadro 73. Información general para el estrato arbóreo Bosque Secundario

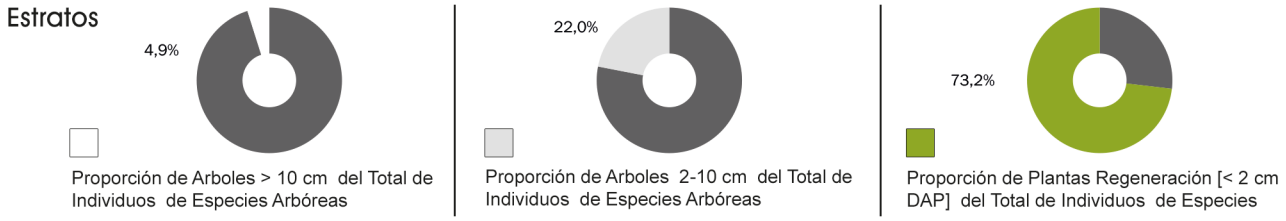
Concepto	Cantidad	Concepto	Cantidad
Nº Parcelas Fase I	32	Proporción del Total (%)	24,3
Nº Parcelas Fase II	53	Factor de Emisión (ton CO_2 / ha)	680,1
Nº Parcelas Totales	**65**	**Existencia de CO_2 eq (ton)**	**639.872.834**
Dato Actividad (ha)]	940.820	Error de Muestreo (%)	6,9



5.3.1. Dasometría y existencias por componentes vegetales

Para este estrato, en el que se evaluaron 85 unidades de muestreo, la proporción del total de individuos de especies arbóreas de los componentes vegetales es de 4,9% para las especies ≥ 10 cm de DAP, 22,0% para las que tienen un DAP entre 2 cm y 9,9 cm y para la regeneración natural compuesta por especies < 2 cm de DAP es de 73,2% (Cuadro 74).

Cuadro 74. Proporción de componentes vegetales para el estrato Bosque Secundario



a. Dasometría y existencias para el componente árboles ≥ 10 cm de DAP

El muestreo aplicado (fase I y II) permite estimar, para el estrato Bosque Secundario, valores medios de DAP de 21,2 cm, HT 11,9 m, AB 19,5 m^2/ha y de existencias de volumen de 159,2 m^3/ha y de CO_2 de 204,0 ton/ha. La cantidad de especies que se encontraron para este estrato y componente es de 16, para este estrato se

encuentra menores cantidades de especies, ya que son bosques intervenidos (talados) que han regenerado con el transcurso del tiempo. En el Cuadro 75 se muestran en detalle los valores de dasometría, existencias y números de especies para el estrato y componente, y los límites de confianza respectivos.

Cuadro 75. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Bosque Secundario en componente árboles ≥ 10 cm de DAP

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb>10 cm]	20,5	21,9	21,2	
DMC (cm) [arb>10 cm]	23,4	25,3	24,3	
ALTURA (m) [arb>10 cm]	11,4	12,3	11,9	
AB (m^2/ha) [arb>10 cm]	17,8	21,2	19,5	
Densidad (N/ha) [arb>10 cm]	389	441	415	
Vol (m^3/ha) [arb>10 cm]	140,9	177,6	159,2	
Biomasa (ton/ha) [arb>10 cm]	97,4	125,2	111,3	
Carbono (ton/ha) [arb>10 cm]	48,7	62,6	55,6	
CO_2 (ton/ha) [arb>10 cm]	178,5	229,5	204,0	
Especies Arbóreas [>10 cm]	15	18	16	

b. Dasometría y existencias para el componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Para este componente, el muestreo aplicado (fase I y II) permite estimar para el estrato Bosque Secundario valores medios de DAP de 4,4 cm, HT 4,7 m, AB 3,4 m^2/ha y de existencias de volumen de 9,7 m^3/ha y de CO_2 de 15,9 ton/ha. La cantidad de especies que se encontraron para este estrato y componente es de 14. En el Cuadro 76 se muestra en detalle los valores de dasometría, existencias y números de especies para el estrato y componente, y los límites de confianza respectivos.

Cuadro 76. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Bosque Secundario en componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb 2-10 cm]	4,3	4,6	4,4	
DMC (cm) [arb 2-10 cm]	4,7	4,9	4,8	
ALTURA (m) [arb 2-10 cm]	4,5	4,8	4,7	
AB (m^2/ha) [arb 2-10 cm]	3,0	3,7	3,4	
Densidad (N/ha) [arb 2-10 cm]	1.671	2.067	1.869	
Vol (m^3/ha) [arb 2-10 cm]	8,6	10,9	9,7	
Biomasa (ton/ha) [arb 2-10 cm]	7,7	9,7	8,7	
Carbono (ton/ha) [arb 2-10 cm]	3,9	4,8	4,3	
CO_2 (ton/ha) [arb 2-10 cm]	14,2	17,7	15,9	
Especies Arbóreas [2-10 cm]	13	16	14	

c. Dasometría y existencias para el componente árboles ≥ 2 cm de DAP

La combinación de los dos componentes anteriores permite observar las características de la vegetación desde los 2 cm de DAP para el estrato en análisis, considerando que esta es la vegetación con mayor participación en los estratos en general. Para este caso los valores promedios son, DAP 13,8 cm, HT 8,6 m y AB 22,9 m^2/ha. Las existencias obtenidas para el volumen es de 169,0 m^3/ha y para CO_2 es de 219,9 ton/ha. Finalmente, la cantidad de especies que participan naturalmente en este estrato arbóreo es de 26. En el Cuadro 77 se muestra en detalle los valores de dasometría, existencias y números de especies para el estrato y componente, y los límites de confianza respectivos.

Cuadro 77. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Bosque Secundario en árboles ≥ 2 cm de DAP combinación de los componentes

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb>2 cm]	13,2	14,5	13,8	
DMC (cm) [arb>2 cm]	11,5	12,9	12,2	
ALTURA (m) [arb>2 cm]	8,3	9,0	8,6	
AB (m^2/ha) [arb>2 cm]	21,1	24,7	22,9	
Densidad (N/ha) [arb>2 cm]	2.075	2.494	2.285	
Vol (m^3/ha) [arb>2 cm]	150,4	187,5	169,0	
Biomasa (ton/ha) [arb>2 cm]	105,9	134,1	120,0	
Carbono (ton/ha) [arb>2 cm]	52,9	67,0	60,0	
CO_2 (ton/ha) [arb>2 cm]	194,1	245,8	219,9	
Especies Arbóreas [>2 cm]	21	30	26	

5.3.2. Densidad en árboles o individuos por hectárea por componente vegetal

En el Cuadro 78 se indica los valores de densidad en número de árboles o individuos por hectárea para todos los componentes vegetales medidos. Para las especies mayores (≥ 10 cm de DAP) la densidad es de 415 árboles/ha siendo el componente con menor cantidad de árboles. Las especies herbáceas son las que poseen mayor cantidad de individuos arrojando 139.882 individuos/ha, este aumento está relacionado con la mayor disponibilidad de luz por las intervenciones a las que se ha sometido el bosque.

Cuadro 78. Densidad en árboles por hectárea por componente vegetal para el estrato Bosque Secundario

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
Densidad (N/ha) [arb>10 cm]	389	441	415	
Densidad (N/ha) [arb 2-10 cm]	1.671	2.067	1.869	
Densidad Regeneración (ind/ha)	5.178	7.280	6.229	
Densidad Herbáceas (ind/ha)	77.281	202.484	139.882	
Densidad ALB (ind/ha)	0	0	0	

ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario

En la Figura 57 se grafica la densidad media acumulada para las especies arbóreas y densidad herbácea para el estrato Bosque Secundario, árboles o individuos por hectárea. Se incluye las mediciones en parcela principal y todas las subparcelas.

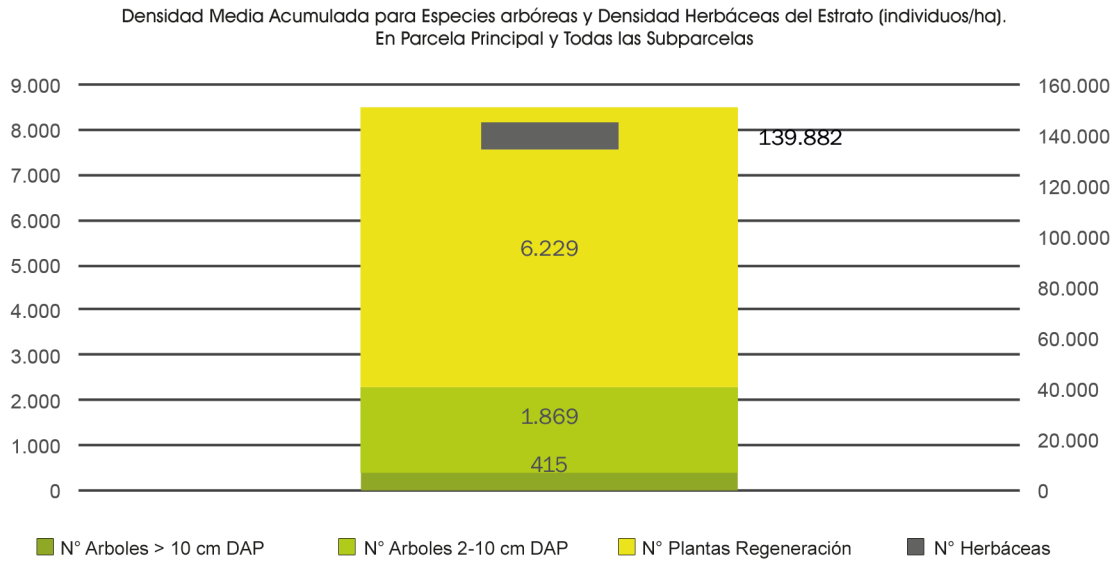


Figura 57. Número de especies promedio por componente vegetal para el estrato Bosque Secundario

5.3.3. Número de Especies Promedio del Estrato

En el Cuadro 79 se muestra el número de especies que participan en los diferentes componentes vegetales para el estrato Bosque Secundario. En promedio son 33 las especies que están presentes en este tipo de bosques, para este caso también se presentan diferencias en el número de especies entre componentes, por ejemplo para la regeneración natural son sólo 3 las especies las que la conforman, en contraste con la 16 o 14 del componente especies ≥ 10 cm de DAP y especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP, respectivamente.

Cuadro 79. Número de especies por componente vegetal estrato Bosque Secundario

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
Especies Arbóreas [>10 cm]	15	18	16	
Especies Arbóreas [2-10 cm]	13	16	14	
Especies Regeneración	3	4	3	
Especies Herbáceas	-2	11	4	
Especies ALB	0	0	0	
Especies Totales	29	36	33	

ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario

En la Figura 58 se grafica el número de especies promedio para el estrato, siendo el componente de especies arbóreas ≥ 10 cm de DAP el que presenta la mayor cantidad de especies, seguida por el componente de especies entre 2 cm y 9,9 cm.

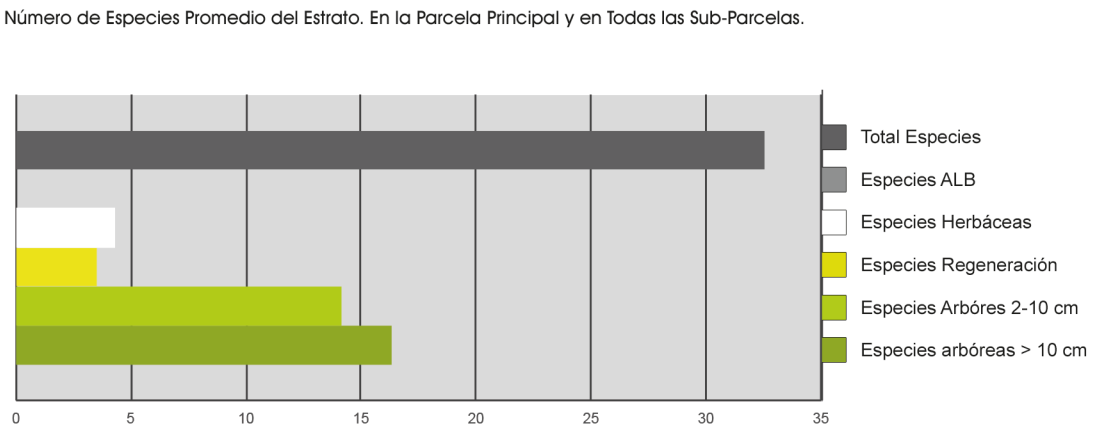


Figura 58. Número de especies promedio por componente vegetal para el estrato Bosque Secundario (ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario)

5.3.4. Carbono por hectárea por componente vegetal y suelo

Se muestra a continuación los resultados promedios del stock de CO_2 para cada uno de los depósitos vegetales y de suelo obtenidos en el estrato Bosque Secundario, (Cuadro 80).

Cuadro 80. Stock de CO_2 en toneladas por hectárea para los depósitos considerados

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
CO_2 (ton/ha) [arb 2-10 cm]	14,2	17,7	15,9	
CO_2 (ton/ha) [arb>10 cm]	178,5	229,5	204,0	
CO_2 Hojarasca (ton/ha)	3,9	5,2	4,6	
CO_2 MM (ton/ha)	5,5	16,1	10,8	
CO_2 Raices (ton/ha)	48,5	61,4	55,0	
CO_2 Total [SIN SUELO] (ton/ha)	257,6	323,0	290,3	
CO_2 Suelo (ton/ha)	358,3	421,4	389,8	
CO_2 Total [CON SUELO] (ton/ha)	633,0	727,3	680,1	

Los mayores valores de CO_2 se encuentran en el componente suelo con 389,8 ton/ha, seguido por el componente arbóreo con 219,9 ton/ha, entre ambos aportan un 89% del total. El menor aporte de CO_2 corresponde a los depósitos de hojarasca y maderas muertas con 4,6 ton/ha y 10,8 ton/ha respectivamente. En la Figura 59 se muestra los stock de CO_2 por componentes principales (árboles, raíces, hojarasca, maderas muertas y suelo), incluyendo los valores de límites inferiores y superiores de confianza (95%).

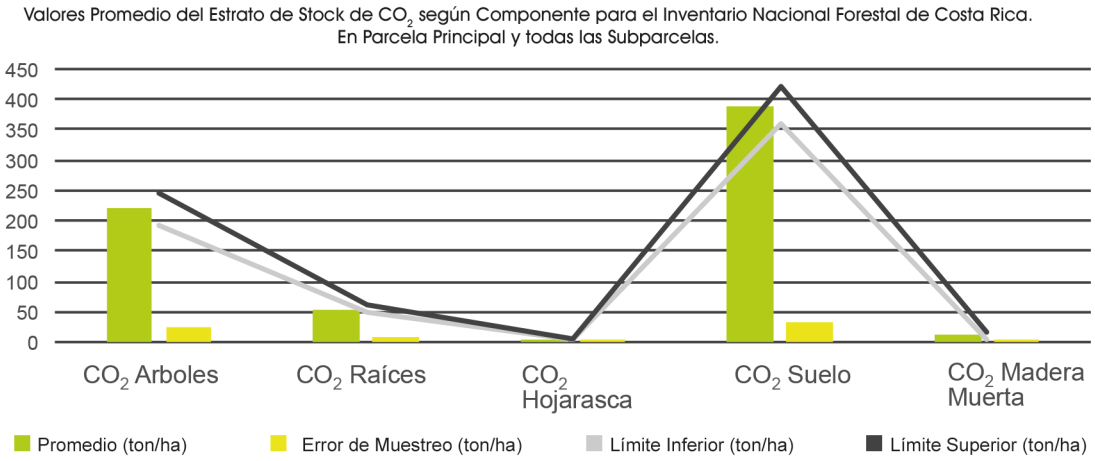


Figura 59. Valores medios, inferior y superior de stock de CO_2 en toneladas por hectárea por componentes vegetales y de suelo para el estrato Bosque Secundario

5.3.5. Carbono total del estrato (toneladas de CO_2)

El stock total de CO_2 para el estrato Bosque Secundario fluctúa entre 684,2 millones de toneladas y 595,5 millones de toneladas, con un promedio de 639,9 toneladas. Esto considera todos los componentes vegetales y de suelo medidos en el Inventario Nacional de Costa Rica (Figura 60).

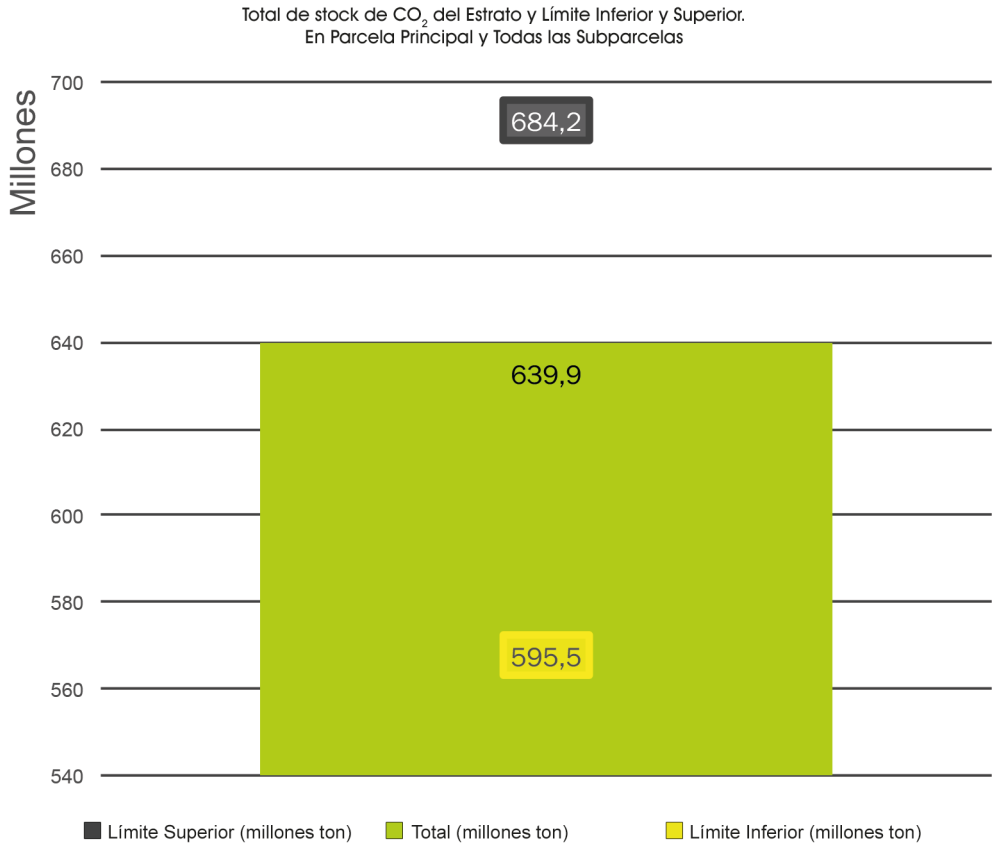


Figura 60. Existencias de CO_2 y sus límites para el estrato Bosque Secundario

Se muestra la participación de los diferentes componentes vegetales y de suelo relacionado con el stock total de CO_2 calculado para el estrato. El depósito suelo y árboles son los que presentan la mayor cantidad de captura de CO_2. En la Figura 61 se observa las proporciones para cada depósito.

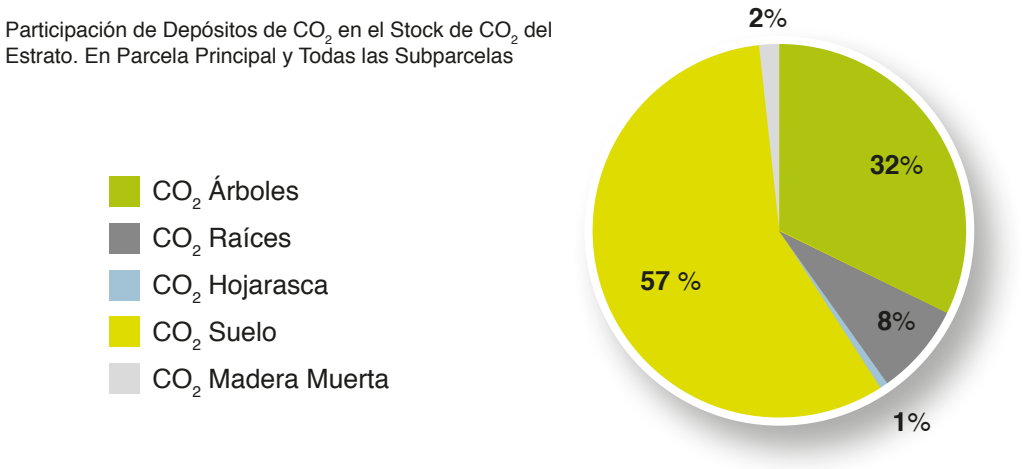


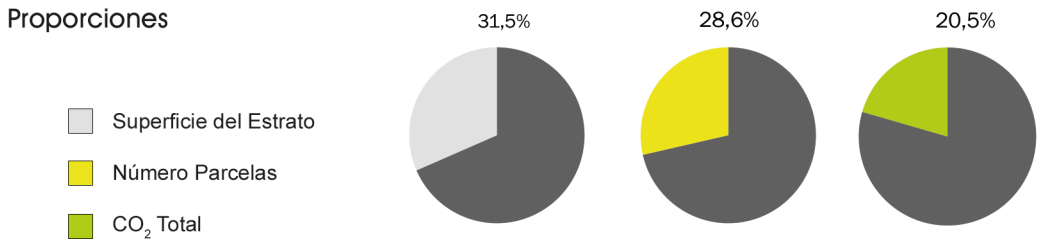
Figura 61. Proporción de CO_2 por componente vegetal y de suelo para el estrato Bosque Secundario

5.4. Información general estrato Pasto con Árboles

La superficie que considera este estrato asciende a 1.219.426 ha y fija 605.790.978 toneladas de CO_2 equivalente. En el Cuadro 81 se indica la cantidad de parcelas, superficie, existencia de carbono por hectárea y total, las proporciones con base en los totales del inventario y otros aspectos asociados al estrato arbóreo.

Cuadro 81. Información general para el estrato arbóreo Pasto con Árboles

Concepto	Cantidad	Concepto	Cantidad
Nº Parcelas Fase I	28	Proporción del Total (%)	31,5
Nº Parcelas Fase II	42	Factor de Emisión (ton CO_2 / ha)	496,8
Nº Parcelas Totales	**80**	**Existencia de CO_2 eq (ton)**	**605.790.978**
Dato Actividad (ha)]	1.219.426	Error de Muestreo (%)	2,8



5.4.1. Proporción de componentes vegetales para el estrato

Para este estrato, compuesto por 80 unidades de muestreo, la proporción del total de individuos de especies arbóreas de los componentes vegetales es de 17,6% para las especies ≥ 10 cm de DAP, 8,4% para las que tienen un DAP entre 2 cm y 9,9 cm y para la regeneración natural compuesta por especies < 2 cm de DAP es de 74,1% (Cuadro 82).

Cuadro 82. Proporción de componentes vegetales para el estrato Pasto con Árboles



5.4.2. Dasometría y existencias para el estrato por componentes vegetales

a. Dasometría y existencias para el componente árboles ≥ 10 cm de DAP

El muestreo aplicado (fase I y II) permite estimar, para el estrato Pasto con Árboles, valores medios de DAP de 26,4 cm, HT 9,1 m, AB 5,1 m^2/ha y de existencias de volumen de 34,0 m^3/ha y de CO_2 de 39,9 ton/ha. La cantidad de especies que se encontraron para este estrato y componente es de 3, en este estrato se encuentran menores cantidades de especies, ya que se compone de algunas especies aisladas o grupos con pocos individuos. En el Cuadro 83 se muestran en detalle los valores de dasometría, existencias y números de especies para el estrato y componente y los límites dentro de los cuales fluctúan.

Cuadro 83. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Pasto con Árboles en componente árboles ≥ 10 cm de DAP

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb>10 cm]	23,5	29,3	26,4	
DMC (cm) [arb>10 cm]	25,5	31,6	28,6	
ALTURA (m) [arb>10 cm]	8,2	10,1	9,1	
AB (m^2/ha) [arb>10 cm]	4,1	6,2	5,1	
Densidad (N/ha) [arb>10 cm]	60	85	72	
Vol (m^3/ha) [arb>10 cm]	25,8	42,3	34,0	
Biomasa (ton/ha) [arb>10 cm]	16,6	26,9	21,8	
Carbono (ton/ha) [arb>10 cm]	8,3	13,5	10,9	
CO_2 (ton/ha) [arb>10 cm]	30,4	49,4	39,9	
Especies Arbóreas [>10 cm]	3	4	3	

b. Dasometría y existencias para el componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Para este componente, el muestreo aplicado permite estimar, para el estrato Pasto con Árboles, valores medios de DAP de 2,3 cm, HT 2,6 m, AB 0,1 m^2/ha y de existencias de volumen de 0,2 m^3/ha y de CO_2 de 5,5 ton/ha. La cantidad de especies que se encontraron para este estrato y componente es de 0,1. En el Cuadro 84 se muestran en detalle los valores de dasometría, existencias y números de especies para el estrato y componente, y los límites de confianza respectivos.

Cuadro 84. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Pasto con Árboles en componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb 2-10 cm]	0,1	4,4	2,3	
DMC (cm) [arb 2-10 cm]	0,1	4,6	2,3	
ALTURA (m) [arb 2-10 cm]	0,2	5,1	2,6	
AB (m^2/ha) [arb 2-10 cm]	-1,5	1,6	0,1	
Densidad (N/ha) [arb 2-10 cm]	-505	574	34	
Vol (m^3/ha) [arb 2-10 cm]	-5,5	5,9	0,2	
Biomasa (ton/ha) [arb 2-10 cm]	-4,6	5,0	0,2	
Carbono (ton/ha) [arb 2-10 cm]	-0,9	3,9	1,5	
CO_2 (ton/ha) [arb 2-10 cm]	-3,4	14,3	5,5	
Especies Arbóreas [2-10 cm]	0	0	0	

c. Dasometría y existencias para el componente árboles ≥ 2 cm de DAP

La combinación de los dos componentes anteriores permite observar las características de la vegetación desde los 2 cm de DAP para el estrato en análisis, considerando que ésta es la vegetación con mayor participación en los estratos. Para este caso los valores promedios son, DAP 25,9 cm, HT 8,9 m y AB 5,2 m^2/ha. Las existencias obtenidas para el volumen es de 34,2 m^3/ha y para CO_2 es de 45,4 ton/ha. Finalmente, la cantidad

Cuadro 85. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Pasto con Árboles para árboles ≥ 2 cm de DAP combinación de los componentes

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb>2 cm]	22,9	28,8	25,9	
DMC (cm) [arb>2 cm]	24,7	31,0	27,9	
ALTURA (m) [arb>2 cm]	8,0	9,8	8,9	
AB (m^2/ha) [arb>2 cm]	4,2	6,2	5,2	
Densidad (N/ha) [arb>2 cm]	68	145	107	
Vol (m^3/ha) [arb>2 cm]	26,0	42,5	34,2	
Biomasa (ton/ha) [arb>2 cm]	16,7	27,1	21,9	
Carbono (ton/ha) [arb>2 cm]	9,8	15,0	12,4	
CO_2 (ton/ha) [arb>2 cm]	35,8	54,9	45,4	
Especies Arbóreas [>2 cm]	3	4	3	

de especies que participan naturalmente en este estrato arbóreo es de 3. En el Cuadro 85 se muestran en detalle los valores de dasometría, existencias y números de especies para el estrato y componente y los límites de confianza respectivos.

5.4.3. Densidad en árboles o individuos por hectárea por componente vegetal

En el Cuadro 86 se indican los valores de densidad, en número de árboles o individuos por hectárea, para todos los componentes vegetales medidos. Para las especies mayores (≥ 10 cm de DAP) la densidad es de 72 árboles/ha, el componente arbóreo con menor cantidad de árboles son las especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP con 34 árboles/ha. Las especies herbáceas son las que poseen mayor cantidad de individuos arrojando 1.625 individuos/ha (esta densidad corresponde a parcelas realizadas en la zona de difícil acceso para este estrato, en las demás zonas se consideró como componente único de medición sólo la parcela principal (UMP)).

Cuadro 86. Densidad en árboles por hectárea por componente vegetal para el estrato Pasto con Árboles

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
Densidad (N/ha) [arb>10 cm]	60	85	72	
Densidad (N/ha) [arb 2-10 cm]	-505	574	34	
Densidad Regeneración (ind/ha)	-122	732	305	
Densidad Herbáceas (ind/ha)	-87	3.337	1.625	
Densidad ALB (ind/ha)	0	0	0	

ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario

En la Figura 62 se grafica la densidad media acumulada para las especies arbóreas y densidad herbácea para el estrato Pasto con Árboles, árboles o individuos por hectárea. Se incluyen las mediciones en parcela principal y todas las subparcelas.

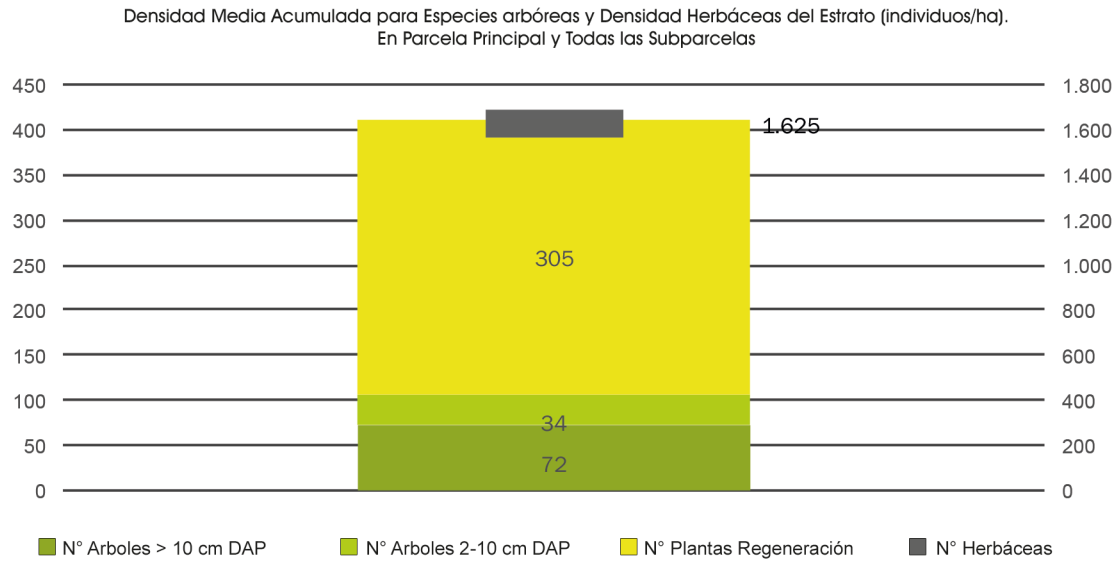


Figura 62. Número de especies promedio por componente vegetal para el estrato Pasto con árboles

5.4.4. Número de Especies Promedio del Estrato

En el Cuadro 87 se muestra el número de especies que participan en los diferentes componentes vegetales para el estrato Pasto con Árboles. En promedio son 3 las especies que están presentes en este tipo de bosques, para este caso se midió casi exclusivamente los individuos de la parcela principal (especies ≥ 10 cm de DAP).

Cuadro 87. Número de especies por componente vegetal estrato Pasto con Árboles

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
Especies Arbóreas [>10 cm]	3	4	3	
Especies Arbóreas [2-10 cm]	0	0	0	
Especies Regeneración	0	0	0	
Especies Herbáceas	0	0	0	
Especies ALB	0	0	0	
Especies Totales	3	4	3	

ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario

En la Figura 63 se grafica el número de especies promedio para el estrato siendo el componente de especies arbóreas ≥ 10 cm de DAP el que predomina en cantidad de especies.

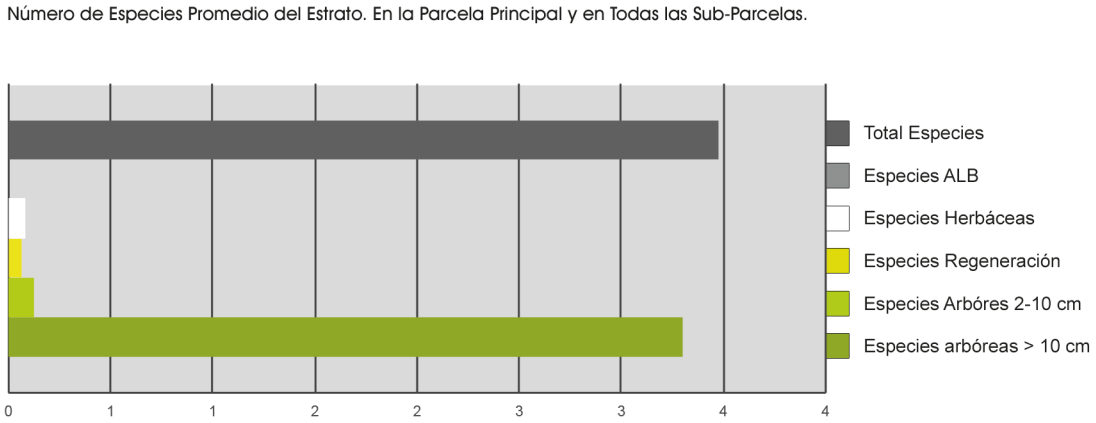


Figura 63. Número de especies promedio por componente vegetal para el estrato Pasto con Árboles (ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario)

5.4.5. Carbono por hectárea por componente vegetal y suelo

Se muestra a continuación los resultados promedios del stock de CO_2 para cada uno de los depósitos vegetales y de suelo obtenidos en el estrato Pasto con Árboles (Cuadro 88).

Cuadro 88. Stock de CO_2 en toneladas por hectárea para los depósitos considerados

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
CO_2 (ton/ha) [arb 2-10 cm]	-3,4	14,3	5,5	
CO_2 (ton/ha) [arb>10 cm]	30,4	49,4	39,9	
CO_2 Hojarasca (ton/ha)	0,5	3,7	2,1	
CO_2 MM (ton/ha)	-39,4	117,2	38,9	
CO_2 Raices (ton/ha)	9,7	14,8	12,2	
CO_2 Total [SIN SUELO] (ton/ha)	85,8	111,3	98,6	
CO_2 Suelo (ton/ha)	305,6	490,9	398,2	
CO_2 Total [CON SUELO] (ton/ha)	483,1	510,5	496,8	

Los mayores valores de CO_2 se encuentran en el componente suelo con 398,2 ton/ha, seguido por el componente arbóreo con 45,3 ton/ha, entre ambos aportan un 89% del total. El menor aporte de CO_2 corresponde a los depósitos de hojarasca y raíces con 2,1 ton/ha y 12,2 ton/ha respectivamente. En la Figura 64 se muestran los stock de CO_2 por componentes principales (árboles, raíces, hojarasca, maderas muertas y suelo), incluyendo los valores de límites inferiores y superiores.

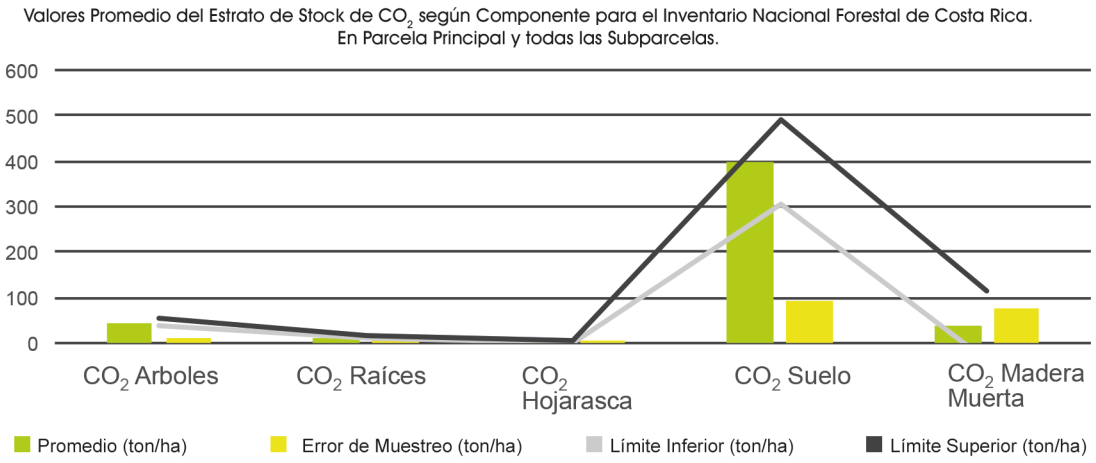


Figura 64. Valores medios, inferior y superior de stock de CO_2 en toneladas por hectárea por componentes vegetales y de suelo para el estrato Pasto con Árboles

5.4.6. Carbono total del estrato (toneladas de CO_2)

El stock total de CO_2 para el estrato Pasto con Árboles fluctúa entre 689,1 millones de toneladas y 622,5 millones de toneladas, con un promedio de 605,8 toneladas. Ésto considera todos los componentes vegetales y de suelo medidos en el Inventario Nacional de Costa Rica (Figura 65).

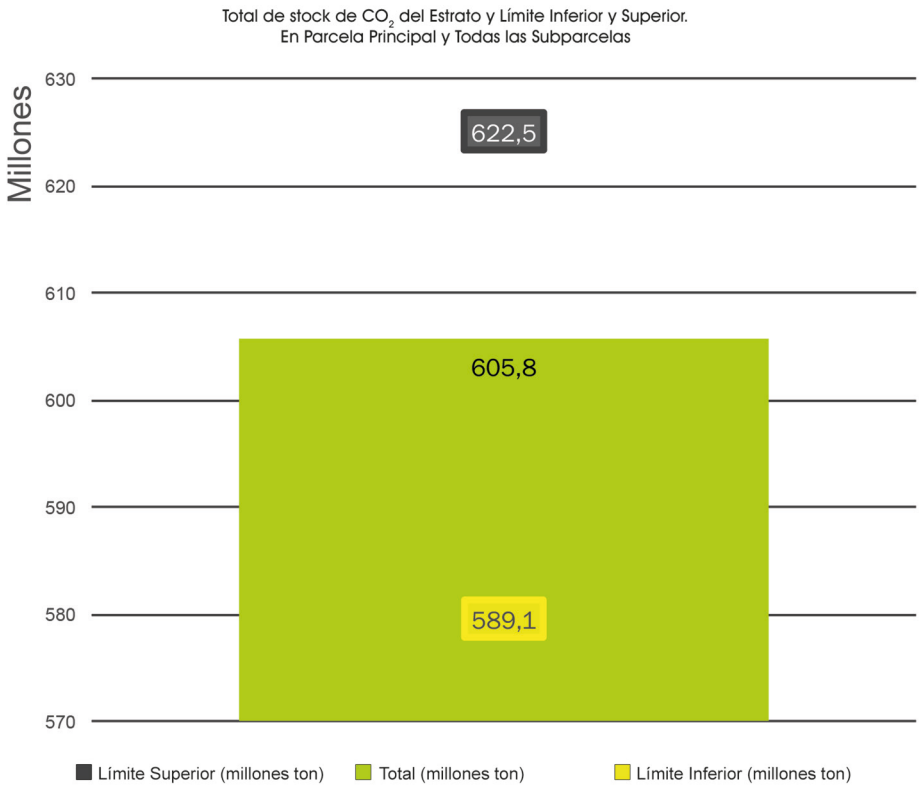


Figura 65. Existencias de CO_2 y sus límites para el estrato Pasto con Árboles

Se muestra además la participación de los diferentes componentes vegetales y de suelo relacionado con el stock total de CO_2 calculado para el estrato. El depósito suelo, árboles y maderas muertas son los que presentan la mayor cantidad de captura de CO_2. En la Figura 66 se observa las proporciones para cada depósito.

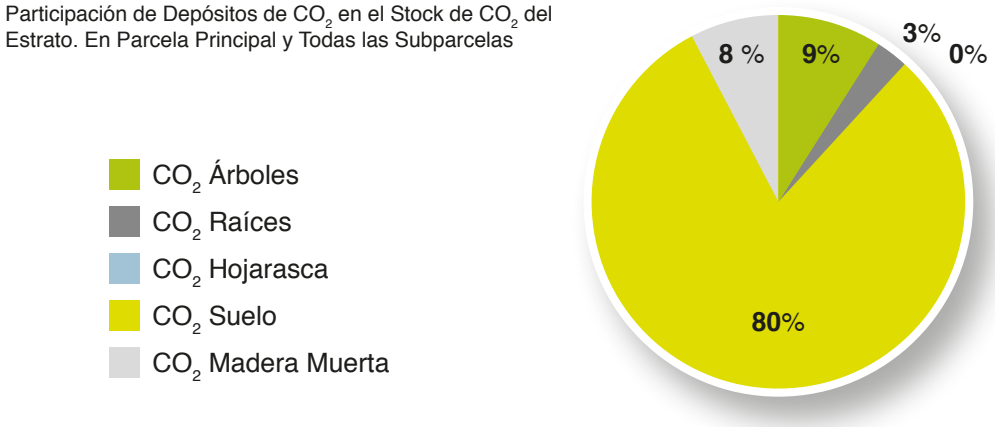


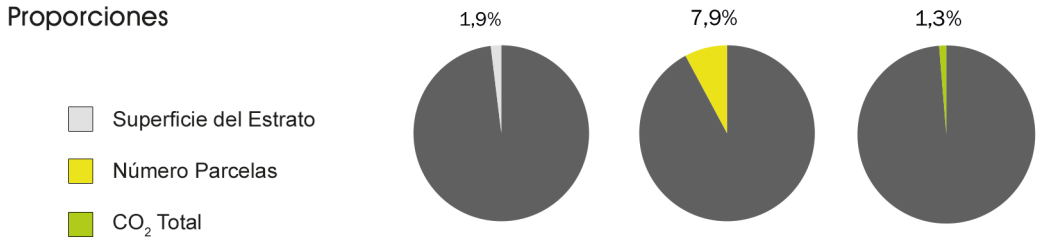
Figura 66. Proporción de CO_2 por componente vegetal y de suelo para el estrato Pasto con Árboles

5.5. Información general estrato Plantación Forestal

La superficie que considera este estrato asciende a 74.597 hectáreas, en la cual existe un stock de 38.613.608 toneladas de CO_2 equivalente. En el Cuadro 89 se indica la cantidad de parcelas, superficie, existencia de carbono por hectárea y total, las proporciones en base a los totales del inventario y otros aspectos asociados al estrato arbóreo.

Cuadro 89. Información general para el estrato arbóreo Plantación Forestal

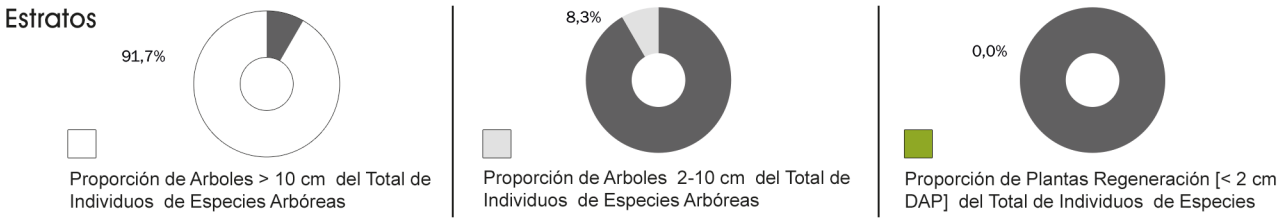
Concepto	Cantidad	Concepto	Cantidad
Nº Parcelas Fase I	6	Proporción del Total (%)	1,9
Nº Parcelas Fase II	16	Factor de Emisión (ton CO_2 / ha)	517,6
Nº Parcelas Totales	**22**	**Existencia de CO_2 eq (ton)**	**38.613.608**
Dato Actividad (ha)]	74.597	Error de Muestreo (%)	6,7



5.5.1. Proporción de componentes vegetales para el estrato

Para este estrato compuesto por 22 unidades de muestreo la proporción del total de individuos de especies arbóreas de los componentes vegetales es de 91,7% para las especies ≥ 10 cm de DAP, 8,3% para las que tienen un DAP entre 2 cm y 9,9 cm y no existe regeneración natural en este estrato por tratarse de plantaciones que normalmente son manejadas (Cuadro 90).

Cuadro 90. Proporción de componentes vegetales para el estrato Plantación Forestal



5.5.2. Dasometría y existencias para el estrato por componentes vegetales

a. Dasometría y existencias para el componente árboles ≥ 10 cm de DAP

El muestreo aplicado (fase I y II) permite estimar para el estrato Plantación Forestal valores medios de DAP de 24,4 cm, HT 13,2 m, AB 10,9 m^2/ha y de existencias de volumen de 86,2 m^3/ha y de CO_2 de 94,7 ton/ha.

La cantidad de especies que se encontraron para este estrato y componente es de 2, esto cantidad refleja las características del estrato (plantación de una especie principalmente). En el Cuadro 91 se muestra en detalle los valores de dasometría, existencias y números de especies para el estrato y componente y los límites de confianza (95%) asociados.

Cuadro 91. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Plantación Forestal en componente árboles ≥ 10 cm de DAP

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb>10 cm]	18,7	30,2	24,4	
DMC (cm) [arb>10 cm]	19,6	31,0	25,3	
ALTURA (m) [arb>10 cm]	11,0	15,4	13,2	
AB (m^2/ha) [arb>10 cm]	8,6	13,2	10,9	
Densidad (N/ha) [arb>10 cm]	215	358	286	
Vol (m^3/ha) [arb>10 cm]	60,4	111,9	86,2	
Biomasa (ton/ha) [arb>10 cm]	37,1	66,3	51,7	
Carbono (ton/ha) [arb>10 cm]	18,5	33,1	25,8	
CO_2 (ton/ha) [arb>10 cm]	68,0	121,5	94,7	
Especies Arbóreas [>10 cm]	1	3	2	

b. Dasometría y existencias para el componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Para este componente, el muestreo aplicado (fase I y II) permite estimar para el estrato Plantación Forestal valores medios de DAP de 3,6 cm, HT 2,4 m, AB 0,1 m^2/ha y de existencias de volumen de 0,1 m^3/ha y de CO_2 de 0,2 ton/ha. La cantidad de especies que se encontraron para este estrato y componente es de 0,1. En el Cuadro 92 se muestra en detalle los valores de dasometría, existencias y números de especies para el estrato y componente y los límites de confianza respectivos.

Cuadro 92. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Plantación Forestal en componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb 2-10 cm]	0,0	0,0	3,6	
DMC (cm) [arb 2-10 cm]	0,0	0,0	3,6	
ALTURA (m) [arb 2-10 cm]	0,0	0,0	2,4	
AB (m^2/ha) [arb 2-10 cm]	0,0	0,0	0,0	
Densidad (N/ha) [arb 2-10 cm]	0	0	26	
Vol (m^3/ha) [arb 2-10 cm]	0,0	0,0	0,0	
Biomasa (ton/ha) [arb 2-10 cm]	0,0	0,0	0,1	
Carbono (ton/ha) [arb 2-10 cm]	0,0	0,0	0,0	
CO_2 (ton/ha) [arb 2-10 cm]	0,0	0,0	0,2	
Especies Arbóreas [2-10 cm]	0	0	0	

c. Dasometría y existencias para el componente árboles ≥ 2 cm de DAP

La combinación de los dos componentes anteriores permite observar las características de la vegetación desde los 2 cm de DAP para el estrato en análisis, considerando que esta es la vegetación con mayor participación en los estratos en general. Para este caso, los valores promedios son: DAP 24,6 cm, HT 13,3 m y AB 10,9 m^2/ha. Las existencias obtenidas para el volumen es de 86,2 m^3/ha y para CO_2 es de 94,9 ton/ha. Finalmente, la cantidad de especies que participan naturalmente en este estrato arbóreo es de 3. En el Cuadro 93 se muestran en detalle los valores de dasometría, existencias y números de especies para el estrato y componente, y los límites de confianza respectivos.

Cuadro 93. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Plantación Forestal para árboles ≥ 2 cm de DAP combinación de los componentes

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb>10 cm]	18,7	30,2	24,4	
DMC (cm) [arb>10 cm]	19,6	31,0	25,3	
ALTURA (m) [arb>10 cm]	11,0	15,4	13,2	
AB (m^2/ha) [arb>10 cm]	8,6	13,2	10,9	
Densidad (N/ha) [arb>10 cm]	215	358	286	
Vol (m^3/ha) [arb>10 cm]	60,4	111,9	86,2	
Biomasa (ton/ha) [arb>10 cm]	37,1	66,3	51,7	
Carbono (ton/ha) [arb>10 cm]	18,5	33,1	25,8	
CO_2 (ton/ha) [arb>10 cm]	68,0	121,5	94,7	
Especies Arbóreas [>10 cm]	1	3	2	

5.5.3. Densidad en árboles o individuos por hectárea por componente vegetal

En el Cuadro 94 se indican los valores de densidad en número de árboles o individuos por hectárea para todos los componentes vegetales medidos. Para las especies mayores (≥ 10 cm de DAP) la densidad es de 286 árboles/ha, el componente arbóreo con menor cantidad de árboles son las especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP con 26 árboles/ha. No se observan especies de regeneración ni especies herbáceas, ya que en este estrato se midió sólo la vegetación de parcela principal (UMP).

Cuadro 94. Densidad en árboles por hectárea por componente vegetal para el estrato Plantación Forestal

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
Densidad (N/ha) [arb>10 cm]	215	358	286	
Densidad (N/ha) [arb 2-10 cm]	0	0	26	
Densidad Regeneración (ind/ha)	0	0	0	
Densidad Herbáceas (ind/ha)	0	0	0	
Densidad ALB (ind/ha)	0	0	0	

ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario

En la Figura 67 se grafica la densidad media acumulada para las especies arbóreas y densidad herbácea para el estrato Plantación Forestal, árboles o individuos por hectárea. Se incluyen las mediciones en parcela principal y todas las subparcelas.

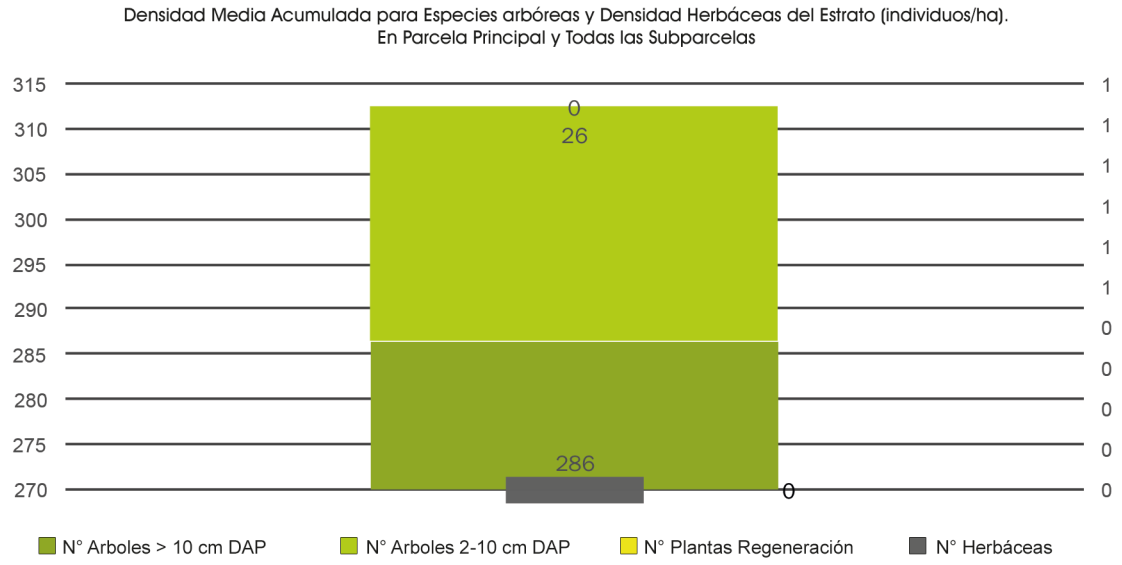


Figura 67. Número de especies promedio por componente vegetal para el estrato Plantación Forestal

5.5.4. Número de Especies Promedio del Estrato

En el Cuadro 95 se muestra el número de especies que participan en los diferentes componentes vegetales para el estrato Plantación Forestal. En promedio son 2 las especies que están presentes en este tipo de bosques, para este caso se midió casi exclusivamente los individuos de la parcela principal (especies ≥ 10 cm de DAP) al igual que en el estrato de Pasto con Árboles.

Cuadro 95. Número de especies por componente vegetal estrato Plantación Forestal

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
Especies Arbóreas [>10 cm]	1	3	2	
Especies Arbóreas [2-10 cm]	0	0	0	
Especies Regeneración	0	0	0	
Especies Herbáceas	0	0	0	
Especies ALB	0	0	0	
Especies Totales	1	3	2	

ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario

En la Figura 68 se grafica el número de especies promedio para el estrato, siendo el componente de especies arbóreas ≥ 10 cm de DAP el que predomina en cantidad de especies, porque no hubo mediciones en los otros componentes vegetales.

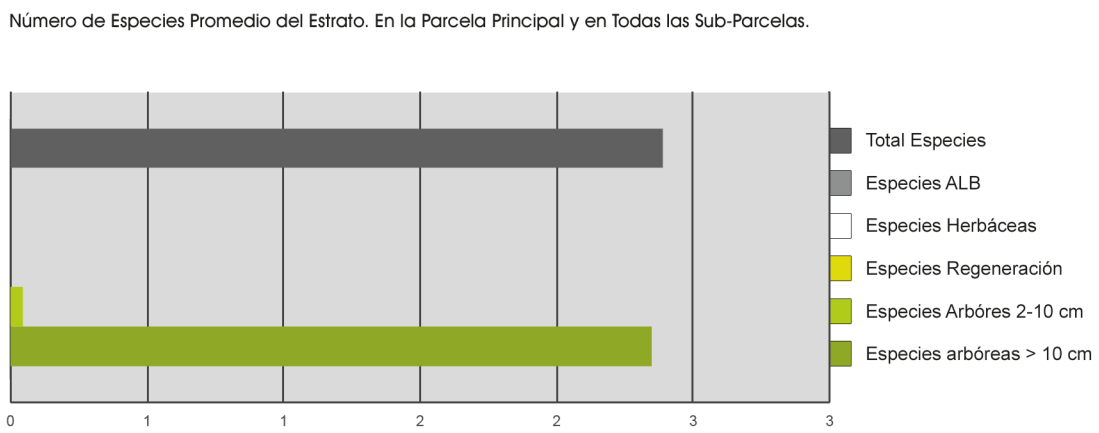


Figura 68. Número de especies promedio por componente vegetal para el estrato Plantación Forestal (ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario)

5.5.5. Carbono por hectárea por componente vegetal y suelo

Se muestra a continuación los resultados promedios del stock de CO_2 para cada uno de los depósitos vegetales y de suelo obtenidos en el estrato Plantación Forestal (Cuadro 96).

Cuadro 96. Stock de CO_2 en toneladas por hectárea para los depósitos considerados

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
CO_2 (ton/ha) [arb 2-10 cm]	0,0	0,0	0,2	
CO_2 (ton/ha) [arb>10 cm]	68,0	121,5	94,7	
CO_2 Hojarasca (ton/ha)	7,5	7,5	7,5	
CO_2 MM (ton/ha)	5,7	5,7	5,7	
CO_2 Raices (ton/ha)	20,5	36,5	28,5	
CO_2 Total [SIN SUELO] (ton/ha)	101,9	171,2	136,5	
CO_2 Suelo (ton/ha)	381,1	381,1	381,1	
CO_2 Total [CON SUELO] (ton/ha)	483,0	552,3	517,6	

Los mayores valores de CO_2 se encuentran en el componente suelo con 381,1 ton/ha, seguido por el componente arbóreo con 94,9 ton/ha, entre ambos aportan un 92% del total. El menor aporte de CO_2 corresponde a los depósitos de maderas muertas y hojarasca con 5,7 ton/ha y 7,5 ton/ha respectivamente. En la Figura 69 se muestran los stock de CO_2 por componentes principales (árboles, raíces, hojarasca, maderas muertas y suelo), incluyendo los valores de límites inferiores y superiores.

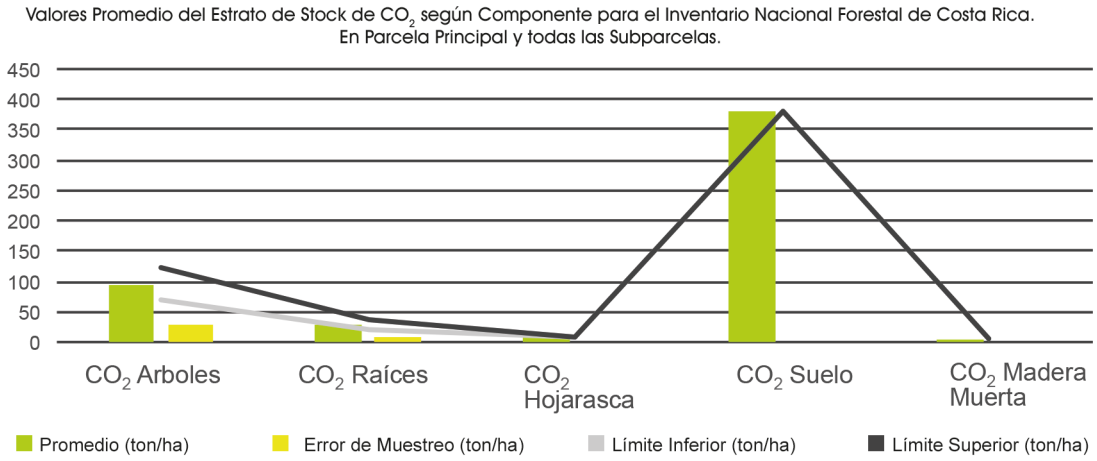


Figura 69. Valores medios, inferior y superior de stock de CO_2 en toneladas por hectárea por componentes vegetales y de suelo para el estrato Plantación Forestal

5.5.6. Carbono total del estrato (toneladas de CO_2)

El stock total de CO_2 para el estrato Plantación Forestal fluctúa entre 36,0 millones de toneladas y 41,2 millones de toneladas. Esto considera todos los componentes vegetales y de suelo medidos en el Inventario Nacional de Costa Rica (Figura 70).

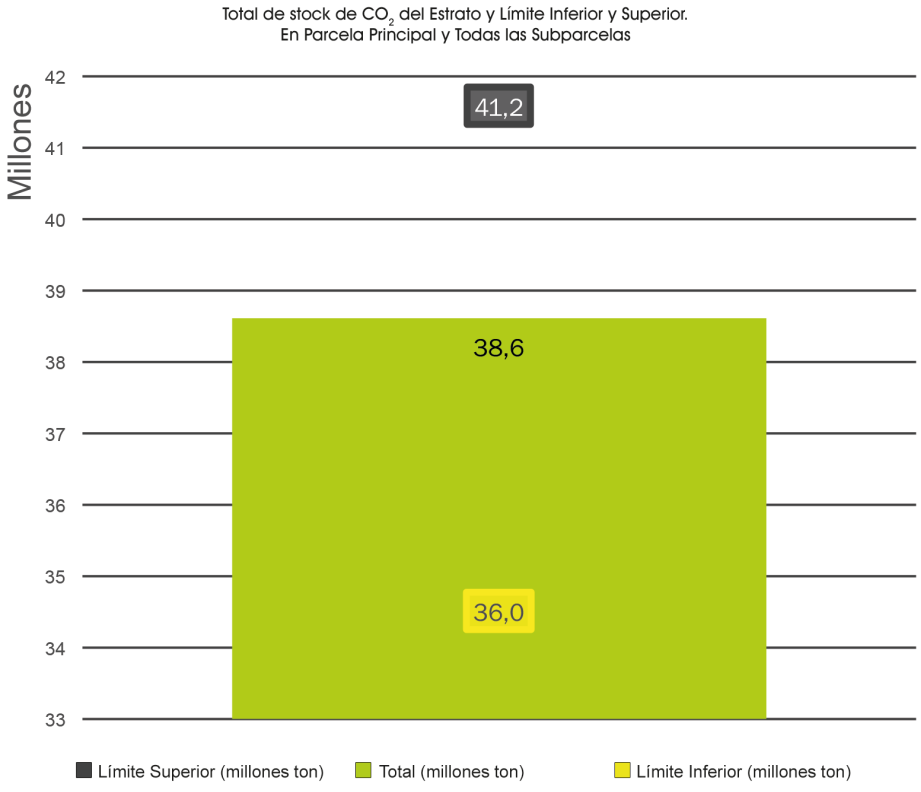


Figura 70. Existencias de CO_2 y sus límites para el estrato Plantación Forestal

Se muestra además la participación de los diferentes componentes vegetales y de suelo relacionado con el stock total de CO_2 calculado para el estrato. El depósito suelo, árboles y raíces son los que presentan la mayor cantidad de captura de CO_2. En la Figura 71 se observa las proporciones para cada depósito.

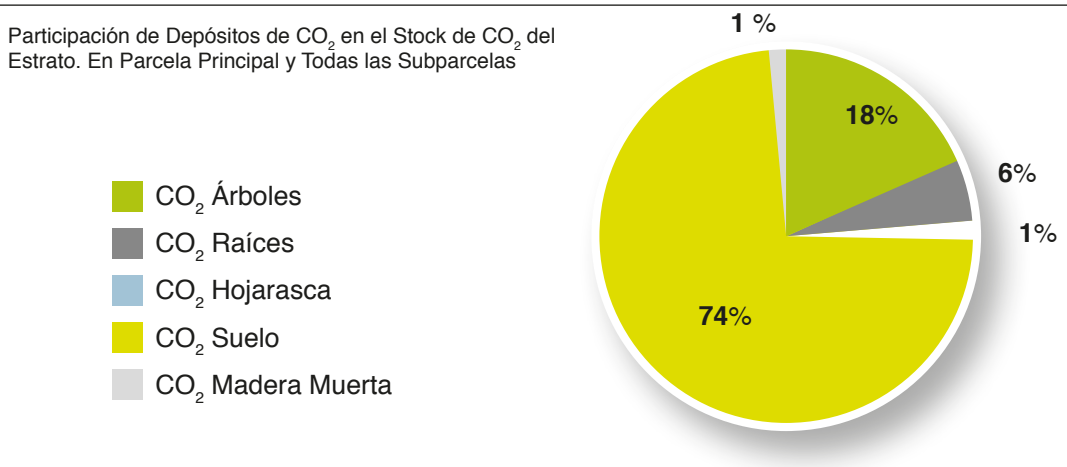


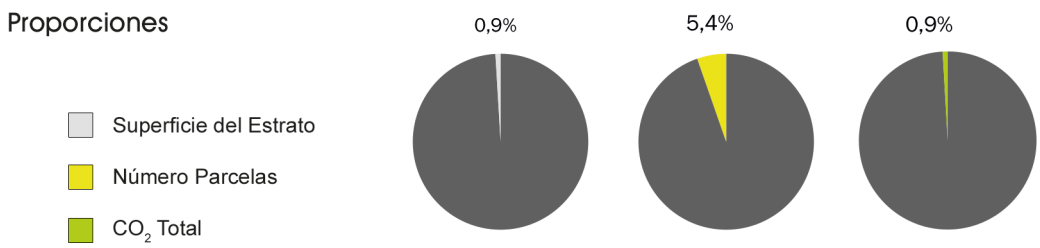
Figura 71. Proporción de CO_2 por componente vegetal y de suelo para el estrato Plantación Forestal

5.6. Información general estrato Rodales de Mangle

La superficie que considera este estrato asciende a 36.250 hectáreas, con una existencia estimada de 27.160.757 toneladas de CO_2 equivalente. En el Cuadro 97 se indica la cantidad de parcelas, superficie, existencia de carbono por hectárea y total, las proporciones en base a los totales del inventario y otros aspectos asociados al estrato arbóreo.

Cuadro 97. Información general para el estrato arbóreo Rodales de Mangle

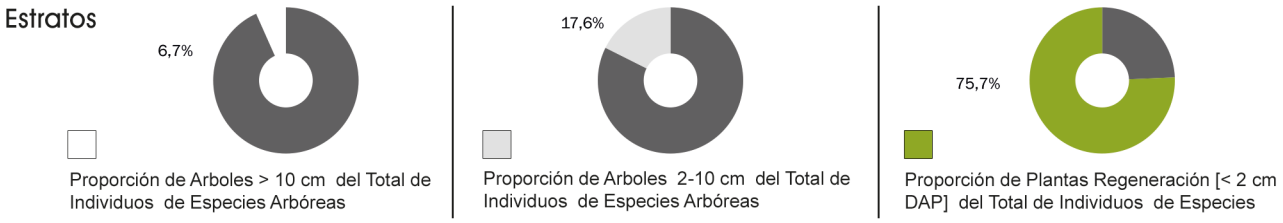
Concepto	Cantidad	Concepto	Cantidad
N° Parcelas Fase I	4	Proporción del Total (%)	0,9%
N° Parcelas Fase II	11	Factor Emisión (ton CO_2/ha)	749,3
N° Parcelas Totales	**15**	**Existencia de CO_2 eq (ton)**	**27.160.757**
Dato Actividad (ha)	36.250	Error de Muestreo (%)	13,9%



5.6.1. Proporción de componentes vegetales para el estrato

Para este estrato, compuesto por 15 unidades de muestreo, la proporción del total de individuos de especies arbóreas de los componentes vegetales es de 6,7% para las especies ≥ 10 cm de DAP, 17,6% para las que tienen un DAP entre 2 cm y 9,9 cm y para la regeneración natural DAP < 2 cm es de 75,7% (Cuadro 98).

Cuadro 98. Proporción de componentes vegetales para el estrato Rodales de Mangle



5.6.2. Dasometría y existencias para el estrato por componentes vegetales

a. Dasometría y existencias para el componente árboles ≥ 10 cm de DAP

El muestreo aplicado (fase I y II) permite estimar, para el estrato Rodales de Mangle, valores medios de DAP de 19,7 cm, HT 12,8 m, AB 15,2 m^2/ha y de existencias de volumen de 131,7 m^3/ha y de CO_2 de 225,7 ton/ha. La cantidad de especies que se encontraron para este estrato y componente es de 2, esto cantidad representa las características del estrato donde en los manglares se presentan muy poca variedad de especies. En el Cuadro 99 se muestran en detalle los valores de dasometría, existencias y números de especies para el estrato y componente, y los límites de confianza asociados (95%).

Cuadro 99. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Rodales de Mangle en componente árboles ≥ 10 cm de DAP

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb>10 cm]	15,5	23,9	19,7	
DMC (cm) [arb>10 cm]	16,6	25,6	21,1	
ALTURA (m) [arb>10 cm]	10,0	15,7	12,8	
AB (m^2/ha) [arb>10 cm]	11,1	19,2	15,2	
Densidad (N/ha) [arb>10 cm]	250	426	338	
Vol (m^3/ha) [arb>10 cm]	87,8	175,5	131,7	
Biomasa (ton/ha) [arb>10 cm]	81,6	164,7	123,1	
Carbono (ton/ha) [arb>10 cm]	40,8	82,4	61,6	
CO_2 (ton/ha) [arb>10 cm]	149,5	302,0	225,7	
Especies Arbóreas [>10 cm]	1	3	2	

b. Dasometría y existencias para el componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Para este componente, el muestreo aplicado permite estimar, para el estrato Rodales de Mangle, valores medios de DAP de 3,7 cm, HT 3,8 m, AB 1,5 m^2/ha y de existencias de volumen de 3,9 m^3/ha y de CO_2 de 8,1 ton/ha. La cantidad de especies que se encontraron para este estrato y componente es de 2. En el Cuadro 100 se muestran en detalle los valores de dasometría, existencias y números de especies para el estrato y componente, y los límites de confianza respectivos.

Cuadro 100. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Rodales de Mangle en componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb 2-10 cm]	2,8	4,7	3,7	
DMC (cm) [arb 2-10 cm]	3,0	5,0	4,0	
ALTURA (m) [arb 2-10 cm]	2,8	4,8	3,8	
AB (m^2/ha) [arb 2-10 cm]	0,3	2,6	1,5	
Densidad (N/ha) [arb 2-10 cm]	328	1.452	890	
Vol (m^3/ha) [arb 2-10 cm]	0,7	7,0	3,9	
Biomasa (ton/ha) [arb 2-10 cm]	1,0	6,7	3,8	
Carbono (ton/ha) [arb 2-10 cm]	0,8	3,7	2,2	
CO_2 (ton/ha) [arb 2-10 cm]	2,8	13,4	8,1	
Especies Arbóreas [2-10 cm]	1	3	2	

c. Dasometría y existencias para el componente árboles ≥ 2 cm de DAP

La combinación de los dos componentes anteriores permiten observar las características de la vegetación desde los 2 cm de DAP para el estrato en análisis, considerando que esta es la vegetación con mayor participación en los estratos en general. Para este caso, los valores promedios son: DAP 17,7 cm, HT 11,9

Cuadro 101. Dasometría y existencias para el estrato arbóreo Rodales de Mangle para árboles ≥ 2 cm de DAP combinación de los componentes

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb>2 cm]	13,8	21,6	17,7	
DMC (cm) [arb>2 cm]	13,0	21,6	17,3	
ALTURA (m) [arb>2 cm]	9,3	14,5	11,9	
AB (m^2/ha) [arb>2 cm]	12,8	20,5	16,6	
Densidad (N/ha) [arb>2 cm]	722	1.734	1.228	
Vol (m^3/ha) [arb>2 cm]	92,4	178,7	135,5	
Biomasa (ton/ha) [arb>2 cm]	86,2	167,7	127,0	
Carbono (ton/ha) [arb>2 cm]	43,5	84,1	63,8	
CO_2 (ton/ha) [arb>2 cm]	159,4	308,3	233,9	
Especies Arbóreas [>2 cm]	2	4	3	

m y AB 16,6 m^2/ha. Las existencias obtenidas para el volumen es de 135,5 m^3/ha y para CO_2 es de 233,9 ton/ha. Finalmente, la cantidad de especies que participan naturalmente en este estrato arbóreo es de 3. En el Cuadro 101 se muestra en detalle los valores de dasometría, existencias y número de especies para el estrato y componente, y los límites de confianza asociados (95%).

5.6.3. Densidad en árboles o individuos por hectárea por componente vegetal

En el Cuadro 102 se indica los valores de densidad en número de árboles o individuos por hectárea para todos los componentes vegetales medidos. Para las especies mayores (≥ 10 cm de DAP) la densidad es de 338 árboles/ha, este es el componente arbóreo con menor cantidad de árboles, las especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP tienen 890 árboles/ha. El componente de especies herbáceas es el que posee la mayor cantidad de especies con 54.000 árboles/ha.

Cuadro 102. Densidad en árboles por hectárea por componente vegetal para el estrato Rodales de Mangle

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
Densidad (N/ha) [arb>10 cm]	250	426	338	
Densidad (N/ha) [arb 2-10 cm]	328	1.452	890	
Densidad Regeneración (ind/ha)	1.970	5.669	3.820	
Densidad Herbáceas (ind/ha)	17.156	90.844	54.000	
Densidad ALB (ind/ha)	0	0	0	

ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario

En la Figura 72 se muestra la densidad media acumulada para las especies arbóreas y densidad herbácea para el estrato Rodales de Mangle, árboles o individuos por hectárea. Se incluye las mediciones en parcela principal y todas las subparcelas.

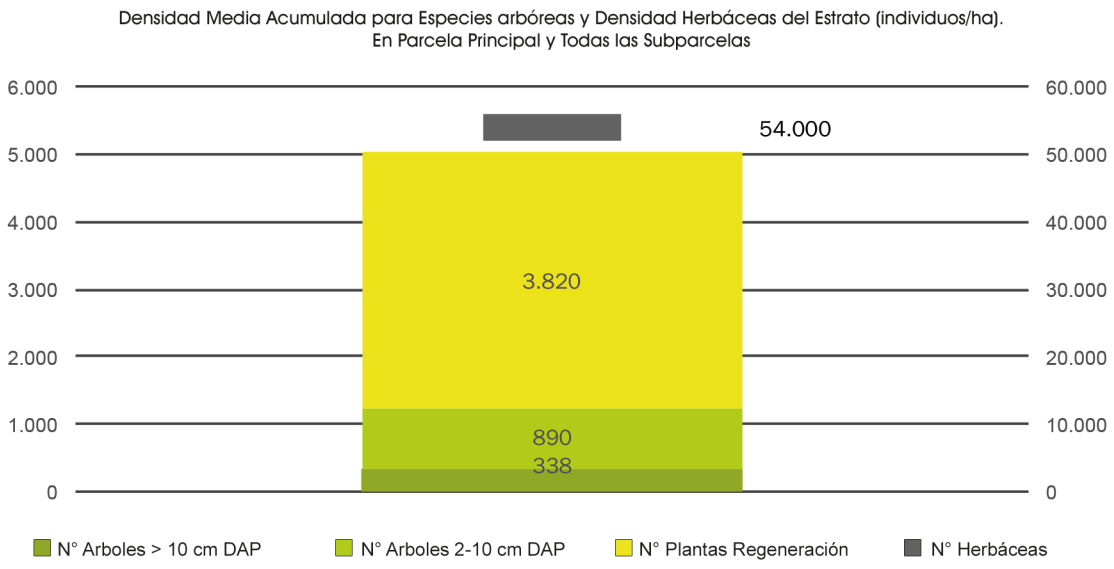


Figura 72. Número de especies promedio por componente vegetal para el estrato Rodales de Mangle

5.6.4. Número de Especies Promedio del Estrato

En el Cuadro 103 se muestra el número de especies que participan en los diferentes componentes vegetales para el estrato Rodales de Mangle. Enn promedio son 4 las especies que están presentes en este tipo de bosques. En todos los componentes medidos el número de individuos es bajo, entre 1 y 2 especies participan de este estrato.

Cuadro 103. Número de especies por componente vegetal estrato Rodales de Mangle

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
Especies Arbóreas [>10 cm]	1	3	2	
Especies Arbóreas [2-10 cm]	1	3	2	
Especies Regeneración	-1	3	1	
Especies Herbáceas	-3	5	1	
Especies ALB	0	0	0	
Especies Totales	2	6	4	

ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario

En la Figura 73 se grafica el número de especies promedio para el estrato. En este estrato de manglar existen especies específicas y pocas que están en todos los componentes vegetales.

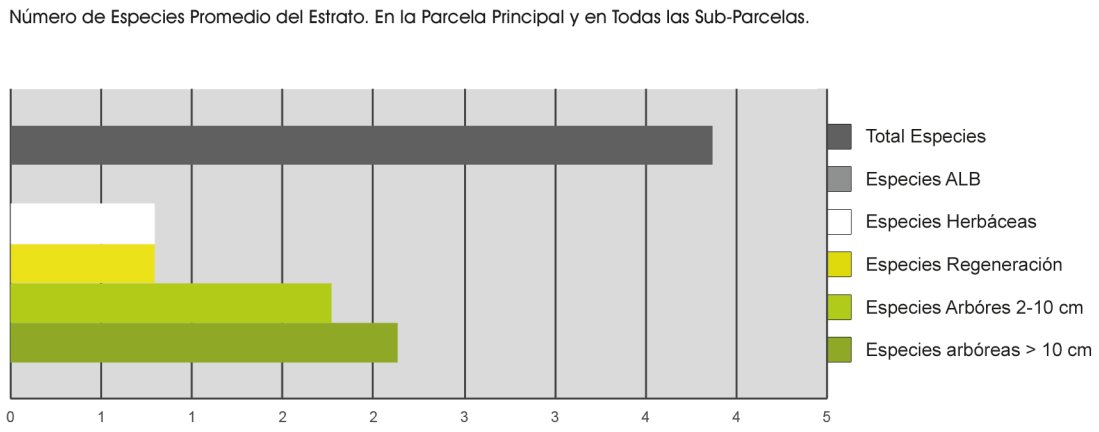


Figura 73. Número de especies promedio por componente vegetal para el estrato Rodales de Mangle (ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario)

5.6.5. Carbono por hectárea por componente vegetal y suelo

Se muestra a continuación los resultados promedios del stock de CO_2 para cada uno de los depósitos vegetales y de suelo obtenidos en el estrato Rodales de Mangle (Cuadro 104).

Cuadro 104. Stock de CO_2 en toneladas por hectárea para los depósitos considerados

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
CO_2 (ton/ha) [arb 2-10 cm]	2,8	13,4	8,1	
CO_2 (ton/ha) [arb>10 cm]	149,5	302,0	225,7	
CO_2 Hojarasca (ton/ha)	0,7	1,0	0,8	
CO_2 MM (ton/ha)	6,0	9,1	7,5	
CO_2 Raices (ton/ha)	62,2	120,3	91,2	
CO_2 Total [SIN SUELO] (ton/ha)	229,2	437,7	333,5	
CO_2 Suelo (ton/ha)	415,8	415,8	415,8	
CO_2 Total [CON SUELO] (ton/ha)	645,0	853,5	749,3	

Los mayores valores de CO_2 se encuentran en el componente suelo con 415,8 ton/ha, seguido por el componente arbóreo con 233,9 ton/ha, entre ambos aportan un 86% del total. El menor aporte de CO_2 corresponde a los depósitos de hojarasca y maderas muertas con 0,8 ton/ha y 7,5 ton/ha respectivamente. En la Figura 74 se muestran graficados y agrupados los componentes principales (árboles, raíces, hojarasca, maderas muertas y suelo), incluyendo los valores de límites inferiores y superiores.

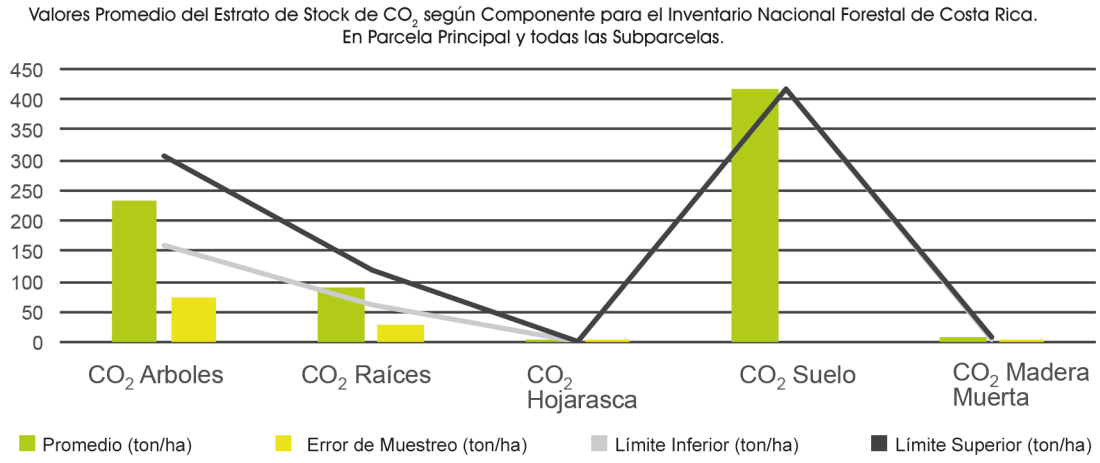


Figura 74. Valores medios, inferior y superior de stock de CO_2 en toneladas por hectárea por componentes vegetales y de suelo para el estrato Rodales de Mangle

5.6.6. Carbono total del estrato (toneladas de CO_2)

El stock total de CO_2 para el estrato Rodales de Mangle fluctúa entre 23,4 millones de toneladas y 30,9 millones de toneladas. Esto considera todos los componentes vegetales y de suelo medidos en el Inventario Nacional de Costa Rica (Figura 75).

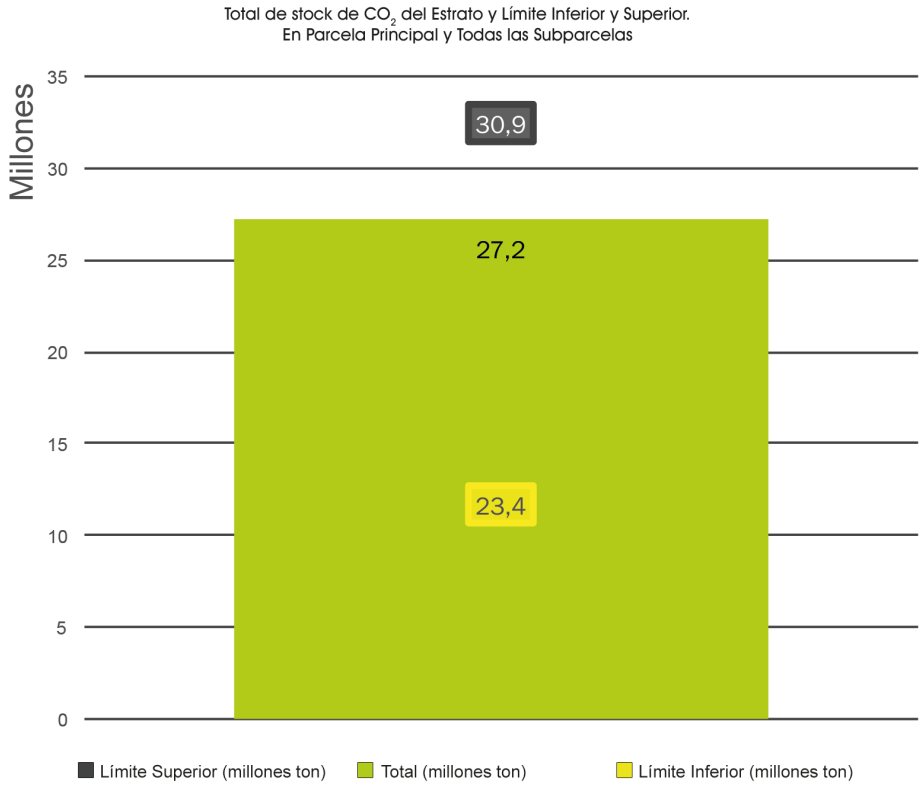


Figura 75. Existencias de CO_2 y sus límites para el estrato Rodales de Mangle

Se muestra además la participación de los diferentes componentes vegetales y de suelo relacionado con el stock total de CO_2 calculado para el estrato. El depósito suelo, árboles y raíces son los que presentan la mayor cantidad de captura de CO_2. En la Figura 76 se observa las proporciones para cada depósito.

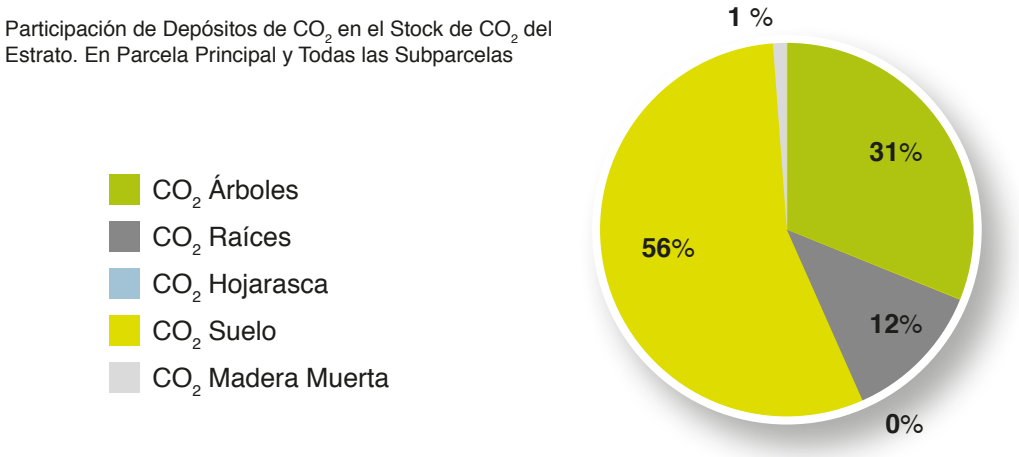


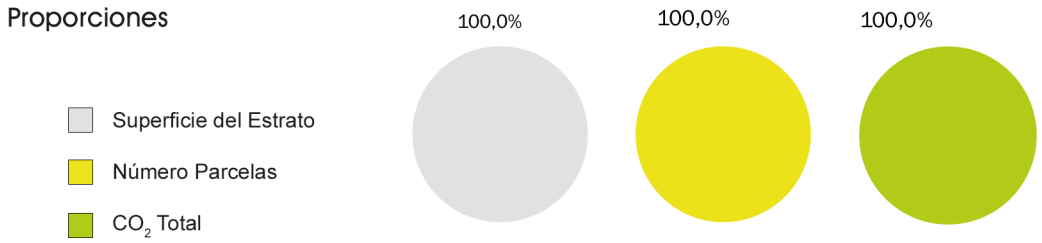
Figura 76. Proporción de CO_2 por componente vegetal y de suelo para el estrato Rodales de Mangle

5.7. Información general del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica

La superficie que considera el Inventario Nacional Forestal de Costa Rica asciende a 3.866.896 hectáreas y se determina que se logra fijar 2.950.174.696 toneladas de CO_2 equivalente. En el Cuadro 105 se indica la cantidad de parcelas, superficie, existencia de carbono por hectárea y total, las proporciones en base a los totales del inventario y otros aspectos asociados al estrato arbóreo.

Cuadro 105. Información general determinada a través del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica

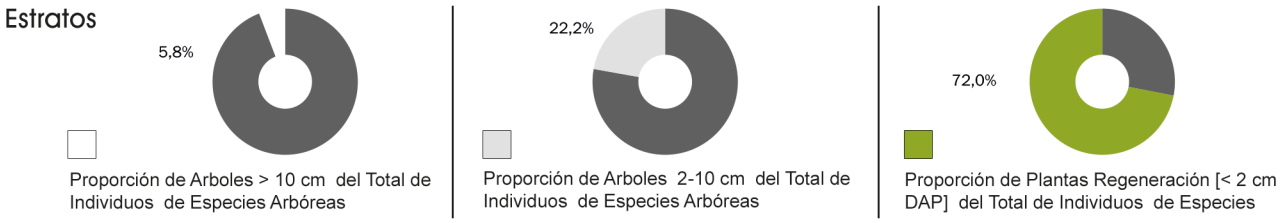
Concepto	Cantidad	Concepto	Cantidad
N° Parcelas Fase I	107	Proporción del Total (%)	100,0%
N° Parcelas Fase II	173	Factor Emisión (ton CO_2/ha)	762,9
N° Parcelas Totales	**280**	**Existencia de CO_2 eq (ton)**	**2.950.174.696**
Dato Actividad (ha)	3.866.896	Error de Muestreo (%)	6,1%



5.7.1. Proporción de componentes vegetales para los estratos agrupados

El inventario está compuesto por 280 unidades de muestreo, la proporción del total de individuos de especies arbóreas de los componentes vegetales es de 5,8% para las especies ≥ 10 cm de DAP, 22,2% para las que tienen un DAP entre 2 cm y 9,9 cm y para la regeneración natural DAP < 2 cm es de 72,0% (Cuadro 106).

Cuadro 106. Proporción de componentes vegetales determinados a través del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica



5.7.2. Dasometría y existencias para los estratos agrupados por componentes vegetales

a. Dasometría y existencias para el componente árboles ≥ 10 cm de DAP

El muestreo aplicado (fase I y II) permite estimar, para los Bosques de Costa Rica, valores medios de DAP de 24,3 cm, HT 12,0 m, AB 15,2 m^2/ha y de existencias de volumen de 188,9 m^3/ha y de CO_2 de 246,5 ton/ha. La cantidad promedio de especies que se encuentra a través del inventario y en base a los componentes vegetales medidos es de 14. En el Cuadro 107 se muestra en detalle los valores de dasometría, existencias y números de especies para el estrato y componente y los límites dentro de los cuales fluctúan.

Cuadro 107. Dasometría y existencias determinadas a través del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica en componente árboles ≥ 10 cm de DAP

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb>10 cm]	23,1	25,4	24,3	
DMC (cm) [arb>10 cm]	26,4	29,1	27,8	
ALTURA (m) [arb>10 cm]	11,6	12,5	12,0	
AB (m^2/ha) [arb>10 cm]	18,7	21,8	20,2	
Densidad (N/ha) [arb>10 cm]	305	337	321	
Vol (m^3/ha) [arb>10 cm]	167,4	210,4	188,9	
Biomasa (ton/ha) [arb>10 cm]	118,7	150,6	134,6	
Carbono (ton/ha) [arb>10 cm]	59,6	75,5	67,6	
CO_2 (ton/ha) [arb>10 cm]	217,3	275,7	246,5	
Especies Arbóreas [>10 cm]	13	15	14	



b. Dasometría y existencias para el componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Para este componente, el muestreo aplicado (fase I y II) permite estimar para los Bosques de Costa Rica valores medios de DAP de 4,2 cm, HT 4,4 m, AB 2,7 m^2/ha y de existencias de volumen de 7,2 m^3/ha y de CO_2 de 13,0 ton/ha. La cantidad de especies que se encontraron a través del inventario y en base a la medición de cada componente vegetal es de 11. En el Cuadro 108 se muestra en detalle los valores de dasometría, existencias y números de especies para el estrato y componente y los límites de confianza respectivos.

Cuadro 108. Dasometría y existencias determinadas a través del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica en componente árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb 2-10 cm]	4,0	4,4	4,2	
DMC (cm) [arb 2-10 cm]	4,2	4,6	4,4	
ALTURA (m) [arb 2-10 cm]	4,2	4,7	4,4	
AB (m^2/ha) [arb 2-10 cm]	2,5	3,0	2,7	
Densidad (N/ha) [arb 2-10 cm]	1.111	1.337	1.224	
Vol (m^3/ha) [arb 2-10 cm]	6,4	7,9	7,2	
Biomasa (ton/ha) [arb 2-10 cm]	5,8	7,0	6,4	
Carbono (ton/ha) [arb 2-10 cm]	3,6	4,2	3,9	
CO_2 (ton/ha) [arb 2-10 cm]	11,9	14,1	13,0	
Especies Arbóreas [2-10 cm]	10	11	11	

c. Dasometría y existencias para el componente árboles ≥ 2 cm de DAP

La combinación de los dos componentes anteriores permiten observar las características de la vegetación desde los 2 cm de DAP para los Bosques de Costa Rica, considerando que esta es la vegetación con mayor participación en los estratos en general. Para este caso los valores promedios son: DAP 18,8 cm, HT 9,6 m y

Cuadro 109. Dasometría y existencias determinadas a través del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica para árboles ≥ 2 cm de DAP combinación de los componentes

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
DAP (cm) [arb>2 cm]	17,6	20,0	18,8	
DMC (cm) [arb>2 cm]	17,2	19,7	18,5	
ALTURA (m) [arb>2 cm]	9,2	10,0	9,6	
AB (m^2/ha) [arb>2 cm]	20,9	24,1	22,5	
Densidad (N/ha) [arb>2 cm]	1.428	1.660	1.544	
Vol (m^3/ha) [arb>2 cm]	174,1	217,0	195,6	
Biomasa (ton/ha) [arb>2 cm]	124,7	156,5	140,6	
Carbono (ton/ha) [arb>2 cm]	63,0	78,9	71,0	
CO_2 (ton/ha) [arb>2 cm]	229,8	288,2	259,0	
Especies Arbóreas [>2 cm]	20	23	21	

AB 22,5 m^2/ha. Las existencias obtenidas para el volumen es de 195,6 m^3/ha y para CO_2 es de 259,0 ton/ha. Finalmente, la cantidad de especies que participan naturalmente en la suma de los estratos arbóreos es de 21. En el Cuadro 109 se muestra en detalle los valores de dasometría, existencias y números de especies para el total de estratos - componentes y los límites de confianza respectivos.

5.7.3. Densidad en árboles o individuos por hectárea por componente vegetal

En el Cuadro 110 se indica los valores de densidad en número de árboles o individuos por hectárea para todos los componentes vegetales medidos. Para las especies mayores (≥ 10 cm de DAP) la densidad es de 321 árboles/ha, este es el componente arbóreo con menor cantidad de árboles, las especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP tienen 1.224 árboles/ha. El componente de especies herbáceas es el que posee la mayor cantidad de especies con 71.879 árboles/ha.

Cuadro 110. Densidad en árboles por hectárea por componente vegetal para el Bosque de Costa Rica

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
Densidad (N/ha) [arb>10 cm]	305	337	321	
Densidad (N/ha) [arb 2-10 cm]	1.111	1.337	1.224	
Densidad Regeneración (ind/ha)	3.354	4.576	3.965	
Densidad Herbáceas (ind/ha)	52.979	90.779	71.879	
Densidad ALB (ind/ha)	0	0	0	

ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario

En la Figura 77 se muestra la densidad media acumulada para las especies arbóreas y densidad herbácea para el Bosque de Costa Rica, árboles o individuos por hectárea. Se incluyen las mediciones en parcela principal y todas las subparcelas.

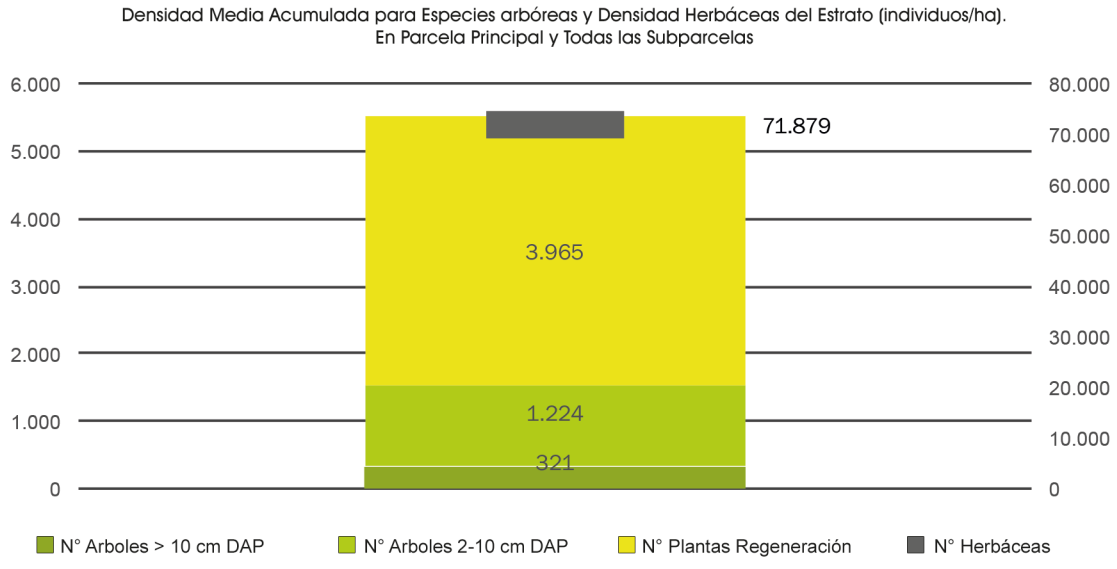


Figura 77. Número de especies promedio por componente vegetal para el Bosque de Costa Rica

5.7.4. Promedio de Especies de los Bosques de Costa Rica (estratos agrupados)

En el Cuadro 111 se muestra el número promedio e intervalo de confianza para las especies presentes en los Bosques de Costa Rica, considerando los componentes vegetales arbóreos (árboles mayores a 2 cm y regeneración) y la vegetación no leñosa (herbáceas). Analizando las especies encontradas en cada unidad de muestreo, se obtuvo un promedio de 25 especies diferentes por parcela, presentes en el conjunto de los distintos tipos de bosques considerados en el INF-CR, y donde la mayor cantidad de ellas se asocia a la cobertura Bosque Maduro (33 especies diferentes en promedio) y la menor cantidad a las Plantaciones Forestales (3 especies diferentes en promedio).

Cuadro 111. Número de especies promedio por componente vegetal en los Bosques de Costa Rica

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
Especies Arbóreas [>10 cm]	13	15	14	
Especies Arbóreas [2-10 cm]	10	11	11	
Especies Regeneración	2	3	3	
Especies Herbáceas	3	3	3	
Especies ALB	0	0	0	
Especies Totales	24	27	25	

ALB: arbustos, lianas y bambúes. No evaluado en este inventario

En la Figura 78 se ilustra el número de especies promedio para el Bosque de Costa Rica. La mayor cantidad promedio de especies se concentra en los componentes de árboles ≥ 10 cm de DAP (14 especies) y árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP (11 especies). Con mucho menor cantidad o participación de especies están los componentes de regeneración y herbáceas (3 especies cada uno).

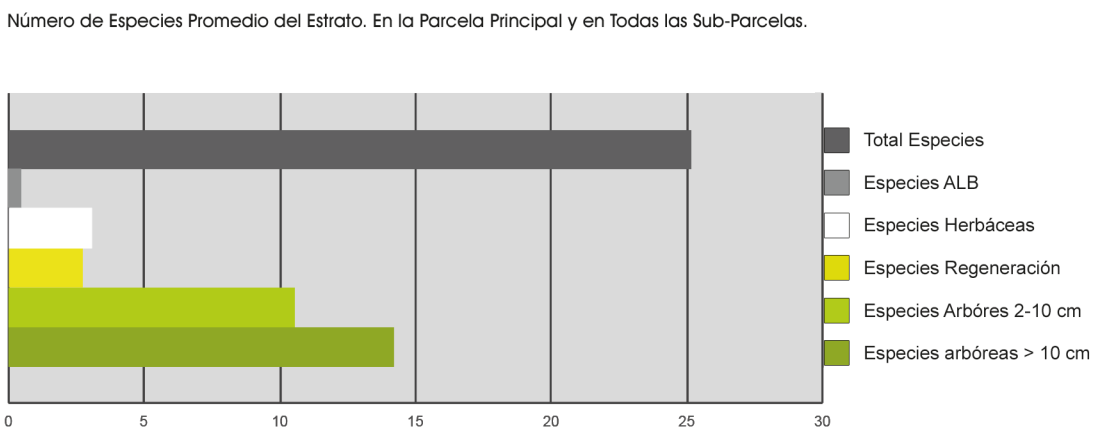


Figura 78. Número de especies promedio por componente vegetal para el Bosque de Costa Rica

5.7.5. Carbono por hectárea por componente vegetal y suelo

Se muestra a continuación los resultados promedios del stock de CO_2 para cada uno de los depósitos vegetales y de suelo obtenidos en la suma de todos los estratos arbóreos (Cuadro 112).

Cuadro 112. Stock de CO_2 en toneladas por hectárea para los depósitos considerados

Variables	Inferior	Superior	Media	Tendencia
CO_2 (ton/ha) [arb 2-10 cm]	11,9	14,1	13,0	
CO_2 (ton/ha) [arb>10 cm]	217,3	275,7	246,5	
CO_2 Hojarasca (ton/ha)	4,3	5,1	4,7	
CO_2 MM (ton/ha)	21,3	33,3	27,3	
CO_2 Raices (ton/ha)	61,6	77,3	69,5	
CO_2 Total [SIN SUELO] (ton/ha)	321,2	397,0	359,1	
CO_2 Suelo (ton/ha)	371,0	418,6	394,8	
CO_2 Total [CON SUELO] (ton/ha)	716,7	809,1	762,9	

Los mayores valores de CO_2 se encuentran en el componente suelo con 394,8 ton/ha, seguido por el componente arbóreo con 259,0 ton/ha, entre ambos aportan un 86% del total. El menor aporte de CO_2 corresponde a los depósitos de hojarasca y maderas muertas con 4,7 ton/ha y 27,3 ton/ha respectivamente. En la Figura 79 se muestran graficados y agrupados los componentes principales, (árboles, raíces, hojarasca, maderas muertas y suelo), incluyendo los valores de límites inferiores y superiores.

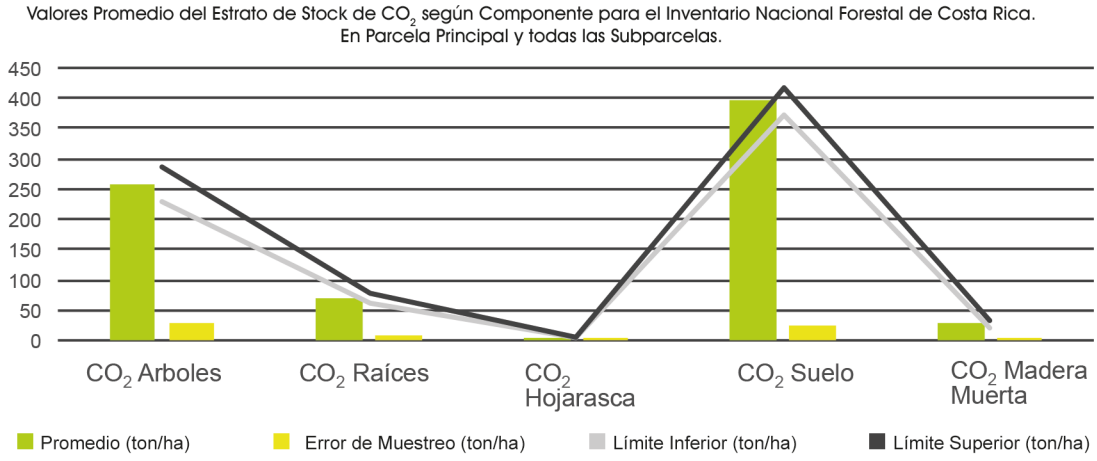


Figura 79. Valores medios, inferior y superior de stock de CO_2 en toneladas por hectárea por componentes vegetales y de suelo para el Bosque de Costa Rica

5.7.6. Carbono total de todos los estratos agrupados (toneladas de CO_2)

El stock total de CO_2 para el Bosque de Costa Rica fluctúa entre 2.771,5 millones de toneladas y 3.128,8 millones de toneladas. Esto considera todos los componentes vegetales y de suelo medidos en el Inventario Nacional de Costa Rica (Figura 80).

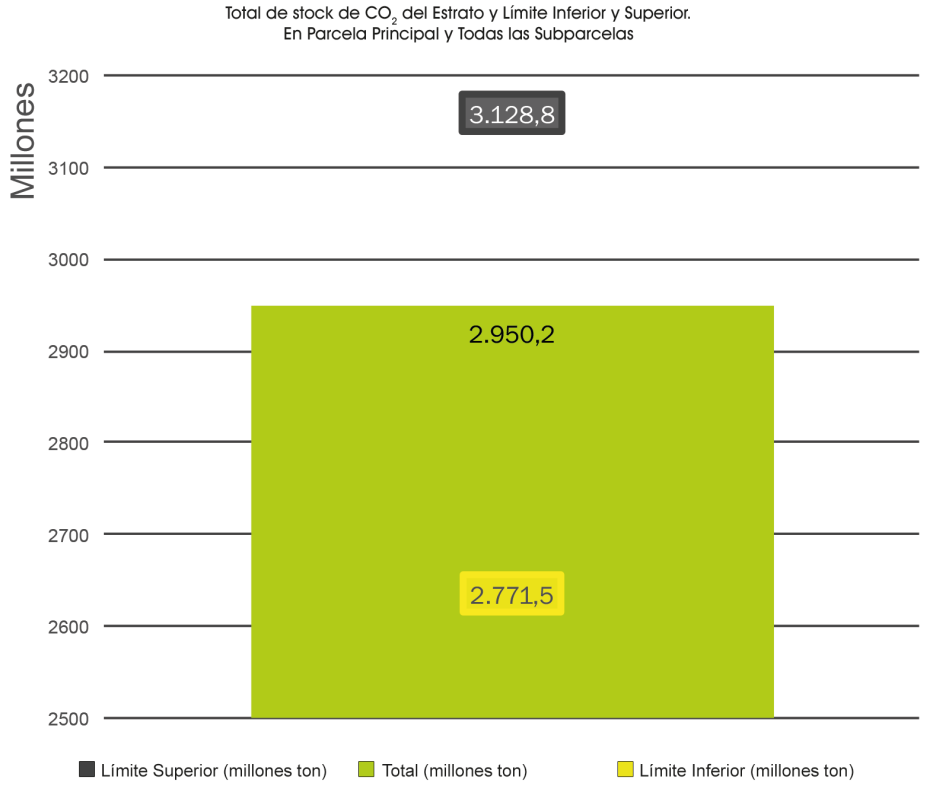


Figura 80. Existencias de CO_2 y sus límites para el Bosque de Costa Rica

Se muestra además la participación de los diferentes componentes vegetales y de suelo relacionado con el stock total de CO_2 calculado para el estrato. El depósito suelo, árboles y raíces son los que presentan la mayor cantidad de captura de CO_2 (Figura 81).

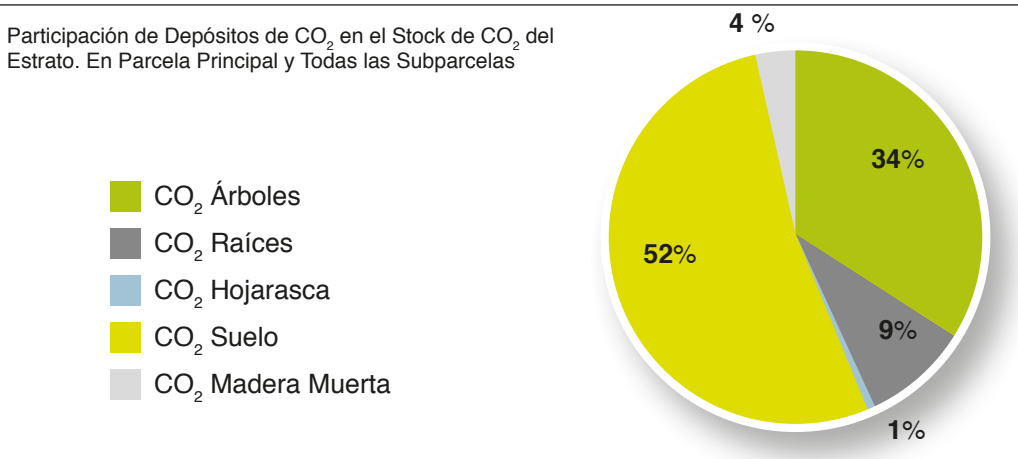


Figura 81. Proporción de CO_2 por componente vegetal y de suelo para el Bosque de Costa Rica







Capítulo 6

Variables por Estrato y sus Parcelas Asociadas

Capítulo 6

Variables por Estrato y sus Parcelas Asociadas

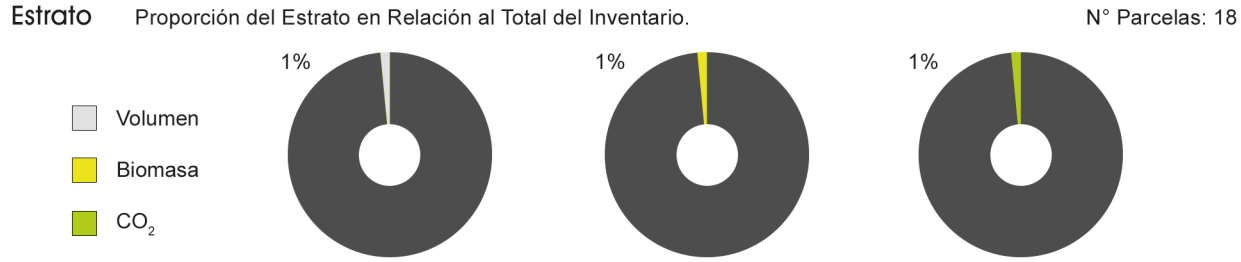
6.1. Dasometría y existencias por estrato y componentes por parcelas

Para cada estrato arbóreo definido para el Inventario Nacional Forestal de Costa Rica relacionado con cada componente vegetal medido, se presenta a continuación algunos de los resultados relevantes desagrupados por cada parcela, como una forma de comparar y ver la variabilidad que poseen dentro del estrato. Así, para cada estrato arbóreo se muestra los valores por parcela de las variables DAP, HT, área basal y densidad y valores de existencias en volumen, biomasa y CO_2, en los componentes de árboles mayores obtenidos de las mediciones de la parcela principal (UMP: ≥ 10 cm de DAP) y secundaria (UMS: entre 2 cm y 9,9 cm de DAP) y su combinación (agrupadas).

6.2. Información por parcelas estrato Bosque de Palmas

En este estrato arbóreo se realizaron 18 unidades de muestreo (parcelas) correspondiente a un 6,4% del total de unidades ejecutadas. En base al muestreo para el estrato, la proporción para algunas variables de existencias en relación al inventario total arrojan para el volumen, biomasa y CO_2 un peso similar de alrededor del 1%. En el Cuadro 113 se presenta la proporción del estrato en relación al total de inventario para las existencias.

Cuadro 113. Proporción de existencias en relación al inventario total para Bosque de Palmas



6.2.1. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 10 cm

El valor medio para el DAP en el componente vegetal es de 24,6 cm (±4,5%). En dos parcelas el valor promedio está cercano a los 30 cm (3937 y 22841). En la Figura 82 se muestran los valores promedios para el DAP para cada una de las parcelas que componen el estrato.



Figura 82. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 10 cm

6.2.2. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles entre 2 y 9,9 cm

El valor promedio del DAP en el componente vegetal es de 4,0 cm (±21,6%). En cuatro parcelas no se encontraron especies con las características indicadas para su medición (3937, 4482, 16806 y 17349). En tres parcelas el promedio del DAP está cercano o es superiora 6 cm (98, 10237 y 18073). En la Figura 83 se muestra los valores promedios de DAP para cada una de las parcelas que componen el estrato.

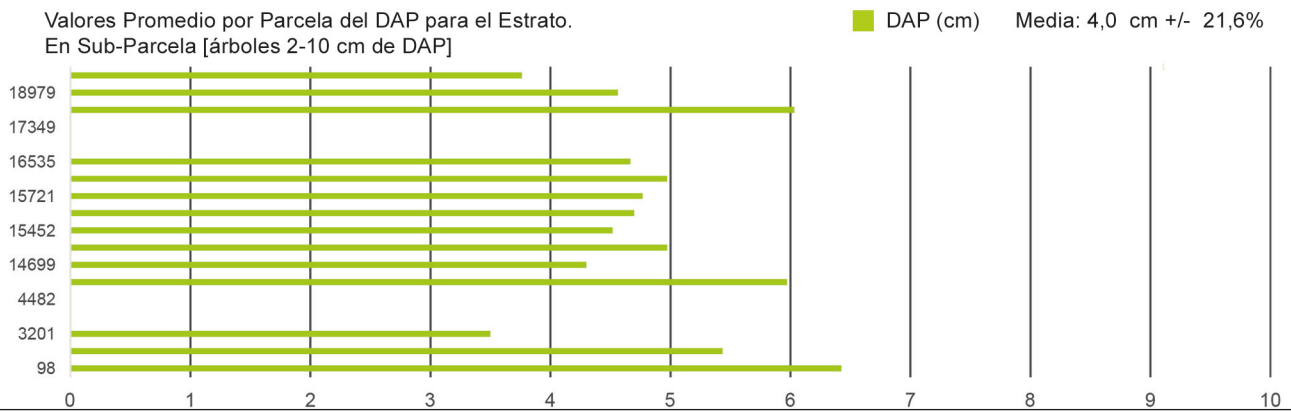


Figura 83. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles entre 2 cm y 9,9 cm

6.2.3. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 2 cm

El valor promedio del DAP para la combinación de los componentes vegetales es de 20,1 cm (±9,4%). En la Figura 84 se pueden observar los valores promedios para el DAP para cada una de las parcelas (18) pertenecientes al estrato Bosque de Palmas.

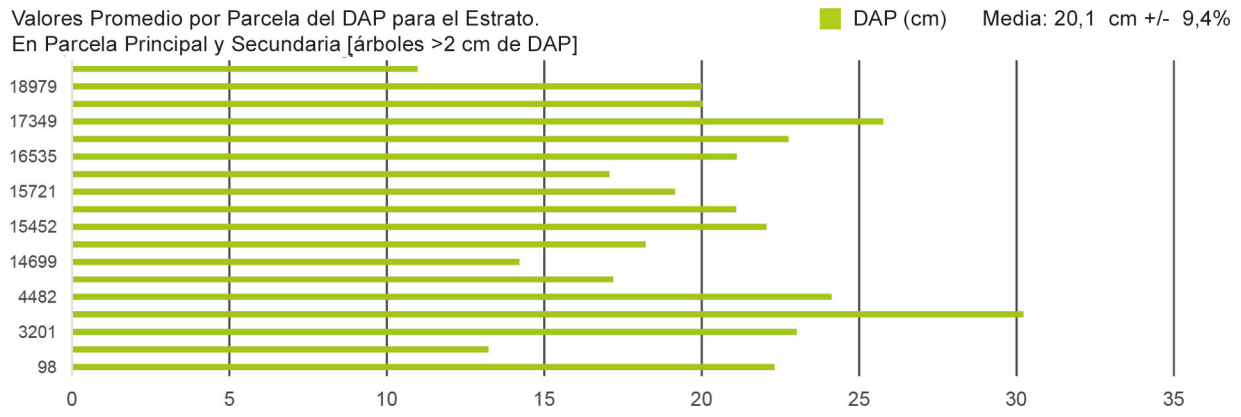


Figura 84. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 2 cm

6.2.4. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para la altura total en el componente de árboles mayores es de 12,8 m (±8,9%). Todas las parcelas están en torno o bajo los 15 m de altura promedio a excepción de la parcela 1473 que tiene 19,8 m. En la Figura 85 se muestra los valores promedios de la HT para cada una de las parcelas que componen el estrato.

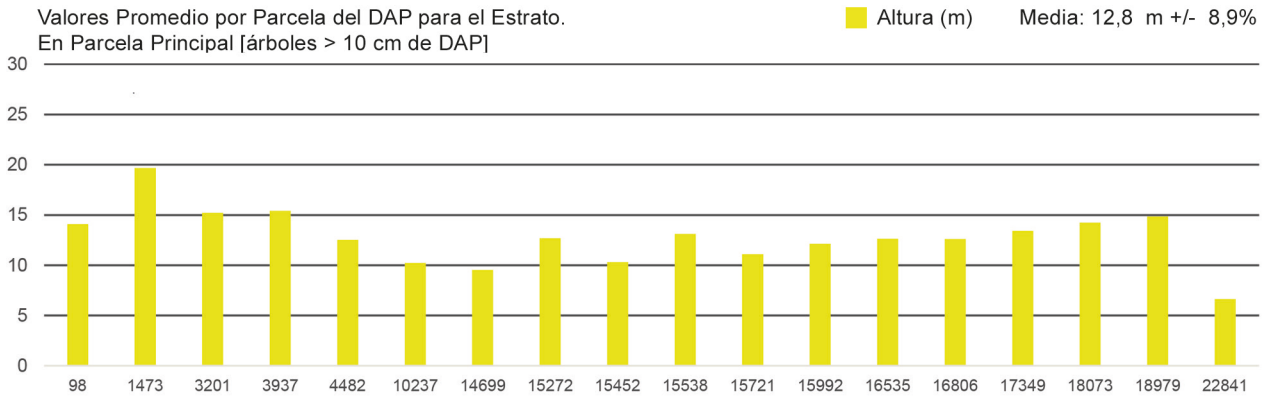


Figura 85. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 10 cm de DAP

6.2.5. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio de la altura total en este componente vegetal es de 3,8 m (±23,4%). Tres parcelas tienen una altura promedio superior a 6 m (98, 1473 y 16535), más de 2 m de diferencia respecto del valor medio para el estrato. En la Figura 86 se presenta los valores medios para la HT en base a las parcelas incluidas en el estrato.

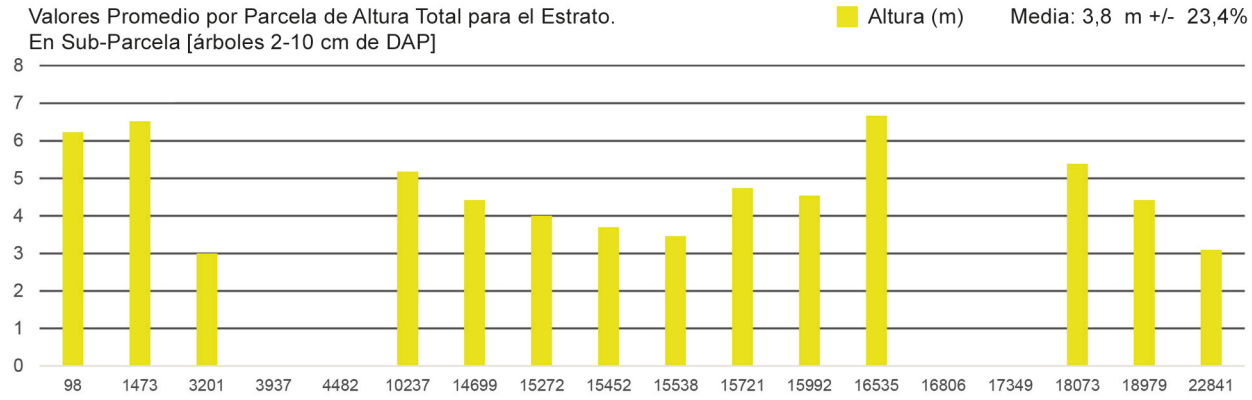


Figura 86. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.2.6. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio de la HT para la combinación de los componentes vegetales es de 11,1 m (±10,1%). En la Figura 87 se observan valores promedios para la HT para cada una de las parcelas (18) pertenecientes al estrato Bosque de Palmas.

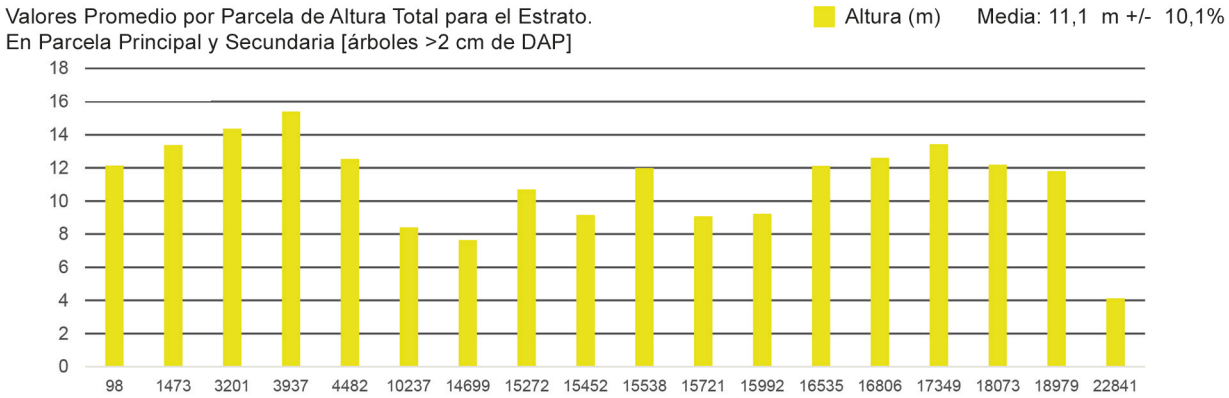


Figura 87. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 2 cm de DAP

6.2.7. Valores promedio por parcela de densidad (árb/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para el número de árboles en este componente arbóreo es de 468 árboles/ha (±15,5%). Una parcela tiene 940 árboles/ha (98) valor escapado en comparación con el resto de la parcelas donde 10 (más del 50%) tienen una densidad entre 400 y 500 árboles/ha y el resto está bajo los 400 árboles, el valor más bajo es de 200 árboles/ha (parcela 22841). En la Figura 88 se puede observar los valores medios de la densidad para cada parcela incluida en el estrato.

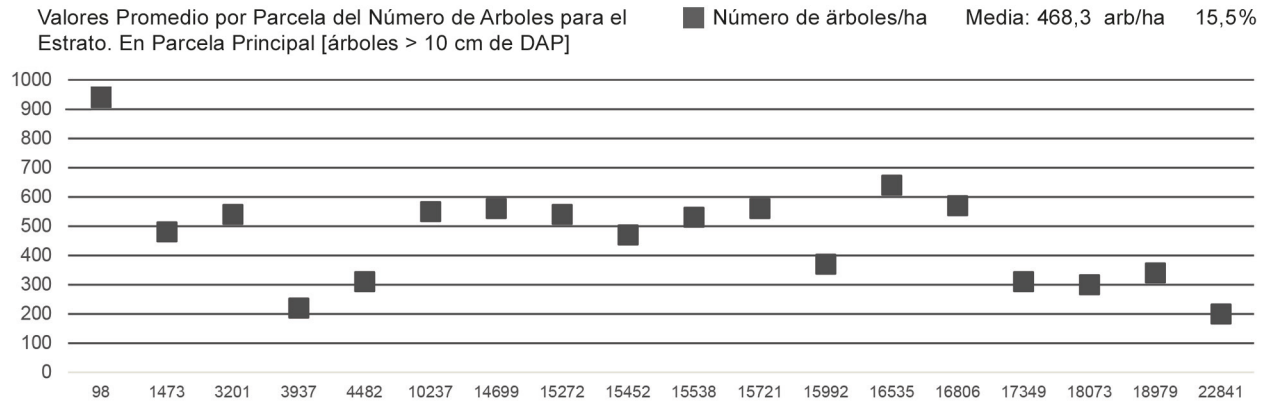


Figura 88. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 10 cm de DAP

6.2.8. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del número de árboles en este componente vegetal es de 894 árb/ha (±37,1%). Dos parcelas tienen una densidad promedio que supera los 2.000 árb/ha (1473 y 22841). En cuatro parcelas (3987, 4482, 16806 y 17349) no hubo especies con las características de este componente. En la Figura 89 se presenta los valores medios para la densidad en base a las parcelas incluidas en el estrato.

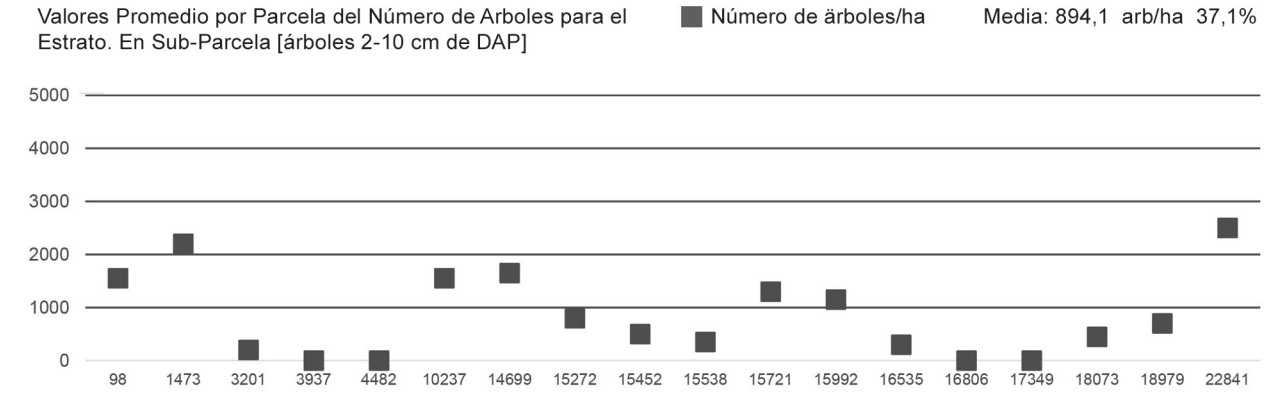


Figura 89. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.2.9. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio de la densidad para la combinación de los componentes vegetales es de 1.313 árb/ha (±26,0%). Los valores medios fluctúan entre 220 árb/ha el más bajo (parcela 3937) y 2.700 árb/ha el más alto (parcela 22841). En la Figura 90 se observan los valores promedios para la densidad para cada una de las parcelas (18) pertenecientes al estrato Bosque de Palmas.

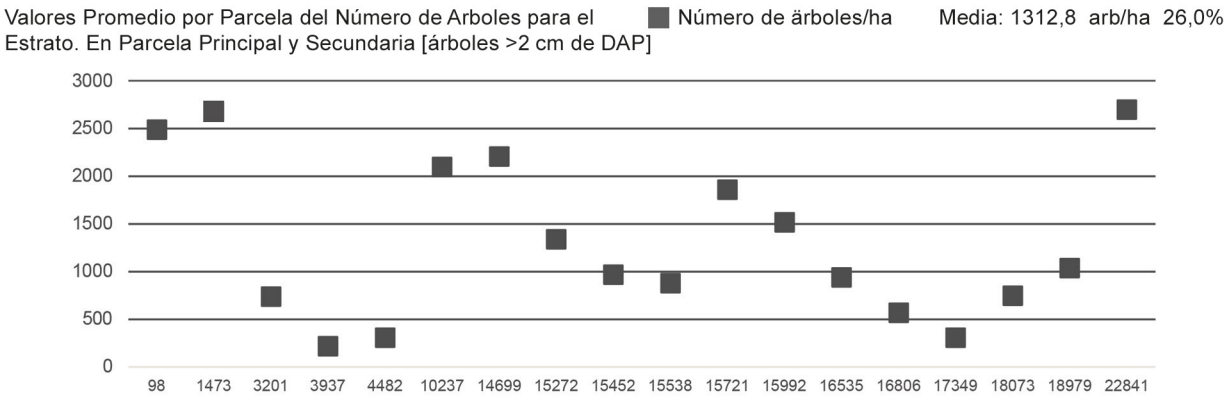


Figura 90. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 2 cm de DAP

6.2.10. Valores promedio por parcela de área basal (m^2/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para el área basal en este componente arbóreo es de 25,5 m^2/ha (±18,2%). La parcela 98 por la alta densidad que tiene posee un área basal muy alta en relación al resto con 65,2 m^2/ha. En la Figura 91 se observan los valores medios del área basal para cada parcela incluida en el estrato.

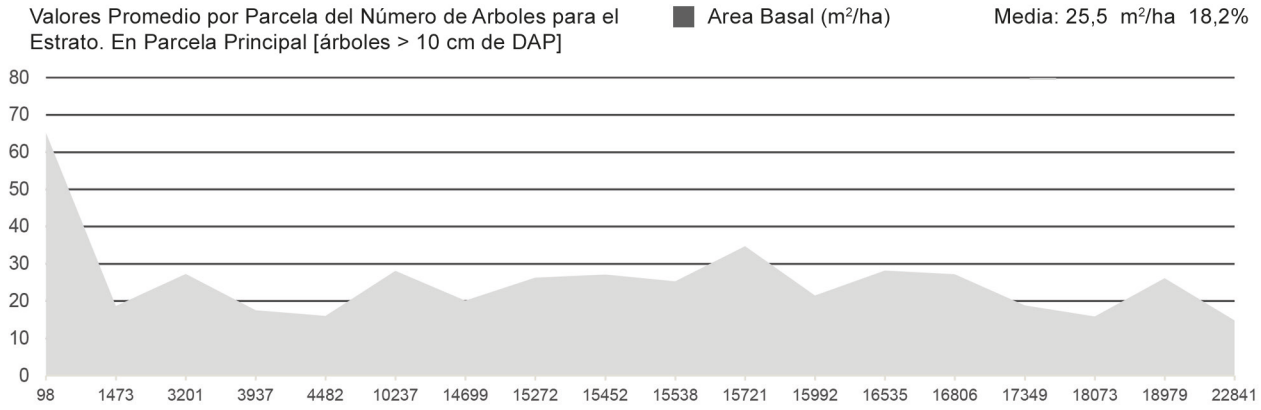


Figura 91. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 10 cm de DAP

6.2.11. Valores promedio por parcela de área basal (m^2/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del área basal en este componente vegetal es de 2,1 m^2/ha (±40,0%). En cuatro parcelas (3987, 4482, 16806 y 17349) no hubo especies con las características de este componente, por lo que para efectos de cálculo se considera valor cero. En la Figura 92 se presenta los valores medios para el área basal en base a las parcelas incluidas en el estrato.

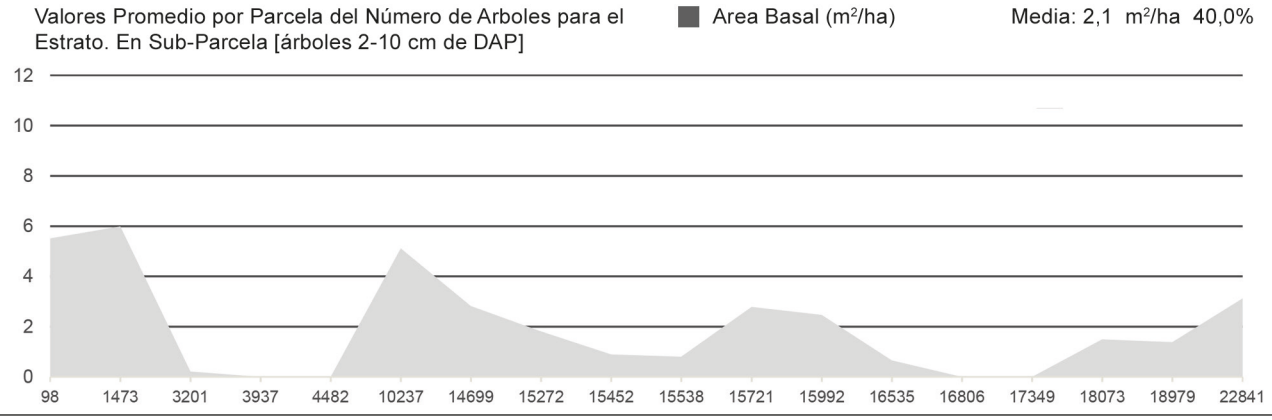


Figura 92. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.2.12. Valores promedio por parcela del área basal (m²/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del área basal para la combinación de los componentes vegetales es de 27,4 m²/ha (±18,2%). Los valores medios fluctúan entre 15,9 m²/ha el más bajo (parcela 4482) y 71,6 m²/ha el más alto (parcela 98). En la Figura 93 se observan los valores promedios para el área basal en cada una de las parcelas (18) pertenecientes al estrato Bosque de Palmas.

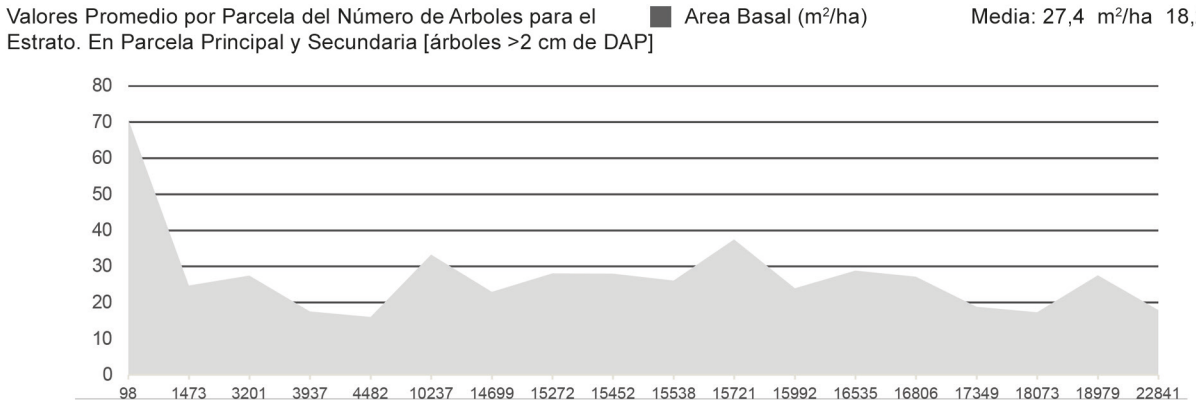


Figura 93. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 2 cm de DAP

6.2.13. Valores promedio por parcela para el volumen (m³/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para el volumen en este componente arbóreo es de 191,1 m³/ha (±21,1%). La parcela 98 es la que tiene el mayor valor en volumen 522,5 m³/ha y la parcela 22841 la que tiene el menor valor con 45,8 m³/ha. En la Figura 94 se observan los valores medios del volumen en base a cada parcela incluida en el estrato.

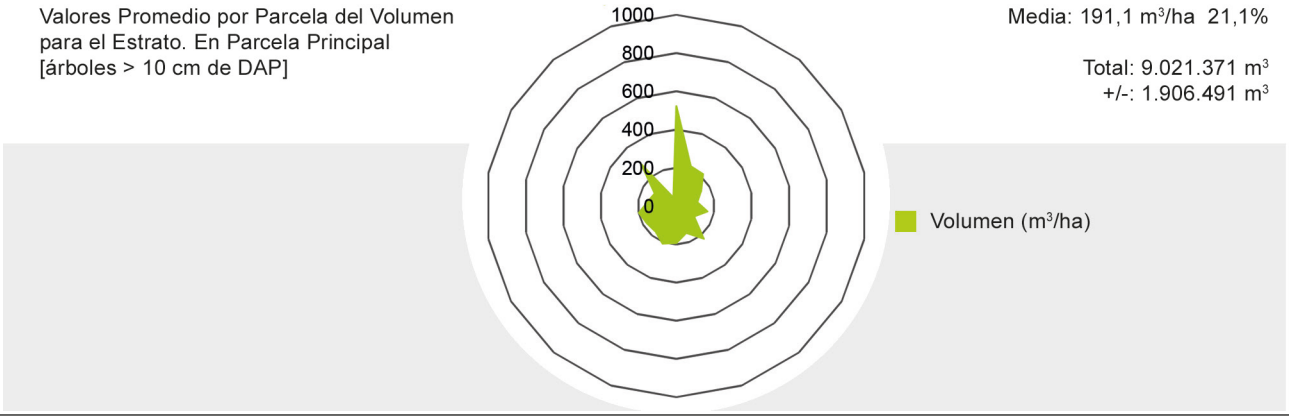


Figura 94. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 10 cm de DAP

6.2.14. Valores promedio por parcela para el volumen (m³/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del volumen en este componente vegetal es de 6,3 m³/ha (±49,5%). En cuatro parcelas (3987, 4482, 16806 y 17349) no hubo especies con las características de este componente, por lo que para efectos de cálculo se considera valor cero. El valor más alto en volumen lo tiene la parcela 1473 con 25,8 m³/ha y el menor valor la parcela 3201 con 0,34 m³/ha se observa una alta dispersión para el estrato. En la Figura 95 se presenta los valores medios para el volumen en base a las parcelas incluidas en el estrato.

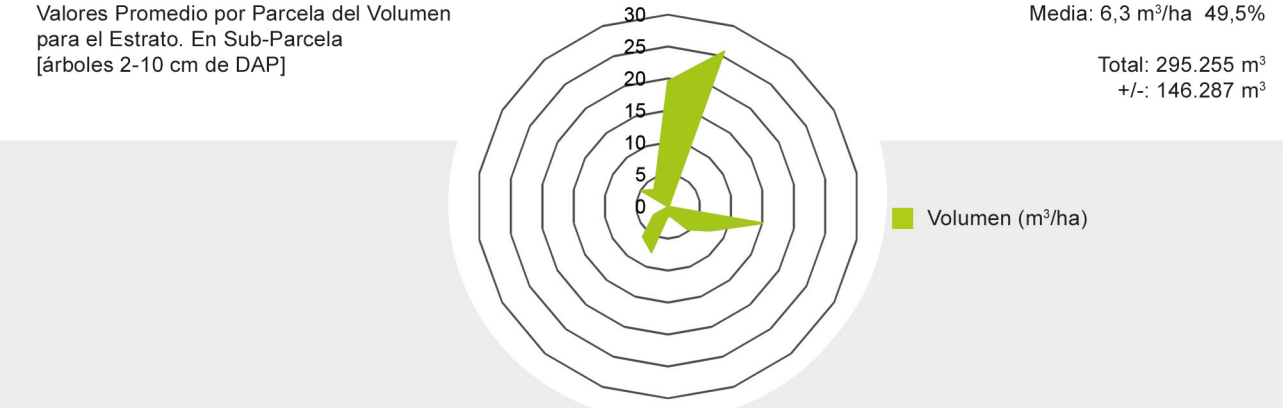


Figura 95. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.2.15. Valores promedio por parcela para el volumen (m³/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del volumen para la combinación de los componentes vegetales es de 197,0 m³/ha (±21,2%). Los valores medios fluctúan entre 51,1 m³/ha, el más bajo (parcela 22841), y 542,1 m³/ha, el más alto (parcela 98). El volumen total obtenido es de 9.300.222 m³ (± 1.975.292 m³). En la Figura 96 se observan los valores promedios para el volumen en base a cada una de las parcelas (18) pertenecientes al estrato Bosque de Palmas.

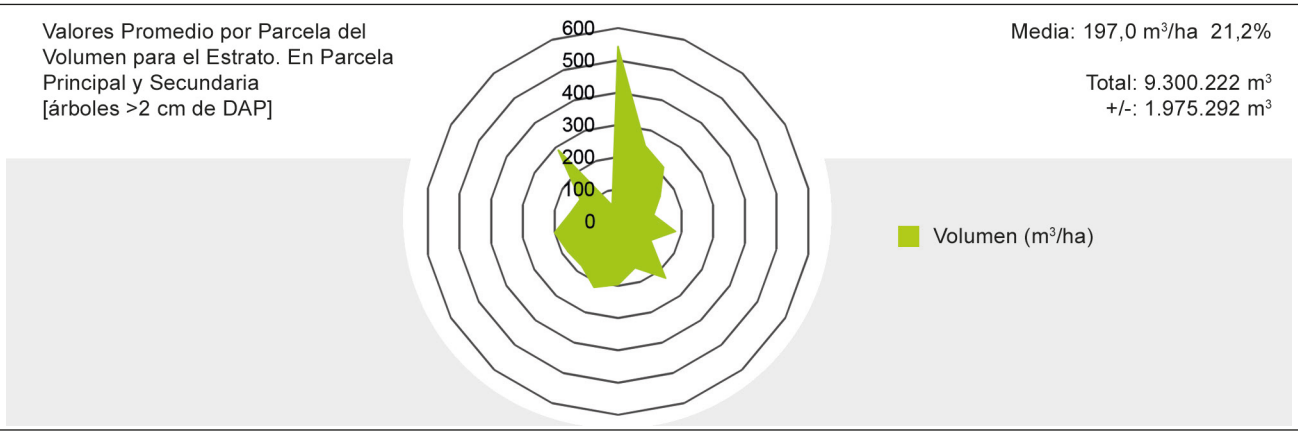


Figura 96. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 2 cm de DAP

6.2.16. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para la biomasa en este componente arbóreo es de 111,3 ton/ha (±20,7%). La parcela 98 es la que tiene el mayor valor en biomasa 277,9 ton/ha y la parcela 22841 la que tiene el menor valor con 21,2 ton/ha. En la Figura 97 se observan los valores medios de la biomasa en base a cada parcela incluida en el estrato.

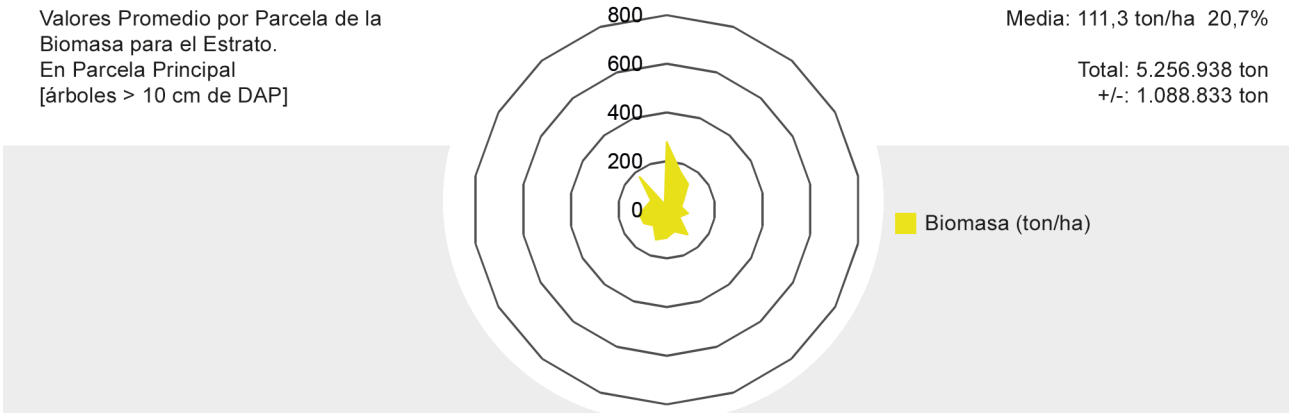


Figura 97. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 10 cm de DAP

6.2.17. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio de la biomasa en este componente vegetal es de 4,7 ton/ha (±40,1%). En cuatro parcelas (3987, 4482, 16806 y 17349) no hubo especies con las características de este componente, por lo que para efectos de cálculo se considera valor cero. El valor más alto en biomasa lo tiene la parcela 1473 con 16,0 ton/ha y el menor valor la parcela 3201 con 0,65 ton/ha, alta diferencia entre los valores medios. En la Figura 98 se presenta los valores medios para la biomasa en base a las parcelas incluidas en el estrato.

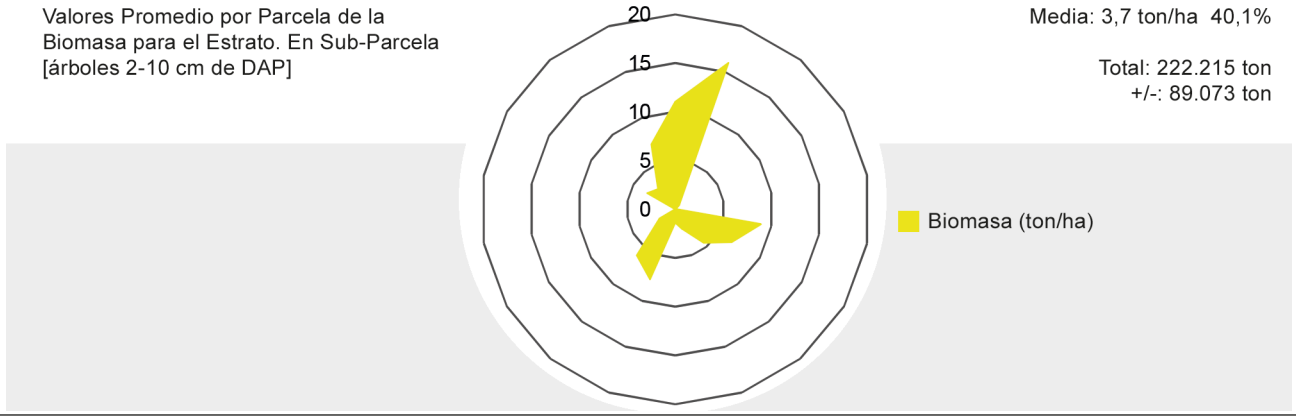


Figura 98. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.2.18. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del volumen para la combinación de los componentes vegetales es de 115,8 ton/ha (±20,6%). Los valores medios fluctúan entre 28,3 ton/ha el más bajo (parcela 22841) y 289,0 ton/ha el más alto (parcela 98). La existencia total de biomasa es de 5.466.808 toneladas (± 1.123.990 toneladas). En la Figura 99 se observan los valores promedios para la biomasa en base a cada una de las parcelas (18) pertenecientes al estrato Bosque de Palmas.

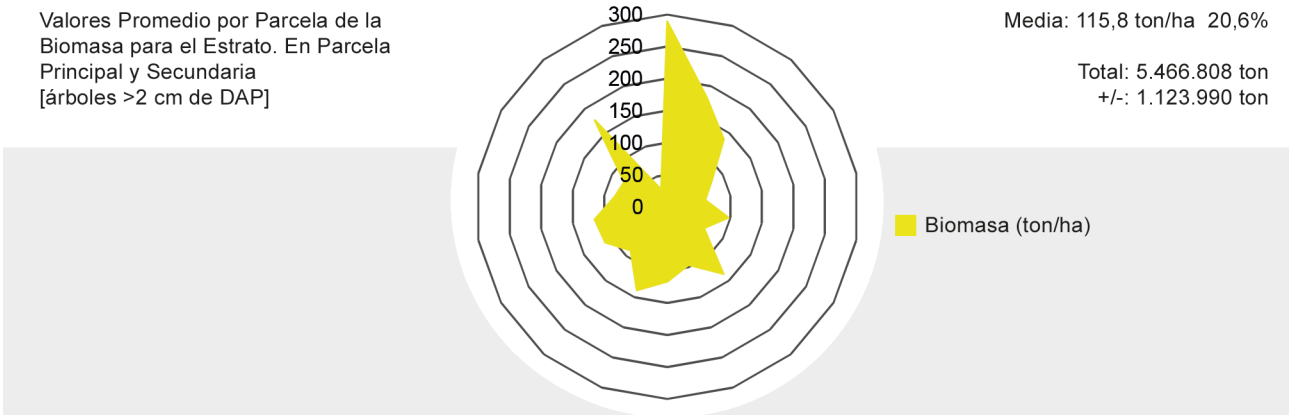


Figura 99. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 2 cm de DAP

6.2.19. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio del CO_2 en este componente arbóreo es de 204,1 ton/ha (±20,7%). La parcela 98 es la que tiene el mayor valor en CO_2 con 509,5 ton/ha y la parcela 22841 la que tiene el menor valor con 38,9 ton/ha. En la Figura 100 se puede observar los valores medios del CO_2 en base a cada parcela incluida en el estrato.

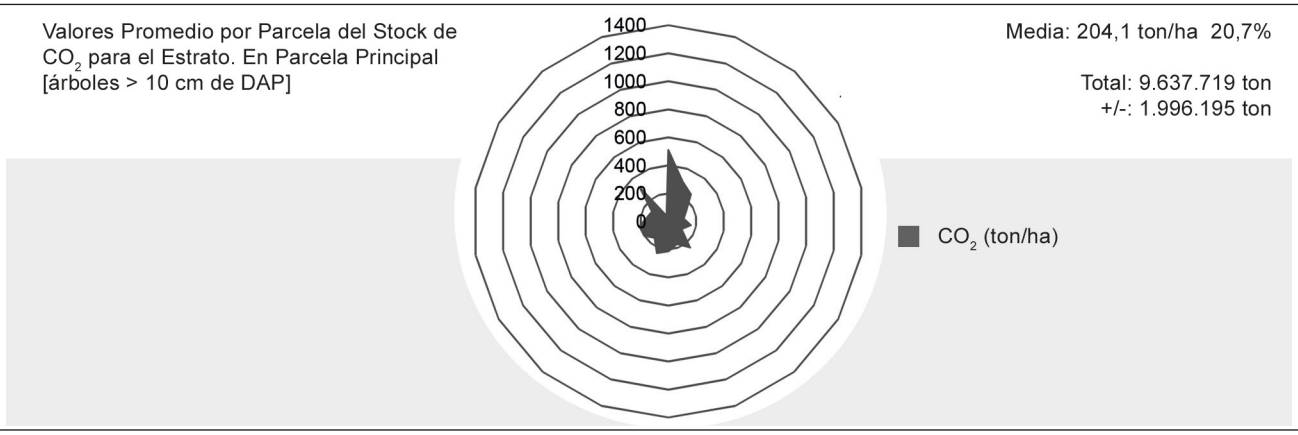


Figura 100. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 10 cm de DAP

6.2.20. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del CO_2 en este componente vegetal es de 10,5 ton/ha (±26,8%). En cuatro parcelas (3987, 4482, 16806 y 17349) no hubo especies con las características de este componente, por lo que para efectos de cálculo se considera valor cero. El valor más alto en CO_2 lo tiene la parcela 1473 con 29,3 ton/ha y el menor valor la parcela 3201 con 1,2 ton/ha, se observa alta diferencia entre los valores medios. En la Figura 101 se presenta los valores medios para el CO_2 en base a las parcelas incluidas en el estrato.

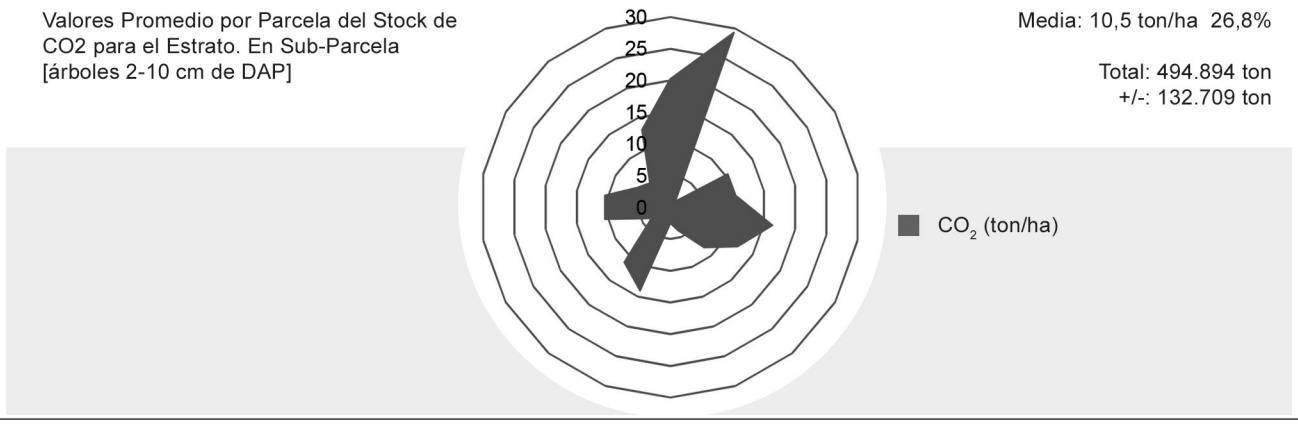


Figura 101. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.2.21. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del CO_2 para la combinación de los componentes vegetales es de 214,6 ton/ha (±20,1%). Los valores medios fluctúan entre 52,0 ton/ha el más bajo (parcela 22841) y 529,8 ton/ha el más alto (parcela 98). La existencia total de CO_2 es de 10.132.413 toneladas (± 2.037.164 toneladas). En la Figura 102 se observan los valores promedios para el CO_2 en base a cada una de las parcelas (18) pertenecientes al estrato Bosque de Palmas.

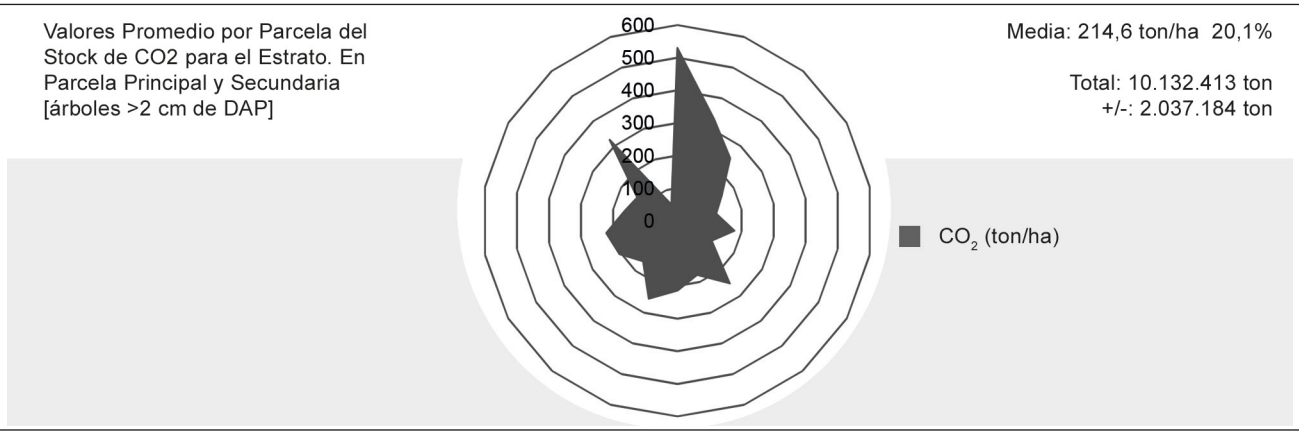
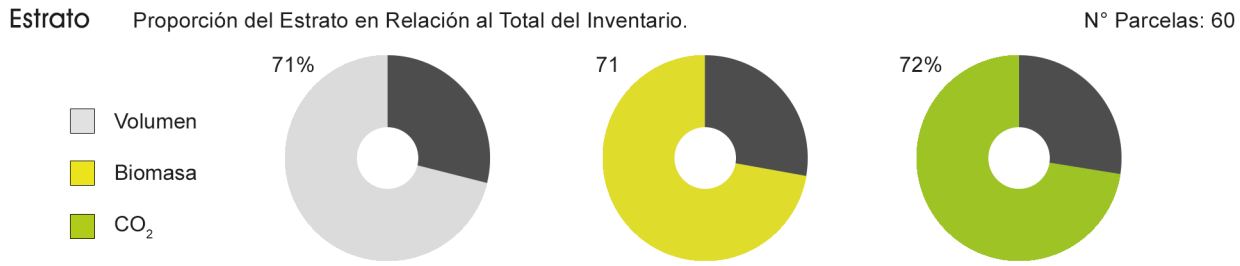


Figura 102. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 2 cm de DAP

6.3. Información por parcelas estrato Bosque Maduro

En este estrato arbóreo se realizaron 60 unidades de muestreo (parcelas) correspondiente a un 21,4% del total de unidades ejecutadas. Con base en el muestreo para el estrato la proporción para algunas variables de existencias en relación al inventario total, arrojan para el volumen, biomasa y CO_2 un peso similar de alrededor del 72%. En el Cuadro 114 se presenta la proporción del estrato en relación al total del inventario para las existencias.

Cuadro 114. Proporción de existencias en relación al inventario total para Bosque Maduro





6.3.1. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 10 cm

El valor medio para el DAP en el componente vegetal es de 24,5 cm (±3,5%). En 5 parcelas el valor promedio está sobre los 30 cm (5977, 17869, 20145, 20128 y 20928). En la Figura 103 se muestra los valores promedios para el DAP para cada una de las parcelas que componen el estrato.

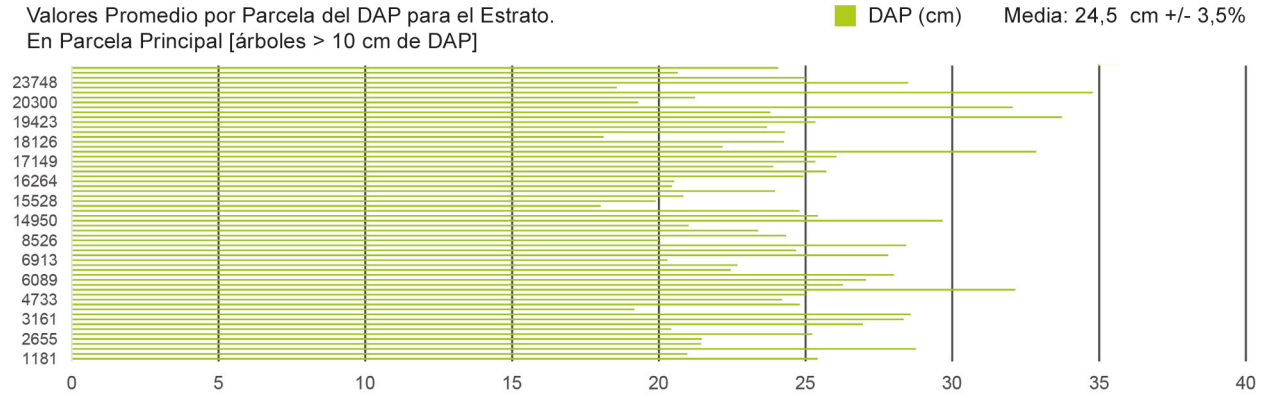


Figura 103. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 10 cm

6.3.2. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles entre 2 y 9,9 cm

El valor promedio del DAP en el componente vegetal es de 4,5 cm (±5,1%). En una parcela no se encontraron especies con las características indicadas para su medición (6630). En cinco parcelas el promedio del DAP está cercano o superior a 6 cm (1210, 6706, 14950 y 17132). En la Figura 104 se muestra los valores promedios de DAP para cada una de las parcelas que componen el estrato.

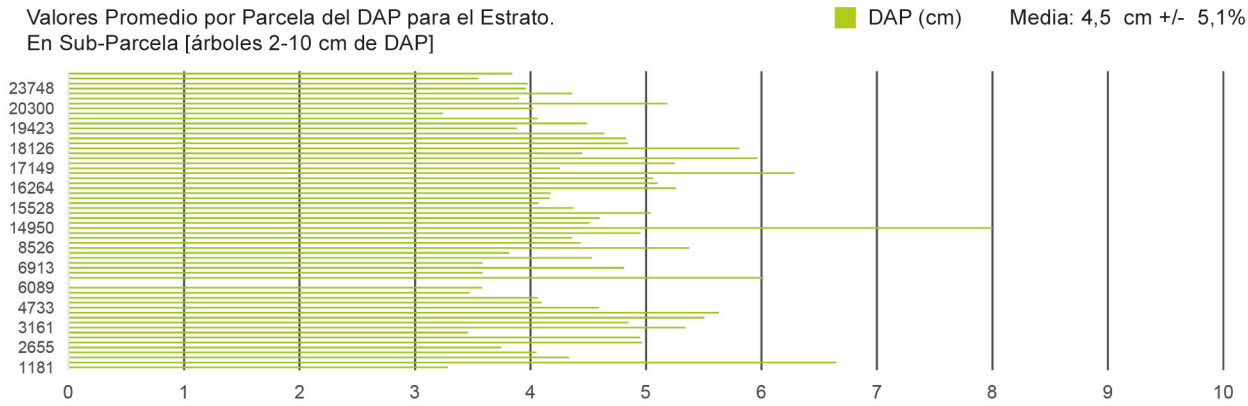


Figura 104. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles entre 2 cm y 9,9 cm

6.3.3. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 2 cm

El valor promedio del DAP para la combinación de los componentes vegetales es de 16,0 cm (±5,3%). En la Figura 105 se puede observar los valores promedios para el DAP para cada una de las parcelas (60) pertenecientes al estrato Bosque Maduro.

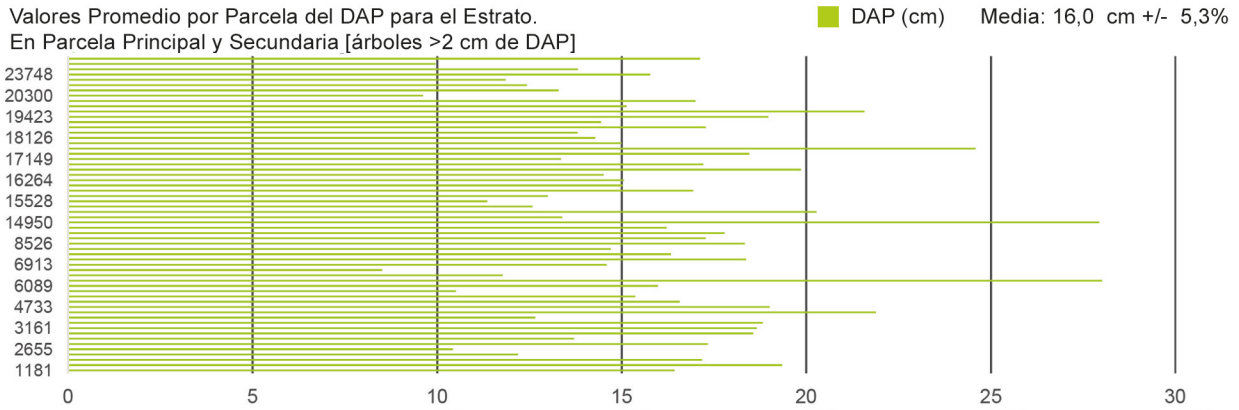


Figura 105. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 2 cm

6.3.4. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para la altura total en el componente de árboles mayores es de 13,7 m (±3,8%). Del total de parcelas 18 de ellas superan los 15 m de altura promedio. En la Figura 106 se muestra los valores promedios de la HT para cada una de las parcelas que componen el estrato.

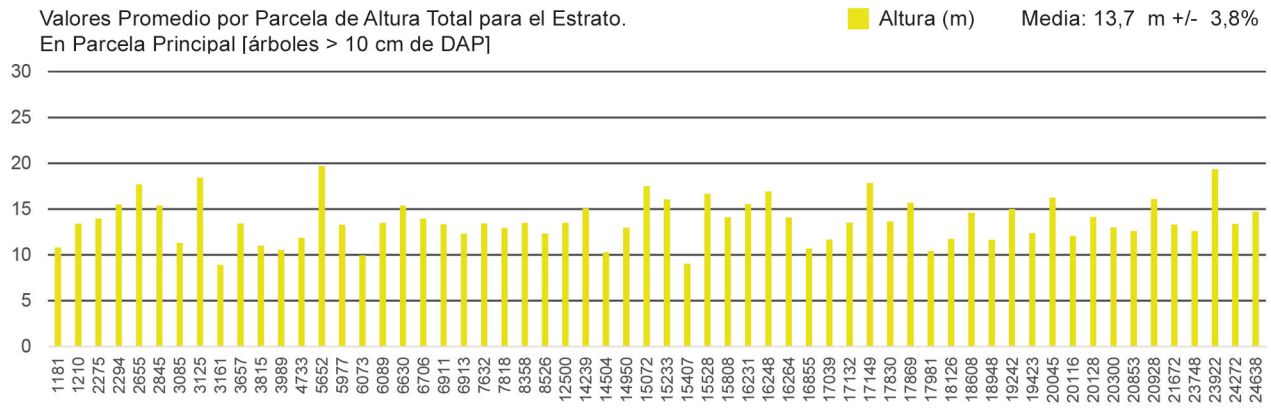


Figura 106. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 10 cm de DAP

6.3.5. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio de la altura total en este componente vegetal es de 4,8 m (±4,7%). Seis parcelas tienen una altura promedio superior a 6 m (1210, 14950, 16264, 18608, 19423 y 20128), cerca de 2 m de diferencia respecto del valor medio para el estrato. En la Figura 107 se presenta los valores medios para la HT en base a las parcelas incluidas en el estrato.

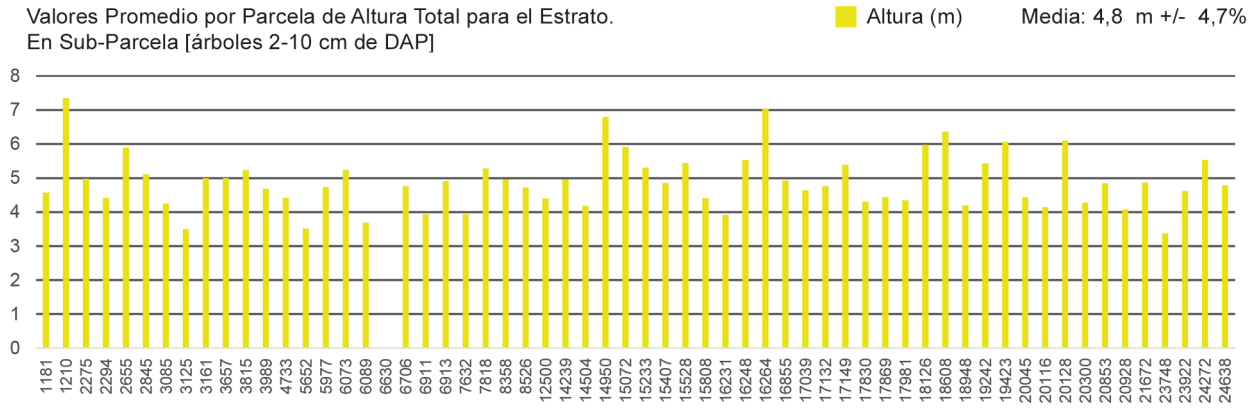


Figura 107. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.3.6. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio de la HT para la combinación de los componentes vegetales es de 9,9 m (±4,1%). En la Figura 108 se puede observar los valores promedios para la HT para cada una de las parcelas (60) pertenecientes al estrato Bosque Maduro.

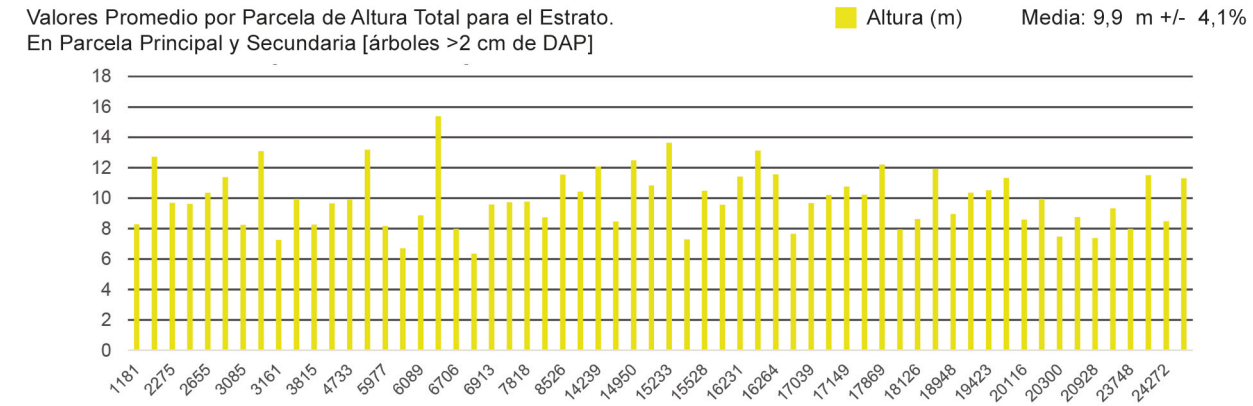


Figura 108. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 2 cm de DAP

6.3.7. Valores promedio por parcela de densidad (árb/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para el número de árboles en este componente arbóreo es de 469 árboles/ha (±6,1%). Cuatro parcelas superan los 640 árboles/ha (3989, 4733, 16248, 17039 y 23922) valor supera en cerca de 250 árb/ha al promedio. El valor más bajo es de 80 árboles/ha (parcela 6911). En la Figura 109 se puede observar los valores medios de la densidad para cada parcela incluida en el estrato.

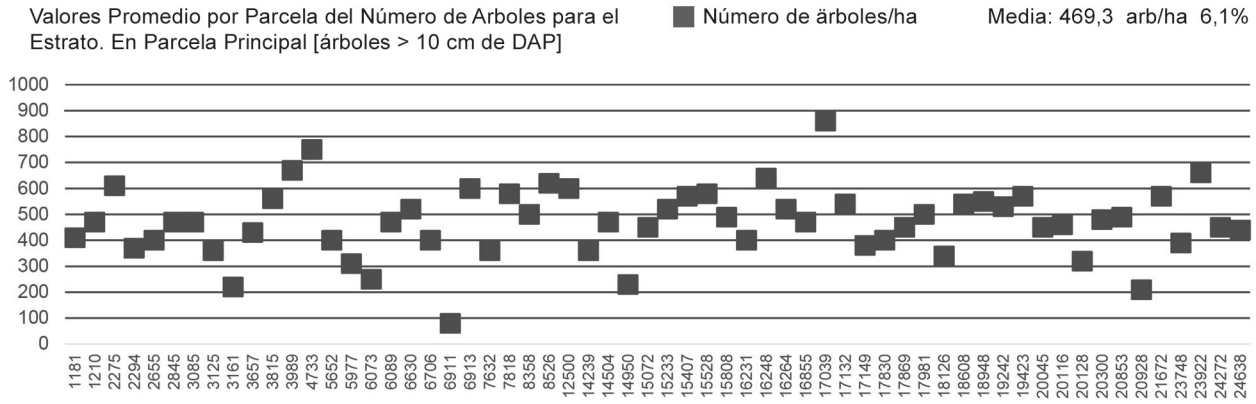


Figura 109. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 10 cm de DAP

6.3.8. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del número de árboles en este componente vegetal es de 1844 árb/ha (±11,1%). Siete parcelas tienen una densidad promedio que supera los 3.000 árb/ha. En una parcelas (6630) no hubo especies con las características de este componente. En la Figura 110 se presenta los valores medios para la densidad en base a las parcelas incluidas en el estrato.

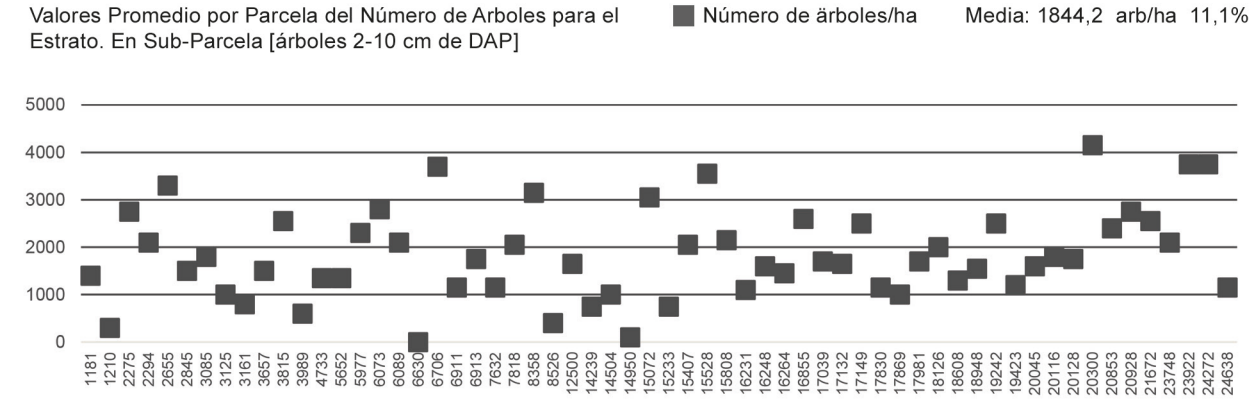


Figura 110. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.3.9. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio de la densidad para la combinación de los componentes vegetales es de 2.314 árb/ha (±9,0%). Los valores medios fluctúan entre 330 árb/ha el más bajo (parcela 14950) y 4.630 árb/ha el más alto (parcela 20300). En la Figura 111 se puede observar los valores promedios para la densidad para cada una de las parcelas (60) pertenecientes al estrato Bosque Maduro.

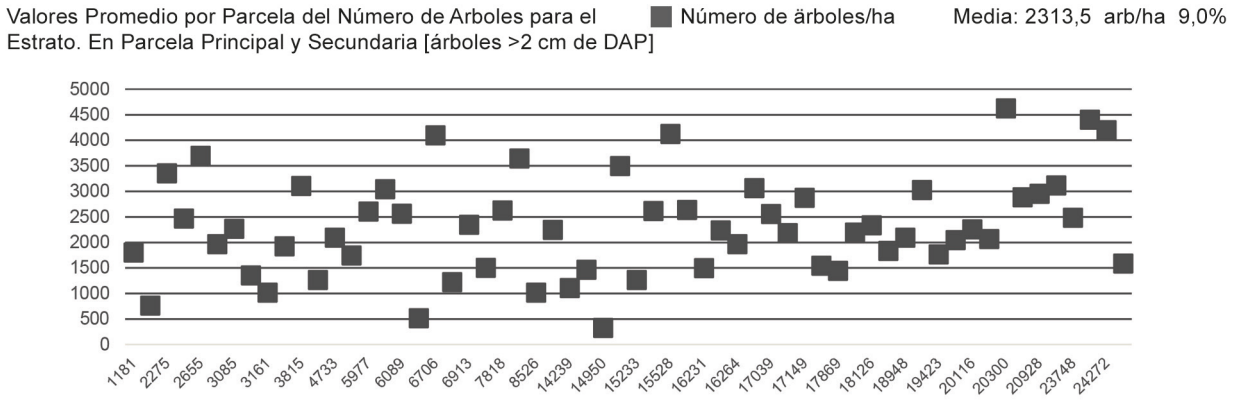


Figura 111. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 2 cm de DAP

6.3.10. Valores promedio por parcela de área basal (m²/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para el área basal en este componente arbóreo es de 32,3 m²/ha (±9,5%). Tres parcelas (2275, 17039 y 20045) debido a que tienen un diámetro medio cuadrático sobre 30 cm poseen un área basal alta (69 m²/ha promedio) en relación al resto. En la Figura 112 se observan los valores medios del área basal para cada parcela incluida en el estrato.

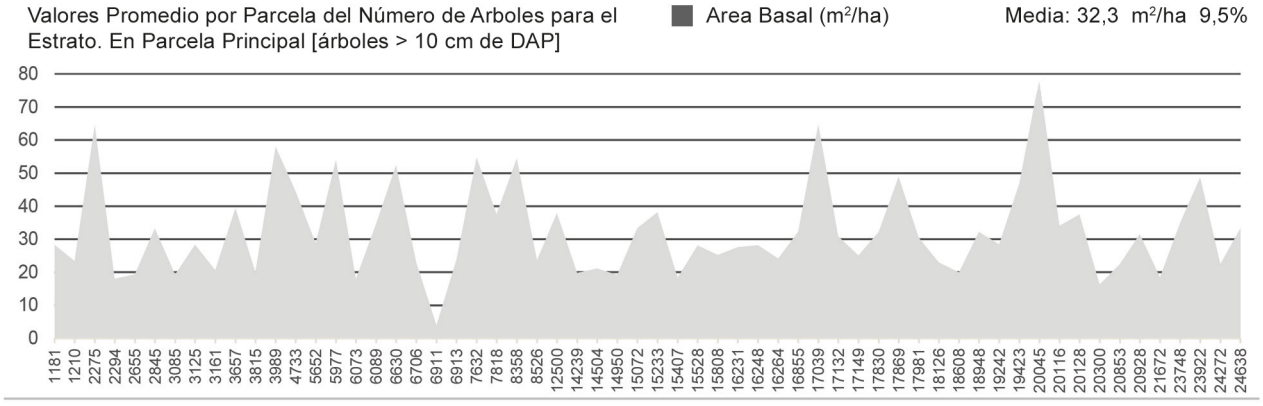


Figura 112. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 10 cm de DAP

6.3.11. Valores promedio por parcela de área basal (m²/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del área basal en este componente vegetal es de 3,5 m²/ha (±12,6%). En una parcela (6630) no hubo especies con las características de este componente, por lo que para efectos de cálculo se considera valor cero. En la Figura 113 se presentan los valores medios para el área basal en base a las parcelas incluidas en el estrato.

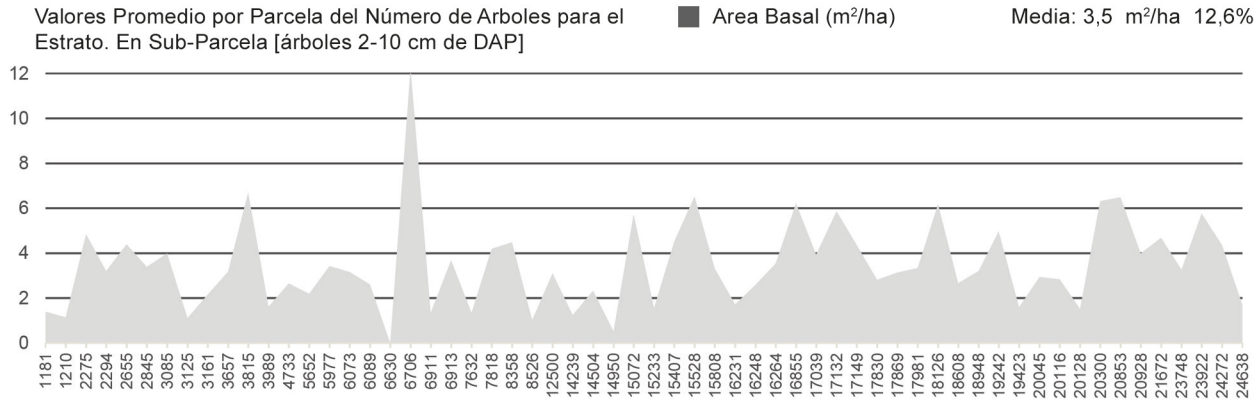


Figura 113. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.3.12. Valores promedio por parcela del área basal (m²/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del área basal para la combinación de los componentes vegetales es de 35,8 m²/ha (±8,5%). Los valores medios fluctúan entre 3,9 m²/ha el más bajo (parcela 6911) y 78,6 m²/ha el más alto (parcela 20045). En la Figura 114 se observan los valores promedios para el área basal en cada una de las parcelas (60) pertenecientes al estrato Bosque Maduro.

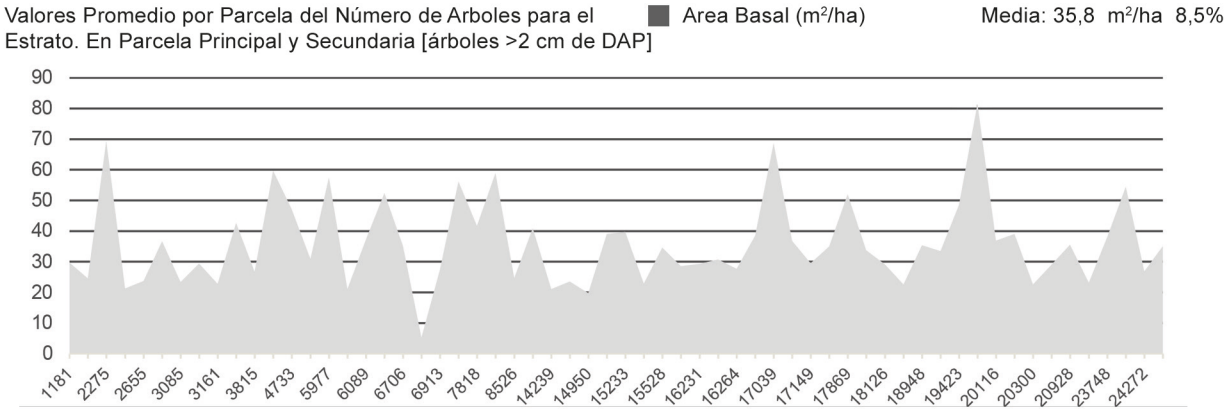


Figura 114. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 2 cm de DAP

6.3.13. Valores promedio por parcela para el volumen (m³/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para el volumen en este componente arbóreo es de 338,0 m³/ha (±13,0%). Cuatro parcelas (6630, 7632, 20045 y 23922) tienen el mayor valor en volumen 885 m³/ha promedio y la parcela 6911 la que tiene el menor valor con 32 m³/ha. En la Figura 115 se puede observar los valores medios del volumen en base a cada parcela incluida en el estrato.

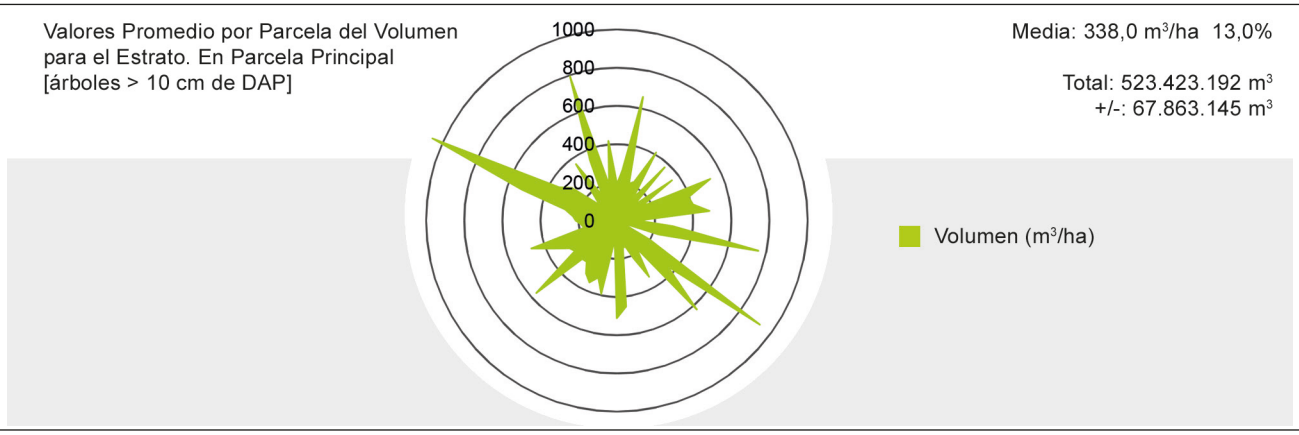


Figura 115. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 10 cm de DAP

6.3.14. Valores promedio por parcela para el volumen (m³/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del volumen en este componente vegetal es de 10,3 m³/ha (±13,5%). En una parcela (6630) no hubo especies con las características de este componente, por lo que para efectos de cálculo se considera valor cero. El valor más alto en volumen lo tiene la parcela 6706 con 34,1 m³/ha y el menor valor la parcela 14950 con 1,8 m³/ha, alta dispersión entre los valores medios para el estrato. En la Figura 116 se presentan los valores medios para el volumen con base en las parcelas incluidas en el estrato.

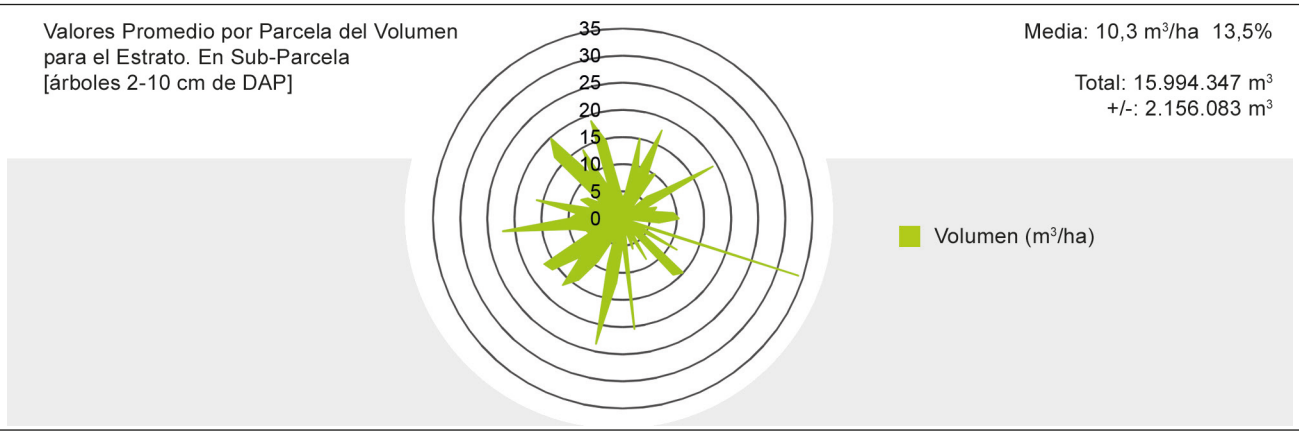


Figura 116. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.3.15. Valores promedio por parcela para el volumen (m³/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del volumen para la combinación de los componentes vegetales es de 348,3 m³/ha (±12,5%). Los valores medios fluctúan entre 35,6 m³/ha el más bajo (parcela 6911) y 1.066,6 m³/ha el más alto (parcela 20045). El volumen total obtenido es de 539.417.539 m³ (± 67.619.901 m³). En la Figura 117 se observan los valores promedios para el volumen en base a cada una de las parcelas (60) pertenecientes al estrato Bosque Maduro.

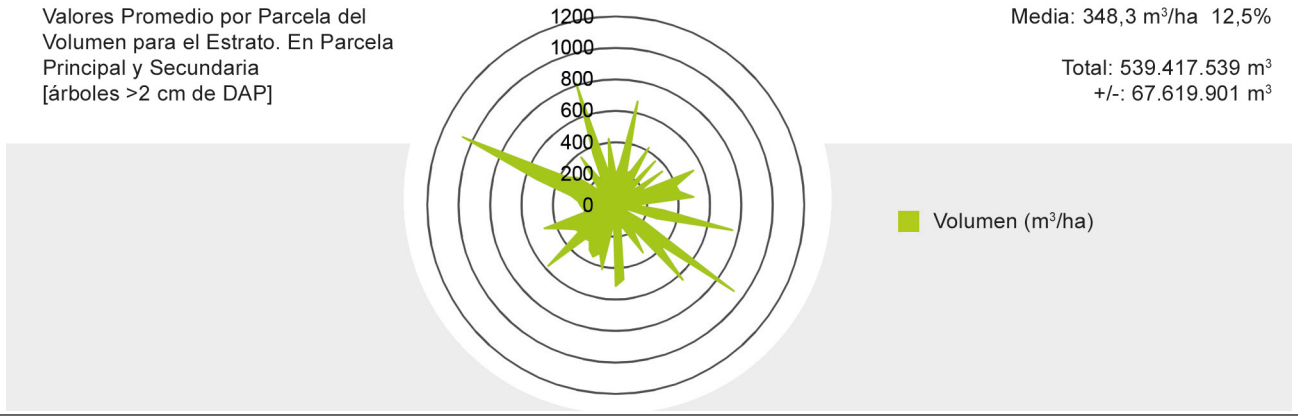


Figura 117. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 2 cm de DAP

6.3.16. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para la biomasa en este componente arbóreo es de 244,0 ton/ha (±13,3%). La parcela 23922 es la que tiene el mayor valor en biomasa 746,0 ton/ha y la parcela 6911 la que tiene el menor valor con 19,3 ton/ha. En la Figura 118 se observan los valores medios de la biomasa en base a cada parcela incluida en el estrato.

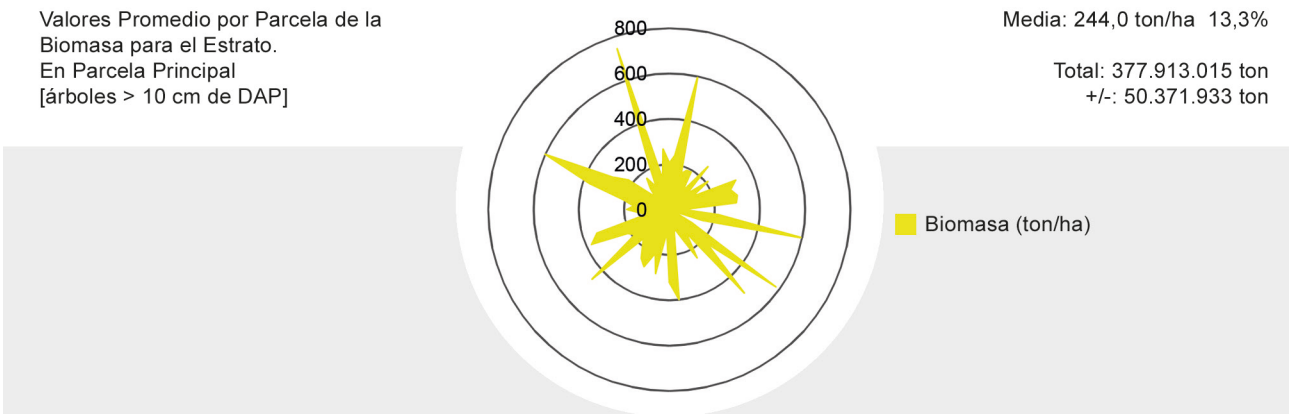


Figura 118. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 10 cm de DAP

6.3.17. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio de la biomasa en este componente vegetal es de 9,1 ton/ha (±12,6%). En una parcelas (6630) no hubo especies con las características de este componente, por lo que para efectos de cálculo se considera valor cero. El valor más alto en biomasa lo tiene la parcela 6706 con 28,5 ton/ha y el menor valor la parcela 8526 con 1,8 ton/ha, alta diferencia entre los valores medios. En la Figura 119 se presentan los valores medios para la biomasa en base a las parcelas incluidas en el estrato.

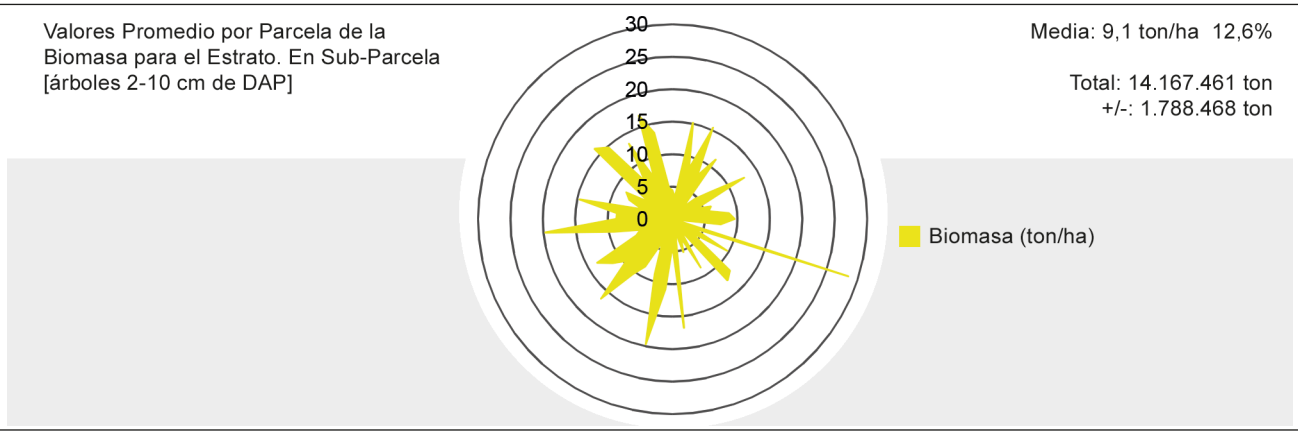


Figura 119. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.3.18. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del volumen para la combinación de los componentes vegetales es de 253,2 ton/ha (±12,8%). Los valores medios fluctúan entre 22,8 ton/ha el más bajo (parcela 6911) y 762,7 ton/ha el más alto (parcela 23922). La existencia total de biomasa es de 392.080.476 toneladas (± 50.309.280 toneladas). En la Figura 120 se observan los valores promedios para la biomasa en base a cada una de las parcelas (60) pertenecientes al estrato Bosque Maduro.

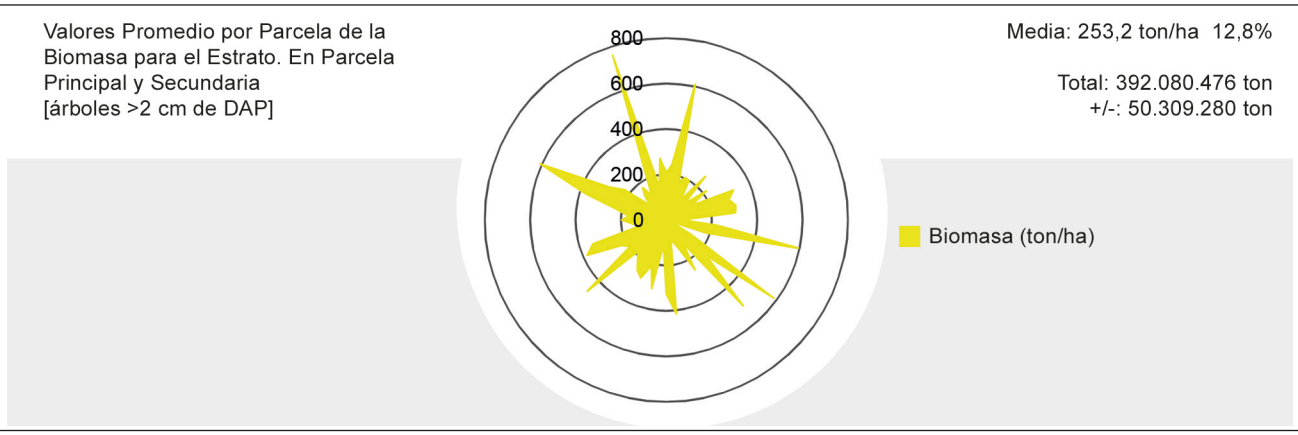


Figura 120. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 2 cm de DAP

6.3.19. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio del CO_2 en este componente arbóreo es de 447,4 ton/ha (±13,3%). La parcela 23922 es la que tiene el mayor valor en CO_2 con 1.367,7 ton/ha y la parcela 6911 la que tiene el menor valor con 35,4 ton/ha. En la Figura 121 se observan los valores medios del CO_2 en base a cada parcela incluida en el estrato.

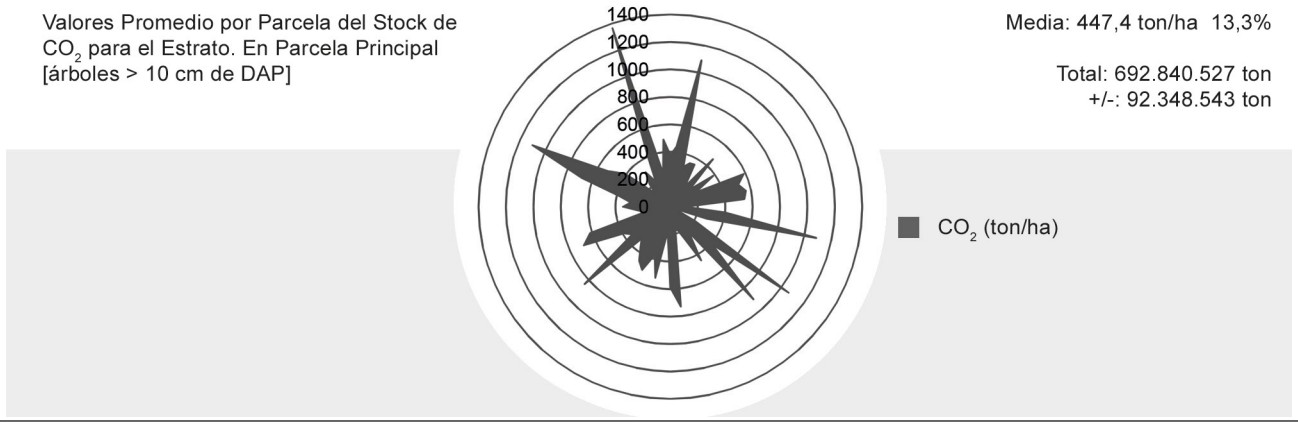


Figura 121. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 10 cm de DAP

6.3.20. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del CO_2 en este componente vegetal es de 16,8 ton/ha (±12,6%). En una parcelas (6630) no hubo especies con las características de este componente, por lo que para efectos de cálculo se considera valor cero. El valor más alto en CO_2 lo tiene la parcela 6706 con 52,2 ton/ha y el menor valor la parcela 8526 con 3,3 ton/ha, se observa alta diferencia entre los valores medios. En la Figura 122 se presentan los valores medios para el CO_2 en base a las parcelas incluidas en el estrato.

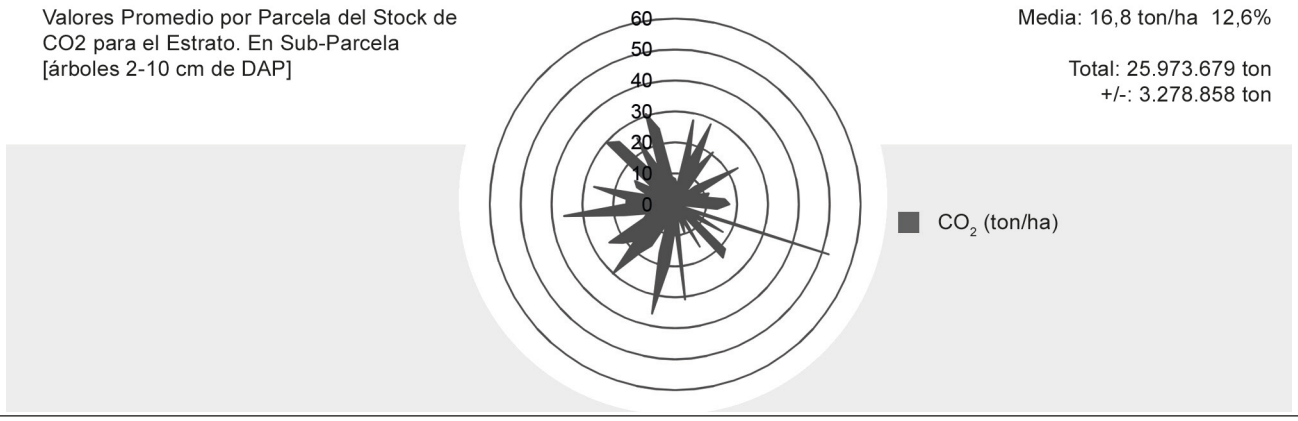


Figura 122. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.3.21. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del CO_2 para la combinación de los componentes vegetales es de 464,2 ton/ha (±12,8%). Los valores medios fluctúan entre 41,8 ton/ha el más bajo (parcela 6911) y 1.398,4 ton/ha el más alto (parcela 23922). La existencia total de CO_2 es de 718.814.206 toneladas (± 92.233.681 toneladas). En la Figura 123 se puede observar los valores promedios para el CO_2 en base a cada una de las parcelas (60) pertenecientes al estrato Bosque Maduro.

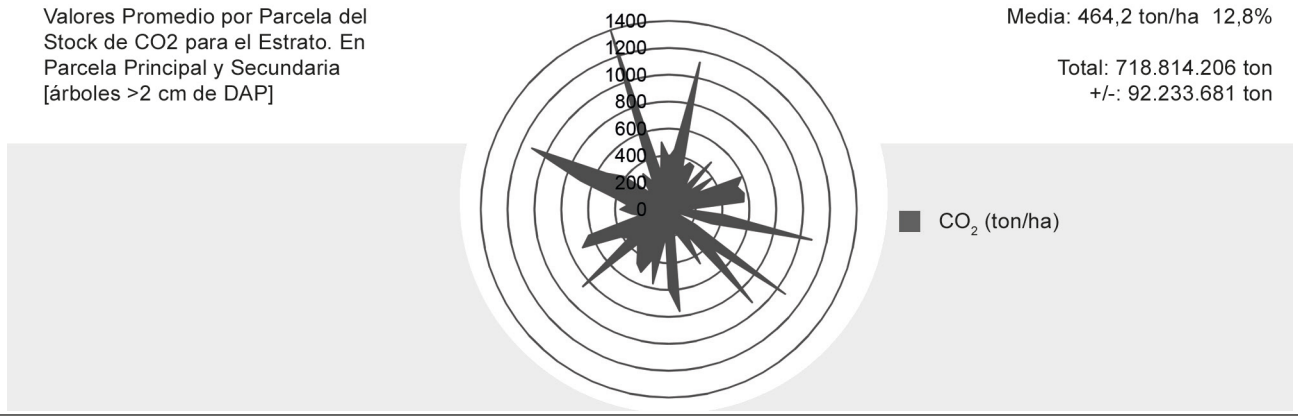
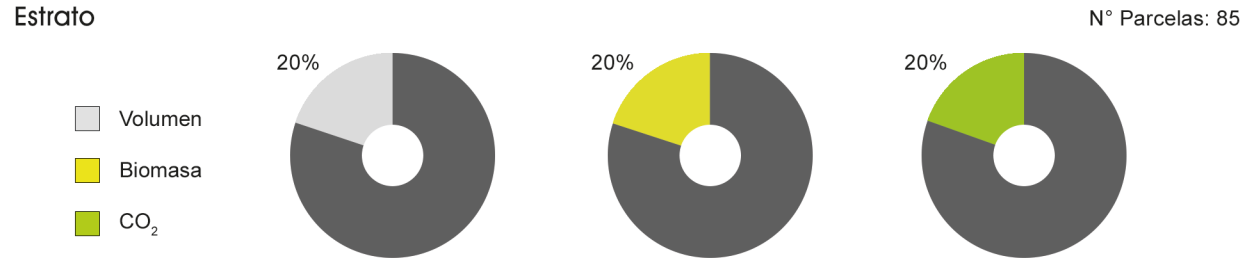


Figura 123. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Bosque Maduro árboles ≥ 2 cm de DAP

6.4. Información por parcelas estrato Bosque Secundario

En este estrato arbóreo se realizaron 85 unidades de muestreo (parcelas) correspondiente a un 30,3% del total de unidades ejecutadas. En base al muestreo para el estrato la proporción para algunas variables de existencias en relación al inventario total, arrojan para el volumen, biomasa y CO_2 un peso similar de alrededor del 20%. En el Cuadro 115 se presenta la proporción del estrato en relación al total del inventario para las existencias.

Cuadro 115. Proporción de existencias en relación al inventario total para Bosque Secundario





6.4.1. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 10 cm

El valor medio para el DAP en el componente vegetal es de 21,2 cm (±3,3%). En dos parcelas el valor promedio está sobre los 30 cm (4637 y 18064). En la Figura 124 se muestra los valores promedios para el DAP para cada una de las parcelas que componen el estrato.

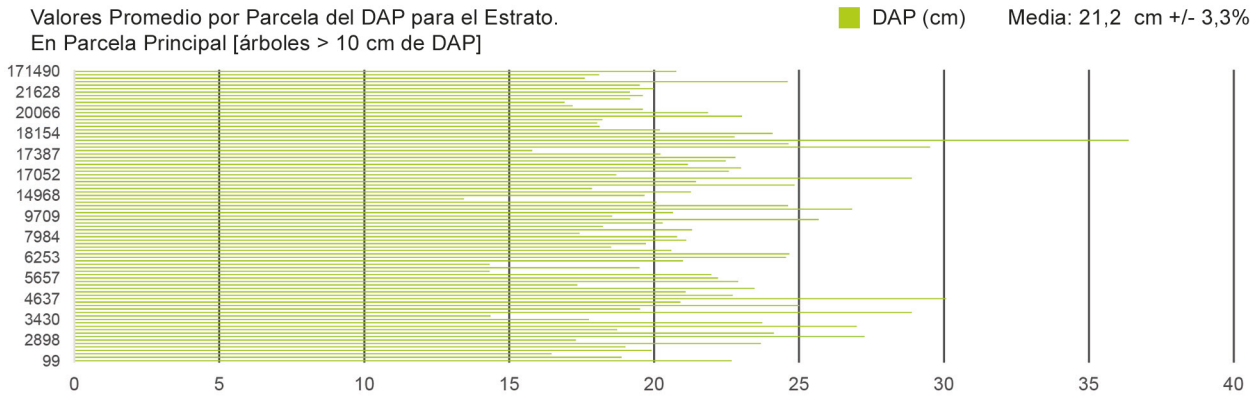


Figura 124. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 10 cm

6.4.2. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles entre 2 y 9,9 cm

El valor promedio del DAP en el componente vegetal es de 4,4 cm (±2,7%). En cinco parcelas no se encontraron especies con las características indicadas para su medición (1736, 6891, 7611, 18506 y 19048). Sólo en una parcela el promedio del DAP está sobre los 6 cm (19279). En la Figura 125 se muestra los valores promedios de DAP para cada una de las parcelas que componen el estrato.

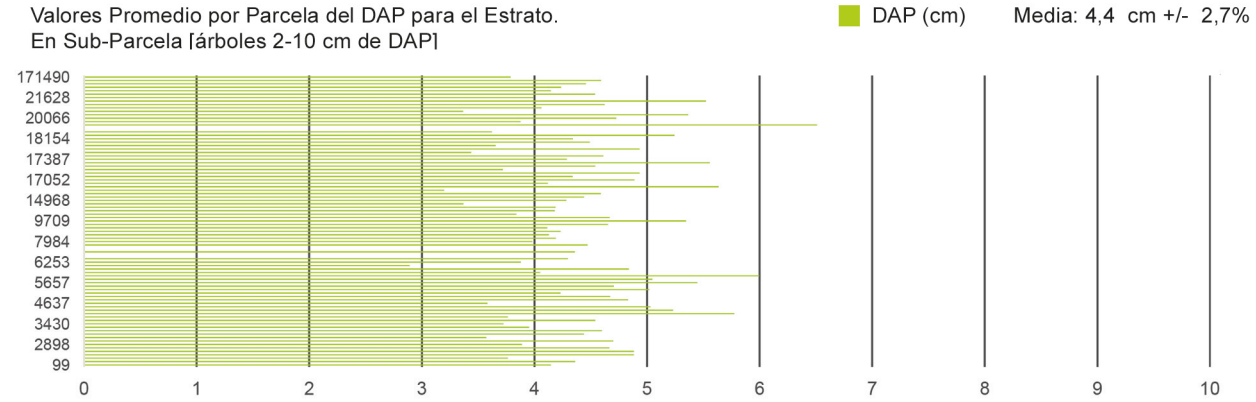


Figura 125. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles entre 2 cm y 9,9 cm

6.4.3. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 2 cm

El valor promedio del DAP para la combinación de los componentes vegetales es de 13,8 cm (±4,8%). En la Figura 126 se observan los valores promedios para el DAP para cada una de las parcelas (85) pertenecientes al estrato Bosque Secundario

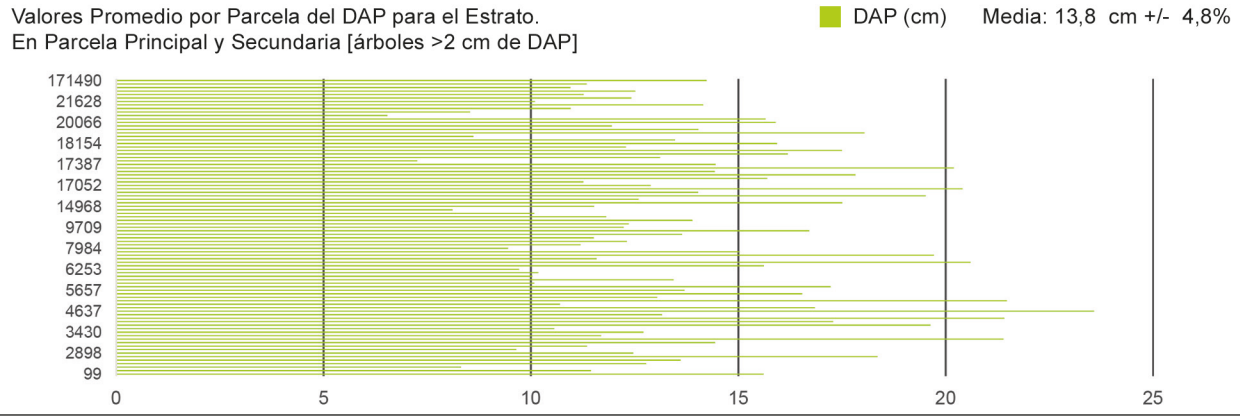


Figura 126. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 2 cm

6.4.4. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para la altura total en el componente de árboles mayores es de 11,9 m (±3,9%). Del total de parcelas 10 de ellas superan los 15 m de altura promedio. En la Figura 127 se muestran los valores promedios de la HT para cada una de las parcelas que componen el estrato.

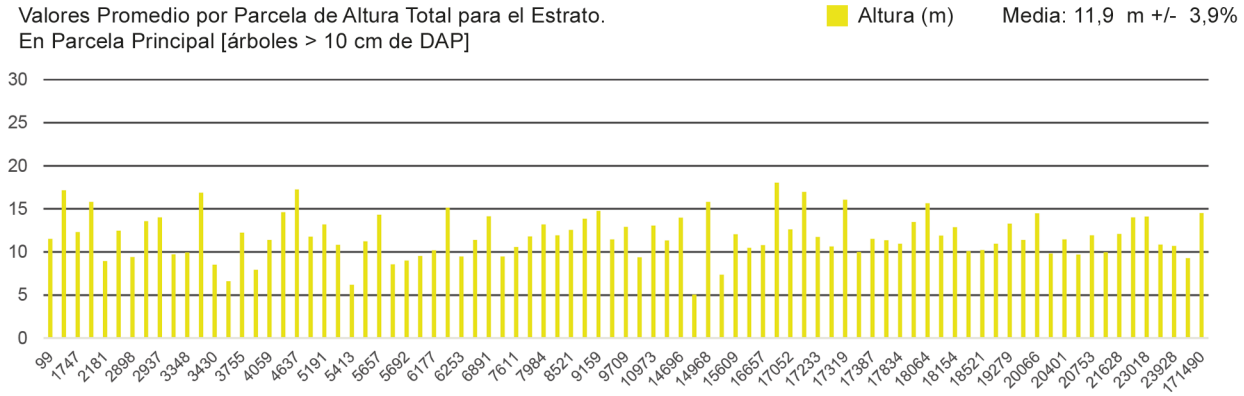


Figura 127. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 10 cm de DAP

6.4.5. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio de la altura total en este componente vegetal es de 4,7 m (±3,1%). Tres parcelas tienen una altura promedio superior a 6 m (3797, 17424 y 19279), cerca de 2 m de diferencia respecto del valor medio para el estrato. En la Figura 128 se presentan los valores medios para la HT en base a las parcelas incluidas en el estrato.

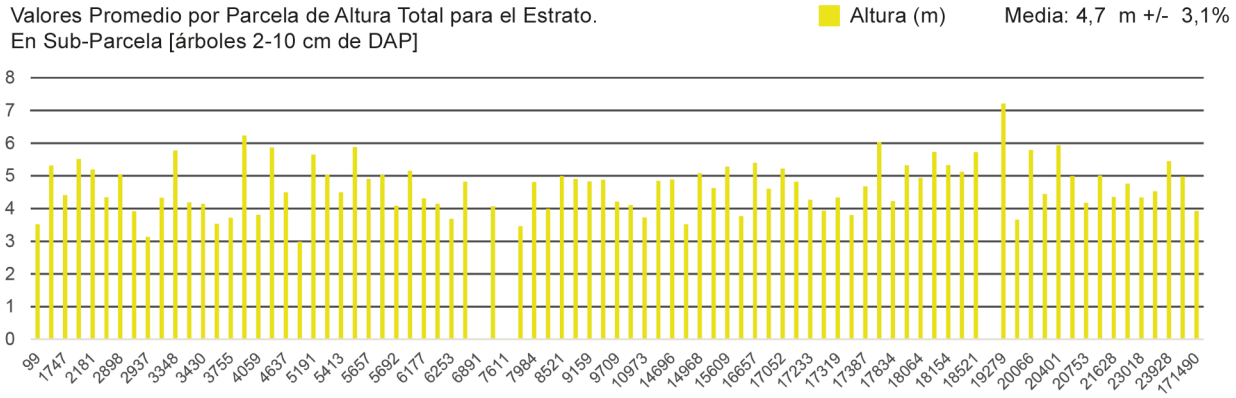


Figura 128. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.4.6. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio de la HT para la combinación de los componentes vegetales es de 8,6 m (±3,7%). En la Figura 129 se observan los valores promedios para la HT para cada una de las parcelas (85) pertenecientes al estrato Bosque Secundario.

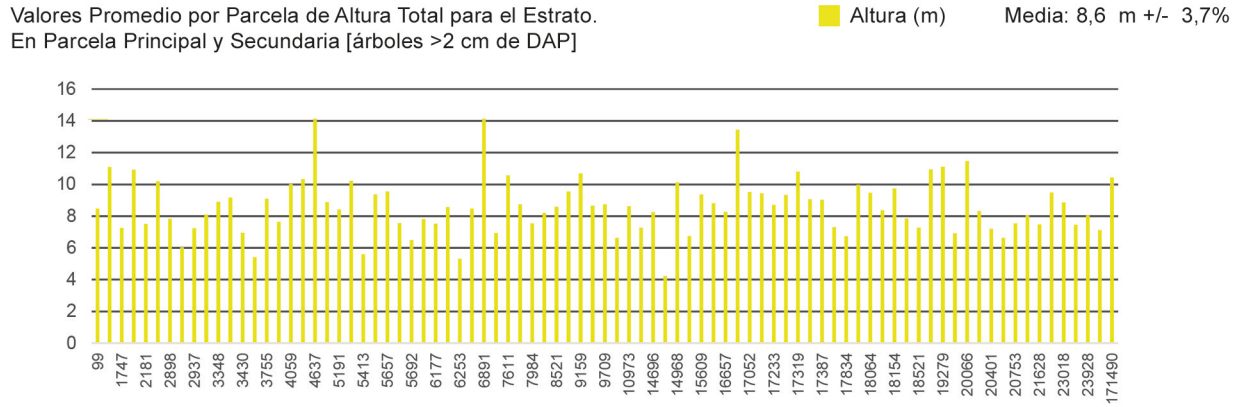


Figura 129. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 2 cm de DAP

6.4.7. Valores promedio por parcela de densidad (árb/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para el número de árboles en este componente arbóreo es de 415 árboles/ha (±6,3%). Seis parcelas superan los 650 árboles/ha (3797, 7443, 7611, 9078, 9534 y 20149) valor supera en cerca de 300 árb/ha al promedio. El valor más bajo es de 130 árboles/ha (parcela 23743). En la Figura 130 se observan los valores medios de la densidad para cada parcela incluida en el estrato.

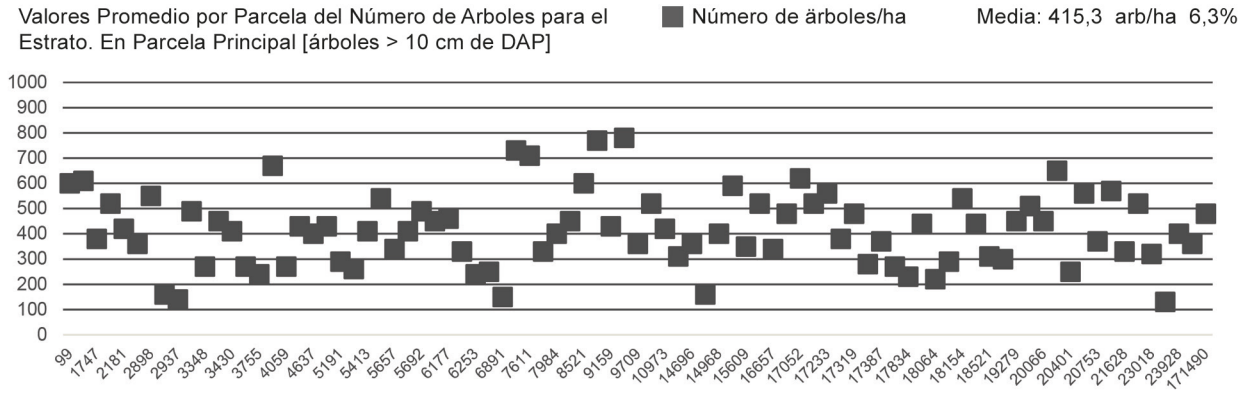


Figura 130. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 10 cm de DAP

6.4.8. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del número de árboles en este componente vegetal es de 1.869 árb/ha (±10,2%). Once parcelas tienen una densidad promedio que supera los 3.000 árb/ha. En cinco parcelas (1736, 6891, 7611, 18506 y 19048) no hubo especies con las características de este componente. En la Figura 131 se presentan los valores medios para la densidad en base a las parcelas incluidas en el estrato.

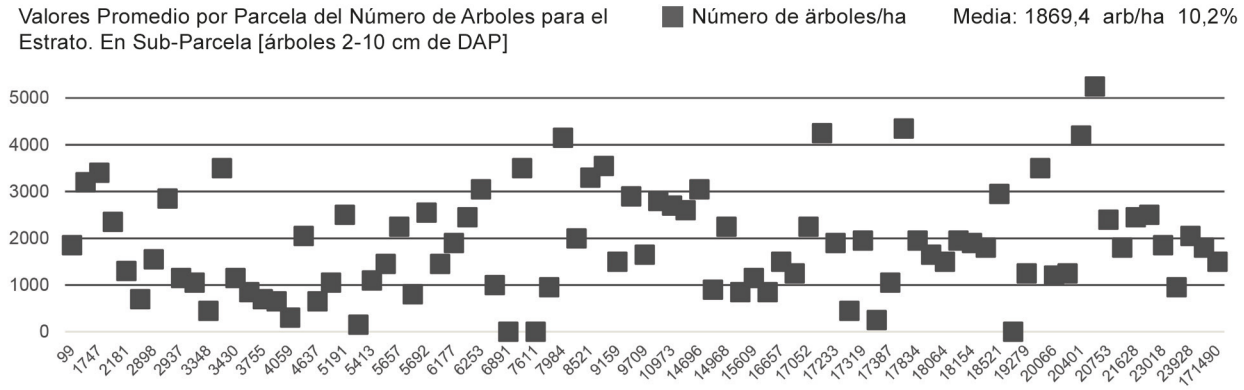


Figura 131. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.4.9. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio de la densidad para la combinación de los componentes vegetales es de 2.285 árb/ha (±9,2%). Los valores medios fluctúan entre 150 árb/ha el más bajo (parcela 6891) y 5.810 árb/ha el más alto (parcela 20577). En la Figura 132 se observan los valores promedios para la densidad para cada una de las parcelas (85) pertenecientes al estrato Bosque Secundario.

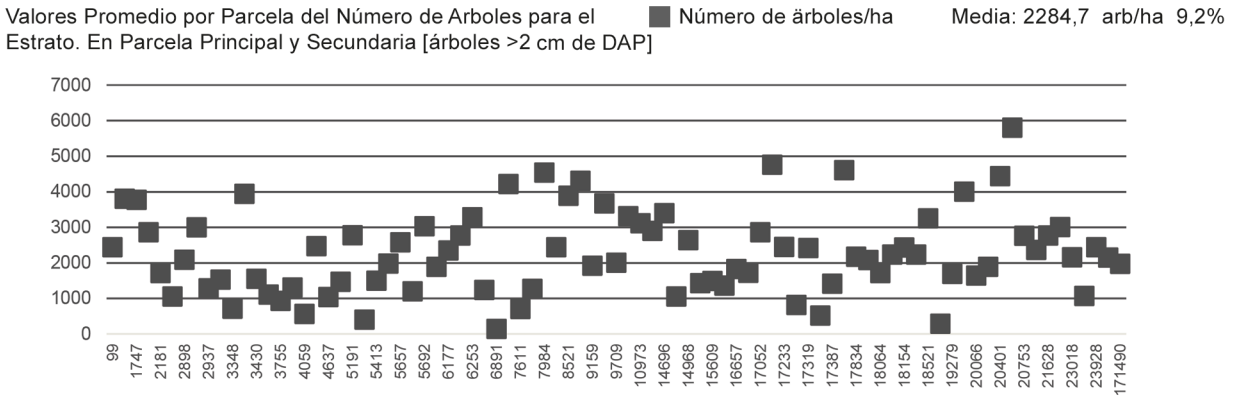


Figura 132. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 2 cm de DAP

6.4.10. Valores promedio por parcela de área basal (m²/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para el área basal en este componente arbóreo es de 19,5 m²/ha (±8,8%). Una parcelas (9534) tiene un valor medio de 60,0 m²/ha debido a que tienen un diámetro medio cuadrático alto 31,2 cm en comparación con el resto (promedio 19 m²/ha). En la Figura 133 se observan los valores medios del área basal para cada parcela incluida en el estrato.

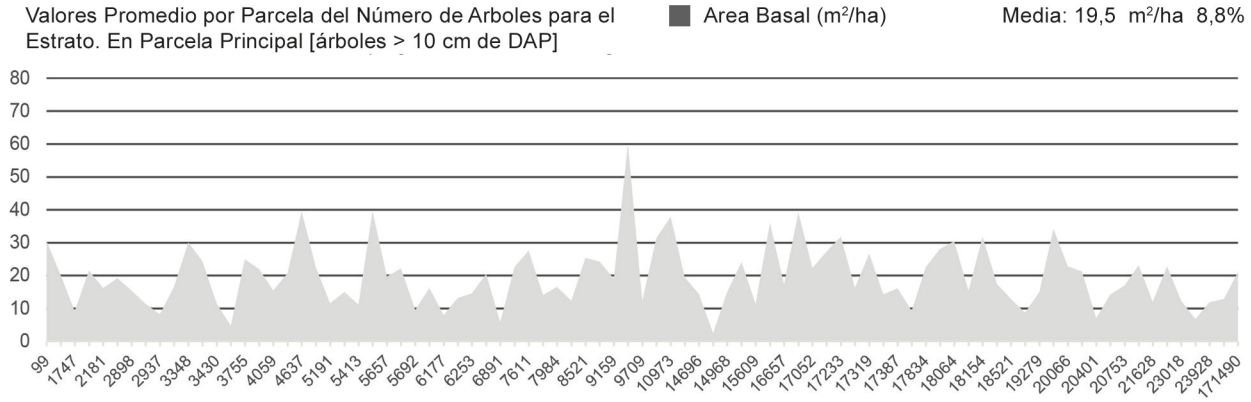


Figura 133. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 10 cm de DAP

6.4.11. Valores promedio por parcela de área basal (m²/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del área basal en este componente vegetal es de 3,4 m²/ha (±10,3%). En cinco parcelas (1736, 6891, 7611, 18506 y 19048) no hubo especies con las características de este componente, por lo que para efectos de cálculo se considera valor cero. En la Figura 134 se presentan los valores medios para el área basal en base a las parcelas incluidas en el estrato.

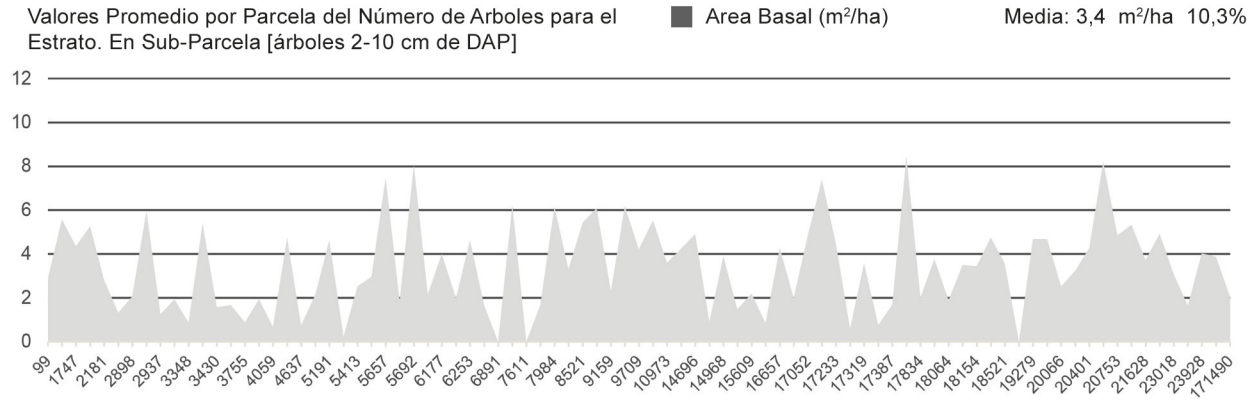


Figura 134. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.4.12. Valores promedio por parcela del área basal (m²/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del área basal para la combinación de los componentes vegetales es de 22,9 m²/ha (±7,8%). Los valores medios fluctúan entre 3,4 m²/ha el más bajo (parcela 14947) y 66,1 m²/ha el más alto (parcela 9534). En la Figura 135 se pueden observar los valores promedios para el área basal en cada una de las parcelas (85) pertenecientes al estrato Bosque Secundario.

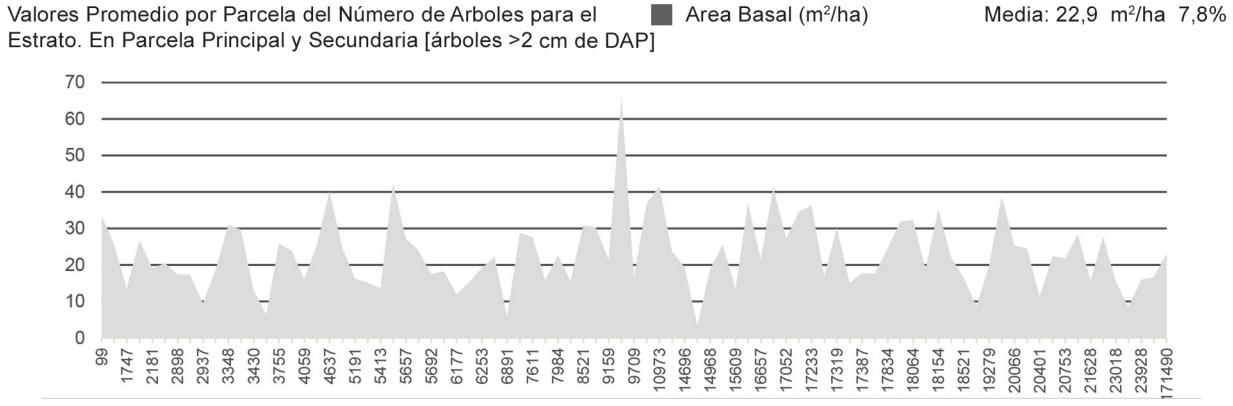


Figura 135. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 2 cm de DAP

6.4.13. Valores promedio por parcela para el volumen (m³/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para el volumen en este componente arbóreo es de 159,2 m³/ha (±11,5%). Tres parcelas (10973, 14947 y 16786) tienen el mayor valor en volumen 460 m³/ha promedio y la parcela 9534 la que tiene el menor valor con 6,2 m³/ha. En la Figura 136 se pueden observar los valores medios del volumen para cada parcela incluida en el estrato.

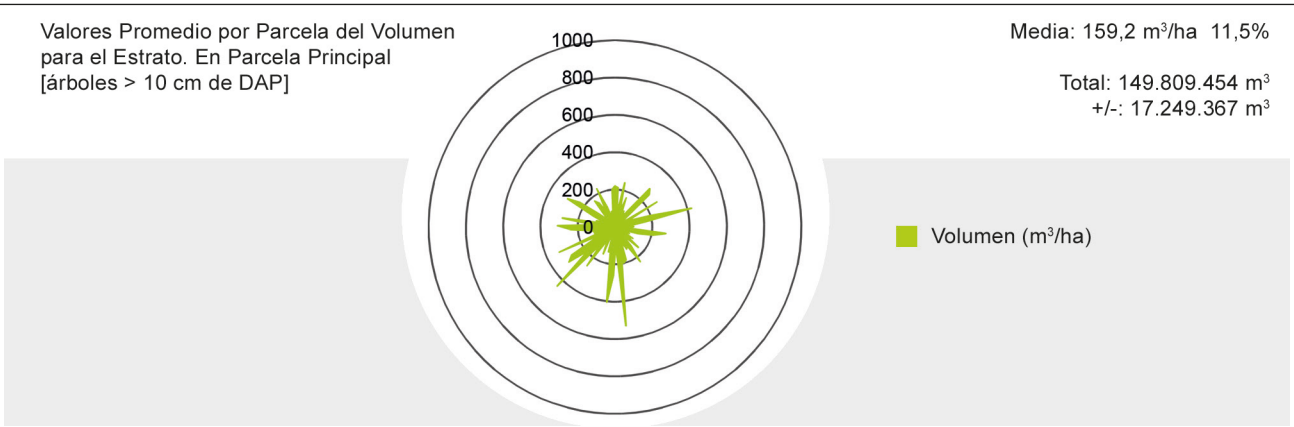


Figura 136. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 10 cm de DAP

6.4.14. Valores promedio por parcela para el volumen (m³/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del volumen en este componente vegetal es de 9,7 m³/ha (±11,4%). En cinco parcelas (1736, 6891, 7611, 18506 y 19048) no hubo especies con las características de este componente, por lo que para efectos de cálculo se considera valor cero. El valor más alto en volumen lo tiene la parcela 17424 con 30,3 m³/ha y el menor valor la parcela 5236 con 0,6 m³/ha, alta dispersión entre los valores medios para el estrato. En la Figura 137 se presentan los valores medios para el volumen en base a las parcelas incluidas en el estrato.

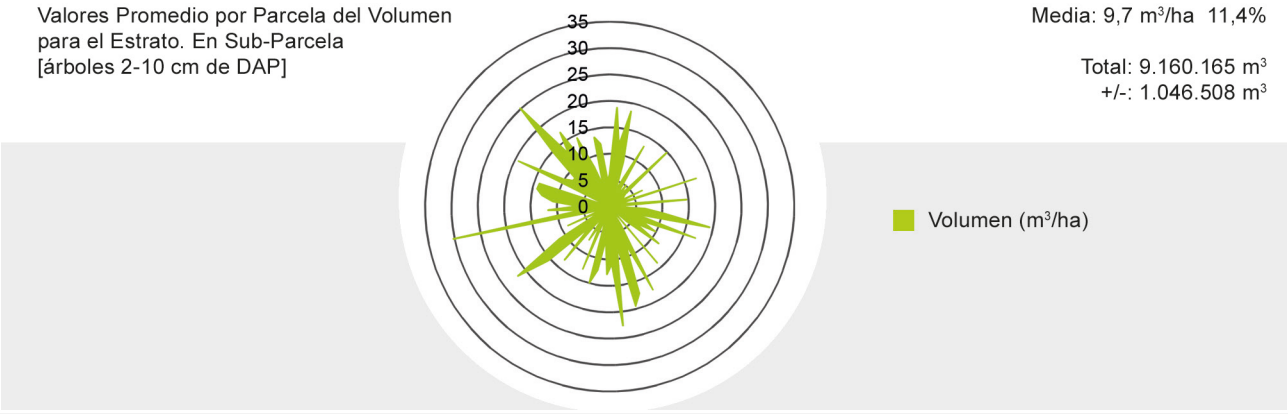


Figura 137. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.4.15. Valores promedio por parcela para el volumen (m³/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del volumen para la combinación de los componentes vegetales es de 169,0 m³/ha (±11,0%). Los valores medios fluctúan entre 7,9 m³/ha el más bajo (parcela 14947) y 554,7 m³/ha el más alto (parcela 9534). El volumen total obtenido es de 158.969.619 m³ (± 17.433.504 m³). En la Figura 138 se pueden observar los valores promedios para el volumen en base a cada una de las parcelas (85) pertenecientes al estrato Bosque Secundario.

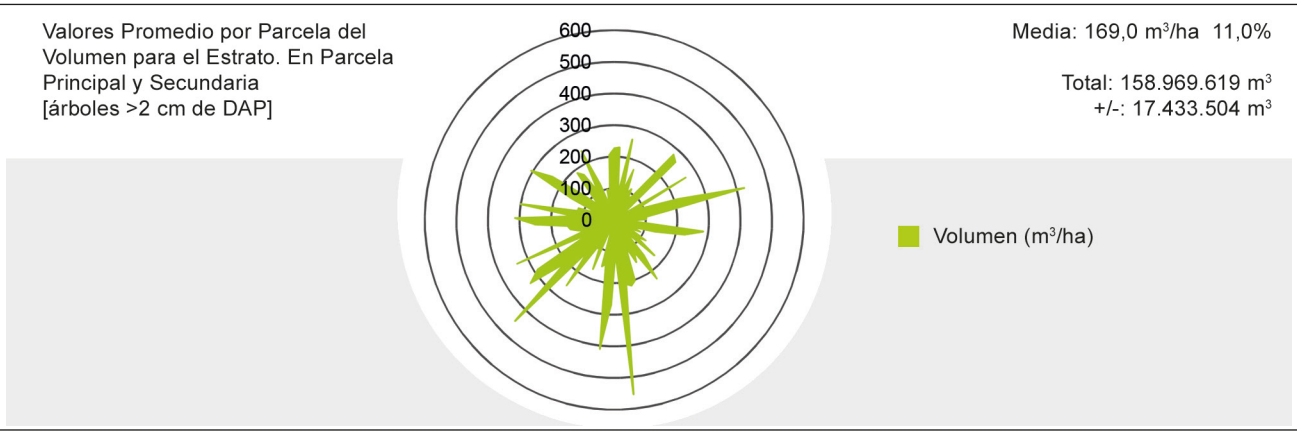


Figura 138. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 2 cm de DAP

6.4.16. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para la biomasa en este componente arbóreo es de 111,3 ton/ha (±12,5%). La parcela 9534 es la que tiene el mayor valor en biomasa 413,1 ton/ha y la parcela 14947 la que tiene el menor valor con 5,7 ton/ha. En la Figura 139 se pueden observar los valores medios de la biomasa en base a cada parcela incluida en el estrato.

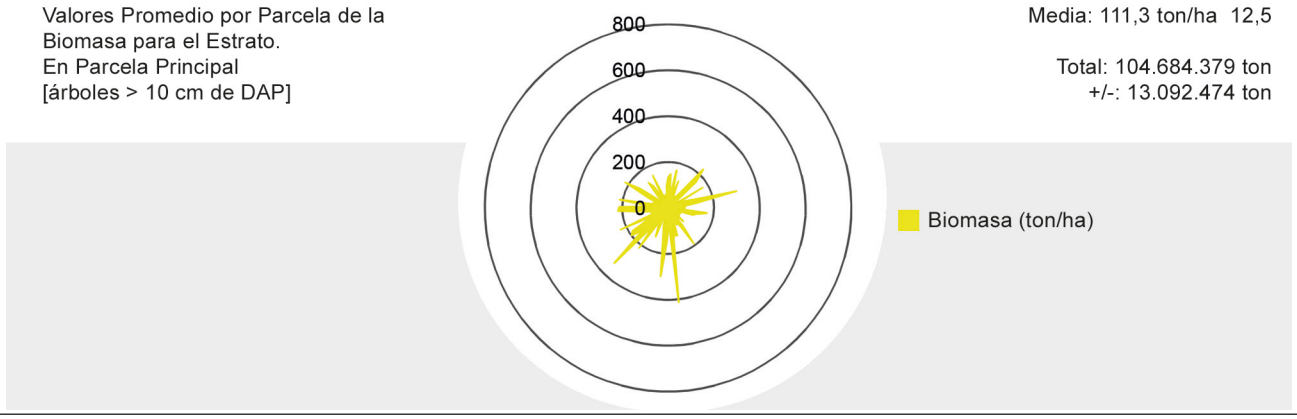


Figura 139. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 10 cm de DAP

6.4.17. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio de la biomasa en este componente vegetal es de 8,7 ton/ha (±10,7%). En cinco parcelas (1736, 6891, 7611, 18506 y 19048) no hubo especies con las características de este componente, por lo que para efectos de cálculo se considera valor cero. El valor más alto en biomasa lo tiene la parcela 17424 con 26,0 ton/ha y el menor valor la parcela 5236 con 0,6 ton/ha, alta diferencia entre los valores medios. En la Figura 140 se presentan los valores medios para la biomasa en base a las parcelas incluidas en el estrato.

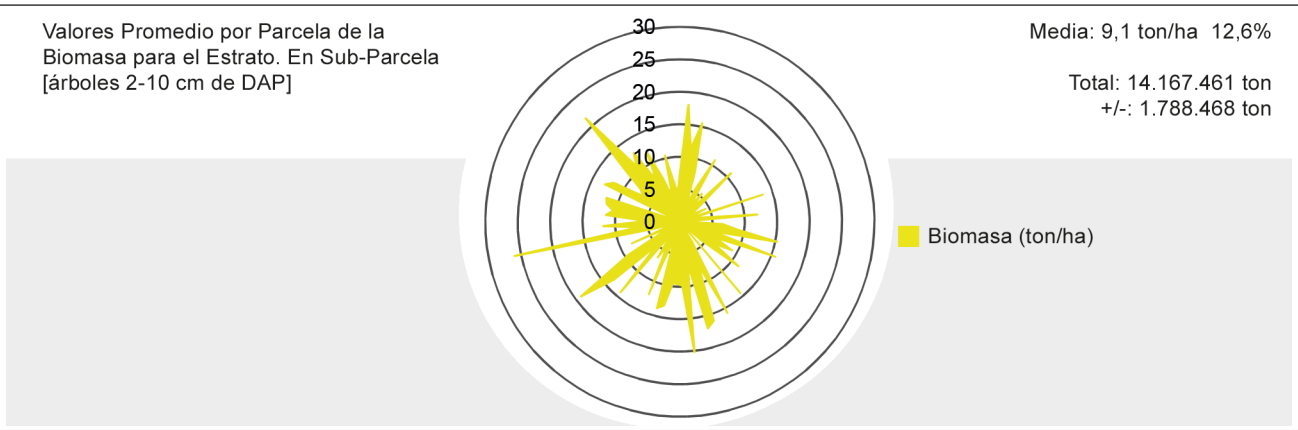


Figura 140. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.4.18. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del volumen para la combinación de los componentes vegetales es de 120,0 ton/ha (±11,7%). Los valores medios fluctúan entre 8,1 ton/ha el más bajo (parcela 14947) y 433,3 ton/ha el más alto (parcela 9534). La existencia total de biomasa es de 112.869.465 toneladas (± 13.261.479 toneladas). En la Figura 141 se puede observar los valores promedios para la biomasa en base a cada una de las parcelas (85) pertenecientes al estrato Bosque Secundario.

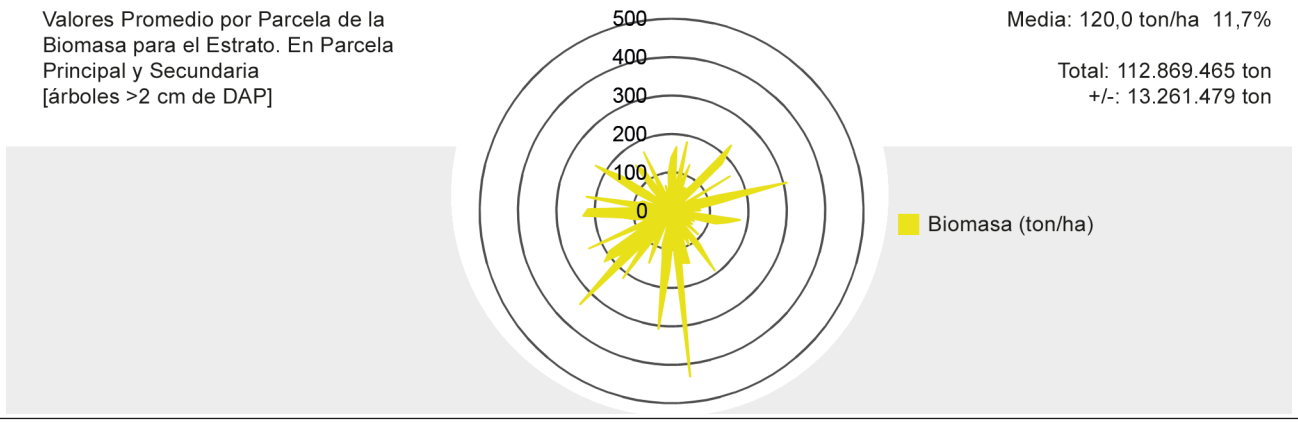


Figura 141. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 2 cm de DAP

6.4.19. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio del CO_2 en este componente arbóreo es de 204,0 ton/ha (±12,5%). La parcela 9534 es la que tiene el mayor valor en CO_2 con 757,4 ton/ha y la parcela 14947 la que tiene el menor valor con 10,4 ton/ha. En la Figura 142 se puede observar los valores medios del CO_2 en base a cada parcela incluida en el estrato.

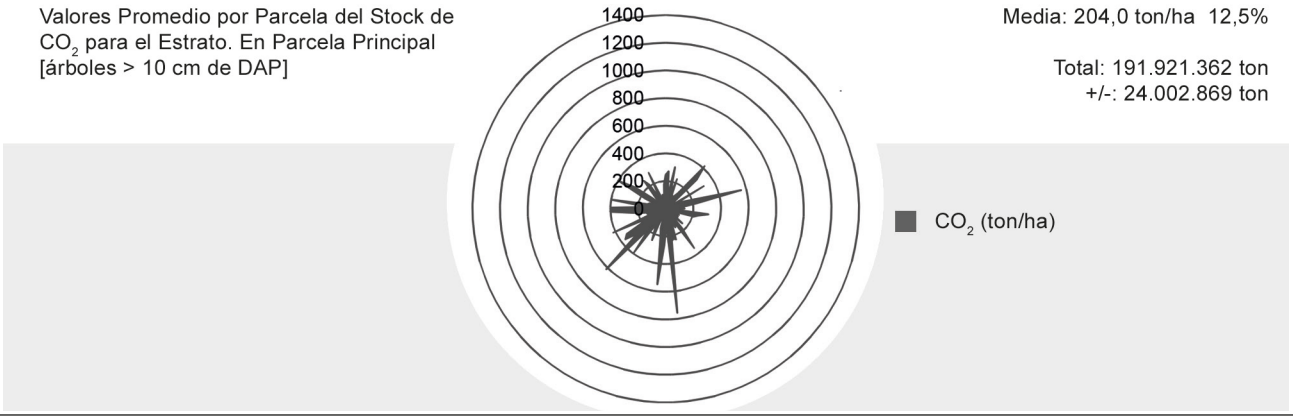


Figura 142. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 10 cm de DAP

6.4.20. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del CO_2 en este componente vegetal es de 15,9 ton/ha (±10,7%). En cinco parcelas (1736, 6891, 7611, 18506 y 19048) no hubo especies con las características de este componente, por lo que para efectos de cálculo se considera valor cero. El valor más alto en CO_2 lo tiene la parcela 17424 con 47,7 ton/ha y el menor valor la parcela 5236 con 1,0 ton/ha, se observa alta diferencia entre los valores medios. En la Figura 143 se presenta los valores medios para el CO_2 en base a las parcelas incluidas en el estrato.

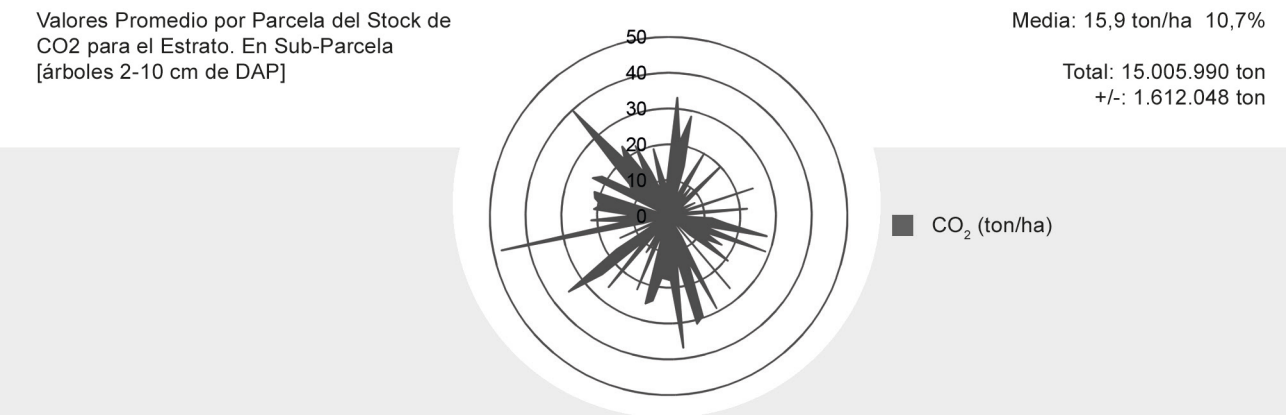


Figura 143. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.4.21. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del CO_2 para la combinación de los componentes vegetales es de 219,9 ton/ha (±11,7%). Los valores medios fluctúan entre 14,5 ton/ha el más bajo (parcela 14947) y 794,4 ton/ha el más alto (parcela 9534). La existencia total de CO_2 es de 206.927.352 toneladas (± 24.312.711 toneladas). En la Figura 144 se puede observar los valores promedios para el CO_2 en base a cada una de las parcelas (85) pertenecientes al estrato Bosque Secundario.

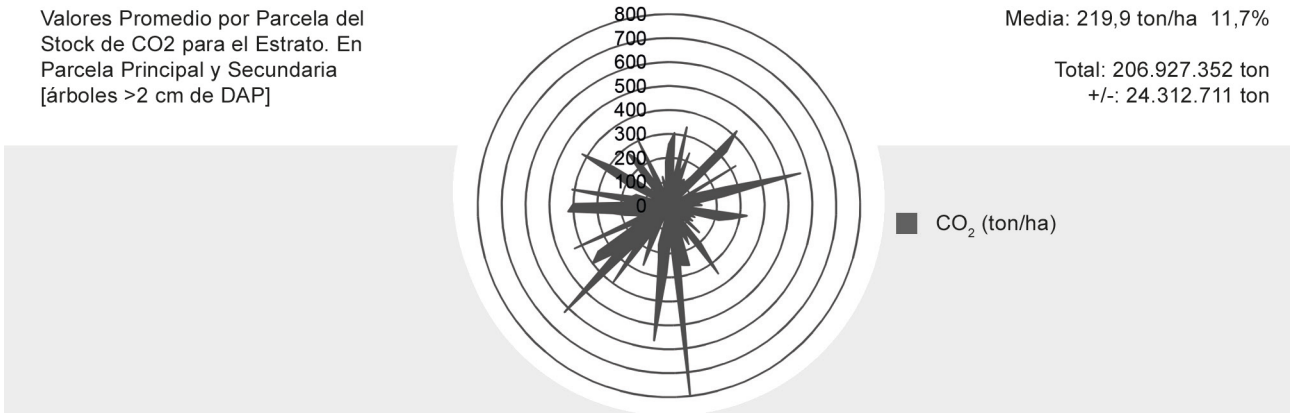
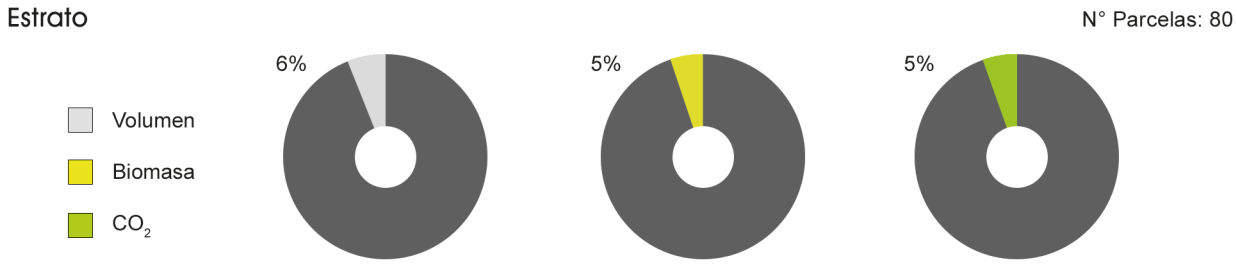


Figura 144. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Bosque Secundario árboles ≥ 2 cm de DAP

6.5. Información por parcelas estrato Pasto con Árboles

En este estrato arbóreo se realizaron 80 unidades de muestreo (parcelas) correspondiente a un 28,6% del total de unidades ejecutadas. En base al muestreo para el estrato la proporción para algunas variables de existencias en relación al inventario total, arrojan para el volumen, biomasa y CO_2 un peso similar de alrededor del 5%. En el Cuadro 116 se presenta la proporción del estrato en relación al total del inventario para las existencias.

Cuadro 116. Proporción de existencias en relación al inventario total para Pasto con Árboles





6.5.1. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 10 cm

El valor medio para el DAP en el componente vegetal es de 26,4 cm (±11,0%). En 29 parcelas (36% del total) el valor promedio está sobre los 30 cm. En la Figura 145 se muestra los valores promedios para el DAP para cada una de las parcelas que componen el estrato.

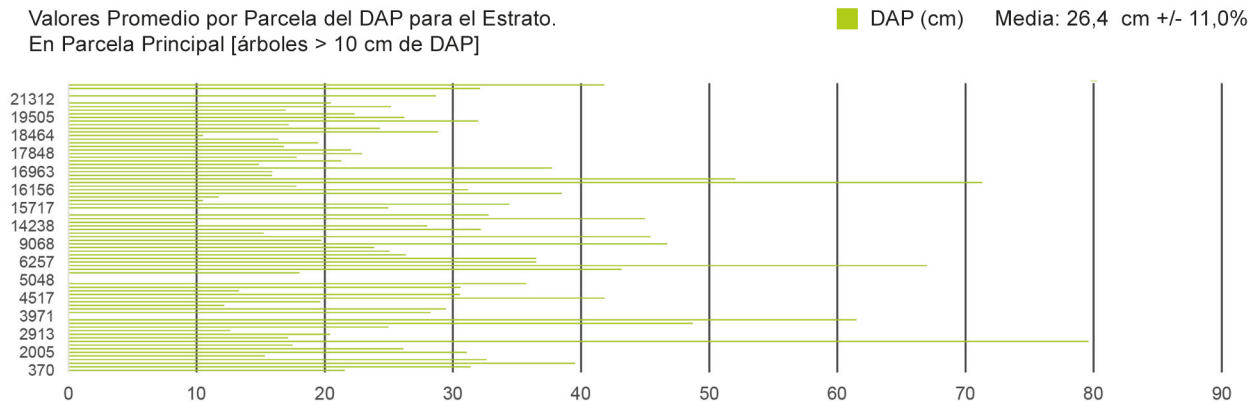


Figura 145. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 10 cm

6.5.2. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles entre 2 y 9,9 cm

El valor promedio del DAP en el componente vegetal es de 2,3 cm (±94,3%). En este estrato no estaba considerado ejecutar otras mediciones distintas de la parcela principal (UMP), por lo que la mayoría de las parcelas no tienen información para este componente arbóreo. En la Figura 146 se muestra los valores promedios de DAP para cada una de las parcelas que componen el estrato.

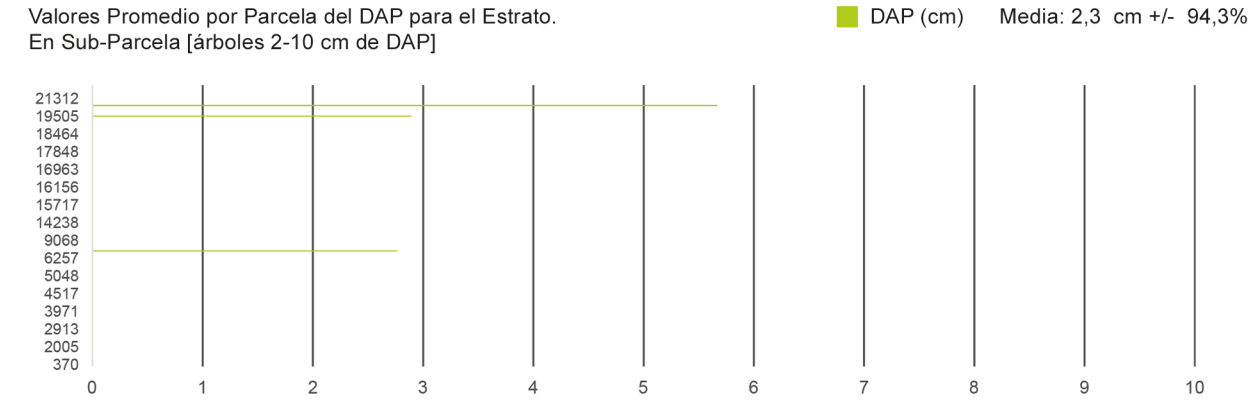


Figura 146. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles entre 2 cm y 9,9 cm

6.5.3. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 2 cm

El valor promedio del DAP para la combinación de los componentes vegetales es de 25,9 cm (±11,4%). En la Figura 147 se puede observar los valores promedios para el DAP para cada una de las parcelas (80) pertenecientes al estrato Pasto con Árboles.

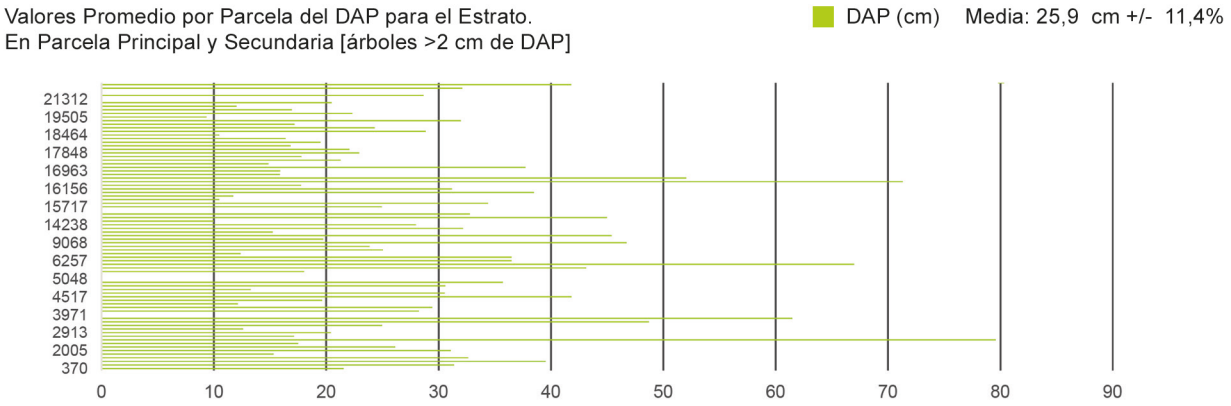


Figura 147. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 2 cm

6.5.4. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para la altura total en el componente de árboles mayores es de 9,1 m (±3,9%). Del total de parcelas 12 de ellas superan los 15 m de altura promedio. En la Figura 148 se muestra los valores promedios de la HT para cada una de las parcelas que componen el estrato.

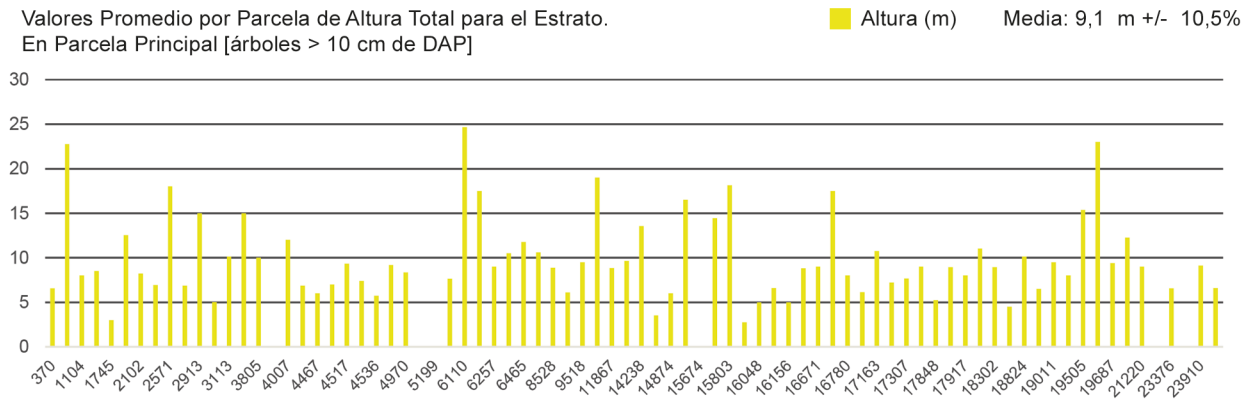


Figura 148. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 10 cm de DAP

6.5.5. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio de la altura total en este componente vegetal es de 2,6 m (±92,4%). En este estrato sólo se consideró la medición de la parcela principal (UMP: especies ≥ 10 cm de DAP). En la Figura 149 se presenta los valores medios para la HT en base a las parcelas incluidas en el estrato.

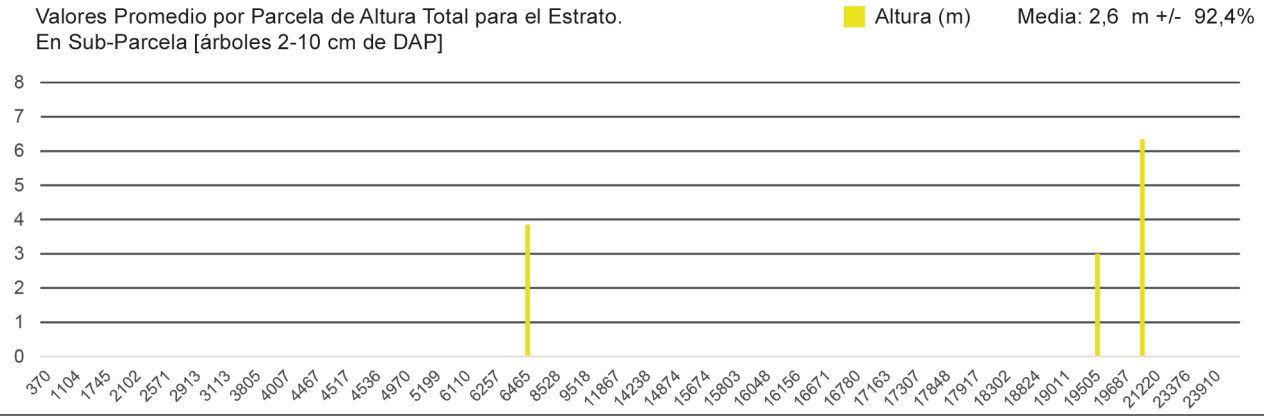


Figura 149. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.5.6. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio de la HT para la combinación de los componentes vegetales es de 8,9 m (±10,6%). En la Figura 150 se puede observar los valores promedios para la HT para cada una de las parcelas (80) pertenecientes al estrato Pasto con Árboles.

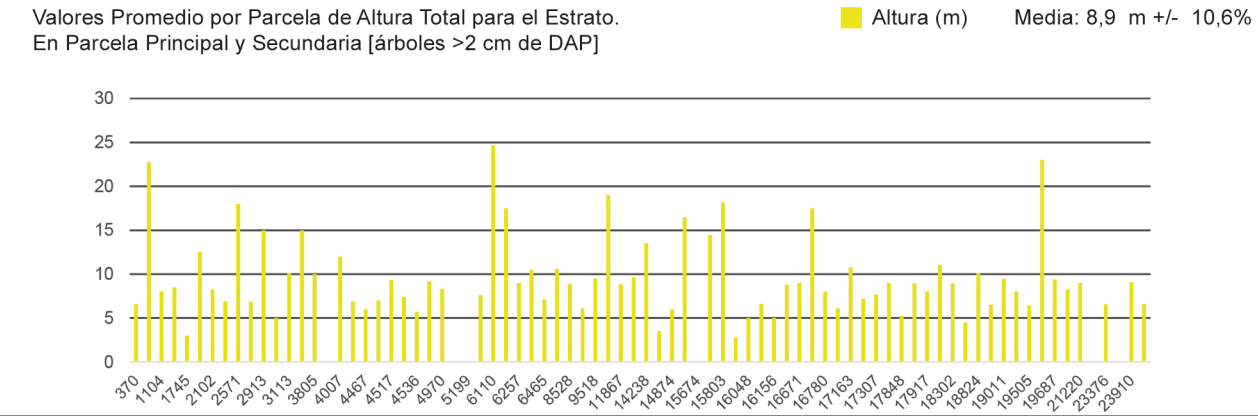


Figura 150.Valores de HT promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 2 cm de DAP

6.5.7. Valores promedio por parcela de densidad (árb/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para el número de árboles en este componente arbóreo es de 72 árboles/ha (±17,2%). Tres parcelas superan los 200 árboles/ha (2801, 3113, 16963 y 18302) valor supera en cerca de 200 árb/ha al promedio. El valor más bajo es de 10 árboles/ha (parcelas 2571, 6232, 14410, 14874 y 18464). En la Figura 151 se puede observar los valores medios de la densidad para cada parcela incluida en el estrato.

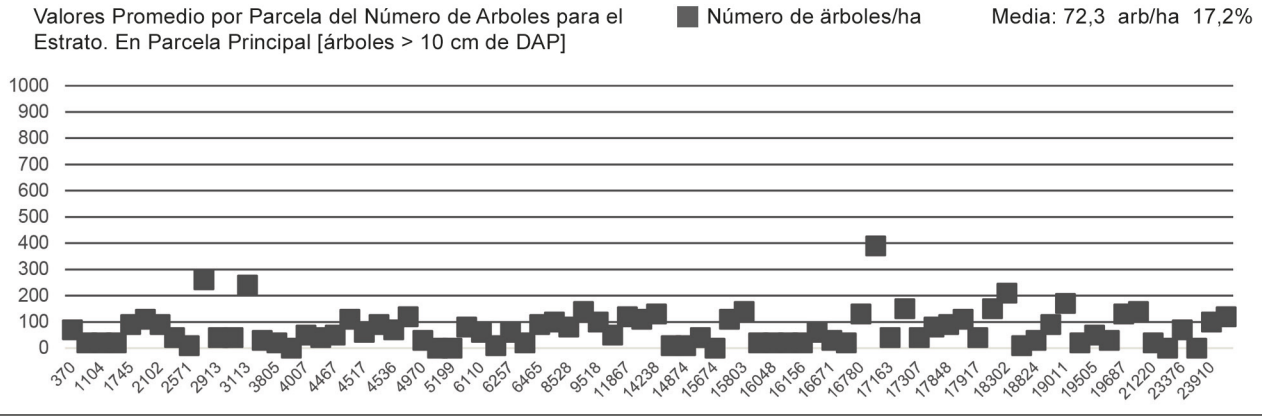


Figura 151. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 10 cm de DAP

6.5.8. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del número de árboles en este componente vegetal es de 34 árb/ha (±98,1%). En este estrato sólo se consideró la medición de la parcela principal (UMP: especies ≥ 10 cm de DAP). En la Figura 152 se presenta los valores medios para la densidad en base a las parcelas incluidas en el estrato.

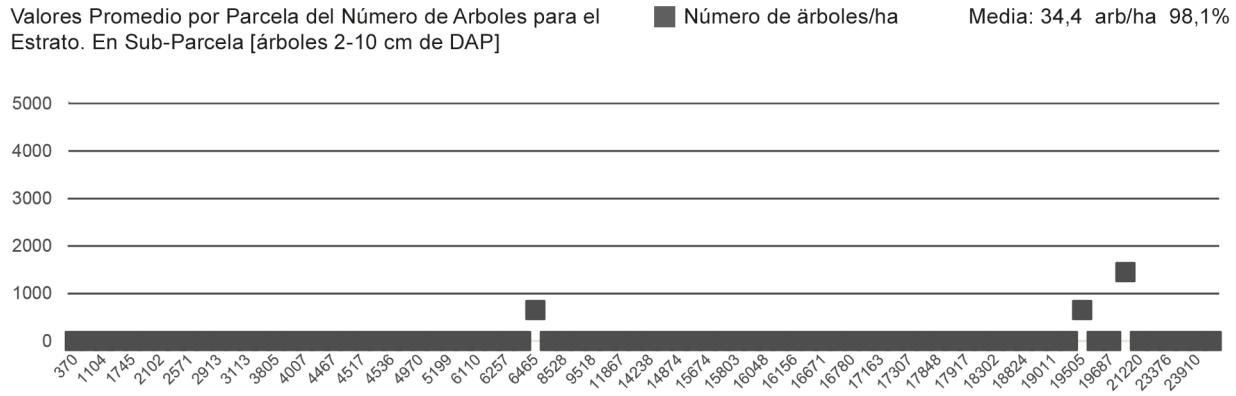


Figura 152. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.5.9. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio de la densidad para la combinación de los componentes vegetales es de 107 árb/ha (±36,2%). Los valores medios fluctúan entre 10 árb/ha el más bajo (parcela 2571, 6232, 14410, 14874 y 18464) y 1.590 árb/ha el más alto (parcela 20673), esta densidad incluye árboles medidos excepcionalmente en la parcela secundaria (UMS). En la Figura 153 se puede observar los valores promedios para la densidad para cada una de las parcelas (80) pertenecientes al estrato Pasto con Árboles.

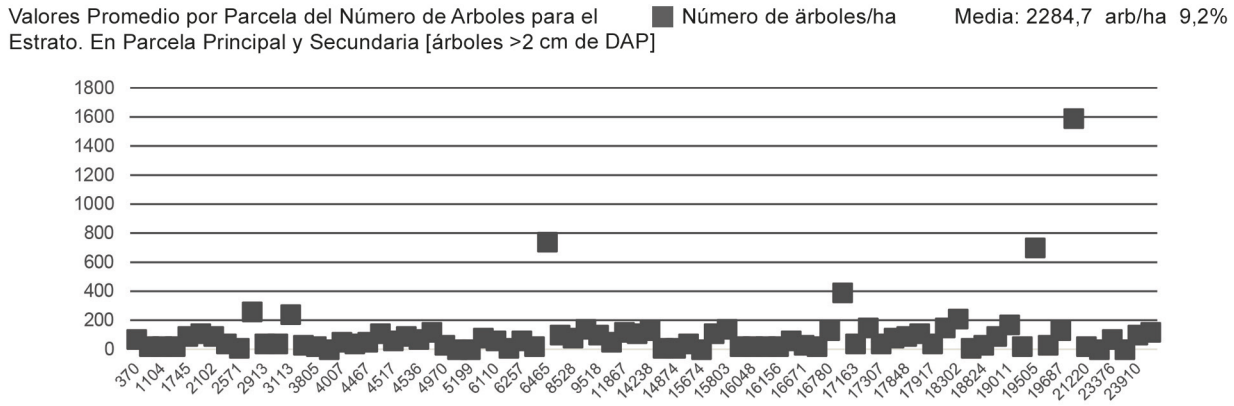


Figura 153. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 2 cm de DAP

6.5.10. Valores promedio por parcela de área basal (m^2/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para el área basal en este componente arbóreo es de 5,1 m^2/ha (±20,1%). Una parcelas (9068) tiene un valor medio de 30,4 m^2/ha debido a que tienen un diámetro medio cuadrático alto 52,6 cm en comparación con el resto (promedio 5,2 m^2/ha). En la Figura 154 se puede observar los valores medios del área basal para cada parcela incluida en el estrato.

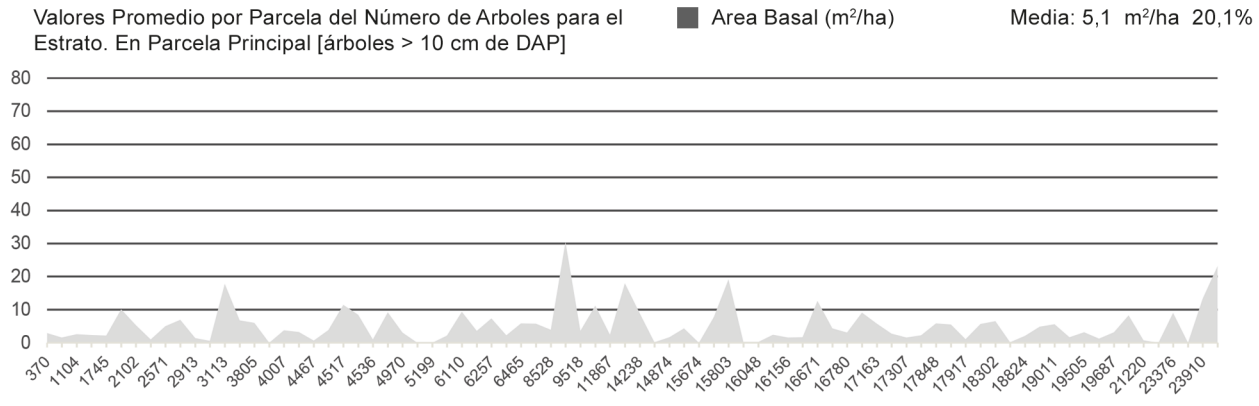


Figura 154. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 10 cm de DAP

6.5.11. Valores promedio por parcela de área basal (m^2/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del área basal en este componente vegetal es de 0,1 m^2/ha (±159,6%). En este estrato sólo se consideró la medición de la parcela principal (UMP: especies ≥ 10 cm de DAP). En la Figura 155 se presenta los valores medios para el área basal para las parcelas incluidas en el estrato.

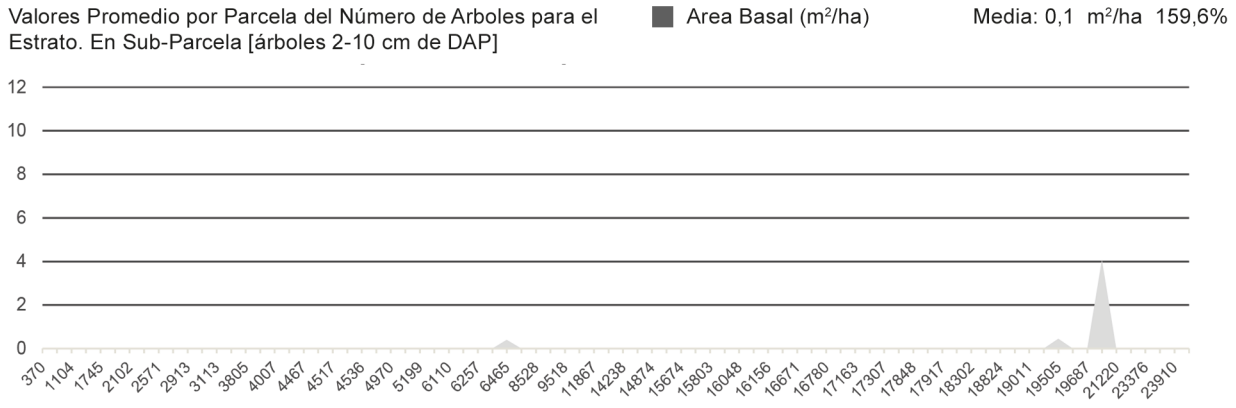


Figura 155. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.5.12. Valores promedio por parcela del área basal (m²/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del área basal para la combinación de los componentes vegetales es de 5,2 m²/ha (±20,0%). Los valores medios fluctúan entre 0,1 m²/ha el más bajo (parcela 14410) y 30,4 m²/ha el más alto (parcela 9068). En la Figura 156 se puede observar los valores promedios para el área basal para cada una de las parcelas (80) pertenecientes al estrato Pasto con Árboles.

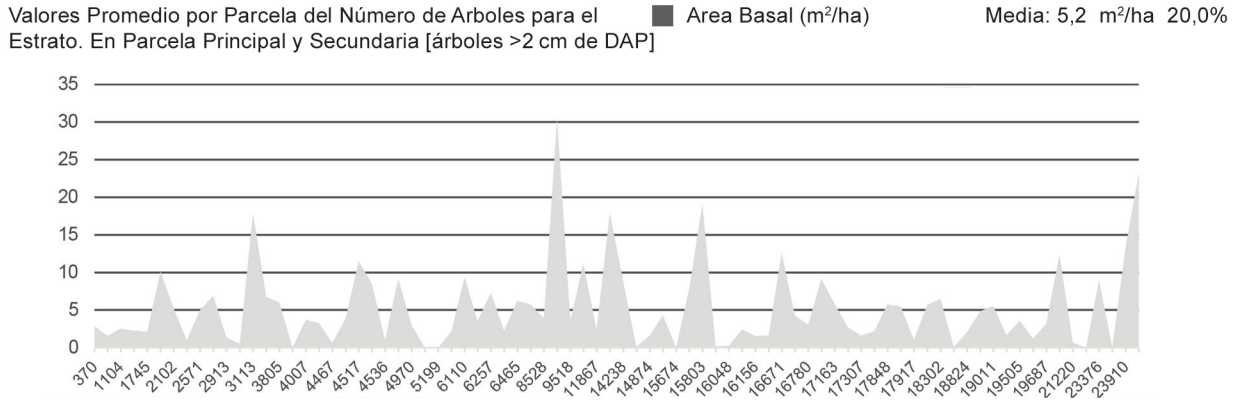


Figura 156. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 2 cm de DAP

6.5.13. Valores promedio por parcela para el volumen (m³/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para el volumen en este componente arbóreo es de 34,0 m³/ha (±24,3%). Dos parcelas (13870 y 15803) tienen el mayor valor en volumen 226 m³/ha promedio y la parcela 14410 la que tiene el menor valor con 0,1 m³/ha. En la Figura 157 se puede observar los valores medios del volumen en base a cada parcela incluida en el estrato.

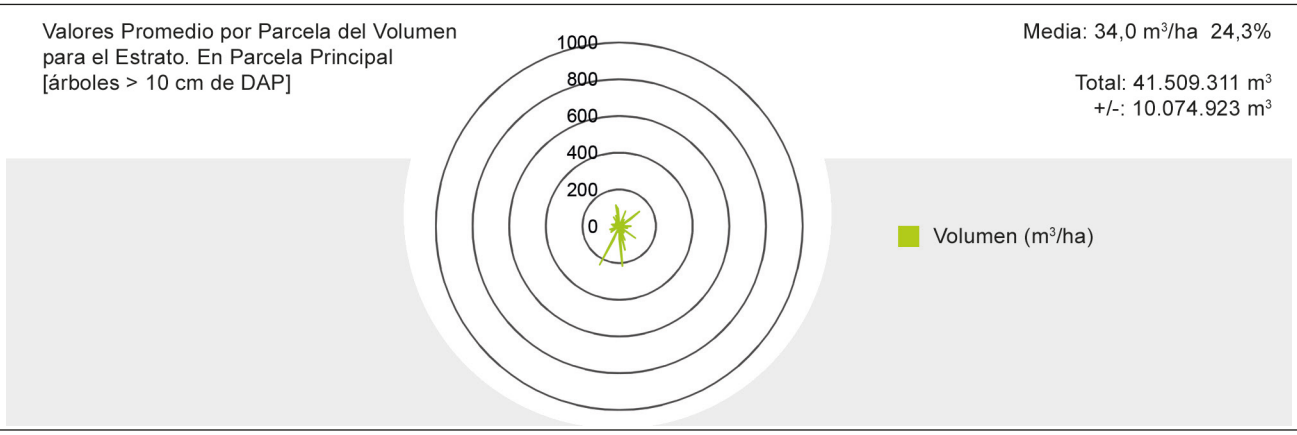


Figura 157. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 10 cm de DAP

6.5.14. Valores promedio por parcela para el volumen (m³/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del volumen en este componente vegetal es de 0,2 m³/ha (±179,1%). En este estrato sólo se consideró la medición de la parcela principal (UMP: especies ≥ 10 cm de DAP). En la Figura 158 se presenta los valores medios para el volumen en base a las parcelas incluidas en el estrato.

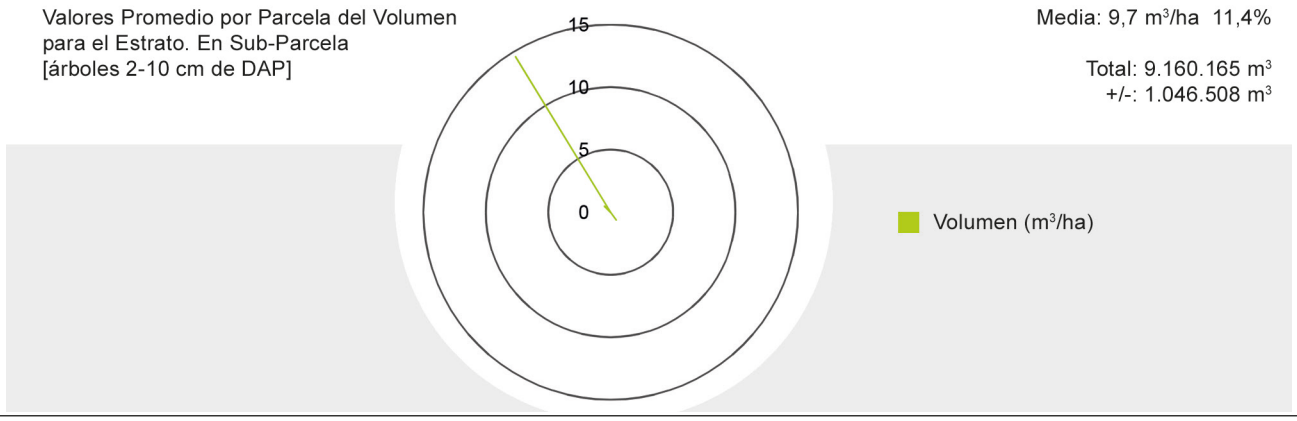


Figura 158. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.5.15. Valores promedio por parcela para el volumen (m³/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del volumen para la combinación de los componentes vegetales es de 34,2 m³/ha (±24,2%). Los valores medios fluctúan entre 0,1 m³/ha el más bajo (parcela 14410) y 235,7 m³/ha el más alto (parcela 15803). El volumen total obtenido es de 41.753.416 m³ (± 10.103.893 m³). En la Figura 159 se puede observar los valores promedios para el volumen en base a cada una de las parcelas (80) pertenecientes al estrato Pasto con Árboles.



Figura 159. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 2 cm de DAP

6.5.16. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para la biomasa en este componente arbóreo es de 21,8 ton/ha (±23,8%). La parcela 15803 es la que tiene el mayor valor en biomasa 162,1 ton/ha y la parcela 14410 la que tiene el menor valor con 0,1 ton/ha. En la Figura 160 se puede observar los valores medios de la biomasa para base a cada parcela incluida en el estrato.

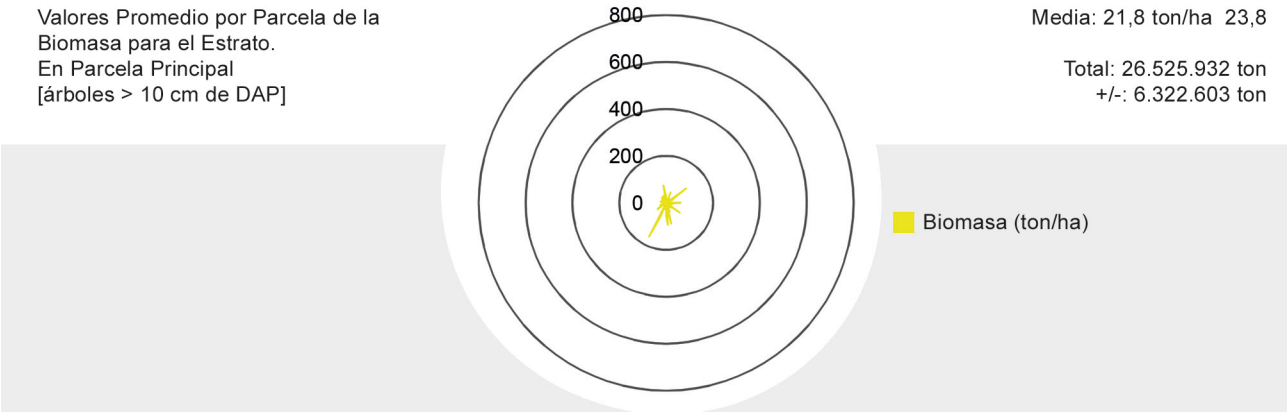


Figura 160. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 10 cm de DAP

6.5.17. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio de la biomasa en este componente vegetal es de 0,2 ton/ha (±161,6%). En este estrato sólo se consideró la medición de la parcela principal (UMP: especies ≥ 10 cm de DAP). En la Figura 161 se presenta los valores medios para la biomasa en base a las parcelas incluidas en el estrato.

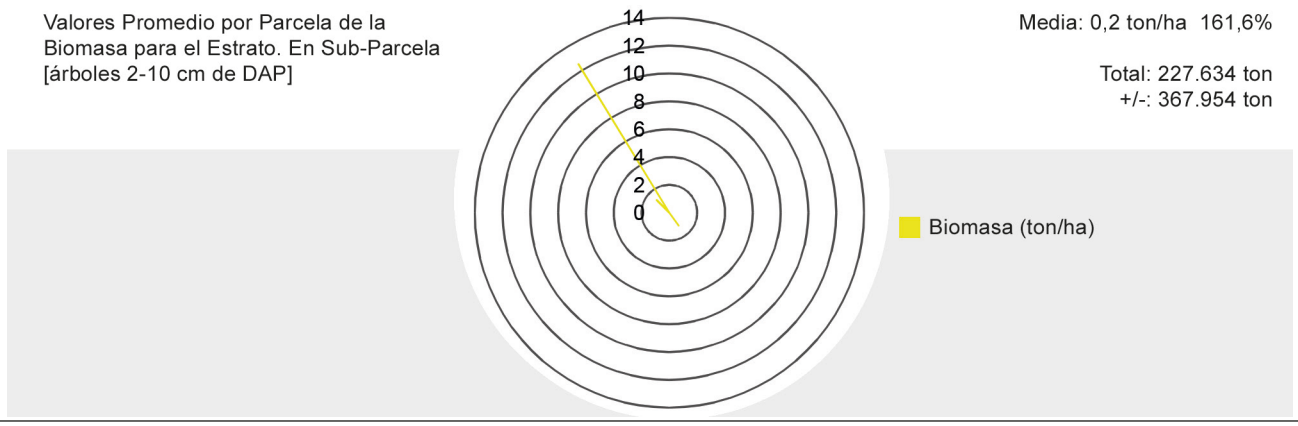


Figura 161. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.5.18. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del volumen para la combinación de los componentes vegetales es de 21,9 ton/ha (±23,7%). Los valores medios fluctúan entre 0,1 ton/ha el más bajo (parcela 14410) y 162,1 ton/ha el más alto (parcela 15803). La existencia total de biomasa es de 26.753.566 toneladas (± 6.341.141 toneladas). En la Figura 162 se puede observar los valores promedios para la biomasa en base a cada una de las parcelas (80) pertenecientes al estrato Pasto con Árboles.

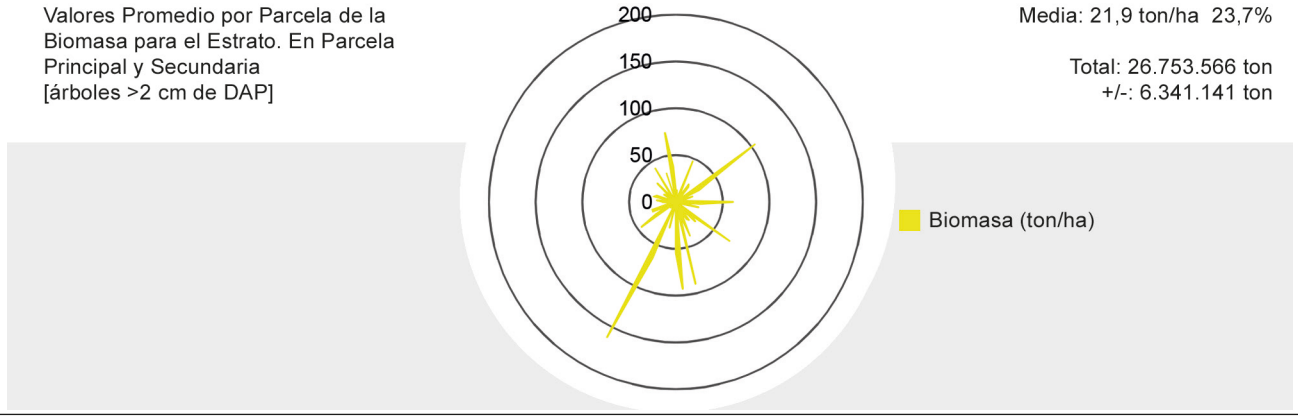


Figura 162. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 2 cm de DAP

6.5.19. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio del CO_2 en este componente arbóreo es de 39,9 ton/ha (±23,8%). La parcela 15803 es la que tiene el mayor valor en CO_2 con 297,1 ton/ha y la parcela 14410 la que tiene el menor valor con 0,2 ton/ha. En la Figura 163 se puede observar los valores medios del CO_2 en base a cada parcela incluida en el estrato.

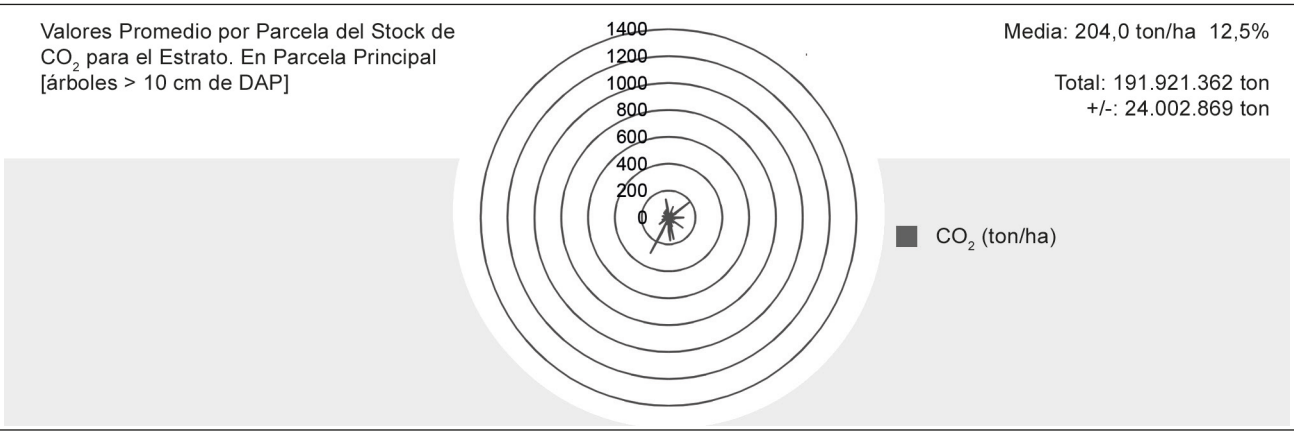


Figura 163. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 10 cm de DAP

6.5.20. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del CO_2 en este componente vegetal es de 5,5 ton/ha (±161,6%). En este estrato sólo se consideró la medición de la parcela principal (UMP: especies ≥ 10 cm de DAP). En la Figura 164 se presenta los valores medios para el CO_2 en base a las parcelas incluidas en el estrato.

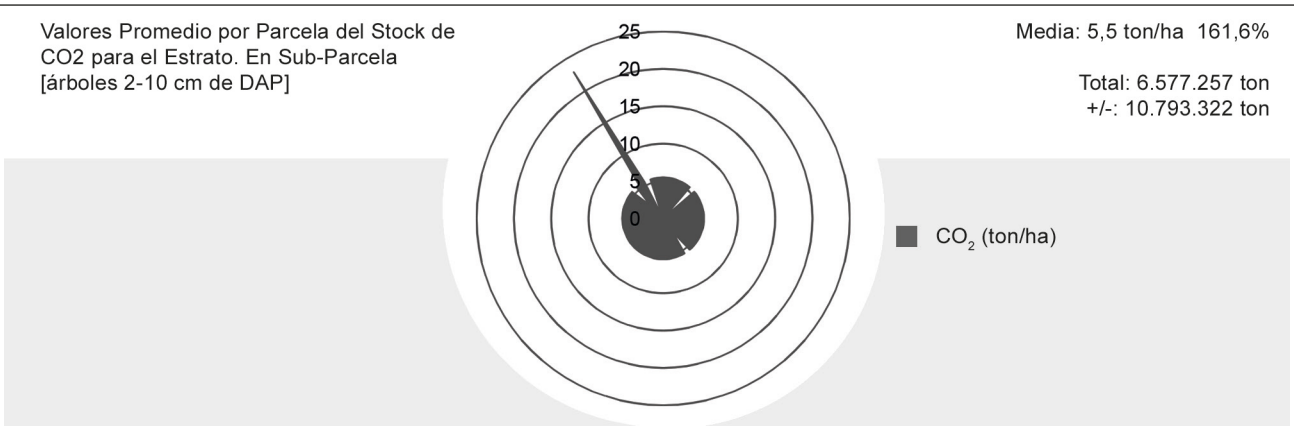


Figura 164. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.5.21. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del CO_2 para la combinación de los componentes vegetales es de 45,4 ton/ha (±21,0%). Los valores medios fluctúan entre 5,5 ton/ha el más bajo (parcela 3971) y 302,6 ton/ha el más alto (parcela 15803). La existencia total de CO_2 es de 55.308.133 toneladas (± 11.634.543 toneladas). En la Figura 165 se puede observar los valores promedios para el CO_2 en base a cada una de las parcelas (80) pertenecientes al estrato Pasto con Árboles.

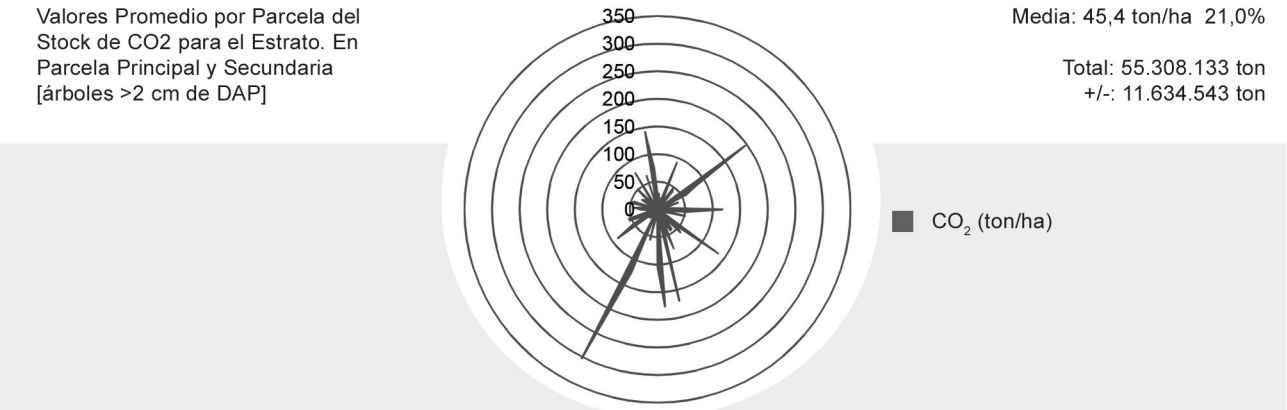
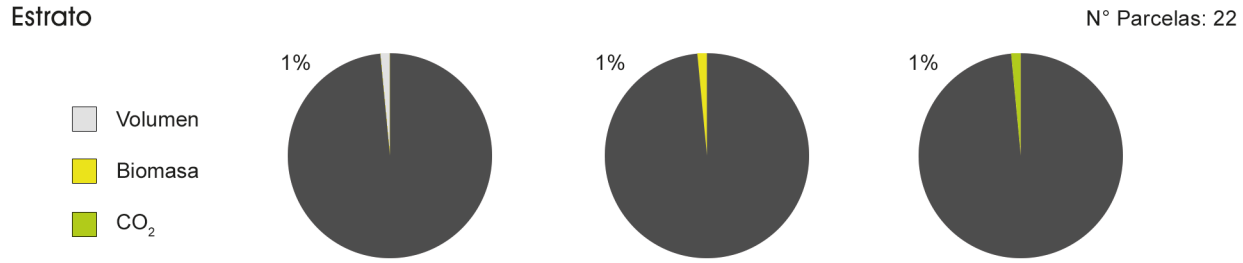


Figura 165. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Pasto con Árboles ≥ 2 cm de DAP

6.6. Información por parcelas estrato Plantación Forestal

En este estrato arbóreo se realizaron 22 unidades de muestreo (parcelas) correspondiente a un 7,8% del total de unidades ejecutadas. En base al muestreo para el estrato la proporción para algunas variables de existencias en relación al inventario total, arrojan para el volumen, biomasa y CO_2 un peso similar de alrededor del 1%. En el Cuadro 117 se presenta la proporción del estrato en relación al total del inventario para las existencias.

Cuadro 117. Proporción de existencias en relación al inventario total para Plantación Forestal





6.6.1. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 10 cm

El valor medio para el DAP en el componente vegetal es de 24,4 cm (±23,5%). En cinco parcelas (23% del total) el valor promedio está sobre los 30 cm. En la Figura 166 se muestra los valores promedios para el DAP para cada una de las parcelas que componen el estrato.

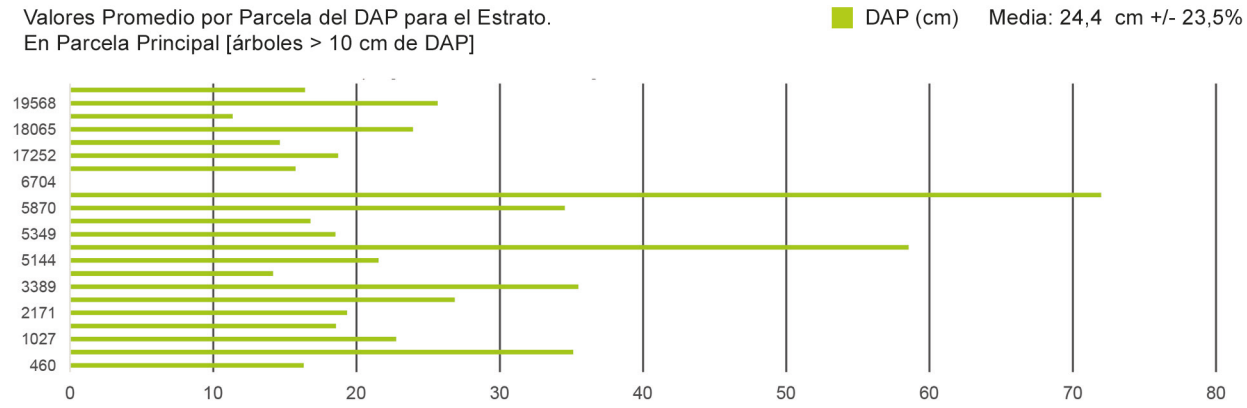


Figura 166. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 10 cm

6.6.2. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles entre 2 y 9,9 cm

El valor promedio del DAP en el componente vegetal es de 3,6 cm (±0,1%). En este estrato no estaba considerado ejecutar otras mediciones distintas de la parcela principal (UMP), por lo que la mayoría de las parcelas no tienen información para este componente arbóreo. En la Figura 167 se muestra los valores promedios de DAP para cada una de las parcelas que componen el estrato.

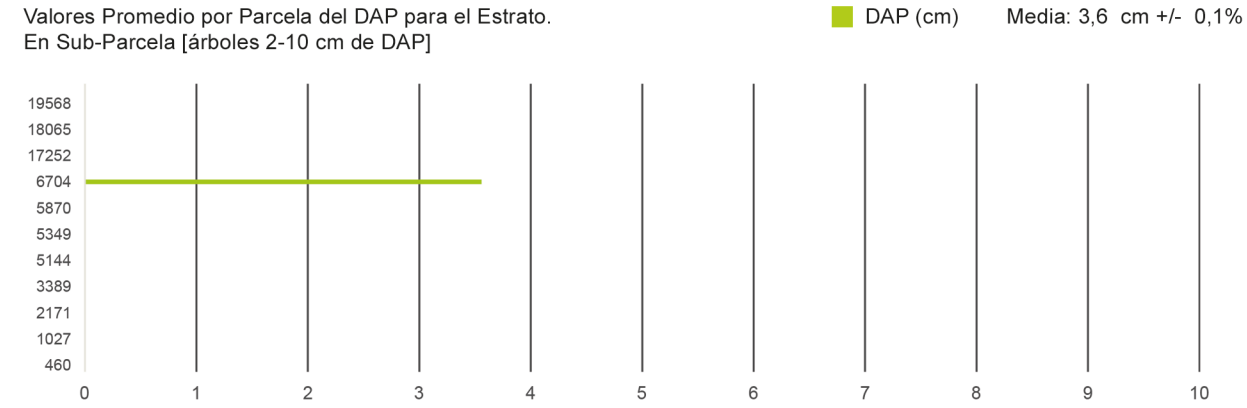


Figura 167. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles entre 2 cm y 9,9 cm

6.6.3. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 2 cm

El valor promedio del DAP para la combinación de los componentes vegetales es de 24,6 cm (±22,9%). En la Figura 168 se puede observar los valores promedios para el DAP en base a cada una de las parcelas (22) pertenecientes al estrato Plantación Forestal.

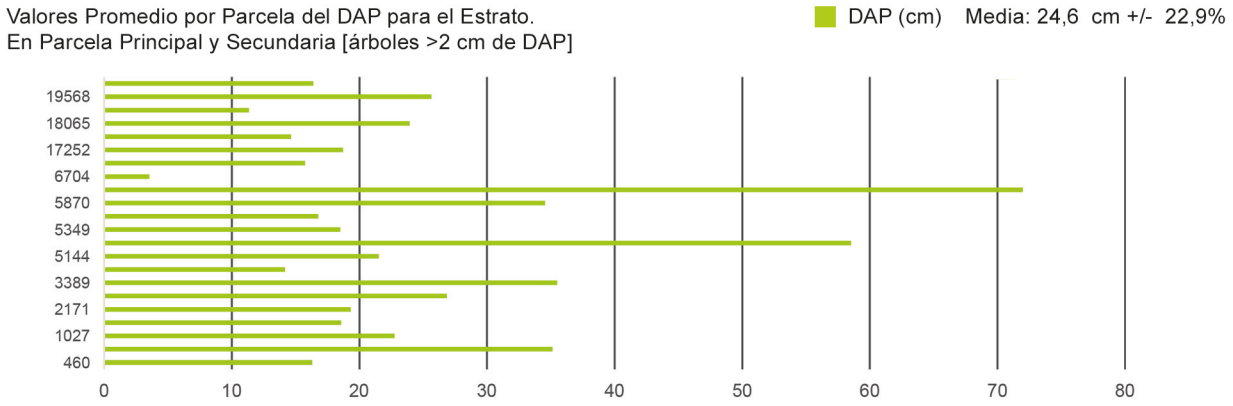


Figura 168. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 2 cm

6.6.4. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para la altura total en el componente de árboles mayores es de 13,2 m (±16,6%). Del total de parcelas 8 de ellas superan los 15 m de altura promedio. En la Figura 169 se muestra los valores promedios de la HT para cada una de las parcelas que componen el estrato.

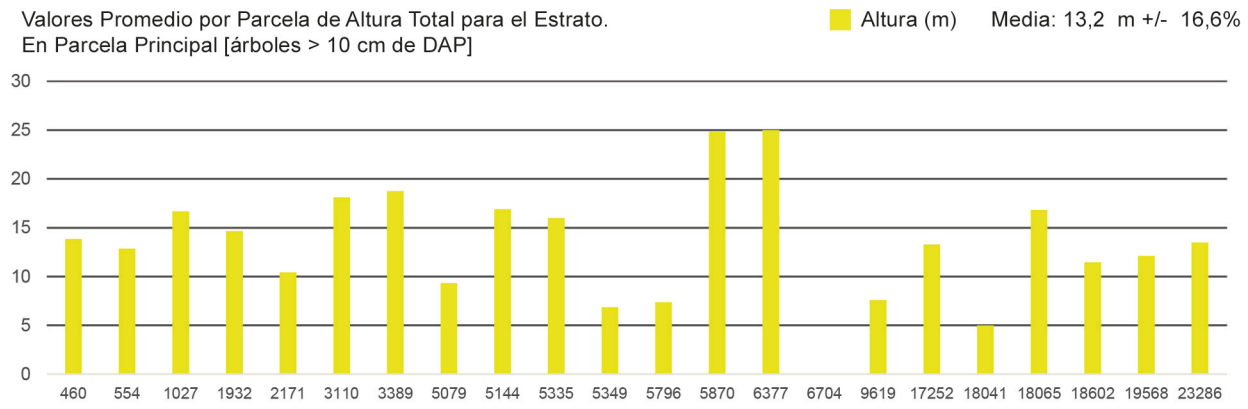


Figura 169. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 10 cm de DAP

6.6.5. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio de la altura total en este componente vegetal es de 2,4 m (±0,1%). En este estrato sólo se consideró la medición de la parcela principal (UMP: especies ≥ 10 cm de DAP). En la Figura 170 se presenta los valores medios para la HT para cada una de las parcelas incluidas en el estrato.

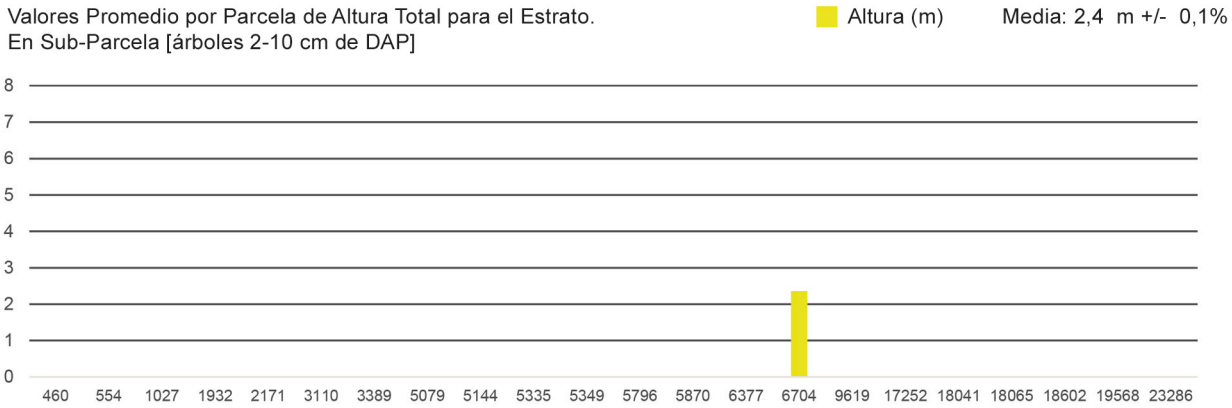


Figura 170. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.6.6. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio de la HT para la combinación de los componentes vegetales es de 13,3 m (±13,3%). En la Figura 171 se puede observar los valores promedios para la HT para cada una de las parcelas (22) pertenecientes al estrato Plantación Forestal.

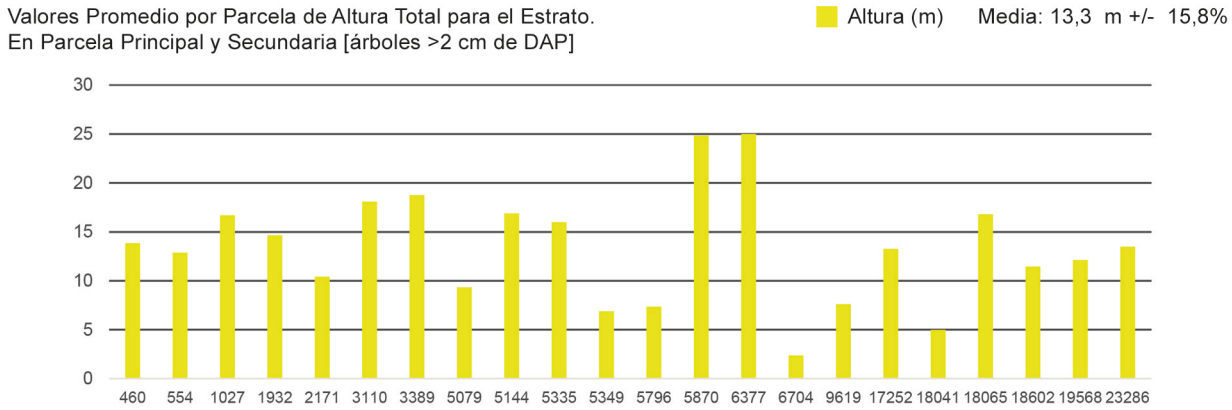


Figura 171. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 2 cm de DAP

6.6.7. Valores promedio por parcela de densidad (árb/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para el número de árboles en este componente arbóreo es de 286 árboles/ha (±25,0%). Tres parcelas superan los 600 árboles/ha (460, 5079 y 23286) valor supera en cerca de 350 árb/ha al promedio. El valor más bajo es de 10 árboles/ha (parcelas 6377). En la Figura 172 se puede observar los valores medios de la densidad para cada parcela incluida en el estrato.

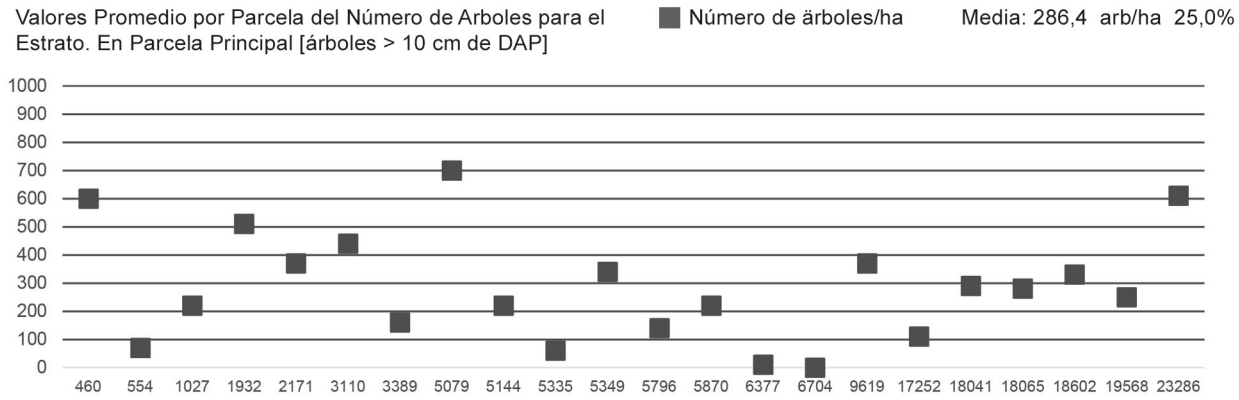


Figura 172. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 10 cm de DAP

6.6.8. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del número de árboles en este componente vegetal es de 26 árb/ha (±0,1%). En este estrato sólo se consideró la medición de la parcela principal (UMP: especies ≥ 10 cm de DAP). En la Figura 173 se presenta los valores medios de la densidad para cada una de las parcelas incluidas en el estrato.

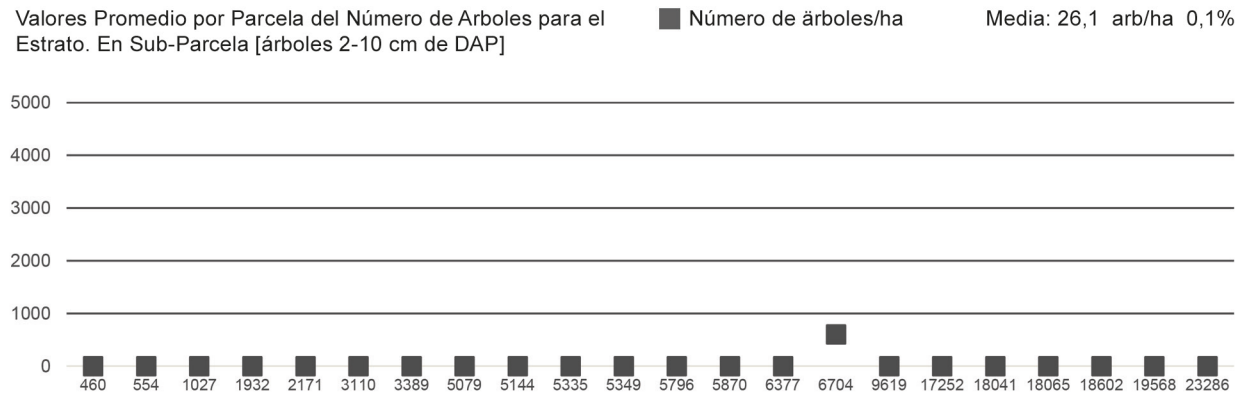


Figura 173. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.6.9. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio de la densidad para la combinación de los componentes vegetales es de 314 árb/ha (±22,9%). Los valores medios fluctúan entre 10 árb/ha el más bajo (parcela 6377) y 700 árb/ha el más alto (parcela 5079). En la Figura 174 se puede observar los valores promedios de la densidad para cada una de las parcelas (22) pertenecientes al estrato Plantación Forestal.

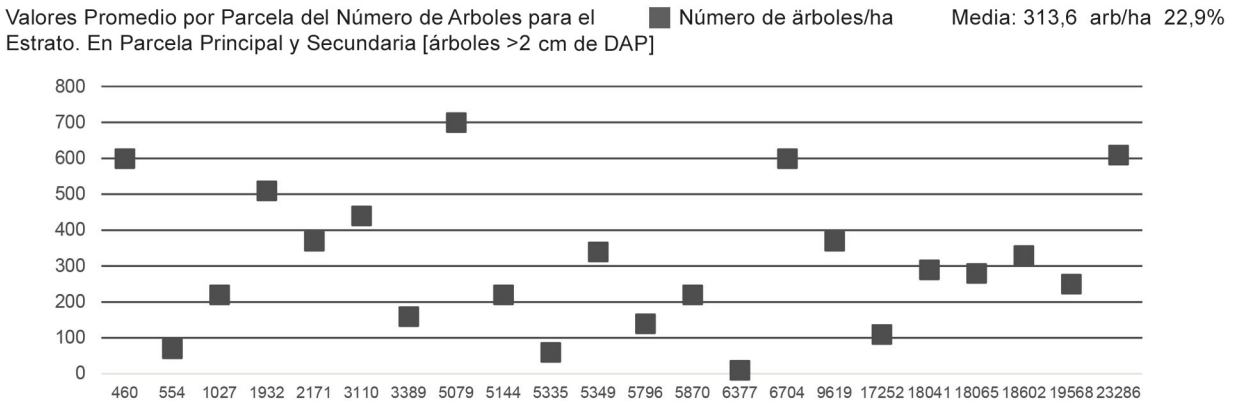


Figura 174. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 2 cm de DAP

6.6.10. Valores promedio por parcela de área basal (m²/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para el área basal en este componente arbóreo es de 10,9 m²/ha (±21,2%). Dos parcelas (3110 y 5870) tienen un valor medio de 23,3 m²/ha debido a que tienen un diámetro medio cuadrático alto 31,1 cm en comparación con el resto (promedio 9,2 m²/ha). En la Figura 175 se puede observar los valores medios del área basal para cada parcela incluida en el estrato.

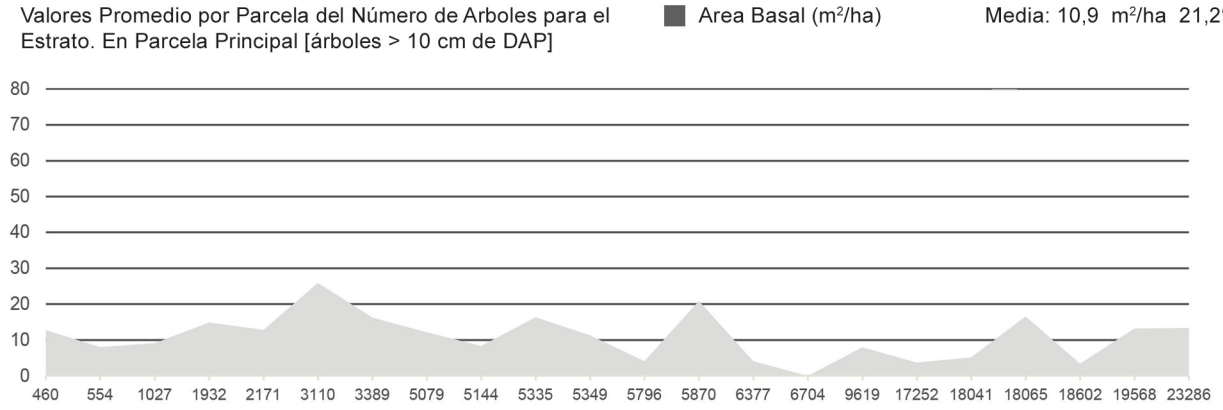


Figura 175. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 10 cm de DAP

6.6.11. Valores promedio por parcela de área basal (m²/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del área basal en este componente vegetal es de 0,0 m²/ha (±0,1%). En este estrato sólo se consideró la medición de la parcela principal (UMP: especies ≥ 10 cm de DAP). En la Figura 176 se presenta los valores medios para el área basal para las parcelas incluidas en el estrato.



Figura 176. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.6.12. Valores promedio por parcela del área basal (m²/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del área basal para la combinación de los componentes vegetales es de 10,9 m²/ha (±20,9%). Los valores medios fluctúan entre 0,6 m²/ha el más bajo (parcela 6704) y 25,9 m²/ha el más alto (parcela 3110). En la Figura 177 se puede observar los valores promedios para el área basal para cada una de las parcelas (22) pertenecientes al estrato Plantación Forestal.

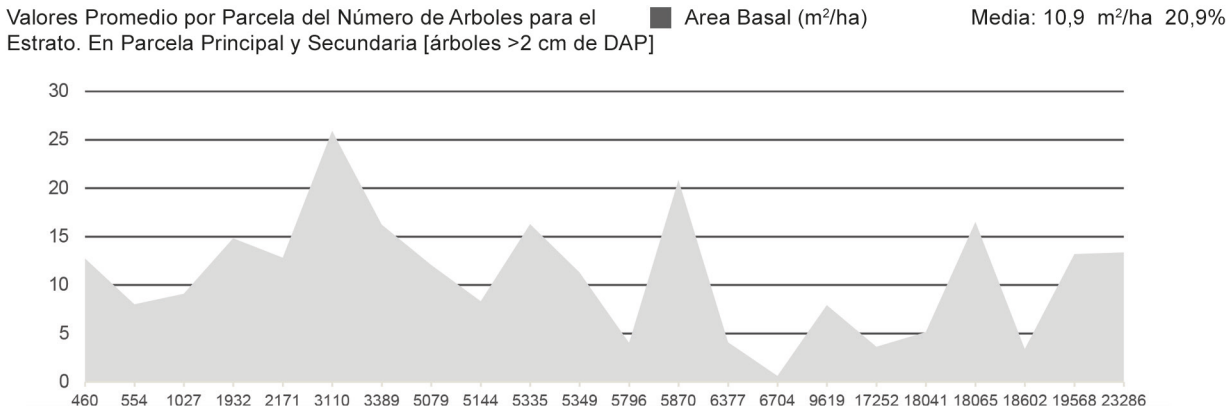


Figura 177. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 2 cm de DAP

6.6.13. Valores promedio por parcela para el volumen (m³/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para el volumen en este componente arbóreo es de 86,2 m³/ha (±29,9%). Dos parcelas (3110 y 5870) tienen el mayor valor en volumen 249 m³/ha promedio y la parcela 18041 la que tiene el menor valor con 13,3 m³/ha. En la Figura 178 se puede observar los valores medios del volumen en base a cada parcela incluida en el estrato.

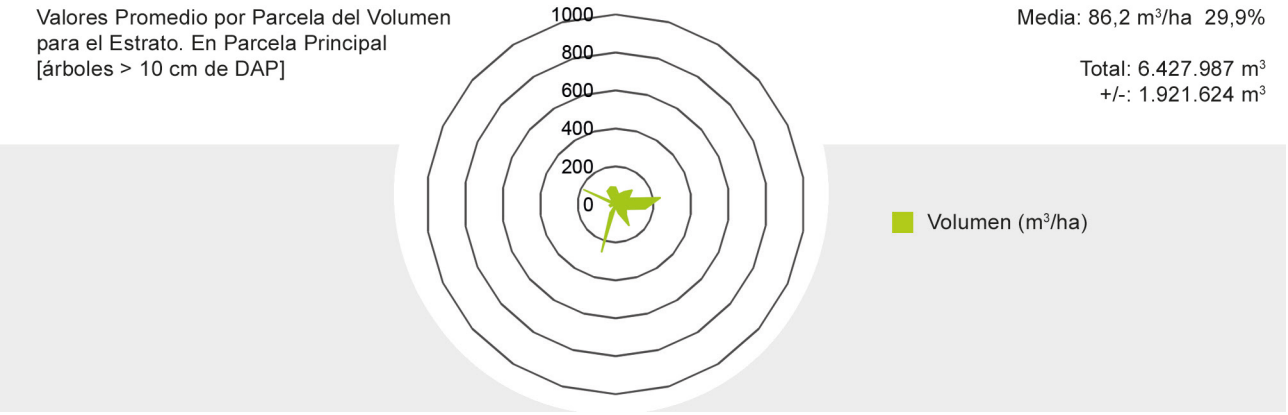


Figura 178. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 10 cm de DAP

6.6.14. Valores promedio por parcela para el volumen (m³/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del volumen en este componente vegetal es de 0,0 m³/ha (±0,1%). En este estrato sólo se consideró la medición de la parcela principal (UMP: especies ≥ 10 cm de DAP). En la Figura 179 se presenta los valores medios para el volumen en base a las parcelas incluidas en el estrato.

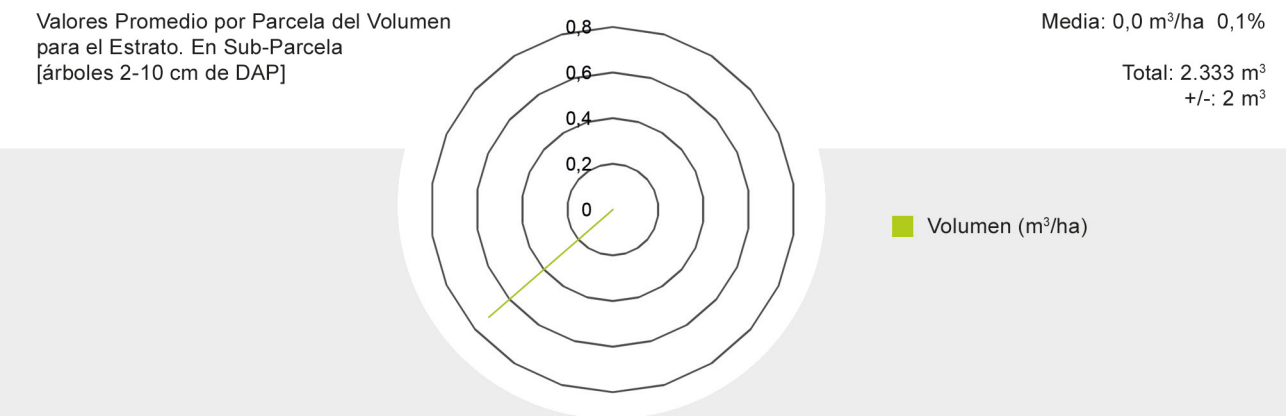


Figura 179. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.6.15. Valores promedio por parcela para el volumen (m³/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del volumen para la combinación de los componentes vegetales es de 86,2 m³/ha (±29,9%). Los valores medios fluctúan entre 0,7 m³/ha el más bajo (parcela 6704) y 260,3 m³/ha el más alto (parcela 5870). El volumen total obtenido es de 6.430.427 m³ (± 1.920.483 m³). En la Figura 180 se puede observar los valores promedios para el volumen en base a cada una de las parcelas (22) pertenecientes al estrato Plantación Forestal.

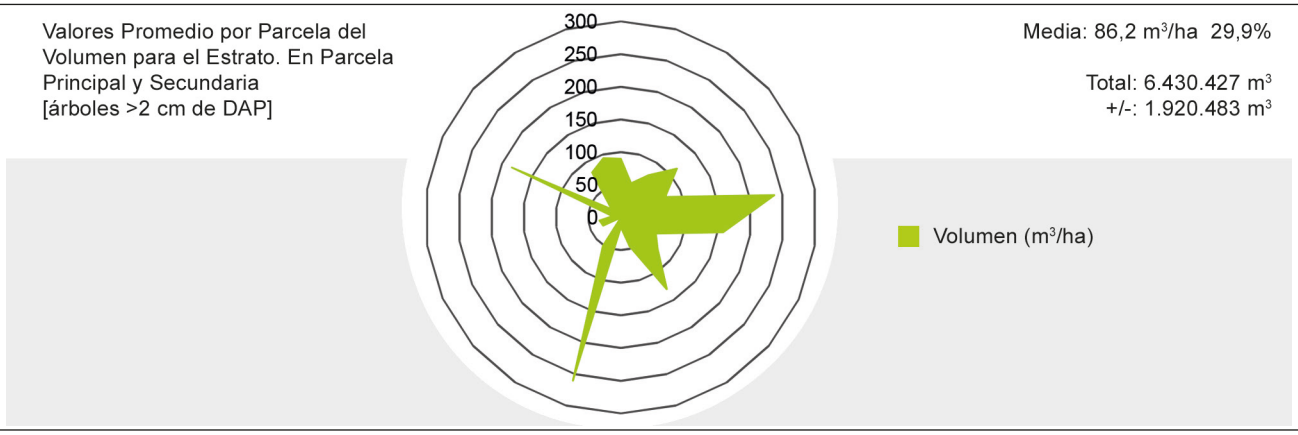


Figura 180. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 2 cm de DAP

6.6.16. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para la biomasa en este componente arbóreo es de 51,7 ton/ha (±28,2%). La parcela 5870 es la que tiene el mayor valor en biomasa 158,1 ton/ha y la parcela 5796 la que tiene el menor valor con 8,0 ton/ha. En la Figura 181 se puede observar los valores medios de la biomasa en base a cada parcela incluida en el estrato.

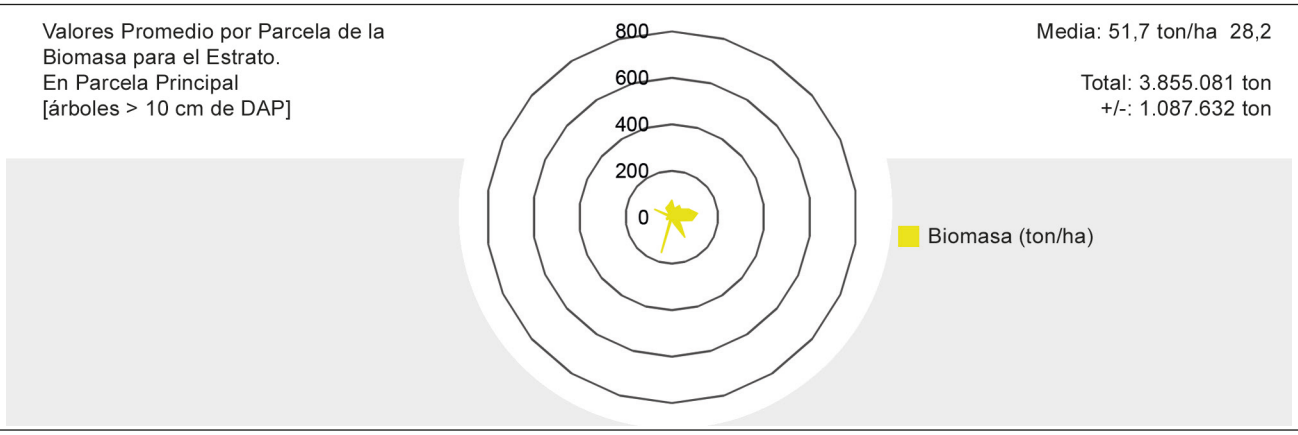


Figura 181. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 10 cm de DAP

6.6.17. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio de la biomasa en este componente vegetal es de 0,1 ton/ha (±0,1%). En este estrato sólo se consideró la medición de la parcela principal (UMP: especies ≥ 10 cm de DAP). En la Figura 182 se presenta los valores medios para la biomasa en base a las parcelas incluidas en el estrato.

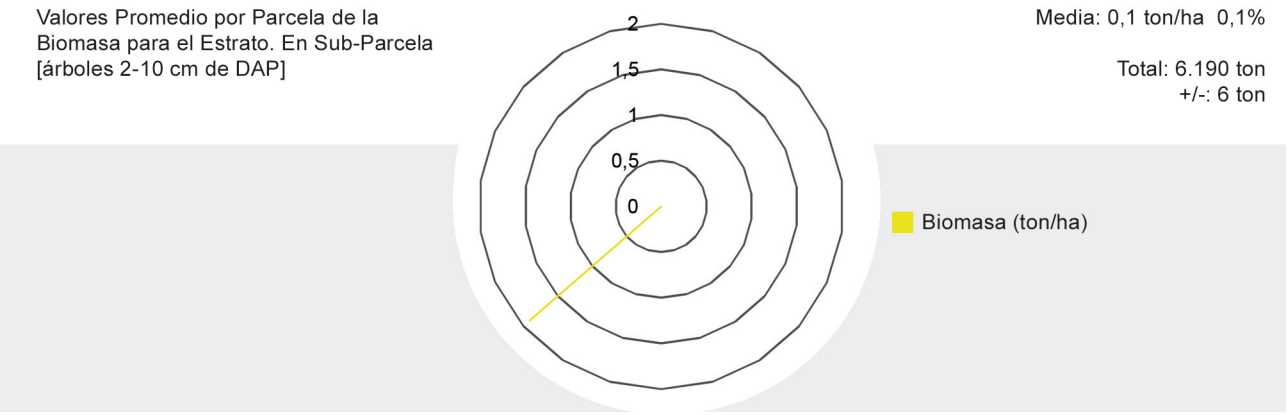


Figura 182. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.6.18. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del volumen para la combinación de los componentes vegetales es de 51,8 ton/ha (±28,1%). Los valores medios fluctúan entre 1,9 ton/ha el más bajo (parcela 6704) y 158,1 ton/ha el más alto (parcela 5870). La existencia total de biomasa es de 3.861.553 toneladas (± 1.084.463 toneladas). En la Figura 183 se puede observar los valores promedios para la biomasa en base a cada una de las parcelas (22) pertenecientes al estrato Plantación Forestal.

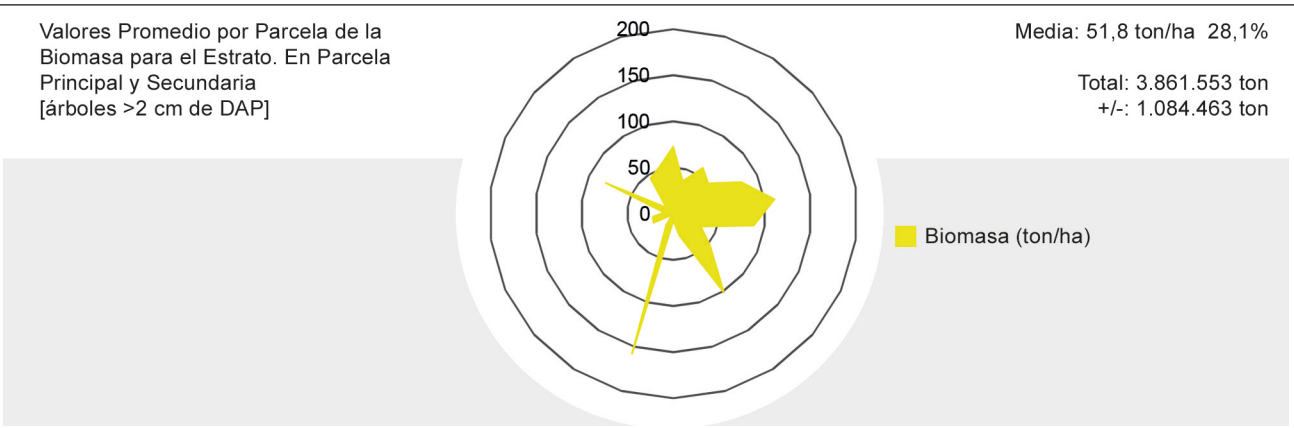


Figura 183. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 2 cm de DAP

6.6.19. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio del CO_2 en este componente arbóreo es de 94,7 ton/ha (±28,2%). La parcela 5870 es la que tiene el mayor valor en CO_2 con 289,9 ton/ha y la parcela 5796 la que tiene el menor valor con 14,7 ton/ha. En la Figura 184 se puede observar los valores medios del CO_2 en base a cada parcela incluida en el estrato.

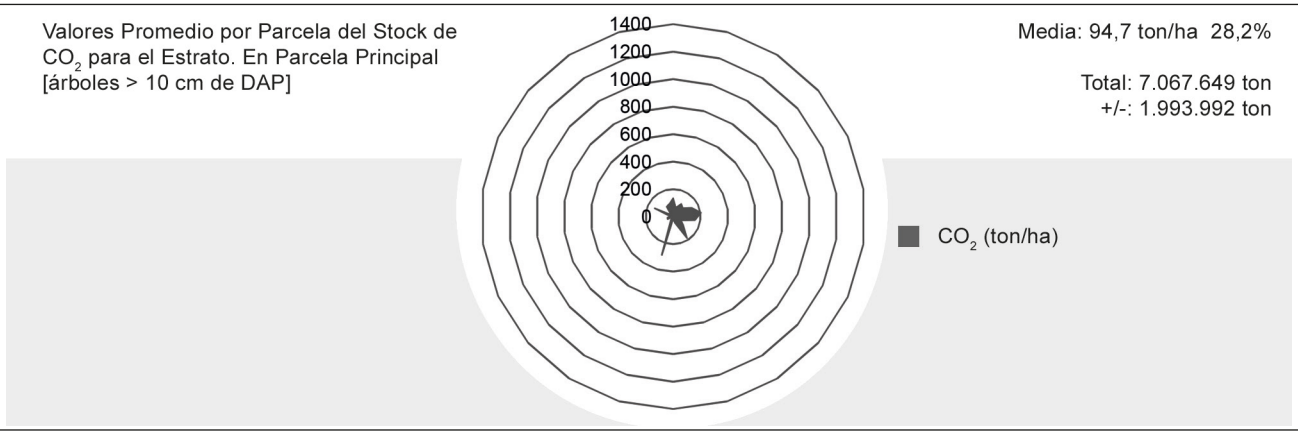


Figura 184. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 10 cm de DAP

6.6.20. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del CO_2 en este componente vegetal es de 0,2 ton/ha (±0,1%). En este estrato sólo se consideró la medición de la parcela principal (UMP: especies ≥ 10 cm de DAP). En la Figura 185 se presenta los valores medios para el CO_2 en base a las parcelas incluidas en el estrato.

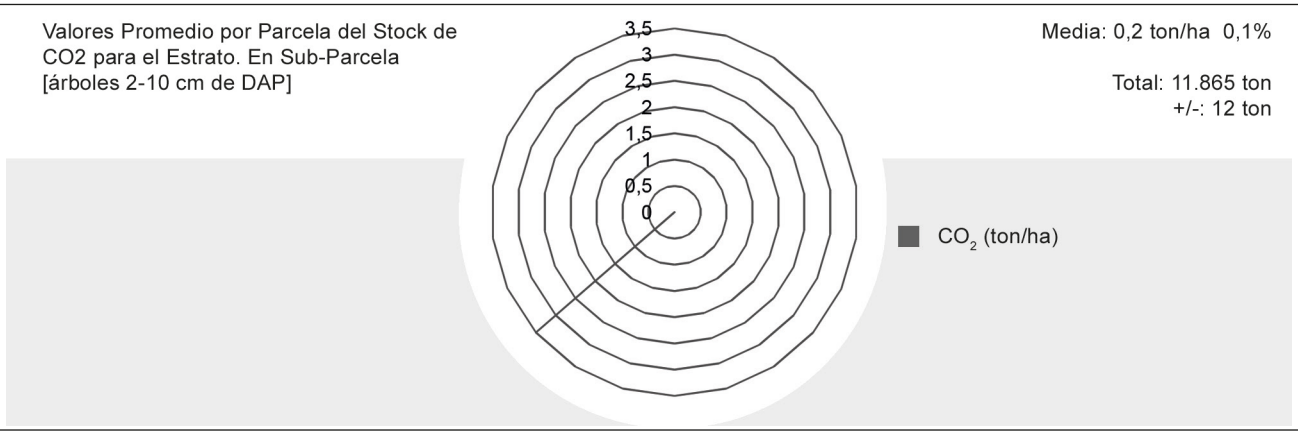


Figura 185. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.6.21. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del CO_2 para la combinación de los componentes vegetales es de 94,9 ton/ha (±28,1%). Los valores medios fluctúan entre 1,0 ton/ha el más bajo (parcela 6704) y 289,9 ton/ha el más alto (parcela 5870). La existencia total de CO_2 es de 7.079.514 toneladas (± 1.988.183 toneladas). En la Figura 186 se puede observar los valores promedios para el CO_2 en base a cada una de las parcelas (22) pertenecientes al estrato Plantación Forestal.

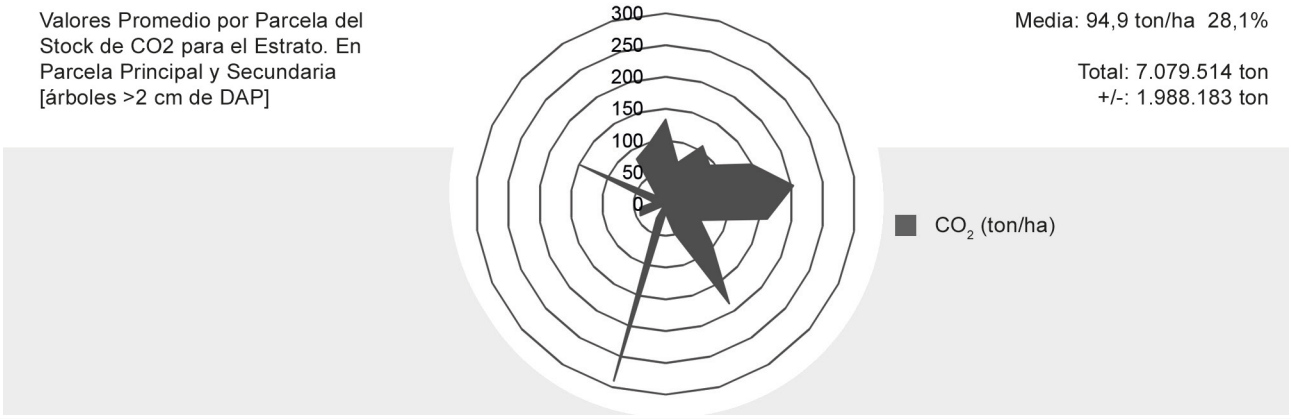
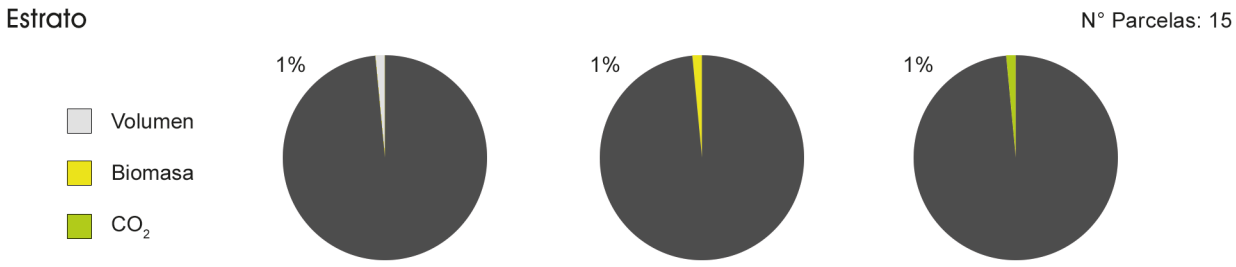


Figura 186. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Plantación Forestal árboles ≥ 2 cm de DAP

6.7. Información por parcelas estrato Rodales de Mangle

En este estrato arbóreo se realizaron 15 unidades de muestreo (parcelas) correspondiente a un 5,4% del total de unidades ejecutadas. En base al muestreo para el estrato la proporción para algunas variables de existencias en relación al inventario total, arrojan para el volumen, biomasa y CO_2 un peso similar de alrededor del 1%. En el Cuadro 118 se presenta la proporción del estrato en relación al total de inventario para las existencias.

Cuadro 118. Proporción de existencias en relación al inventario total para Rodales de Mangle





6.7.1. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 10 cm

El valor medio para el DAP en el componente vegetal es de 19,7 cm (±21,3%). En dos parcelas el valor promedio está por sobre los 25 cm y menor de 30 cm (parcelas 4505, 5885, 11326, 19205, 23013 y 58850). En la Figura 187 se muestra los valores promedios para el DAP para cada una de las parcelas que componen el estrato.



Figura 187. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 10 cm

6.7.2. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles entre 2 y 9,9 cm

El valor promedio del DAP en el componente vegetal es de 3,7 cm (±24,6%). En cuatro parcelas no se encontró especies con las características indicadas para su medición (4505, 5885, 14585 y 58850). En ocho parcelas el promedio del DAP está cercano o supera los 5 cm (98, 10237 y 18073), pero menor que 6 cm. En la Figura 188 se muestra los valores promedios de DAP para cada una de las parcelas que componen el estrato.

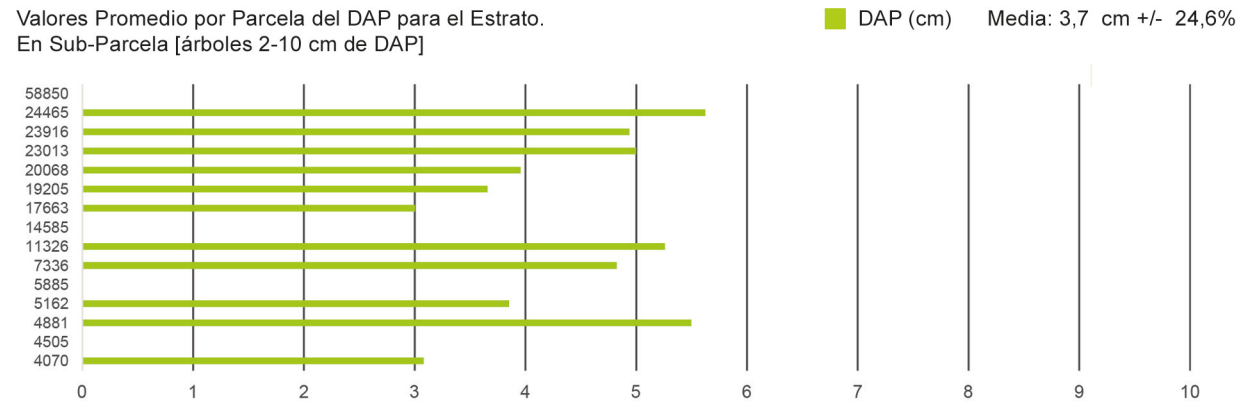


Figura 188. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles entre 2 cm y 9,9 cm

6.7.3. Valores promedio por parcela del DAP (cm) para árboles ≥ 2 cm

El valor promedio del DAP para la combinación de los componentes vegetales es de 17,7 cm (±22,2%). En la Figura 189 se puede observar los valores promedios para el DAP para cada una de las parcelas (15) pertenecientes al estrato Rodales de Mangle.

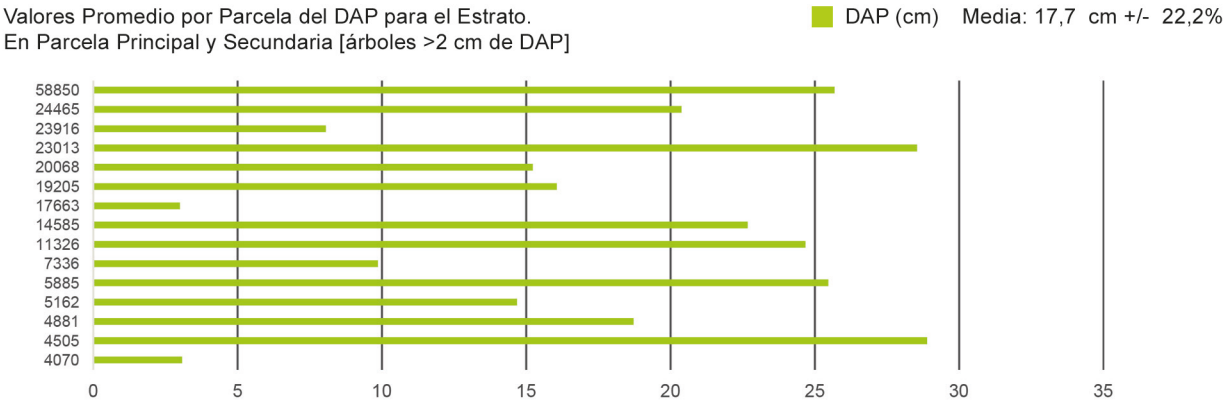


Figura 189. Valores de DAP promedio por parcela para el estrato Bosque de Palmas árboles ≥ 2 cm

6.7.4. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para la altura total en el componente de árboles mayores es de 12,8 m (±22,2%). Seis parcelas están por sobre los 15 m de altura promedio, la parcela 4505 tiene 24,8 m escapada respecto del total. En la Figura 190 se muestra los valores promedios de la HT para cada una de las parcelas que componen el estrato.

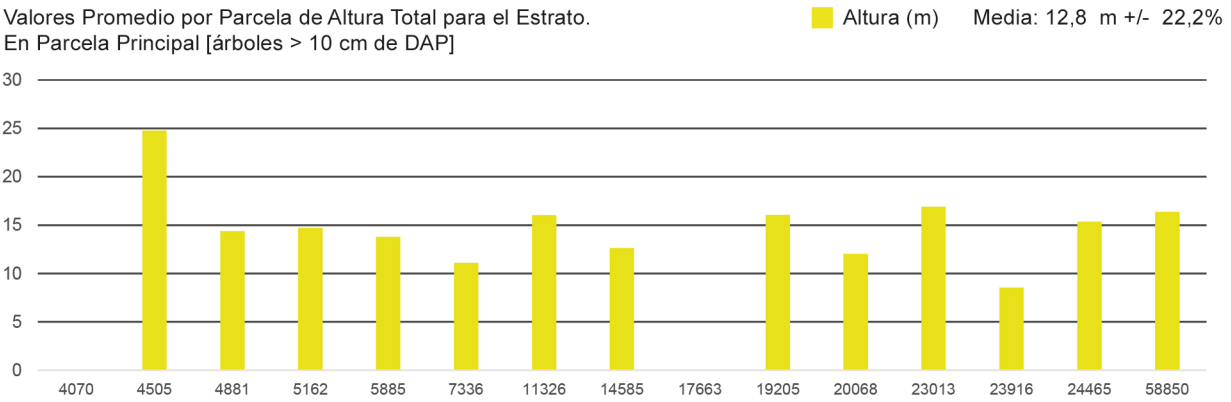


Figura 190. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 10 cm de DAP

6.7.5. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio de la altura total en este componente vegetal es de 3,8 m (±25,9%). Dos parcelas tienen una altura promedio superior a 6 m (11326 y 23013), alrededor de 1,5 m de diferencia respecto del valor medio para el estrato. En la Figura 191 se presenta los valores medios para la HT en base a las parcelas incluidas en el estrato.

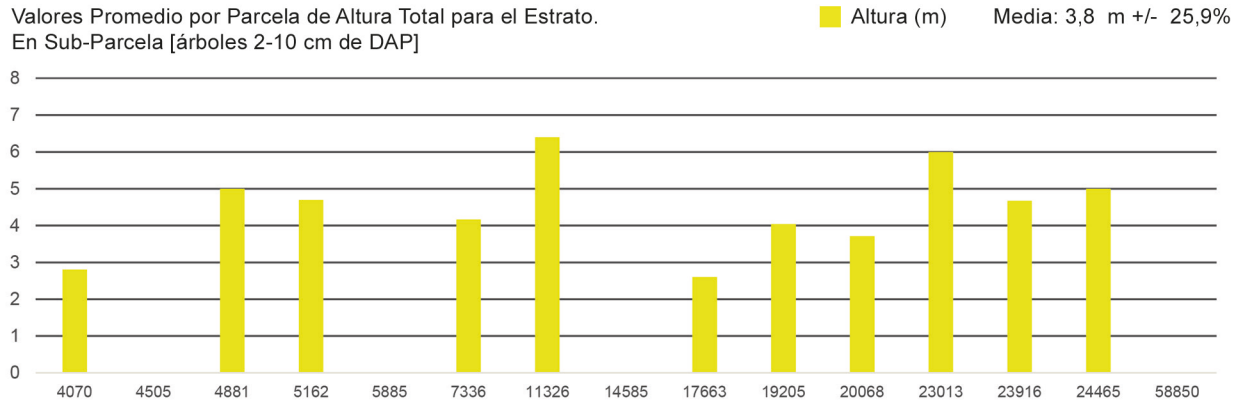


Figura 191. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.7.6. Valores promedio por parcela de la HT (m) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio de la HT para la combinación de los componentes vegetales es de 11,9 m (±21,7%). En la Figura 192 se puede observar los valores promedios para la HT para cada una de las parcelas (15) pertenecientes al estrato Rodales de Mangle.

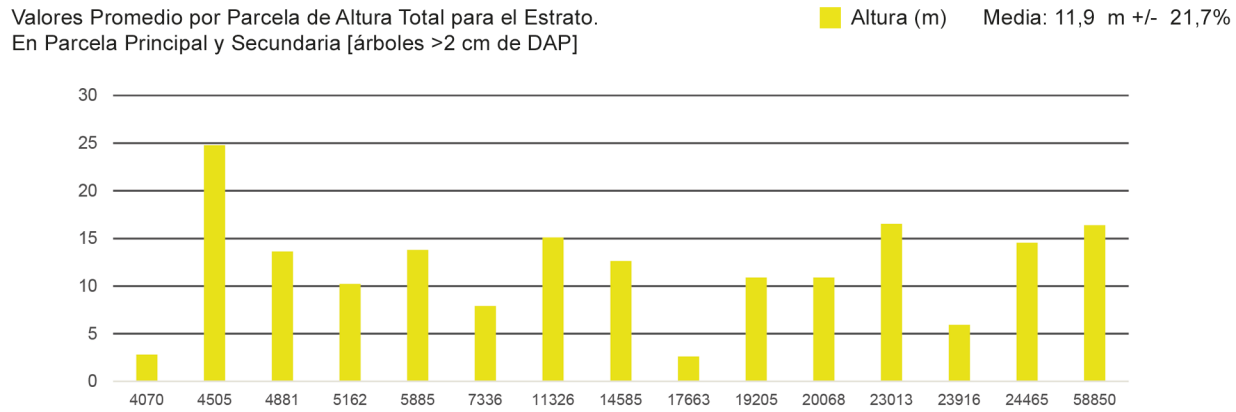


Figura 192. Valores de HT promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 2 cm de DAP

6.7.7. Valores promedio por parcela de densidad (árb/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para el número de árboles en este componente arbóreo es de 338 árboles/ha (±26,1%). Una parcela tiene 750 árboles/ha (20068) valor escapado en comparación con el resto de la parcelas que tienen una densidad promedio de 360 árboles/ha, el valor más bajo es de 160 árboles/ha (parcela 58850). En la Figura 193 se puede observar los valores medios de la densidad para cada parcela incluida en el estrato.

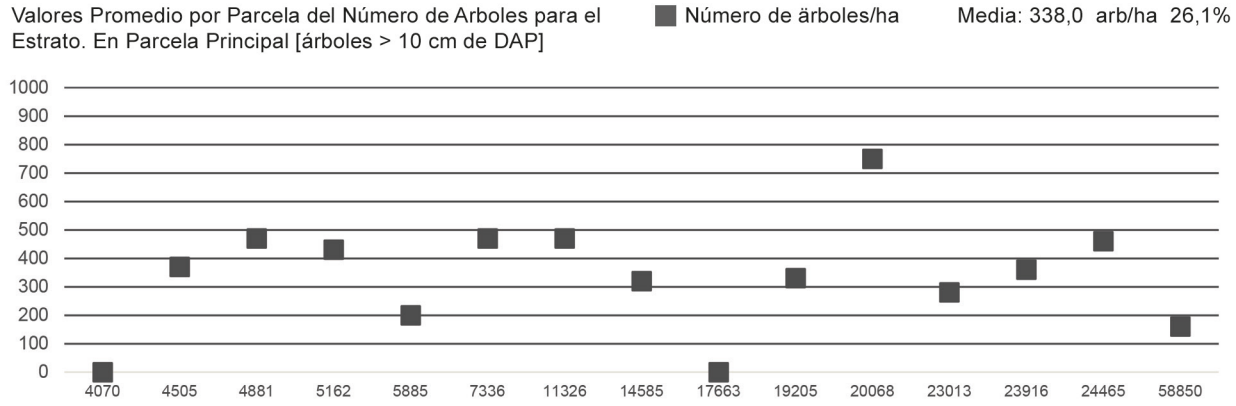


Figura 193. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 10 cm de DAP

6.7.8. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del número de árboles en este componente vegetal es de 890 árb/ha (±54,7%). Una parcela tienen una densidad promedio de 3.800 árb/ha (23916). En cuatro parcelas (4505, 5885, 14585 y 58850) no hubo especies con las características de este componente. En la Figura 194 se presenta los valores medios para la densidad en base a las parcelas incluidas en el estrato.

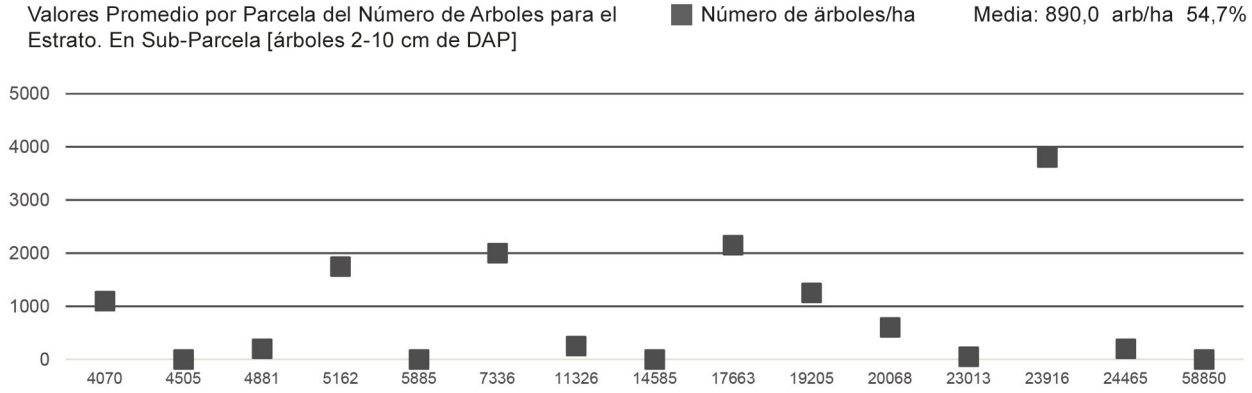


Figura 194. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.7.9. Valores promedio por parcela de la densidad (árb/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio de la densidad para la combinación de los componentes vegetales es de 1228 árb/ha (±41,2%). Los valores medios fluctúan entre 160 árb/ha el más bajo (parcela 58850) y 4.160 árb/ha el más alto (parcela 23916). En la Figura 195 se puede observar los valores promedios para la densidad para cada una de las parcelas (15) pertenecientes al estrato Rodales de Mangle.

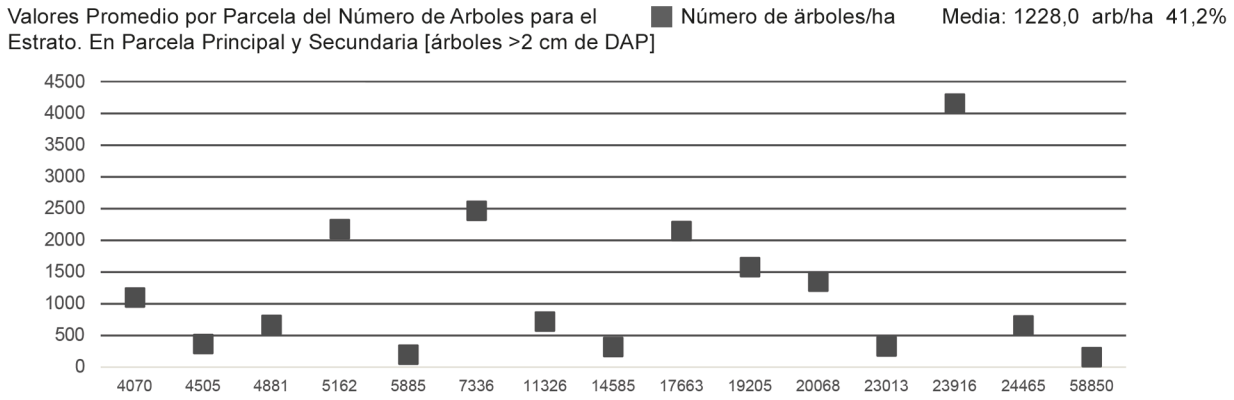


Figura 195. Valores de densidad promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 2 cm de DAP

6.7.10. Valores promedio por parcela de área basal (m^2/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para el área basal en este componente arbóreo es de 15,2 m^2/ha (±26,9%). La parcela 11326 tiene un área basal alta en relación al resto con 30,5 m^2/ha. En la Figura 196 se puede observar los valores medios del área basal para cada parcela incluida en el estrato.

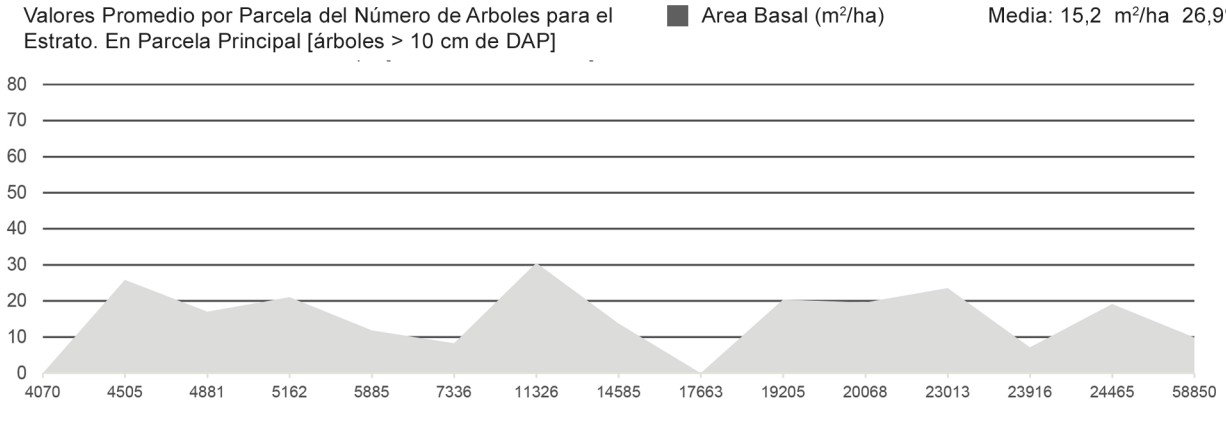


Figura 196. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 10 cm de DAP

6.7.11. Valores promedio por parcela de área basal (m^2/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del área basal en este componente vegetal es de 1,5 m^2/ha (±67,1%). En cuatro parcelas (4505, 5885, 14585 y 58850) no hubo especies con las características de este componente, por lo que para efectos de cálculo se considera valor cero. En la Figura 197 se presenta los valores medios para el área basal en base a las parcelas incluidas en el estrato.

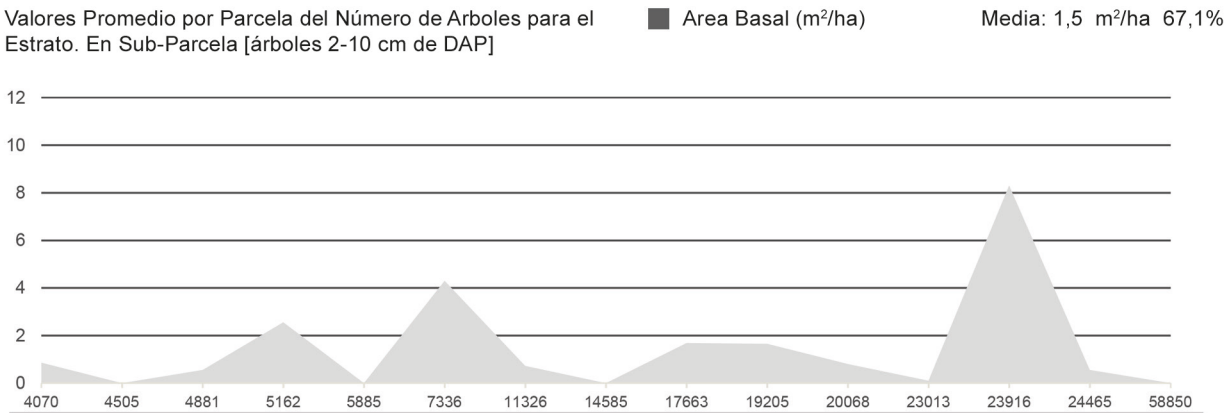


Figura 197. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.7.12. Valores promedio por parcela del área basal (m²/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del área basal para la combinación de los componentes vegetales es de 16,6 m²/ha (±23,2%). Los valores medios fluctúan entre 0,9 m²/ha el más bajo (parcela 4070) y 31,3 m²/ha el más alto (parcela 11326). En la Figura 198 se puede observar los valores promedios para el área basal en cada una de las parcelas (15) pertenecientes al estrato Rodales de Mangle.

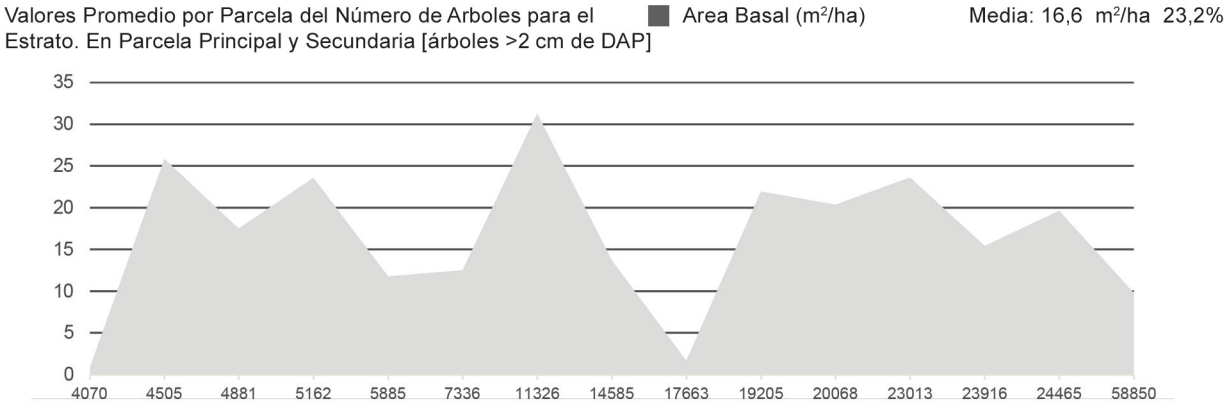


Figura 198. Valores de área basal promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 2 cm de DAP

6.7.13. Valores promedio por parcela para el volumen (m³/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para el volumen en este componente arbóreo es de 131,7 m³/ha (±33,3%). La parcela 4505 es la que tiene el mayor valor en volumen 337,6 m³/ha y la parcela 23916 la que tiene el menor valor con 37,3 m³/ha. En la Figura 199 se puede observar los valores medios del volumen en base a cada parcela incluida en el estrato.

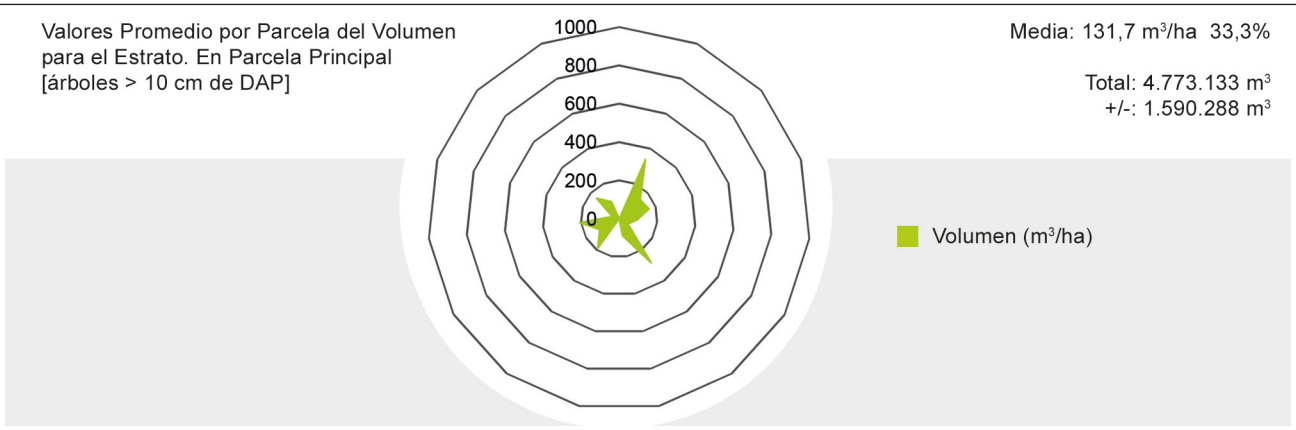


Figura 199. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 10 cm de DAP

6.7.14. Valores promedio por parcela para el volumen (m³/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del volumen en este componente vegetal es de 3,9 m³/ha (±70,3%). En cuatro parcelas (4505, 5885, 14585 y 58850) no hubo especies con las características de este componente, por lo que para efectos de cálculo se considera valor cero. El valor más alto en volumen lo tiene la parcela 23916 con 23,0 m³/ha y el menor valor la parcela 23013 con 0,3 m³/ha observándose una alta dispersión para el estrato. En la Figura 200 se presenta los valores medios para el volumen en base a las parcelas incluidas en el estrato.

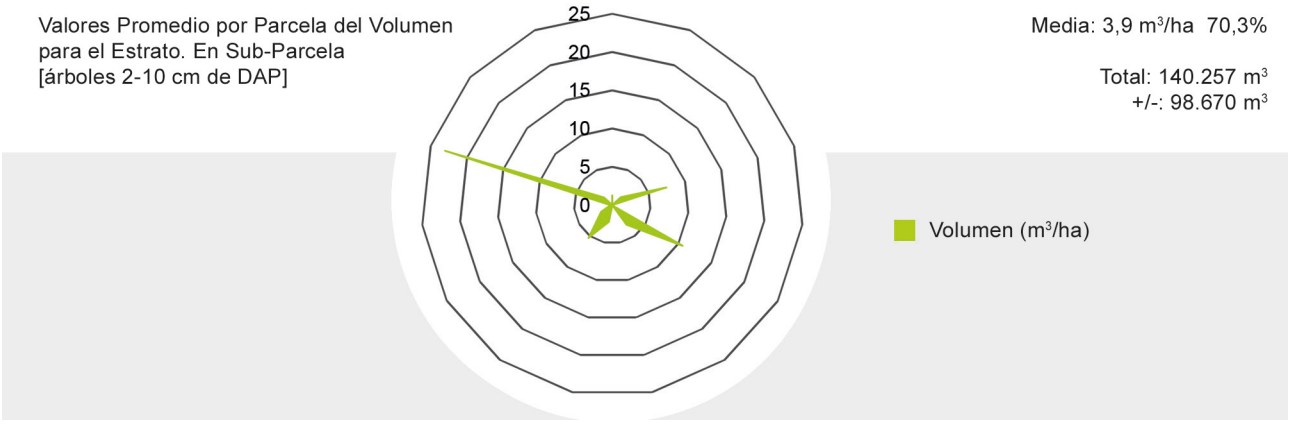


Figura 200. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.7.15. Valores promedio por parcela para el volumen (m³/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del volumen para la combinación de los componentes vegetales es de 135,5 m³/ha (±31,8%). Los valores medios fluctúan entre 1,2 m³/ha el más bajo (parcela 4070) y 337,6 m³/ha el más alto (parcela 4505). El volumen total obtenido es de 4.913.390 m³ (± 1.564.626 m³). En la Figura 201 se puede observar los valores promedios para el volumen en base a cada una de las parcelas (15) pertenecientes al estrato Rodales de Mangle.

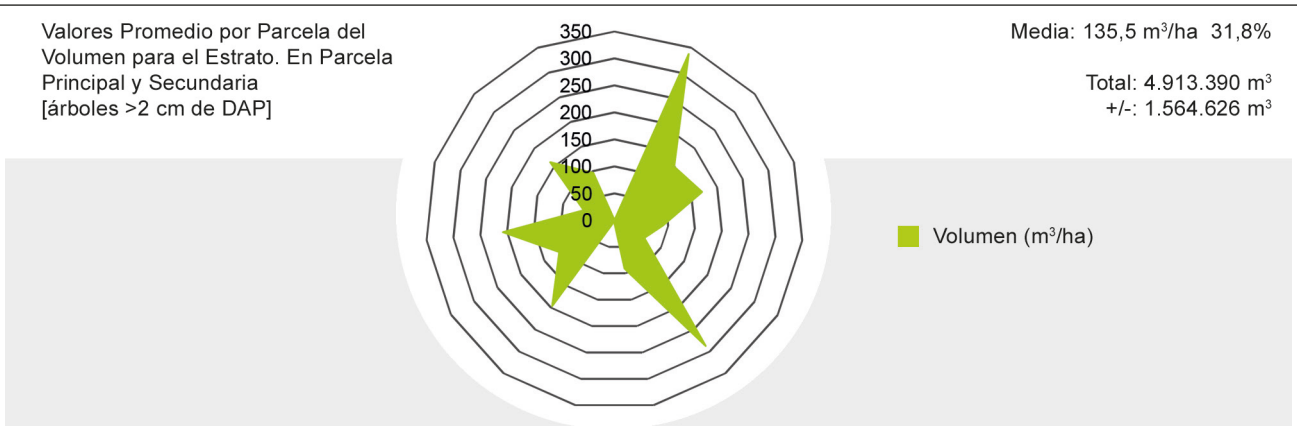


Figura 201. Valores de volumen promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 2 cm de DAP

6.7.16. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio para la biomasa en este componente arbóreo es de 123,1 ton/ha (±33,8%). La parcela 11326 es la que tiene el mayor valor en biomasa 268,6 ton/ha y la parcela 7336 la que tiene el menor valor con 40,7 ton/ha. En la Figura 202 se puede observar los valores medios de la biomasa en base a cada parcela incluida en el estrato.

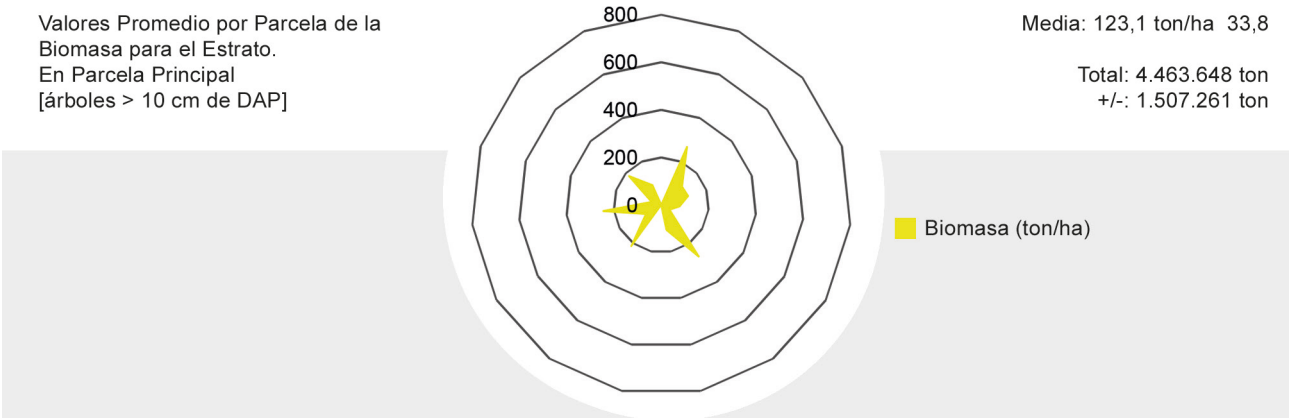


Figura 202. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 10 cm de DAP

6.7.17. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio de la biomasa en este componente vegetal es de 3,8 ton/ha (±65,1%). En cuatro parcelas (4505, 5885, 14585 y 58850) no hubo especies con las características de este componente, por lo que para efectos de cálculo se considera valor cero. El valor más alto en biomasa lo tiene la parcela 23916 con 21,4 ton/ha y el menor valor la parcela 23013 con 0,3 ton/ha, se observa alta diferencia entre los valores medios. En la Figura 203 se presenta los valores medios para la biomasa en base a las parcelas incluidas en el estrato.

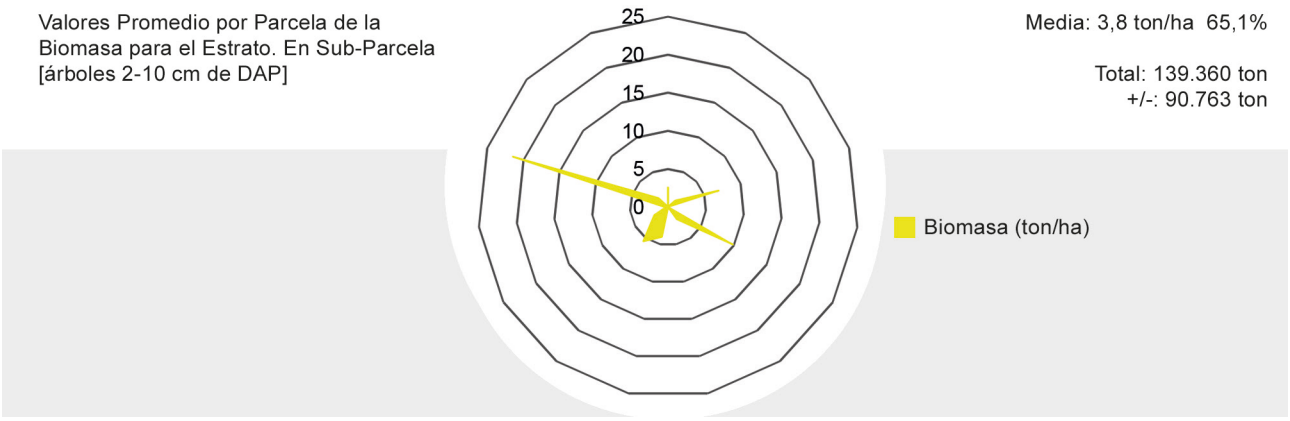


Figura 203. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.7.18. Valores promedio por parcela para biomasa (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del volumen para la combinación de los componentes vegetales es de 127,0 ton/ha (±32,1%). Los valores medios fluctúan entre 2,5 ton/ha el más bajo (parcela 4070) y 270,5 ton/ha el más alto (parcela 11326). La existencia total de biomasa es de 4.603.008 toneladas (± 1.477.113 toneladas). En la Figura 204 se puede observar los valores promedios para la biomasa en base a cada una de las parcelas (15) pertenecientes al estrato Rodales de Mangle.

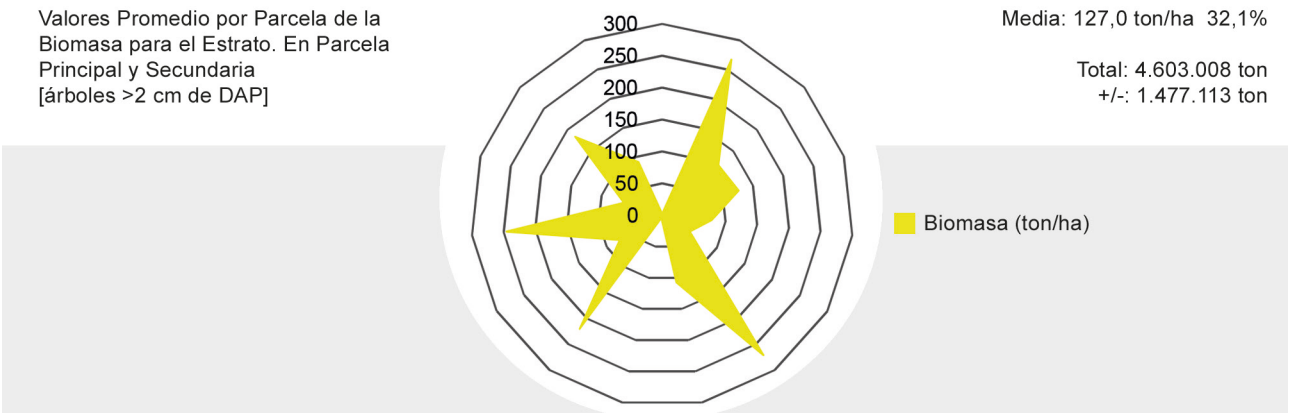


Figura 204. Valores de biomasa promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 2 cm de DAP

6.7.19. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 10 cm de DAP

El valor medio del CO_2 en este componente arbóreo es de 225,7 ton/ha (±33,8%). La parcela 11326 es la que tiene el mayor valor en CO_2 con 492,4 ton/ha y la parcela 7336 la que tiene el menor valor con 74,6 ton/ha. En la Figura 205 se puede observar los valores medios del CO_2 en base a cada parcela incluida en el estrato.

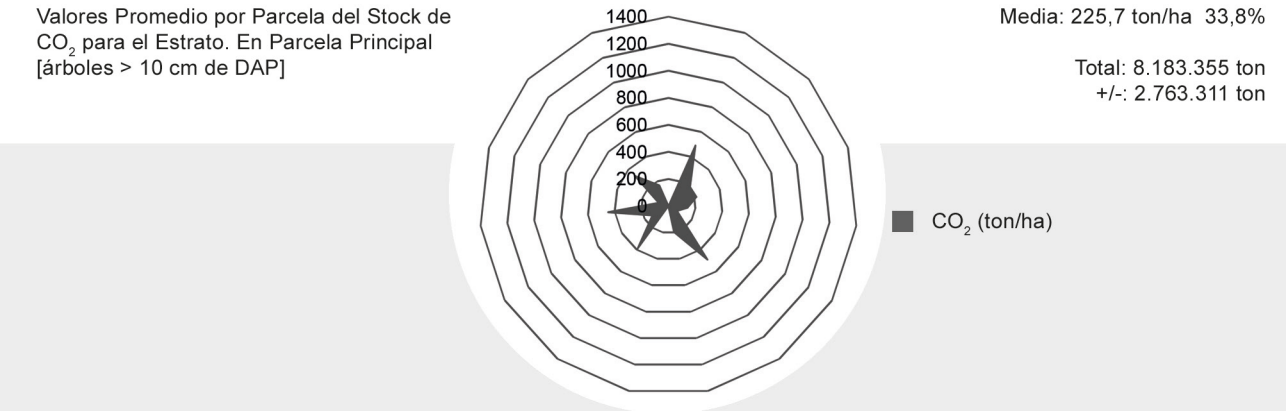


Figura 205. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 10 cm de DAP

6.7.20. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles entre 2 y 9,9 cm de DAP

El valor promedio del CO_2 en este componente vegetal es de 10,5 ton/ha (±26,8%). En cuatro parcelas (4505, 5885, 14585 y 58850) no hubo especies con las características de este componente, por lo que para efectos de cálculo se considera valor cero. El valor más alto en CO_2 lo tiene la parcela 23916 con 39,3 ton/ha y el menor valor la parcela 23013 con 0,6 ton/ha, se observa alta diferencia entre los valores medios. En la Figura 206 se presenta los valores medios para el CO_2 en base a las parcelas incluidas en el estrato.

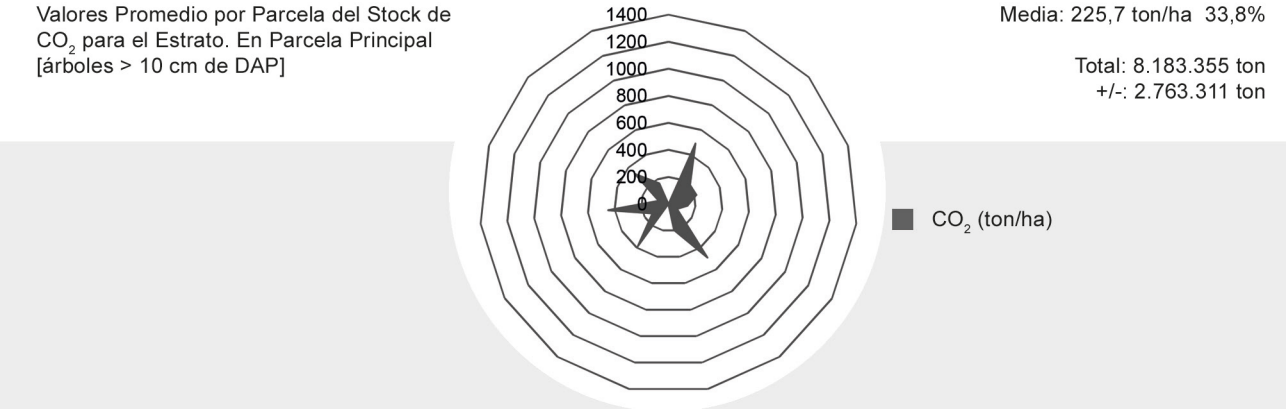


Figura 206. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles entre 2 cm y 9,9 cm de DAP

6.7.21. Valores promedio por parcela para CO_2 (ton/ha) para árboles ≥ 2 cm de DAP

El valor promedio del CO_2 para la combinación de los componentes vegetales es de 233,9 ton/ha (±31,8%). Los valores medios fluctúan entre 4,7 ton/ha el más bajo (parcela 4070) y 496,0 ton/ha el más alto (parcela 11326). La existencia total de CO_2 es de 8.477.837 toneladas (± 2.699.407 toneladas). En la Figura 207 se puede observar los valores promedios para el CO_2 en base a cada una de las parcelas (15) pertenecientes al estrato Rodales de Mangle.

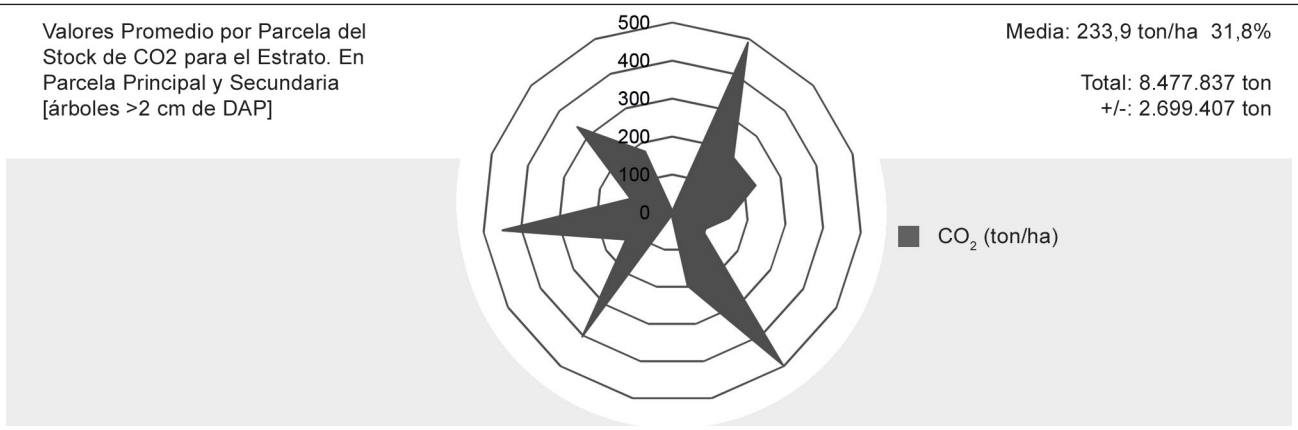
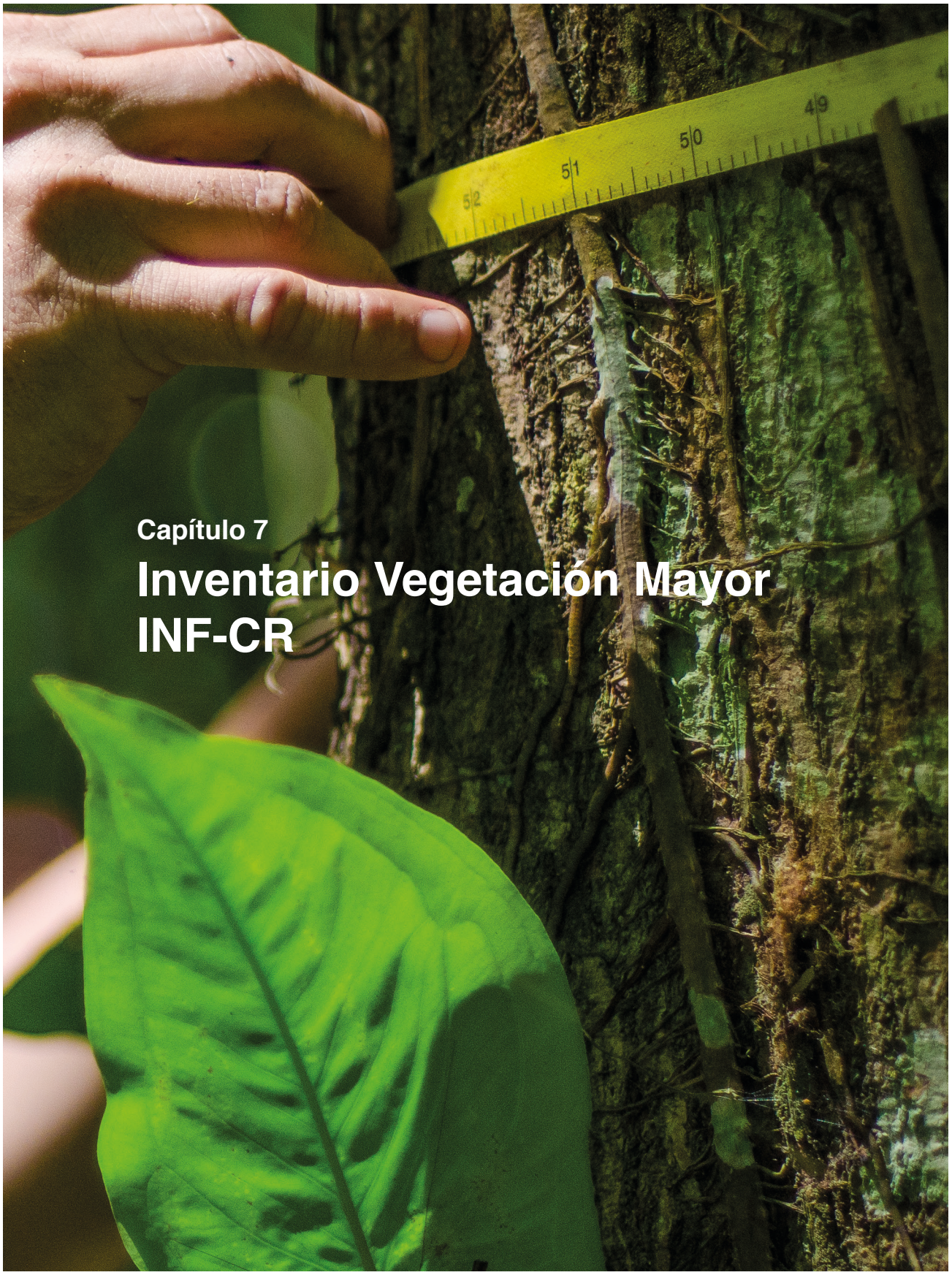


Figura 207. Valores de CO_2 promedio por parcela para el estrato Rodales de Mangle árboles ≥ 2 cm de DAP









Capítulo 7

Inventario Vegetación Mayor INF-CR

Capítulo 7

Inventario Vegetación Mayor INF-CR

El Inventario Nacional Forestal en Costa Rica consta de 280 unidades de muestreo válidas, distribuidas en los distintos tipos de bosques o estratos. Se presentan a continuación los principales resultados obtenidos para los árboles o especies ≥ 2 cm de DAP, éstas incluyen las mediciones en la parcela principal (UMP especies ≥ 10 cm de DAP) y la parcela secundaria (UMS especies entre 2 cm y 9,9 cm de DAP). Los resultados consideran las variables DAP, altura total (HT), área basal (AB) y densidad (N) y las existencias obtenidas en volumen, biomasa y CO_2.

7.1. Diámetro a la altura del pecho en centímetros (DAP)

La variable DAP es la más importante medida cuantitativa utilizada para evaluar recursos vegetacionales boscosos en pie, de manera tal de poder obtener la caracterización y desarrollo de los árboles individuales y por ende de las masas boscosas. Es de fácil medición, por lo que se obtiene mayor precisión con su utilización. A su vez, por relación, se puede obtener otros parámetros de gran importancia, como volumen, biomasa, diámetros de copa, crecimiento, etc.

a. DAP determinado para especies arbóreas ≥ 10 cm por estrato o tipo de bosque

Para este componente arbóreo, el DAP medio obtenido es de 24,6 cm (± 4,8%). Los mayores diámetros se encuentran en el estrato Pasto con Árboles influenciados por la menor densidad por hectárea que posee. Luego siguen el Bosque de Palmas, Bosque Maduro y las Plantaciones Forestales. Los menores DAP se

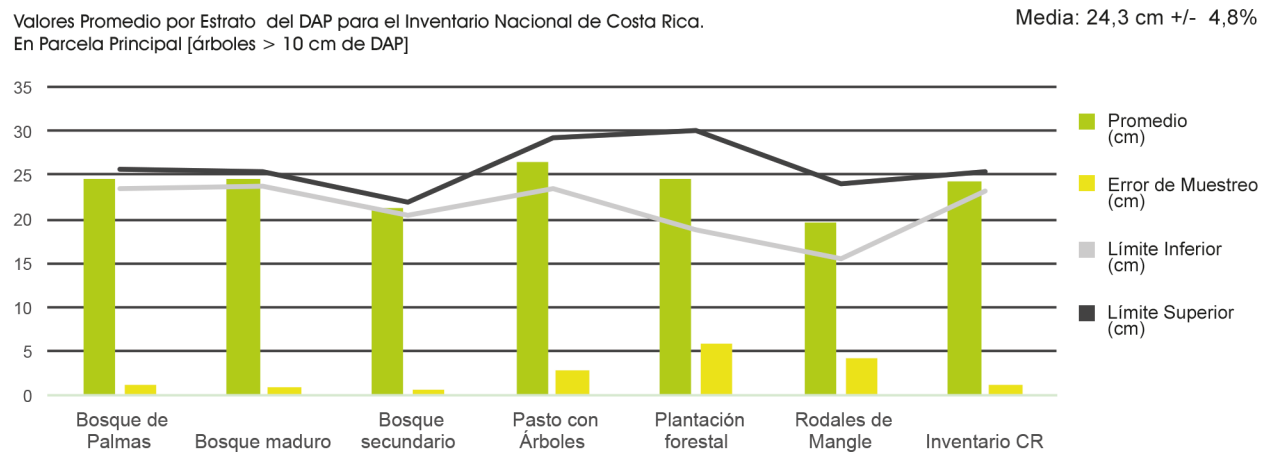


Figura 208. Variable DAP (cm) para parcela principal (especies ≥ 10 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable

encuentran en el estrato Rodales de Mangle. En la Figura 208 se muestran los valores del DAP y los errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%.

b. DAP determinado para especies arbóreas entre 2 cm y 9,9 cm por estrato o tipo de bosque

El DAP medio que se determinó para este componente arbóreo es de 4,2 cm (± 4,8%). Los mayores DAP se encontraron en el estrato Bosque Maduro y Bosque Secundario. El estrato Pasto con Árboles tiene los menores valores y, a su vez, el más alto error de muestreo muy cercano al valor promedio del DAP. En la Figura 209 se muestra los valores del DAP y los errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%.

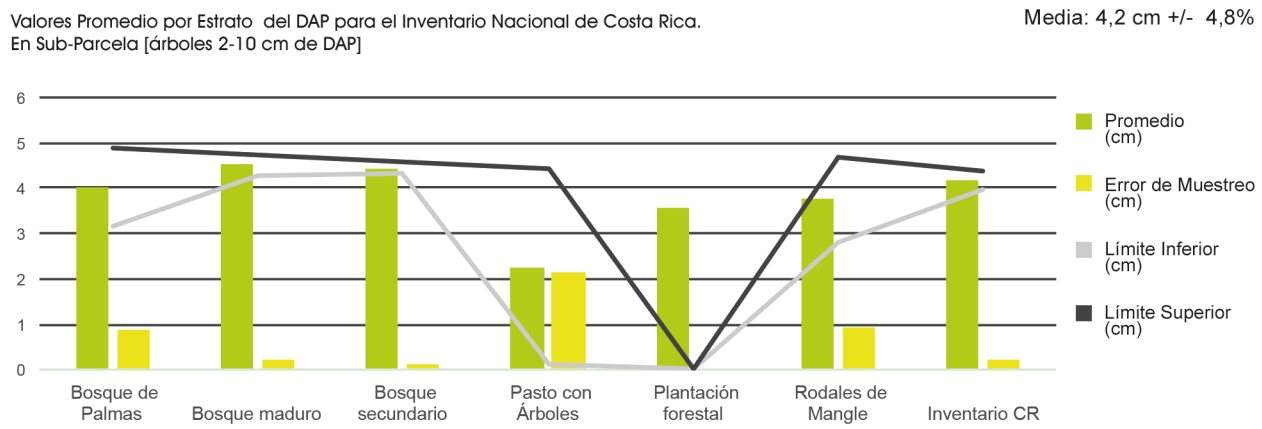


Figura 209. Variable DAP (cm) para parcela secundaria (especies entre 2 cm y 9,9 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable

c. DAP determinado para especies arbóreas ≥ 2 cm por estrato o tipo de bosque

El DAP medio que se determinó para la suma de ambos componente arbóreos es de 18,8 cm (± 6,3%). Pasto con árboles y las Plantaciones Forestales son los estratos con mayor DAP. El de menor valor para esta variable es el Bosque Secundario que, a su vez, presenta la menor dispersión. En la Figura 210 se muestran los valores del DAP y los errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%.

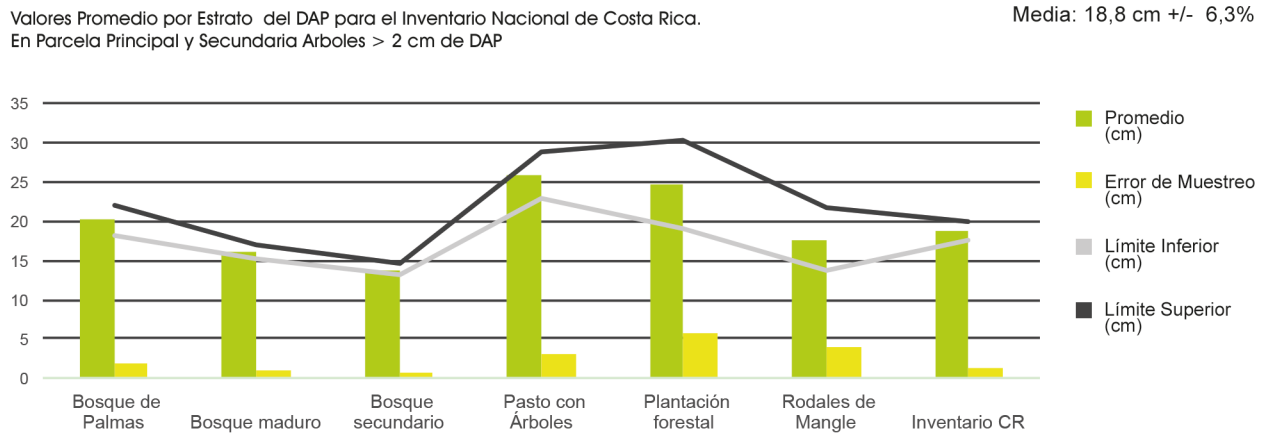


Figura 210. Variable DAP (cm) para parcela primaria y secundaria (especies ≥ 2 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable

7.2. Altura total en metros (HT)

La HT es otra de las variables utilizadas para determinar las existencias, incrementos o desarrollo de las masas boscosas. La desventaja que tiene es que no es de fácil medición, sobre todo en lugares donde existe alta densidad de árboles, sotobosque y regeneración natural por la dificultad de poder ver las puntas o ápices de los árboles. Por lo mismo, muchas veces en los inventarios es estimada visualmente con ciertos métodos de referencias, lo que no asegura la precisión y, por ende, la calidad en la estimación de variables relacionadas.

a. HT determinada para especies arbóreas ≥ 10 cm por estrato o tipo de bosque

Para este componente arbóreo la HT promedio obtenida es de 12,0 m (± 3,8%). Las mayores alturas se encuentran en el estrato Bosque Maduro y Plantación Forestal influenciados por la competencia por luz por la mayor cantidad de árboles por hectárea que posee. Las menores HT se encuentran en el estrato Pasto con árboles influenciado por el gran espacio que tienen para crecer lo que favorece el incremento en DAP y copa principalmente. En la Figura 211 se muestran los valores de la HT y los errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%.

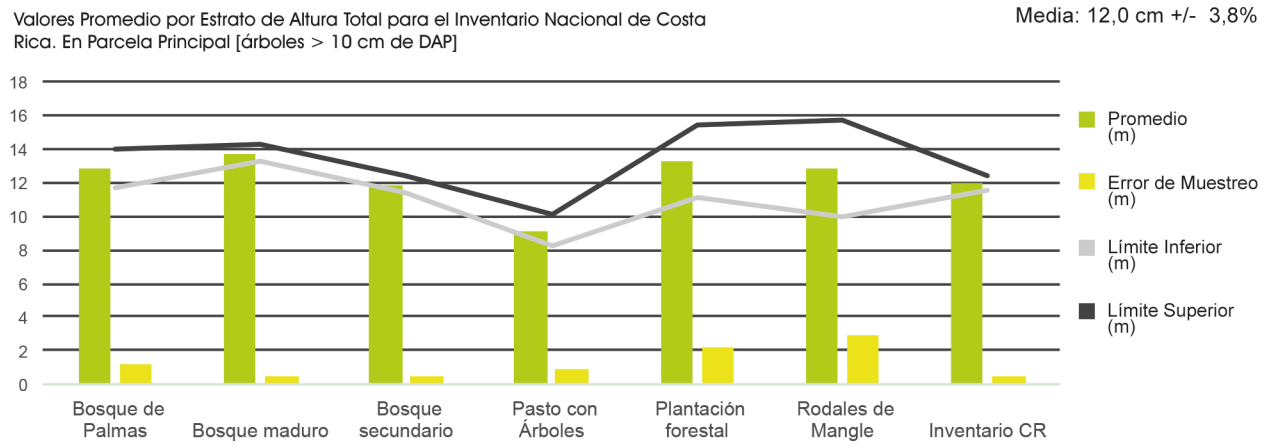


Figura 211. Variable HT (m) para parcela principal (especies ≥ 10 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable

b. HT determinada para especies arbóreas entre 2 cm y 9,9 cm por estrato o tipo de bosque

Para este componente arbóreo, la HT promedio obtenida es de 4,4 m (± 4,9%). Las mayores alturas se encuentran en el estrato Bosque Maduro y Bosque Secundario debido principalmente a la alta densidad de especies de regeneración natural en estos estratos, compitendo por luz. Los menores valores de HT se encuentran en el estrato Plantación Forestal y Pasto con árboles y, a su vez, éste último estrato tiene el mayor error de muestreo muy cercano a valor promedio de la altura total. En la Figura 212 se muestran los valores de la HT y los errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%.

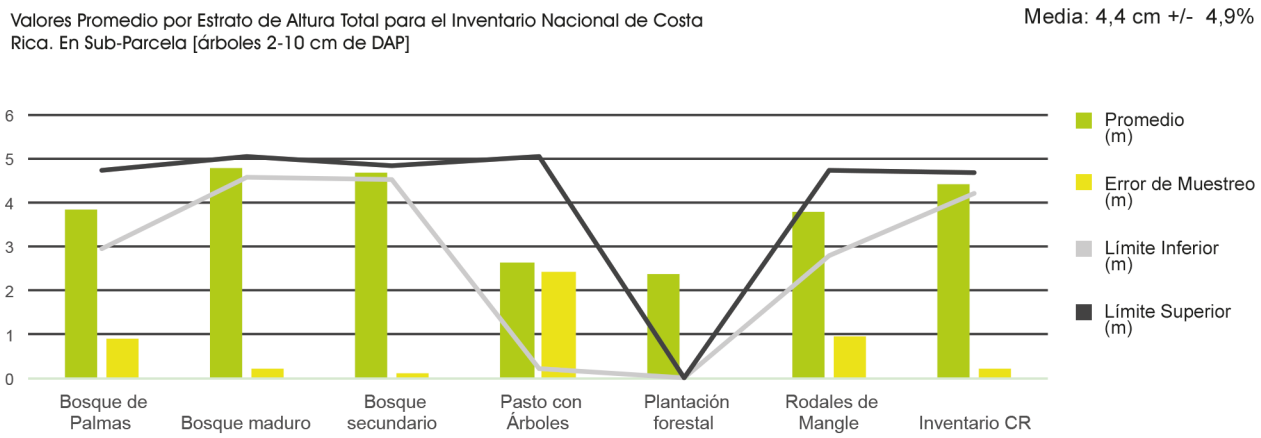


Figura 212. Variable HT (m) para parcela secundaria (especies entre 2 cm y 9,9 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable

c. HT determinada para especies arbóreas ≥ 2 cm por estrato o tipo de bosque

La HT promedio que se determinó para el total de ambos componentes arbóreos, es de 9,6 cm (± 4,3%). Es el estrato Plantación Forestal el que posee mayor HT, cercana a los 14 m. El estrato con menor valor para esta variable es el Bosque Secundario (8 m aprox.) presentando adicionalmente, una baja dispersión en sus HT. En la Figura 213 se muestra los valores de HT y los errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%.

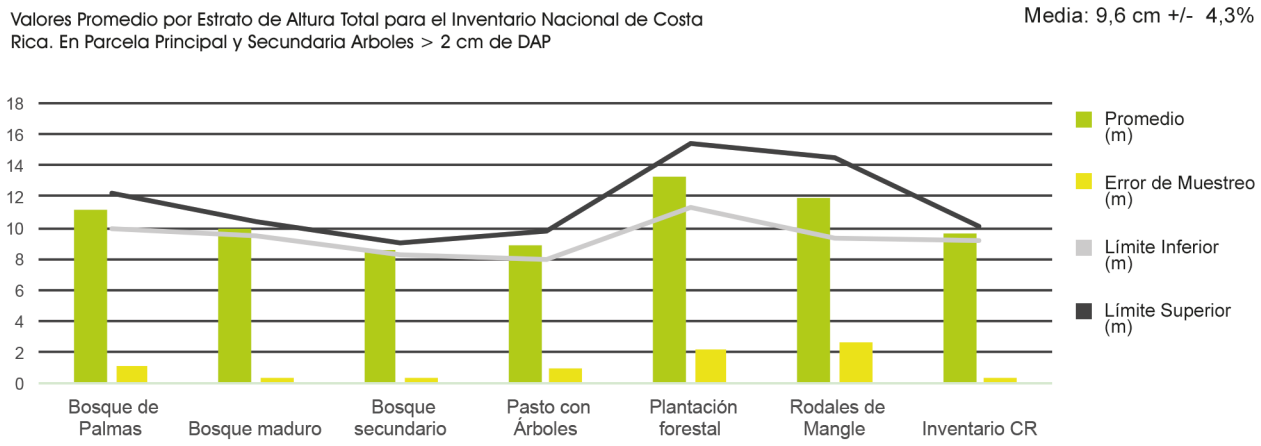


Figura 213. Variable HT (m) para parcela primaria y secundaria (especies ≥ 2 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable

7.3. Densidad en árboles por hectáreas (N)

Se muestra a continuación los valores de densidad por hectárea obtenida para los distintos estratos y los principales componentes arbóreos (UMP y UMS) a través del inventario aplicado a las superficies en evaluación.

a.Densidad determinada para especies arbóreas ≥ 10 cm de DAP por estrato o tipo de bosque

Para este componente arbóreo la densidad por hectárea promedio obtenida es de 321 árboles (± 5,1%). Las mayores densidades se encuentran en el estrato Bosque Maduro (469 árb/ha) y Bosque de Palmas (468 árb/ha). La menor cantidad de árboles por hectárea se encuentran en el estrato Pasto con Árboles (72 árb/ha) por el tipo de estrato del que se trata con árboles aislados o en grupos reducidos. En la Figura 214 se muestra los valores de la densidad por hectárea y los errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%.

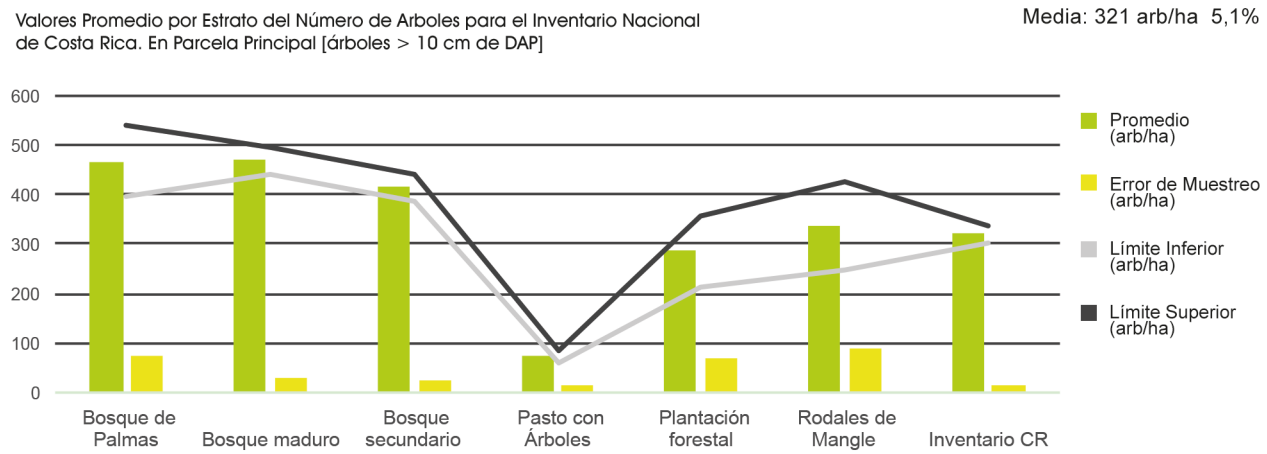


Figura 214. Variable densidad (árboles/ha) para parcela principal (especies ≥ 10 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable

b. Densidad determinada para especies arbóreas entre 2 cm y 9,9 cm de DAP por estrato o tipo de bosque

Para este componente arbóreo la densidad promedio obtenida es de 1.224 árboles por hectárea (± 9,2%). El mayor número de árboles se encuentran en los estrato Bosque Secundario (1.869 árb/ha) y Bosque Maduro

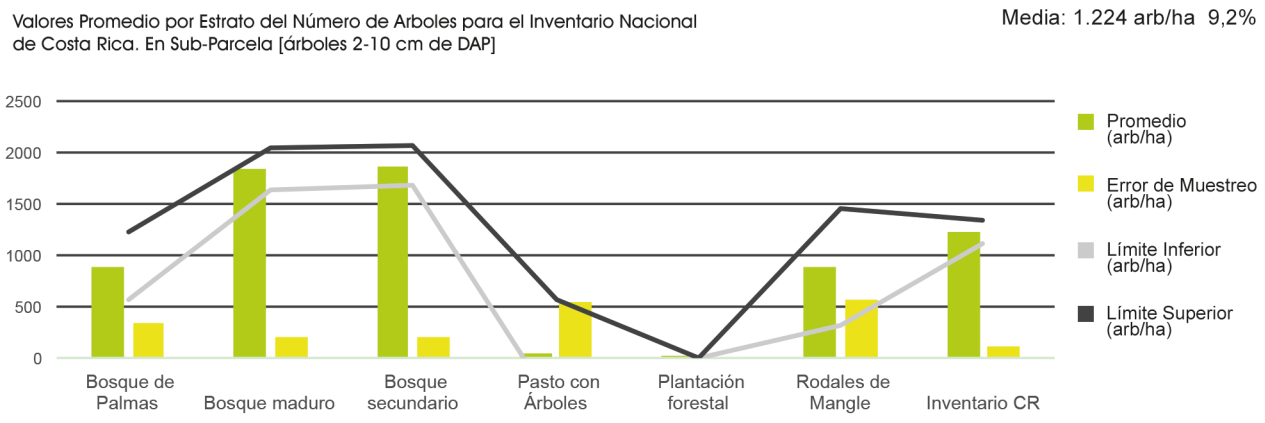


Figura 215. Variable densidad (árboles/ha) para parcela secundaria (especies entre 2 cm y 9,9 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable

(1.844 árb/ha). Los menores valores de densidad se encuentran en los estratos Plantación Forestal (26 árb/ha) y Pasto con árboles (34 árb/ha), y a su vez, éste último estrato tiene un error de muestreo muy superior al valor promedio de la densidad. En la Figura 215 se muestra los valores de la densidad por hectárea y los errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%.

c. Densidad determinada para especies arbóreas ≥ 2 cm por estrato o tipo de bosque

La densidad promedio que se determinó para la suma de los componentes arbóreos, es de 1.544 árboles por hectárea (± 7,5%). Son los estratos Bosque Maduro y Bosque Secundario los que poseen mayor densidad con 2.314 árb/ha y 2.285 árb/ha respectivamente. Los estratos con menores valores para esta variable son los de Pasto con Árboles y Plantación Forestal con 68 árb/ha y 242 árb/ha respectivamente. En la Figura 216 se muestra los valores de densidad y los errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%.

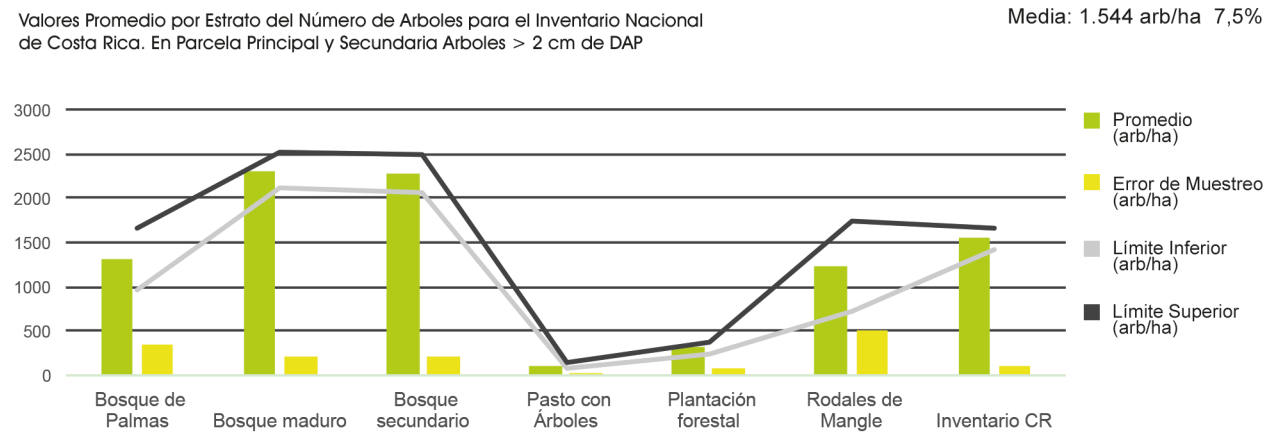


Figura 216. Variable densidad (árboles/ha) para parcela primaria y secundaria (especies ≥ 2 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable

7.4. Área Basal en metros cuadrados por hectárea (AB)

Se muestra a continuación los valores de área basal en m^2 por hectárea obtenida para los distintos estratos y los principales componentes arbóreos (UMP y UMS), a través del inventario aplicado a las superficies en evaluación. Esta variable relaciona el DAP con la densidad por hectárea de los árboles, reflejando el grado de ocupación de estos en la superficie.

a. Densidad determinada para especies arbóreas ≥ 10 cm de DAP por estrato o tipo de bosque

Para este componente arbóreo el área basal por hectárea promedio obtenida es de 20.2 m^2/ha (± 7,8%). Los mayores valores en área basal se presentan en el estrato Bosque Maduro (32.3 m^2/ha) y Bosque de Palmas (25.5 m^2/ha). Los menores valores por hectárea se encuentran en el estrato Pasto con Árboles y Plantación Forestal con 5,1 m^2/ha y 10.9 m^2/ha respectivamente, debido a la baja densidad que presenta el primero y a la densidad de plantación del segundo estrato. En la Figura 217 se muestra los valores para el área basal en m^2 por hectárea y los errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%.

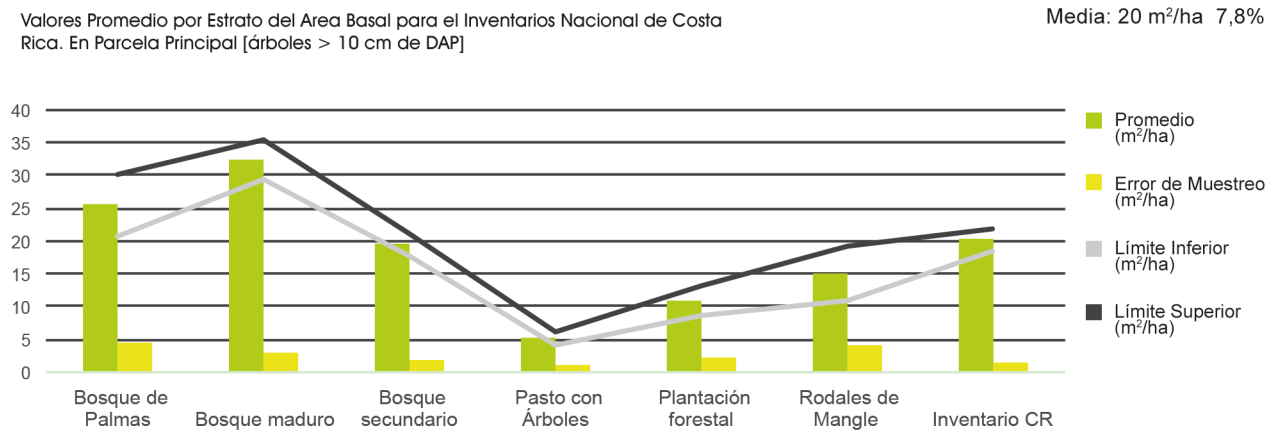


Figura 217. Variable Área Basal (m²/ha) para parcela principal (especies ≥ 10 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable

b. Área Basal determinada para especies arbóreas entre 2 cm y 9,9 cm de DAP por estrato o tipo de bosque

Para este componente arbóreo el área basal promedio obtenida es de 2,7 m² por hectárea (± 8,5%). Los mayores valores de área basal se encuentran en el estrato Bosque Maduro y Bosque Secundario con 3,5 m²/ha y 3,4 m²/ha respectivamente. Los menores valores de área basal se encuentran en el estrato Plantación Forestal (0,02 m²/ha) y Pasto con árboles (0,06 m²/ha) éste último estrato tiene un error de muestreo muy superior al valor promedio del área basal. En la Figura 218 se muestra los valores del área basal por hectárea y los errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%.

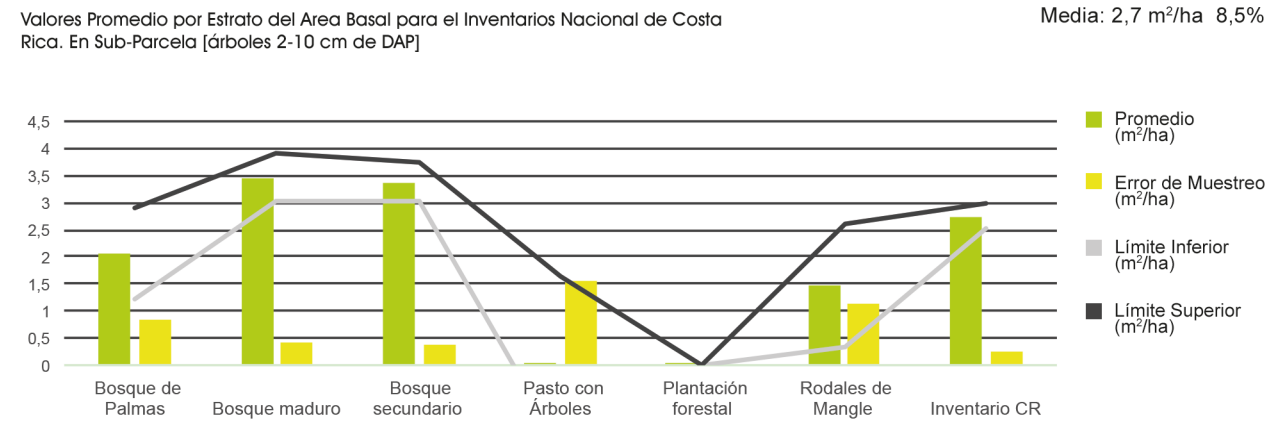


Figura 218. Variable área basal (m²/ha) para parcela secundaria (especies entre 2 cm y 9,9 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable

c. Área Basal determinada para especies arbóreas ≥ 2 cm por estrato o tipo de bosque

El valor promedio del área basal, determinado para la suma de los componentes arbóreos, es de 22,5 m^2 por hectárea (± 7,0%). Son los estratos Bosque Maduro y Bosque de Palmas los que poseen mayores área basales con 35,8 m^2/ha y 27,4 m^2/ha respectivamente. Los estratos con menores valores para esta variable son los de Pasto con Árboles y Plantación Forestal con 5,2 m^2/ha y 10,9 m^2/ha respectivamente. En la Figura 219 se muestra los valores de área basal y los errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo, así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%.

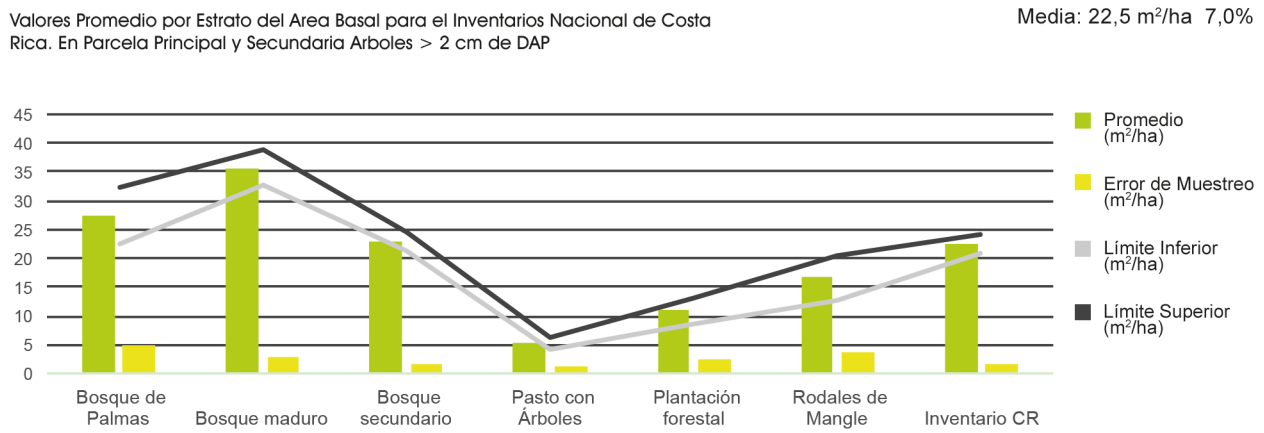


Figura 219. Variable Área Basal (m^2/ha) para parcela primaria y secundaria (especies ≥ 2 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable

7.5. Volumen en metros cúbicos por hectárea (V)

Se muestra a continuación las existencias de volumen en m^3 por hectárea obtenido para los distintos estratos y los principales componentes arbóreos y su combinación (UMP y UMS) a través del inventario aplicado a las superficies en evaluación.

a. Volumen determinado para especies arbóreas ≥ 10 cm de DAP por estrato o tipo de bosque

Para el componente de árboles mayores el volumen por hectárea promedio obtenido es de 188,9 m^3/ha (± 11,4%). El volumen se concentra principalmente en el estrato Bosque Maduro con 338 m^3/ha (87 m^3/ha de

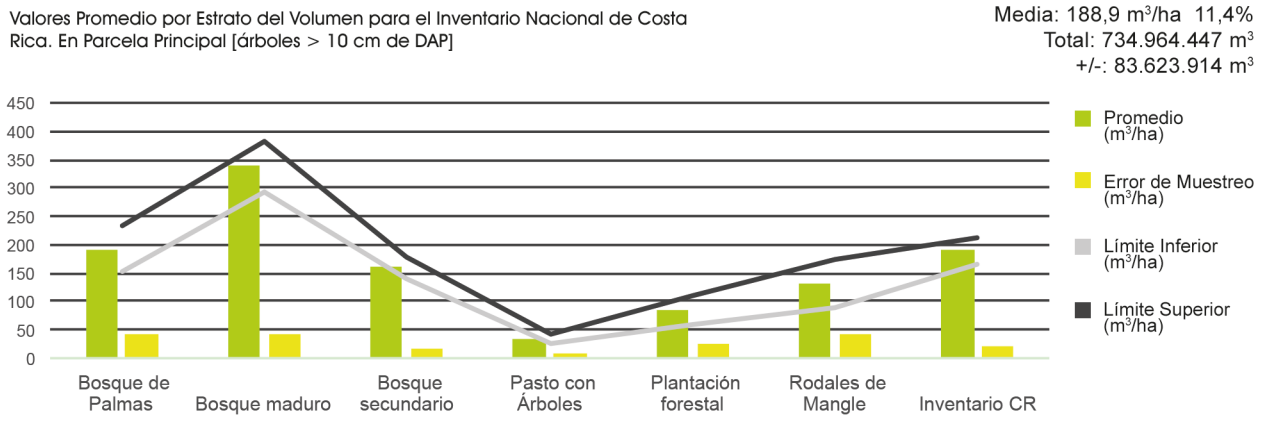


Figura 220. Variable Volumen (m^3/ha) para parcela principal (especies ≥ 10 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable

diferencia entre el límite inferior y superior) y lo sigue el Bosque de Palmas con 191 m³/ha (80 m³/ha de diferencia entre límites). Los menores valores por hectárea se encuentran en el estrato Pasto con Árboles y Plantación Forestal con 34 m³/ha y 86 m³/ha respectivamente. El volumen total que aporta este componente de árboles mayores a 10 cm de DAP es de 734.964.447 m³. En la Figura 220 se muestra los valores para el volumen en m³ por hectárea y los errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%.

b. Volumen determinada para especies arbóreas entre 2 cm y 9,9 cm de DAP por estrato o tipo de bosque

Para este componente arbóreo el volumen promedio obtenido es de 7,2 m³ por hectárea (± 10,4%). La mayor existencia de volumen se encuentran en el estrato Bosque Maduro y Bosque Secundario con 10,3 m³/ha y 9,7 m³/ha respectivamente. Los menores valores de volumen se encuentran en el estrato Plantación Forestal (0,03 m³/ha) y Pasto con árboles (0,2 m³/ha), éste último estrato tiene un error de muestreo muy superior al valor promedio del volumen. El volumen total que aporta este componente de regeneración natural es de 25.836.462 m³. En la Figura 221 se muestra el volumen en m³ por hectárea y los errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%.

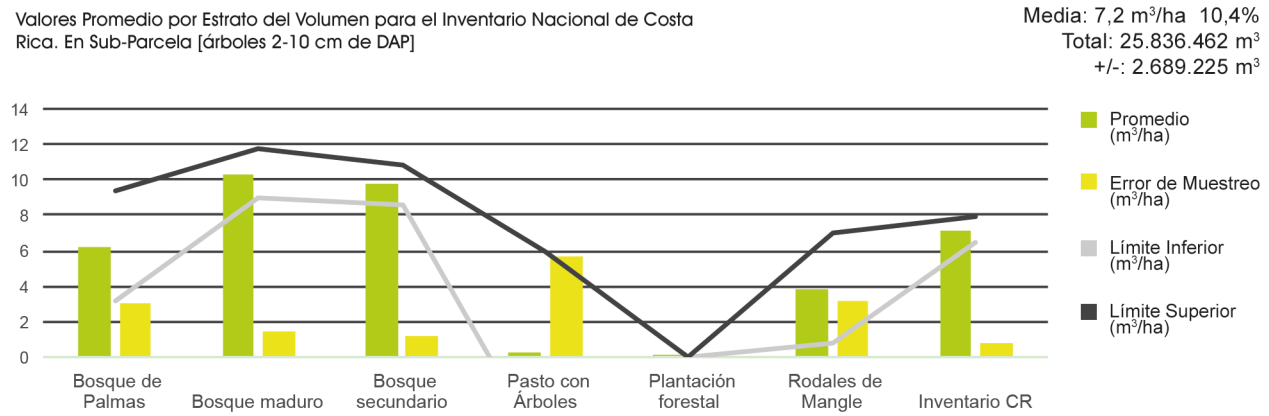


Figura 221. Variable volumen (m³/ha) para parcela secundaria (especies entre 2 cm y 9,9 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable

c. Volumen determinado para especies arbóreas ≥ 2 cm por estrato o tipo de bosque

El valor promedio del volumen, determinado para la suma de los componentes arbóreos, es de 195,6 m³ por hectárea (± 11,0%). Es el estrato Bosque Maduro el que posee el mayor volumen con 348.3 m³/ha y luego el

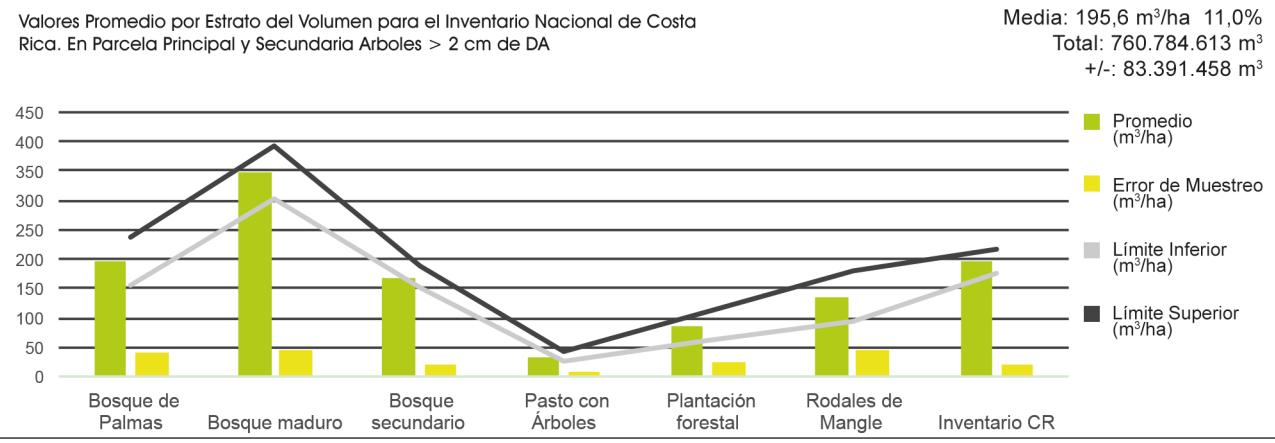


Figura 222. Variable Volumen (m³/ha) para parcela primaria y secundaria (especies ≥ 2 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable

Bosque de Palmas con 197,0 m³/ha. Los estratos con menor valor para esta variable nuevamente son el de Pasto con Árboles y Plantación Forestal con 34,2 m³/ha y 86,2 m³/ha respectivamente. El volumen total que aporta este componente de árboles mayores es de 760.784.613 m³. En la Figura 222 se muestra los valores de volumen en m³ y los errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%.

7.6. Biomasa en toneladas por hectárea (B)

Se muestra a continuación las existencias de biomasa en toneladas por hectárea obtenida para los distintos estratos y los principales componentes arbóreos y su combinación (UMP y UMS) a través del inventario aplicado a las superficies en evaluación.

a. Biomasa determinada para especies arbóreas ≥ 10 cm de DAP por estrato o tipo de bosque

Para el componente de árboles mayores, la biomasa por hectárea promedio obtenida es de 134,6 ton/ha (± 11,8%). La existencia de biomasa se concentra principalmente en el estrato Bosque Maduro con 244,0 ton/ha (65 ton/ha de diferencia entre el límite inferior y superior) y le sigue el estrato Rodales de Mangle con 123,1 ton/ha (83 ton/ha de diferencia entre límites) con bastante diferencia entre ellos. Los menores valores por hectárea se encuentran en el estrato Pasto con Árboles y Plantación Forestal con 21,7 ton/ha y 51,7 ton/ha respectivamente. La biomasa total que aporta este componente de árboles mayores a 10 cm de DAP es de 522.698.993 toneladas. En la Figura 223 se muestra los valores para la biomasa en toneladas por hectárea y los errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%.

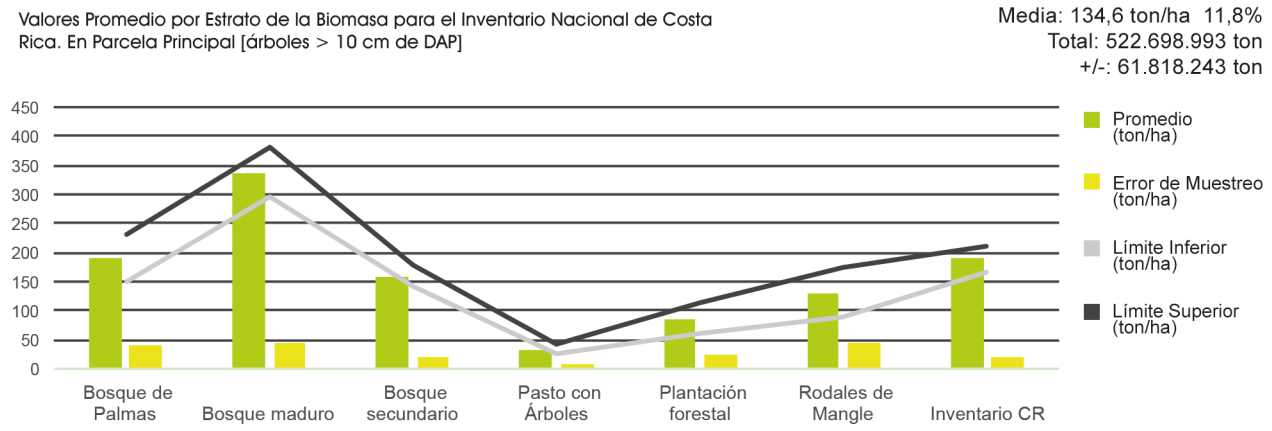


Figura 223. Variable Biomasa (ton/ha) para parcela principal (especies ≥ 10 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable

b. Biomasa determinada para especies arbóreas entre 2 cm y 9,9 cm de DAP por estrato o tipo de bosque

Para este componente arbóreo la biomasa promedio obtenida es de 6,4 toneladas por hectárea (± 9,7%). La mayor existencia de volumen se encuentran en el estrato Bosque Maduro y Bosque Secundario con 9,1 ton/ha y 8,7 ton/ha respectivamente. Los menores valores de biomasa se encuentran en el estrato Plantación Forestal (0,08 ton/ha) y Pasto con Árboles (0,2 ton/ha), éste último estrato tiene un error de muestreo muy superior al valor promedio de la biomasa. La biomasa total que aporta este componente de regeneración natural es de 22.947.946 toneladas. En la Figura 224 se muestra la biomasa en toneladas por hectárea y los

errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo, así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%.

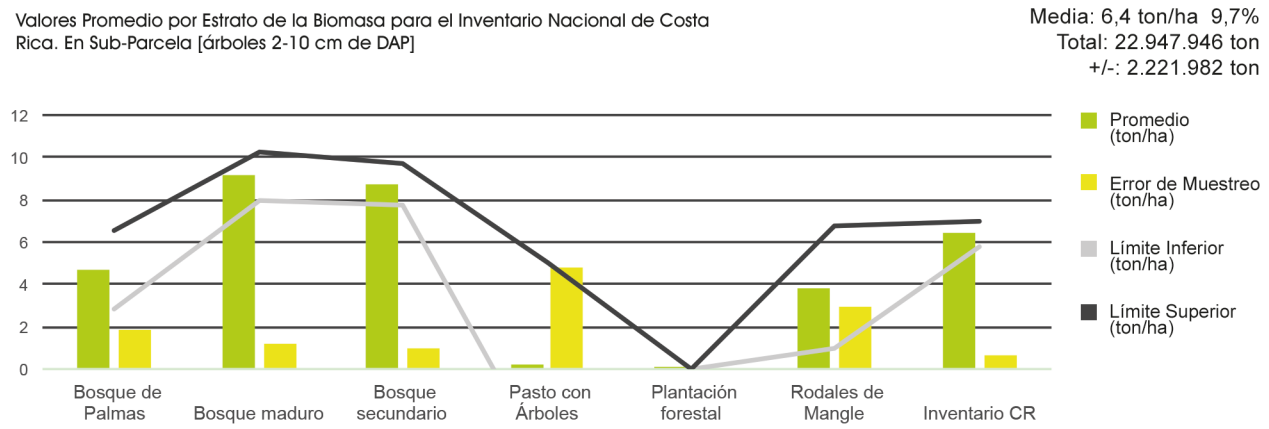


Figura 224. Variable Biomasa (ton/ha) para parcela secundaria (especies entre 2 cm y 9,9 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable

c. Biomasa determinada para especies arbóreas ≥ 2 cm por estrato o tipo de bosque

La media de la biomasa obtenida para la suma de los componentes arbóreos es de 140,6 toneladas por hectárea (± 11,3%). Es el estrato Bosque Maduro el que posee la mayor existencia de biomasa con 253,1 ton/ha y luego el Bosque Secundario con 120,0 ton/ha pero con una diferencia importante entre ellos. Los estratos con menor valor para esta variable es el de Pasto con Árboles y Plantación Forestal con 17,7 ton/ha y 51,8 ton/ha respectivamente. La biomasa total que aporta este componente de árboles mayores es de 545.634.875 toneladas. En la Figura 225 se muestra los valores de biomasa en toneladas y los errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%.

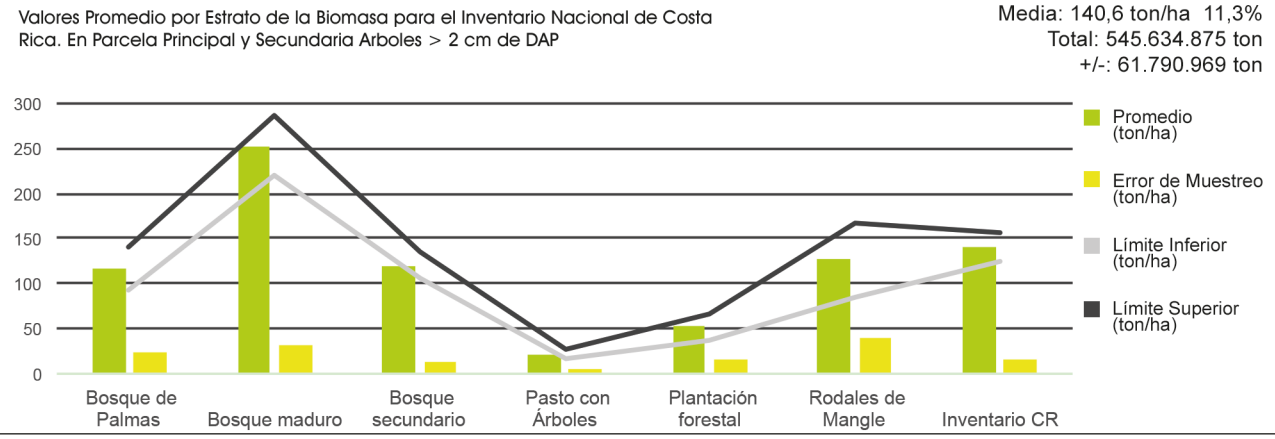


Figura 225. Variable Biomasa (ton/ha) para parcela primaria y secundaria (especies ≥ 2 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable

7.7. CO_2 en toneladas por hectárea (CO_2)

Se muestra a continuación las existencias de CO_2 en toneladas por hectárea obtenida para los distintos estratos y los principales componentes arbóreos y su combinación (UMP y UMS) a través del inventario aplicado a las superficies en evaluación.

a. CO_2 determinado para especies arbóreas ≥ 10 cm de DAP por estrato o tipo de bosque

Para el componente de árboles mayores, el CO_2 por hectárea promedio obtenido es de 204,1 ton/ha (± 11,8%). La existencia de CO_2 se concentra principalmente en el estrato Bosque Maduro con 447,4 ton/ha (119 ton/ha de diferencia entre el límite inferior y superior) y lo sigue el estrato Rodales de Mangle con 225,7 ton/ha (152 ton/ha de diferencia entre límites). Los menores valores por hectárea se encuentran en el estrato Pasto con Árboles y Plantación Forestal con 39,9 ton/ha y 94,7 ton/ha respectivamente. La biomasa total que aporta este componente de árboles mayores a 10 cm de DAP es de 958.281.487 toneladas. En la Figura 226 se muestra los valores para el CO_2 en toneladas por hectárea y los errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%.

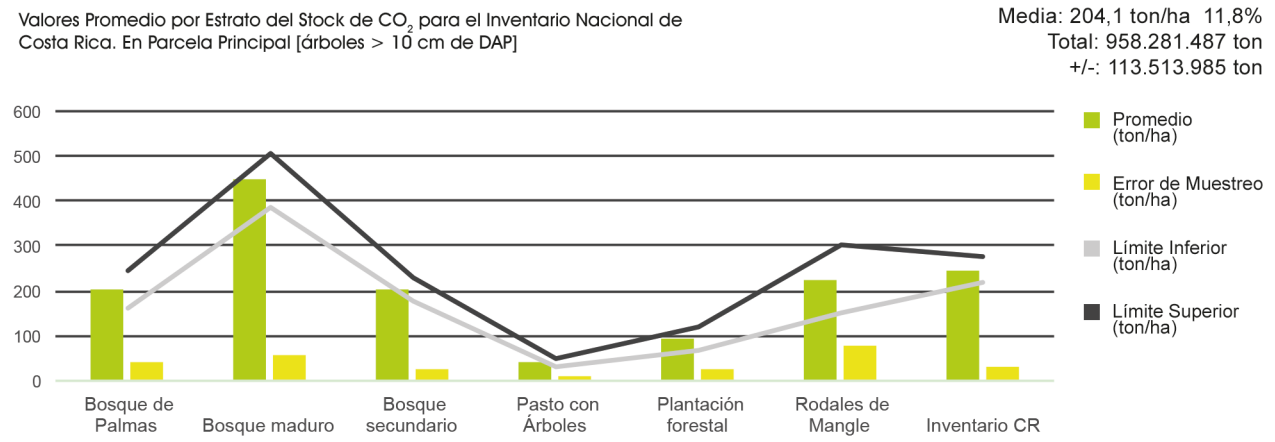


Figura 226. Variable CO_2 (ton/ha) para parcela principal (especies ≥ 10 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable

b. CO_2 determinado para especies arbóreas entre 2 cm y 9,9 cm de DAP por estrato o tipo de bosque

Para este componente arbóreo la biomasa promedio obtenida es de 13,0 toneladas por hectárea (± 8,7%). La mayores existencia de CO_2 se encuentran en el estrato Bosque Maduro y Bosque Secundario con 16,7 ton/ha y 15,9 ton/ha respectivamente. Los menores valores de biomasa se encuentran en el estrato Plantación Forestal (0,2 ton/ha) y Pasto con Árboles (5,5 ton/ha) éste último estrato tiene un error de muestreo alto respecto del valor promedio del CO_2. El volumen total que aporta este componente de regeneración natural es de 48.457.967 toneladas. En la Figura 227 se muestra el CO_2 en toneladas por hectárea y los errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo, así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%.

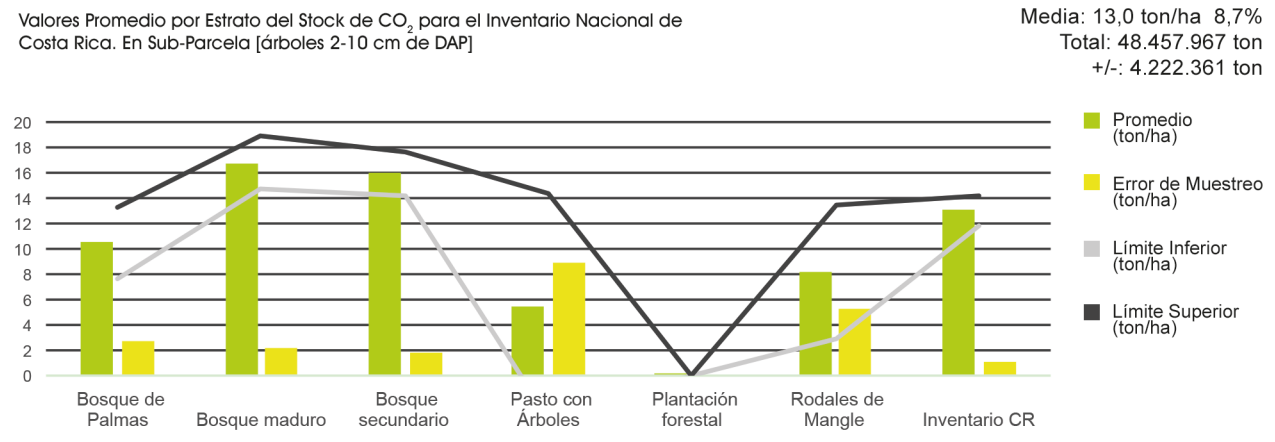


Figura 227. Variable Biomasa (ton/ha) para parcela secundaria (especies entre 2 cm y 9,9 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable

c. CO_2 determinado para especies arbóreas ≥ 2 cm por estrato o tipo de bosque

La media de la biomasa obtenida para la suma de los componentes arbóreos, es de 259,0 toneladas por hectárea (± 11,3%). Es el estrato Bosque Maduro el que posee la mayor existencia de biomasa con 464,1 ton/ha y luego los Rodales de Mangle con 233,9 ton/ha, pero con una diferencia importante entre ellos. Los estratos con menor valor para esta variable es el de Pasto con Árboles y Plantación Forestal con 45,4 ton/ha y 94,9 ton/ha respectivamente. El CO_2 total que aporta este componente de árboles mayores es de 1.006.739.454 toneladas. En la Figura 228 se muestra los valores de CO_2 en toneladas y los errores de muestreo asociados a cada estrato arbóreo así como los respectivos límites para el intervalo de confianza del 95%

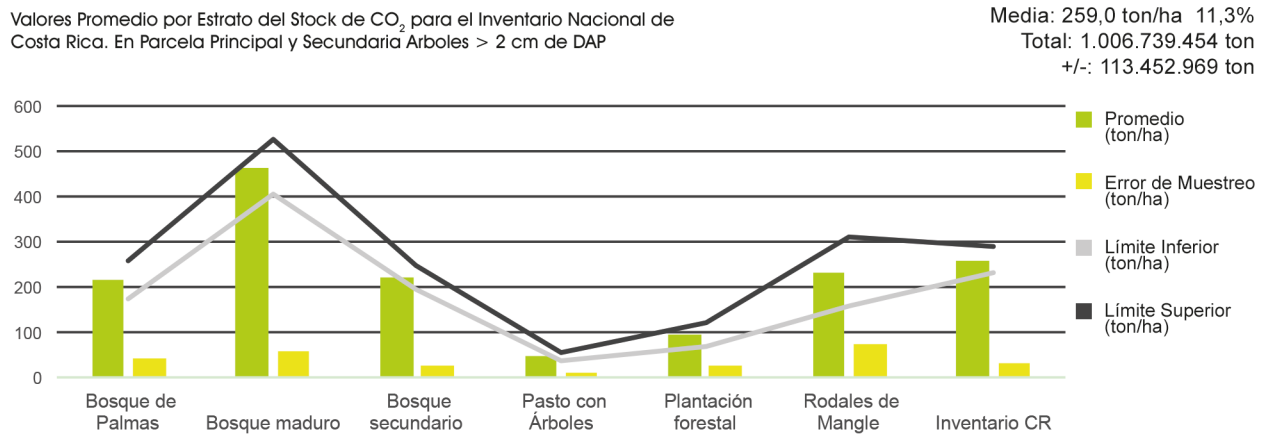


Figura 228. Variable CO_2 (ton/ha) para parcela primaria y secundaria (especies ≥ 2 cm) por estrato. Errores de muestreo asociados y límites inferior y superior para la variable




OLYMPUS





Capítulo 8

Carbono - CO_2 determinado en el INF-CR

Capítulo 8

Carbono - CO_2 determinado en el INF-CR

8.1. Existencias de CO_2 por estratos y sus componentes

8.1.1. Bosque de Palmas

Estrato con una superficie total de 38.868 hectáreas y una participación de 1,24% respecto de los tipos de bosques considerados en el inventario. El número de unidades de muestreo realizadas para este estrato fue de 18 (5 en Fase I y 13 en Fase II). En el Cuadro 119 se muestran las existencias de CO_2 para el estrato arbóreo Bosque de Palmas por cada uno de los componentes evaluados. Siendo el componente de suelo el que aporta la mayor cantidad de CO_2 fijado, con 19.604.908 toneladas (59%), y el estrato arbóreo de especies ≥ 10 cm de DAP el que lo sigue, aportando 9.637.719 toneladas (29%). En total, se obtuvo para este estrato 33.326.649 toneladas de CO_2 como stock, con una participación de 1,1% dentro del total de estratos considerados.

En el Cuadro 120 se muestra el error de muestreo (incertidumbre) obtenido para el estrato Bosque de Palmas para cada uno de los componentes medidos. El error total es de un 9,3% para este estrato.

8.1.2. Bosque Maduro

Estrato con una superficie total de 1.272.581 ha y una participación de 40,59% respecto de los tipos de bosques considerados en el inventario. El número de unidades de muestreo realizadas para este estrato fue de 60 (22 en Fase I y 38 en Fase II). En el Cuadro 121 se muestra las existencias de CO_2 para el estrato arbóreo Bosque Maduro por cada uno de los componentes evaluados. Siendo el componente arbóreo de especies ≥ 10 cm de DAP el que aporta el mayor stock de CO_2 fijado con 692.840.527 toneladas (43%) y el componente

Cuadro 119. Existencias (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Bosque de Palmas

BOSQUE DE PALMAS	VALOR
CO_2 DAP>10 cm	9.637.719
CO_2 DAP 2-10 cm	494.694
CO_2 Raices	2.735.751
CO2 Hojarasca	261.922
CO_2 MM	591.655
CO_2 Suelo	19.604.908
TOTAL ESTRATO	33.326.649

de suelo lo sigue aportando 637.850.912 toneladas (40%). Se obtuvo, para este estrato, una cantidad total de 1.605.409.870 toneladas de CO_2, teniendo una participación de 54% dentro del total de estratos considerados.

En el Cuadro 122 se muestra el error de muestreo (incertidumbre) obtenido para el estrato Bosque Maduro para cada uno de los componentes medidos. El error total es de un 9,0% para este estrato.

Cuadro 120. Errores de muestreo (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Bosque de Palmas

BOSQUE DE PALMAS	VALOR
CO_2 DAP>10 cm	1.996.195
CO_2 DAP 2-10 cm	132.709
CO_2 Raices	550.034
CO_2 Hojarasca	94.650
CO_2 MM	698.001
CO_2 Suelo	3.282.152
TOTAL ESTRATO	3.103.099

Cuadro 121. Existencias (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Bosque Maduro

BOSQUE MADURO	VALOR
CO_2 DAP>10 cm	692.840.527
CO_2 DAP 2-10 cm	25.973.679
CO_2 Raices	194.079.836
CO_2 Hojarasca	9.317.799
CO_2 MM	45.347.117
CO_2 Suelo	637.850.912
TOTAL ESTRATO	1.605.409.870

Cuadro 122. Errores de muestreo (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Bosque Maduro

BOSQUE MADURO	VALOR
CO_2 DAP>10 cm	92.348.543
CO_2 DAP 2-10 cm	3.278.858
CO_2 Raices	24.903.094
CO_2 Hojarasca	1.206.700
CO_2 MM	24.319.014
CO_2 Suelo	72.650.516
TOTAL ESTRATO	144.540.552

8.1.3. Bosque Secundario

Estrato con una superficie total de 1.017.297 hectáreas y una participación de 32,45% respecto de los tipos de bosques considerados en el inventario. El número de unidades de muestreo realizadas para este estrato fue de 85 (32 en Fase I y 53 en Fase II). En el Cuadro 123 se muestran las existencias de CO_2 para el estrato arbóreo Bosque Secundario por cada uno de los componentes evaluados. El componente suelo es el que aporta la mayor cantidad de CO_2 fijado con 366.742.285 toneladas (57%) y le sigue el estrato arbóreo de especies ≥ 10 cm de DAP aportando 191.921.362 toneladas (30%). En total se obtuvo para este estrato una cantidad total de 639.872.834 toneladas de CO_2, con una participación de 22% dentro del total de estratos considerados.

En el Cuadro 124 se muestra el error de muestreo (incertidumbre) obtenido para el estrato Bosque Secundario para cada uno de los componentes medidos. El error total es de un 6,9% para este estrato.

8.1.4. Pasto con Árboles

Estrato con una superficie total de 713.548 hectáreas y una participación de 22,76% respecto de los tipos de bosques considerados en el inventario. El número de unidades de muestreo realizadas para este estrato fue de 80 (38 en Fase I y 42 en Fase II). En el Cuadro 125 se muestran las existencias de CO_2 para el estrato arbóreo Pasto con Árboles por cada uno de los componentes evaluados. Siendo el componente de suelo el que aporta la mayor cantidad de CO_2 fijado con 485.608.828 toneladas (80%) y el estrato arbóreo de especies ≥ 10 cm de DAP el que lo sigue, aportando 48.630.876 toneladas (8%). En total se obtuvo para este estrato 605.608.978 toneladas de CO_2 como stock, teniendo una participación de 21% dentro del total de estratos considerados.

Cuadro 123. Existencias (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Bosque Secundario

BOSQUE SECUNDARIO	VALOR
CO_2 DAP>10 cm	191.921.362
CO_2 DAP 2-10 cm	15.005.990
CO_2 Raices	51.731.838
CO_2 Hojarasca	4.298.226
CO_2 MM	10.173.133
CO_2 Suelo	366.742.285
TOTAL ESTRATO	639.872.834

Cuadro 124. Errores de muestreo (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Bosque Secundario

BOSQUE SECUNDARIO	VALOR
CO_2 DAP>10 cm	24.002.869
CO_2 DAP 2-10 cm	1.612.048
CO_2 Raices	6.078.178
CO_2 Hojarasca	599.176
CO_2 MM	4.977.185
CO_2 Suelo	29.688.131
TOTAL ESTRATO	44.347.838

En el Cuadro 126 se muestra el error de muestreo (incertidumbre) obtenido para el estrato Pasto con Árboles para cada uno de los componentes medidos. El error total es de un 2,8% para este estrato.

8.1.5. Plantaciones Forestales

Estrato con una superficie total de 59.022 hectáreas y una participación de 1,88% respecto de los tipos de bosques considerados en el inventario. El número de unidades de muestreo realizadas para este estrato fue de 22 (6 en Fase I y 16 en Fase II). En el Cuadro 127 se muestran las existencias de CO_2 para el estrato

Cuadro 125. Existencias (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Pasto con Árboles

PASTOS CON ARBOLES	VALOR
CO_2 DAP>10 cm	48.630.876
CO_2 DAP 2-10 cm	6.677.257
CO_2 Raices	14.933.196
CO_2 Hojarasca	2.551.910
CO_2 MM	47.388.912
CO_2 Suelo	485.608.828
TOTAL ESTRATO	605.790.978

Cuadro 126. Errores de muestreo (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Pasto con Árboles

PASTOS CON ARBOLES	VALOR
CO_2 DAP>10 cm	11.591.438
CO_2 DAP 2-10 cm	10.793.322
CO_2 Raices	3.141.327
CO_2 Hojarasca	1.914.753
CO_2 MM	95.490.951
CO_2 Suelo	112.979.102
TOTAL ESTRATO	16.665.661

Cuadro 127. Existencias (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Plantaciones Forestales

PLANTACIONES FORESTALES	VALOR
CO_2 DAP>10 cm	7.067.649
CO_2 DAP 2-10 cm	11.865
CO_2 Raices	2.123.854
CO_2 Hojarasca	557.301
CO_2 MM	423.389
CO_2 Suelo	28.429.550
TOTAL ESTRATO	38.613.608

arbóreo Plantaciones Forestales por cada uno de los componentes evaluados. Siendo el componente de suelo el que aporta la mayor cantidad de CO_2 fijado con 28.429.550 toneladas (74%) y el estrato arbóreo de especies ≥ 10 cm de DAP el que lo sigue, aportando 7.067.649 toneladas (18%). Se obtuvo para este estrato una cantidad total de 38.613.608 toneladas de CO_2, teniendo una participación de 1,3% dentro del total de estratos considerados.

En el Cuadro 128 se muestra el error de muestreo (incertidumbre) obtenido para el estrato Plantaciones Forestales para cada uno de los componentes medidos. El error total es de un 6,7% para este estrato.

8.1.6. Rodales de Mangle

Estrato con una superficie total de 34.070 hectáreas y una participación de 1,09% respecto de los tipos de bosques considerados en el inventario. El número de unidades de muestreo realizadas para este estrato fue de 15 (4 en Fase I y 11 en Fase II). En el Cuadro 129 se muestra las existencias de CO_2 para el estrato arbóreo Rodales de Mangle por cada uno de los componentes evaluados. El componente suelo es el que aporta la mayor cantidad de CO_2 fijado, con 15.072.891 toneladas (55%), y el estrato arbóreo de especies ≥ 10 cm de DAP el que lo sigue aportando 8.183.355 toneladas (30%). En total se obtuvo para este estrato una cantidad total de 27.160.757 toneladas de CO_2, teniendo una participación de 0,9% dentro del total de estratos considerados.

En el Cuadro 130 se muestra el error de muestreo (incertidumbre) obtenido para el estrato Rodales de Mangle para cada uno de los componentes medidos. El error total es de un 13,9% para este estrato.

Cuadro 128. Errores de muestreo (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Plantaciones Forestales

PLANTACIONES FORESTALES	VALOR
CO_2 DAP>10 cm	1.993.992
CO_2 DAP 2-10 cm	12
CO_2 Raices	596.455
CO_2 Hojarasca	0
CO_2 MM	0
CO_2 Suelo	0
TOTAL ESTRATO	2.584.638

Cuadro 129. Existencias (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Rodales de Mangle

RODALES MANGLE	VALOR
CO_2 DAP>10 cm	8.183.355
CO_2 DAP 2-10 cm	294.482
CO_2 Raices	3.306.356
CO_2 Hojarasca	30.527
CO_2 MM	273.145
CO_2 Suelo	15.072.891
TOTAL ESTRATO	27.160.757

8.2. Existencias de CO_2 totales para el INF-CR

El stock total de CO_2 que se logra determinar a través del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica (INF-CR), considerando los distintos componentes vegetales y de suelo medido y relacionado con los distintos estratos arbóreos definidos, asciende a una cantidad de 2.950.174.696 toneladas. El error de muestreo asociado es de un 6,1%, por lo que se podría esperar que el stock total de CO_2 varíe entre 2.771.536.308 toneladas como límite inferior y 3.128.813.084 toneladas como límite superior. El estrato Bosque Maduro es el que posee la mayor cantidad de stock de CO_2 fijado con 1.605.409.870 toneladas (54%), seguido por el Bosque Secundario con 639.872.834 toneladas (22%), se entiende que esto es reflejo de las existencias de biomasa que aportan estos bosque que son los de mayor superficie.

En el Cuadro 131 se especifica por estratos arbóreos las existencias de CO_2, en tanto que en el Cuadro 132,

Cuadro 130. Errores de muestreo (en toneladas) por componente para el estrato arbóreo Rodales de Mangle

RODALES MANGLE	VALOR
CO_2 DAP>10 cm	2.763.311
CO_2 DAP 2-10 cm	191.793
CO_2 Raices	1.052.802
CO_2 Hojarasca	5.610
CO_2 MM	55.014
CO_2 Suelo	0
TOTAL ESTRATO	3.777.955

Cuadro 131. Existencias de CO_2 (en toneladas) por estrato arbóreo o tipo de bosque

EXISTENCIAS CO_2	VALOR
BOSQUE DE PALMAS	33.326.649 ton CO_2
BOSQUE MADURO	1.605.409.870 ton CO_2
BOSQUE SECUNDARIO	639.872.834 ton CO_2
PASTOS CON ARBOLES	605.790.978 ton CO_2
PLANTACIONES FORESTALES	38.613.608 ton CO_2
RODALES MANGLE	27.160.757 ton CO_2

Cuadro 132. Existencias de CO_2 (en toneladas) y participación porcentual por estrato arbóreo según error de muestreo

ERROR DE MUESTREO EN CO_2	VALOR	
BOSQUE DE PALMAS	3.103.099 ton CO_2	9,3%
BOSQUE MADURO	144.540.552 ton CO_2	9,0%
BOSQUE SECUNDARIO	44.347.838 ton CO_2	6,9%
PASTOS CON ARBOLES	16.665.661 ton CO_2	2,8%
PLANTACIONES FORESTALES	2.584.638 ton CO_2	6,7%
RODALES MANGLE	3.777.955 ton CO_2	13,9%

para los mismos estratos arbóreos, se muestra los valores de error de muestreo alcanzados, resultando el mayor error para el estrato Rodales de Mangle con un 13,9% como consecuencia de la alta variabilidad y bajo número de unidades muestrales evaluadas para ese estrato.

En términos de cada uno de los componentes analizados, el CO_2 eq que aporta cada sumidero considerado en el inventario se presenta en el Cuadro 133. En este sentido, sin considerar el aporte de CO_2 del suelo, el mayor stock de CO_2 eq está dado por los Árboles mayores a 10 cm de DAP que representan un 68,6% del CO_2 Total, seguido de los componentes le siguen los componentes Raíces (19,3%) y Maderas Muertas (7,5%). Cuando se incorpora en el análisis como sumidero el Suelo (a 30 cm de profundidad), este componente por sí sólo representa el 52,7% del CO_2 Total, seguido de los Árboles mayores a 10 cm (32,5%)

8.3. Distribución espacial del CO_2 eq en los bosques de Costa Rica

Para representar gráficamente la distribución espacial de los stocks de CO_2 de los distintos componentes analizados en el INF-CR se generaron mapas mediante la aplicación de la geoestadística. Específicamente se aplicó el método denominado Inverse Distance Weighting (IDW) (peso ponderado por el inverso de la distancia), de la extensión Spatial Analyst de ArcGis Desktop ©ESRI; este método presupone que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde la ubicación del punto muestral en análisis.

El principal objetivo de este análisis fue estimar valores de CO_2 a nivel nacional (por componente y total) a través de interpolaciones utilizando los datos provenientes de las mediciones en terreno para las 280 parcelas distribuidas en los seis estratos de cobertura forestal a nivel nacional. Los resultados obtenidos se presentan desde la Figura 230 hasta la Figura 235 en las que se ilustran mapas de CO_2 equivalente para los bosques de Costa Rica.

Cuadro 133. Existencias de CO_2 (en toneladas) y participación porcentual por componente

COMPONENTE	(ton)	(%)
CO_2 DAP>10 cm	958.281.487	32,5
CO_2 DAP 2-10 cm	48.457.967	1,6
CO_2 Raíces	268.910.831	9,1
CO_2 Hojarasca	17.017.684	0,6
CO_2 Maderas Muertas	104.197.352	3,5
CO_2 TOTAL s/suelo	1.396.865.321	47,3
CO_2 Suelo	1.553.309.375	52,7
CO_2 TOTAL c/suelo	2.950.174.696	100,0

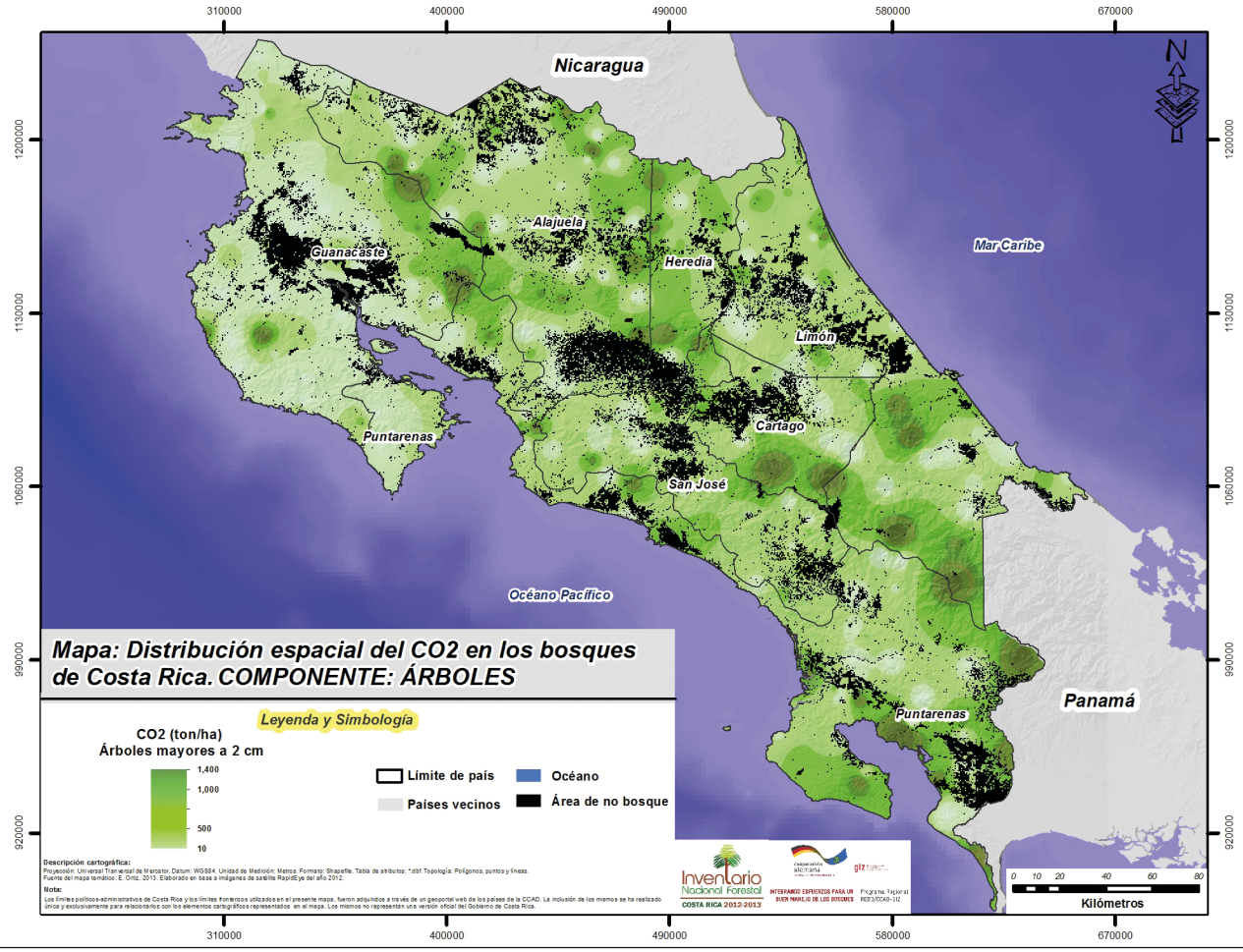


Figura 229. Distribución espacial del CO_2 de los árboles mayores a 10 cm en los bosques de Costa Rica





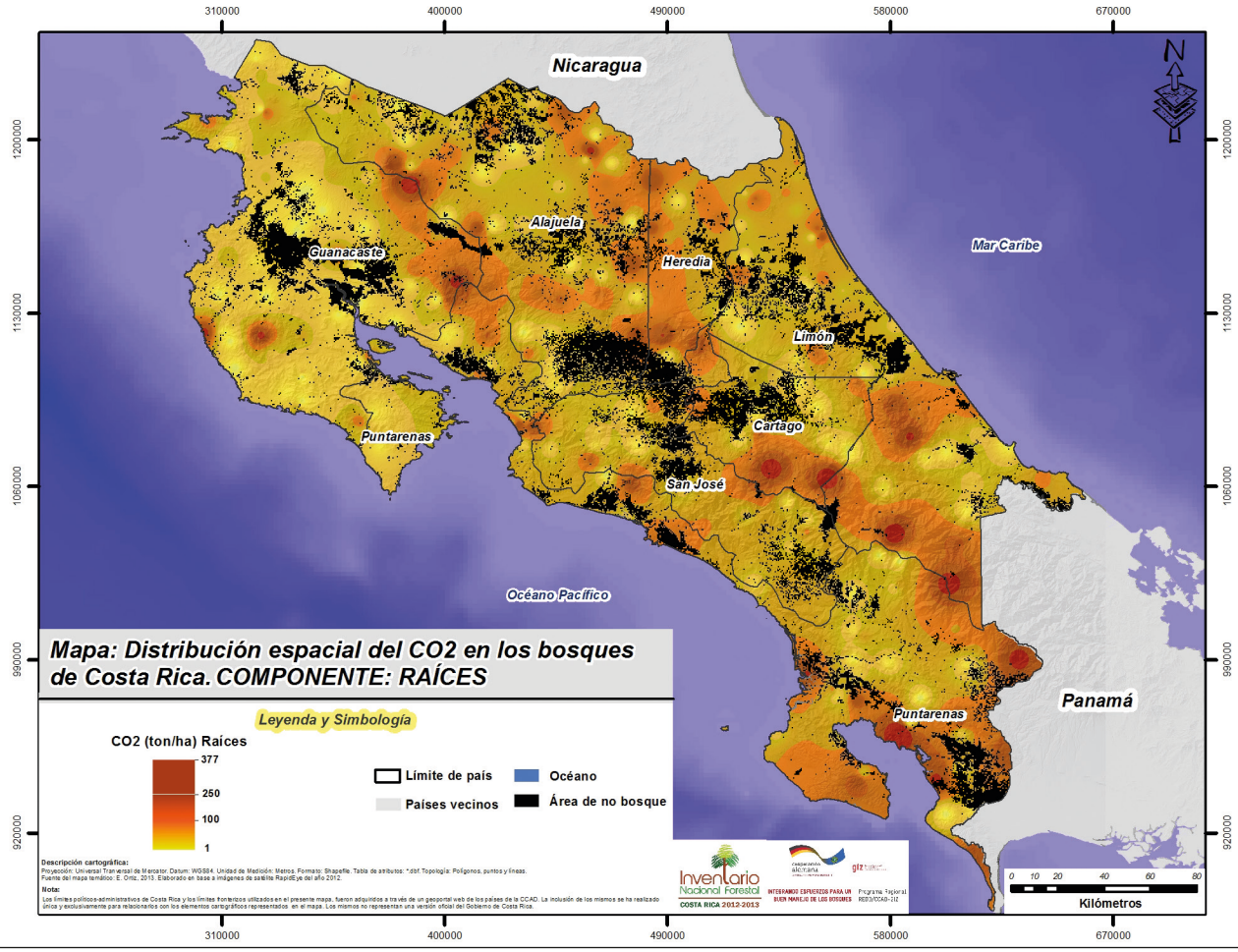


Figura 230. Distribución espacial del CO_2 de las raíces en los bosques de Costa Rica





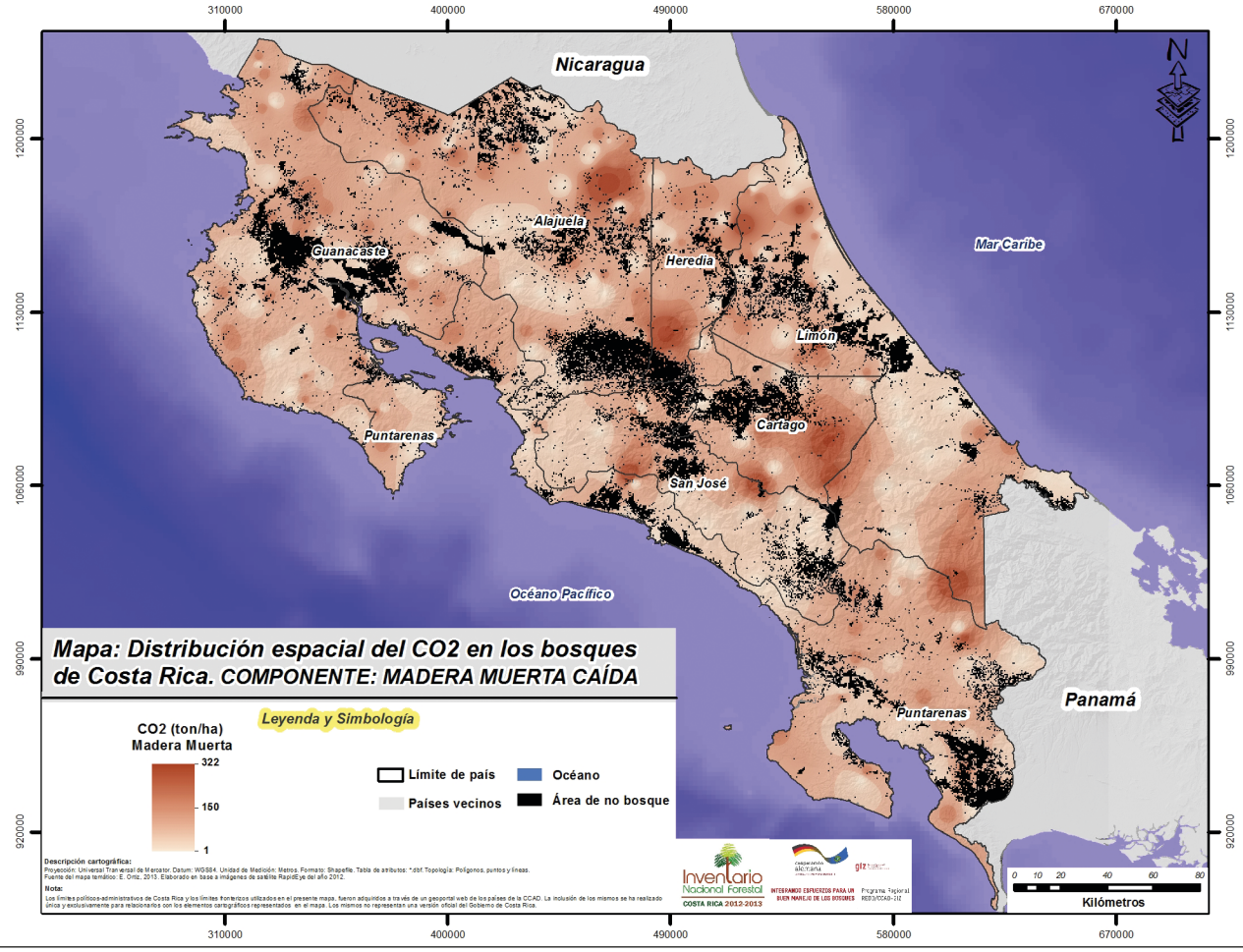


Figura 231. Distribución espacial del CO_2 de las maderas muertas en los bosques de Costa Rica





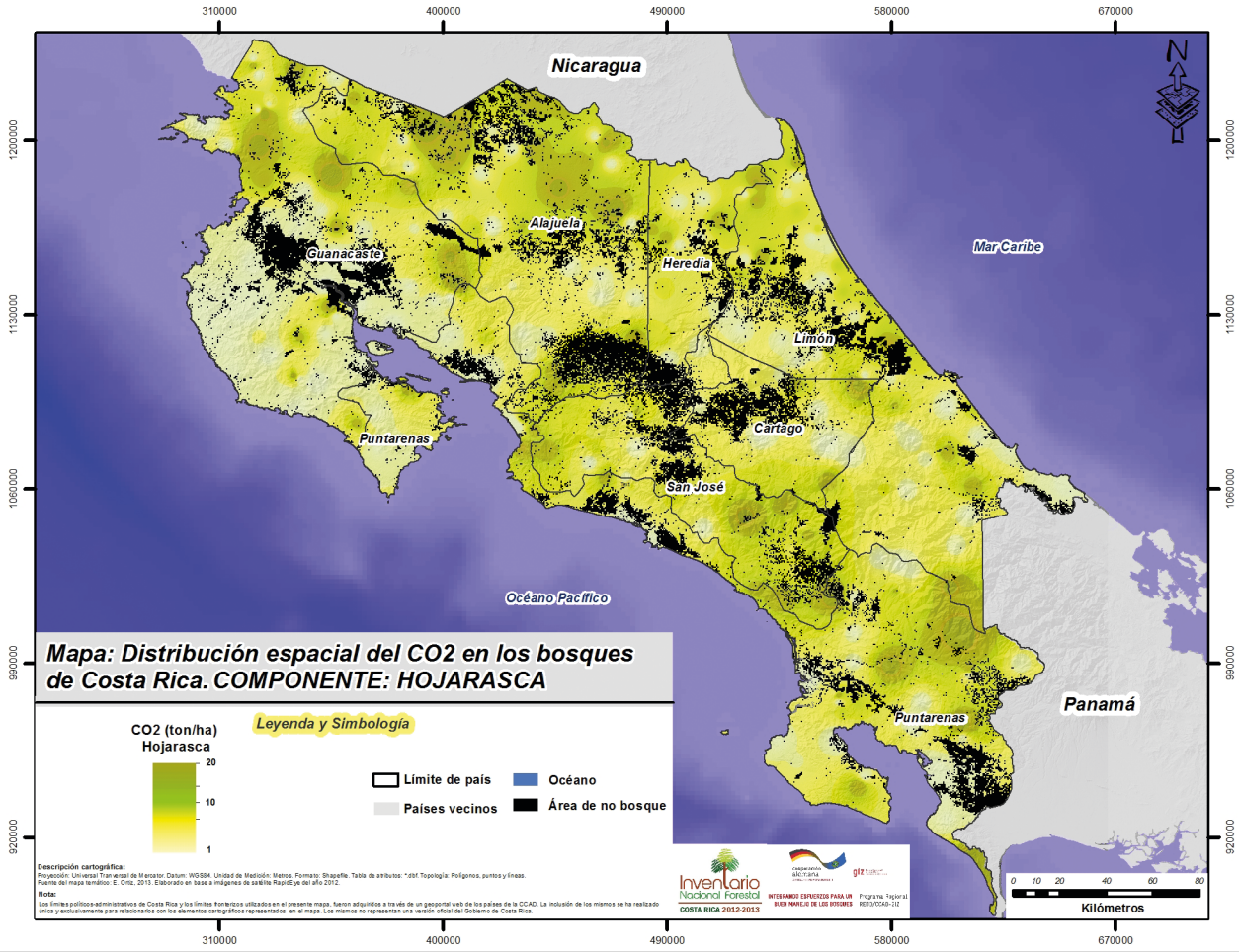


Figura 232. Distribución espacial del CO_2 de la hojarasca en los bosques de Costa Rica





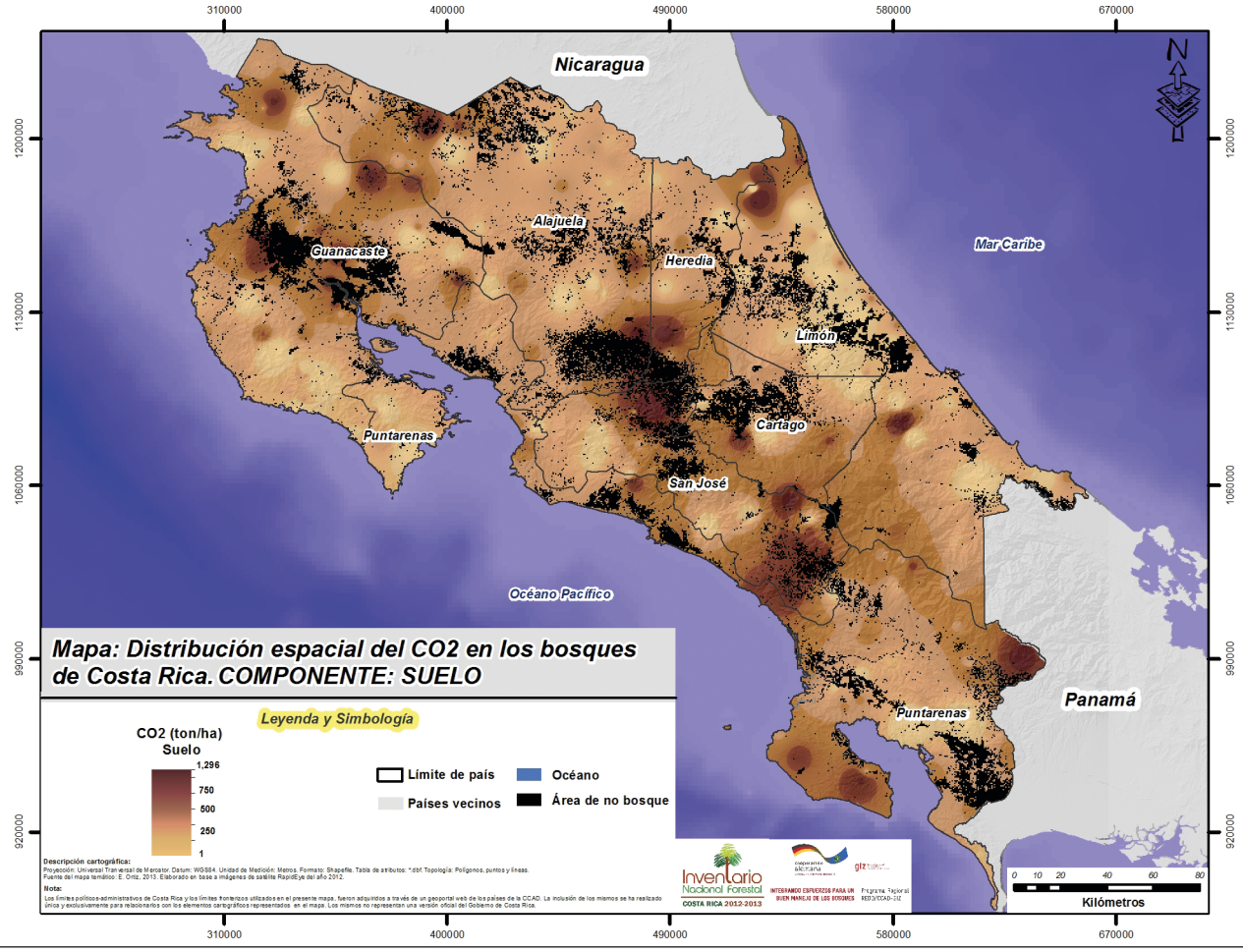


Figura 233. Distribución espacial del CO_2 de los suelos en los bosques de Costa Rica





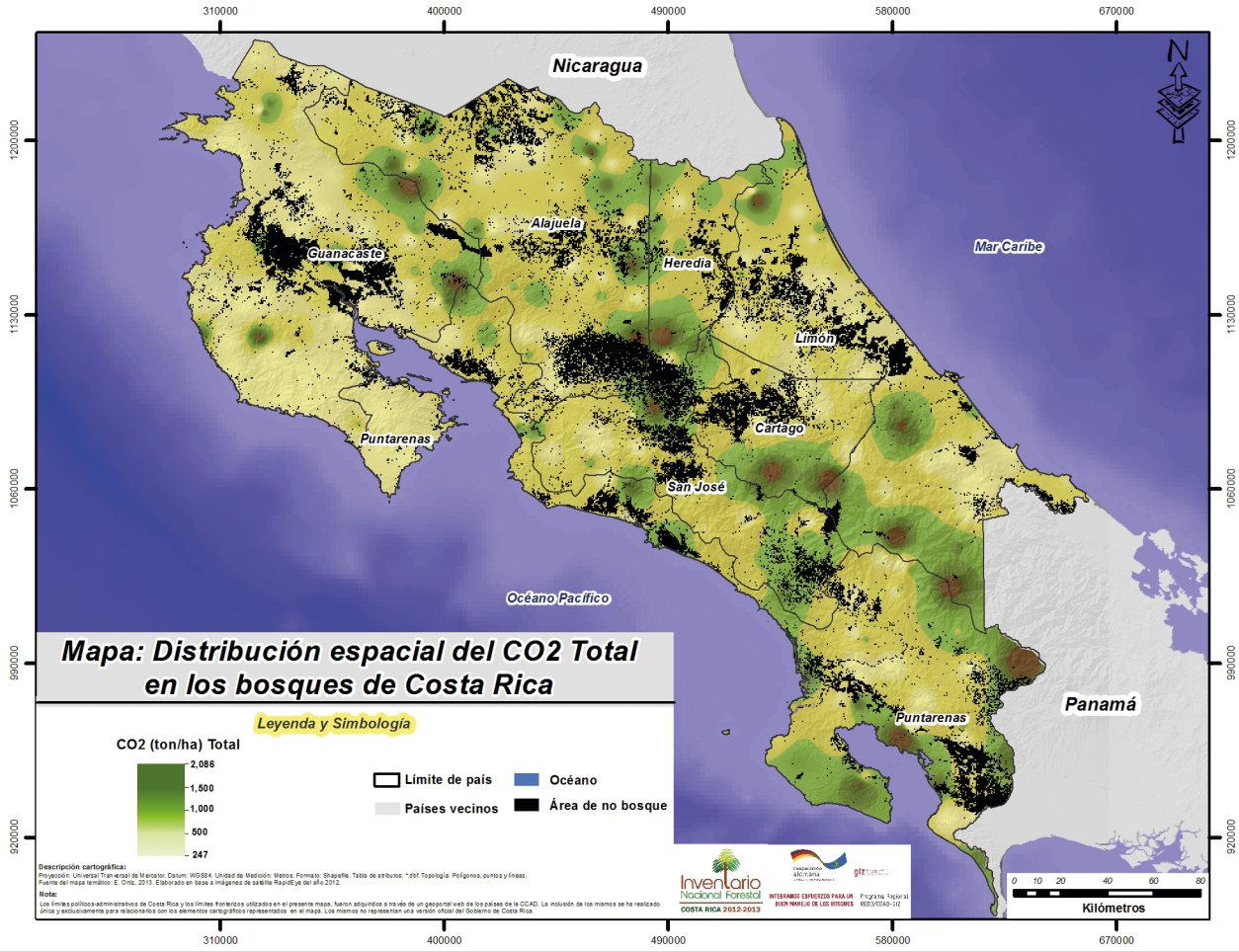


Figura 234. Distribución espacial del CO_2 Total (incluido suelo) en los bosques de Costa Rica






DATOS DE PROFUNDIDAD (cm) Y PESO (gr) DE HOJARASCA
PARCELA #
PTO GPS
NO
NE
SO
SE
S





Capítulo 9

Diversidad de especies arbóreas en los bosques de Costa Rica

Capítulo 9

Diversidad de especies arbóreas en los bosques de Costa Rica

La diversidad de especies corresponde al número de especies en una unidad de área. Esta se compone de: riqueza, número de especies pertenecientes a un determinado grupo (plantas, animales, bacterias, hongos, mamíferos, árboles, etc.) existentes en una determinada área; y abundancia, número de individuos de cada especie existente en un determinado lugar (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

La diversidad es el resultado de un complejo proceso evolutivo, con una variabilidad entre los organismos vivos, así como en los complejos ecológicos de los que forman parte (Magurran, 1988).

La diversidad ha sido descrita como indicadora de un conjunto de aspectos del funcionamiento de los ecosistemas, tales como la cantidad e intensidad de las interacciones poblacionales que tienen lugar al interior del sistema (Margalef, 1980) o; la calidad y cantidad del flujo energético disponible (Odum, 1980). Desde un punto de vista aplicativo, ha sido y es utilizada tanto en el campo de la biología de la conservación como en el de la supervisión ambiental, como un índice de salud del ecosistema. La diversidad basada en el número de especies es la expresión más generalizada de este parámetro, pero tal como lo señala Margalef (1991), ésta plantea por lo menos dos dificultades: primero, es impensable dar un censo completo, porque continuamente se descubren especies nuevas y segundo, no es posible convocar a los expertos necesarios para censar especies de todos los grupos de organismos. Por lo tanto, ambas dificultades conducen generalmente a restringir las evaluaciones de diversidad a colectivos limitados.

Desde hace ya bastante tiempo la mayoría de los ecólogos han coincidido en que la diversidad de especies debe ser distinguida en al menos tres niveles: La diversidad local (o diversidad alfa), la diferenciación de la diversidad entre áreas (o diversidad beta) y la diversidad regional (o diversidad gama) (Smith, 2001).

Una de las principales aplicaciones forestales de estos estudios es la obtención de criterios para poder gestionar los bosques conservando la biodiversidad. Según Groombridge y Jenkins (1996), la cuantificación de la biodiversidad biológica es un objetivo importante para el manejo de los recursos no maderables de los bosques, como lo es el almacenamiento de carbono. En los ecosistemas forestales pueden ser determinados tres componentes de la biodiversidad (Schulze y Mooney, 1994): composición, estructura y funcionalidad. En

la mayoría de los Inventario Forestales Nacionales la captura de información se centra en la obtención de indicadores relativos a la composición y a la estructura, debido a la facilidad de medición y a la objetividad de los datos obtenidos. Aunque el estudio de la funcionalidad no se está abordando específicamente, algunos de los indicadores estructurales pueden ser estimadores de índices funcionales, como es el caso de la madera muerta (indicador estructural) que es un buen estimador del proceso de descomposición (Ferris y Humphrey, 1999). Para realizar una aproximación práctica a la biodiversidad a nivel de ecosistema, tal y como describen Finegan *et al*. (2001), se determinan distintos tipos de "hábitat" en lugar de centrarse en las especies.

La diversidad de un ecosistema depende del número de especies presente y el equilibrio demográfico entre ellas. Es así como, si dos ecosistemas tienen el mismo número de individuos, se consideraría más diverso al que presentara un número mayor de especies. Por otra parte, si dos ecosistemas tienen el mismo número de especies, se consideraría más diverso al que presentara menos diferencias en el número de individuos de unas y otras especies (Smith, 2001).

Para la estimación de diversidad, en las evaluaciones biológicas se usan índices que responden a la riqueza de especies y a la distribución de los individuos entre las especies (Orellana, 2009). Los índices mencionados en este informe son los más utilizados en el análisis comparativo y descriptivo de la vegetación. Para el INF-CR se han utilizado los siguientes índices:

a. De Berguer – Parker, mide la dominancia de la especie o taxón más abundante. Para obtener el valor de diversidad se debe obtener el inverso de la dominancia.

   $$\mathbf{D_{B\text{-}P} = 1 - (N_{máx} / N)}$$

   En donde:

   $D_{B\text{-}P}$: diversidad de Berguer - Parker
   $N_{máx}$: número de individuos del taxón más abundante.
   N : número total de individuos de la muestra.

   Éste corresponde a un índice de dominancia y adquiere valores entre 0 y 1. Cuanto más se acerca al valor a 1, mayor es la diversidad y menor es la dominancia en el área.

b. De Margalef, es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad de una comunidad en base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies, en función del número de individuos existentes en la muestra analizada.

   $$\mathbf{D_{Mg} = (S - 1) / Ln\ N}$$

   En donde:

   D_{Mg} : biodiversidad de Margalef
   S : es el número de especies presentes
   N : número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies)

   El mínimo valor que puede adoptar es 0, y ocurre cuando sólo existe una especie en la muestra (S = 1, por lo que S – 1 = 0). Valores inferiores a 2 son considerados con zonas de baja diversidad (resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5 son considerados como indicativos de alta biodiversidad (Margalef, 1995).

c. De Menhinick, al igual que el índice de Margalef, se basa en la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados, que aumenta al aumentar el tamaño de la muestra. A mayor valor del índice, mayor diversidad o riqueza específica.

$$D_{Mn} = S / \sqrt{N}$$

En donde:

D_{Mn} : diversidad de Menhinick
S : especies recolectadas
N : número total de individuos sumando todos los de las S especies.

d. De Simpson, es un índice de dominancia que permite medir la riqueza de organismos. En ecología, es usado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat. Considera un determinado número de especies presentes en el hábitat y su abundancia relativa. Este índice representa la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie. Al igual que con el índice de Berger – Parker, el valor de la diversidad es el inverso del valor de dominancia.

$$D_S = 1 - (\sum^{S}_{i=1} n_i(n_i - 1) / N(N - 1))$$

En donde:

D_S : diversidad de Simpson
S : es el número de especies
n : número de ejemplares por especie
N : es el total de organismos presentes (o unidades cuadradas)

Si el valor se acerca a 1 la diversidad es mayor y menor la dominancia.

e. De Shannon – Wiener, se usa en ecología y otras ciencias similares para medir la biodiversidad específica. Este índice se expresa con un número positivo, que varía entre 2 y 3, donde valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos. Aunque en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5. Los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes de coral, y los menores las zonas desérticas. La ventaja de este tipo de índice es que no es necesario identificar las especies presentes, pues sólo se deben distinguir las especies para realizar el recuento de individuos de cada una de ellas y el recuento total.

$$H' = -\sum^{S}_{i=1} pi * ln(pi)$$

En donde:

H' : diversidad de Shannon - Wiener
S : número de especies (la riqueza de especies)
pi : proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): $n_i \backslash N$)
ni : número de individuos de la especie i
N : número de todos los individuos de todas las especies
ln : logaritmo natural

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies) y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia).

f. Índice de Equidad de Shannon – Wiener, la equitabilidad describe cómo se distribuye la abundancia (el número de individuos, biomasa, cobertura, etc.) entre las especies que integran la comunidad. Por ejemplo, en una comunidad con 10 especies, si el 90% de los individuos pertenecen a una sola especie y el restante 10% se distribuye entre las otras 9, la equitabilidad será baja. En cambio, si cada una de las 10 especies cuenta con el 10% del total de los individuos, la equitabilidad será máxima.

$E = H' * \ln(S)$

En donde:

E : equidad
H' : diversidad de Shannon - Wiener
S : número total de especies existentes dentro de la parcela
ln : logaritmo natural

9.1. Diversidad para especies arbóreas ≥ 2 cm de DAP (UMP – UMS)

A continuación se presentan los cálculos de los índices de diversidad correspondientes a la parcela principal (UMP) y secundaria (UMS) para cada estrato arbóreo y que incluyen todas las especies con DAP mayor o igual a 2 cm. Adicionalmente, se muestra las cantidades de especies que conforman cada estrato y las especies o árboles muertos en pie con su volumen por hectárea (Cuadro 134).

De acuerdo a los índices, los estratos Bosque Maduro y Bosque Secundario presentan la mayor diversidad entre los estratos, obteniendo además, los valores muy similares. Usando como ejemplo el índice Shannon – Wiener (menor a 1 es muy baja diversidad y mayores o igual a 4 es muy alta diversidad) los estratos presentan





una muy alta diversidad, pues tienen valores de 6,16 y 6,05 respectivamente. El siguiente estrato con mayor diversidad es Pasto con Árboles, el cual presenta 166 especies asociadas al uso silvopastoril y tiene índice de Shannon – Wiener de 4,34 considerado Alto. Los estratos Bosque de Palmas, Plantaciones Forestales y Rodales de Mangle presentan diversidad Media a Baja, debido a que predominan sólo algunas especies, y el resto de tiene escasa presencia, lo que los hace menos diversos. Los valores de índices de Shannon – Wiener para cada uno de los estratos son 2,7 para Bosque de Palmas, 2,31 para Plantación Forestal y 1,98 en Rodales de Mangle.

Existe concordancia entre los valores de los distintos índices calculados, en el sentido de indicar valores de diversidad similares para los mismos estratos.

Cuadro 134. Índices de diversidad, cantidad de especies arbóreas y madera muerta en pie por estrato arbóreo

DIVERSIDAD VEGETAL INF-CR UMP-UMS

Tipo Indicador Diversidad Vegetal	Bosque de Palmas	Bosque Maduro	Bosque Secundario	Pasto con Arboles	Plantaciones Forestales	Rodales de Mangle
1. Tipología de masa forestal						
Indice de Shannon	3,89	8,89	8,73	6,27	3,33	2,86
2. Especies arbóreas						
a) La cantidad de especies arbóreas (riqueza)						
1. Máximo número de especies	17	70	53	14	8	10
2. Mínimo número especies	1	10	3	1	1	1
3. Media número de especies	9	33	26	4	3	3
4. Varianza número de especies	20,3	147,7	144,7	14,0	4,8	5,4
5. Intervalo Confianza (95%) número de especies	6,37 - 10,85	29,69 - 35,97	23,16 - 28,35	3,18 - 4,42	1,53 - 3,47	1,31 - 3,89
6. Total Especies en cada Hábitat	98	893	904	166	39	17
b) Índices no paramétricos de diversidad						
Índice de diversidad de Margaleff	13,77	104,59	102,49	25,47	5,88	2,41
Índice de diversidad de Menhinick	2,89	12,56	11,04	6,51	1,54	0,61
Índice de diversidad de Berger-Parker	0,57	0,98	0,98	0,90	0,63	0,70
Índice de diversidad de Simpson	0,80	1,00	1,00	0,97	0,81	0,82
Índice de diversidad de Shannon y Wiener	2,70	6,16	6,05	4,34	2,31	1,98
c) Mezcla de coníferas/frondosas	0	0	0	0	0	0
3. Madera muerta						
Nº Arboles muertos (árboles/ha)	0	2	4	0	1	47
Volumen Madera Piso (m^3/ha)	0	0,58	0,29	0,22	0,56	3,51

1., 2. y 3. Número de especies: referido a la cantidad de especies a nivel de cada parcela evaluada en el respectivo tipo de bosque del INF-CR.

6. Total Especies en cada Hábitat: referido a la cantidad de especies distintas (no repetidas) considerando en conjunto todas las unidades de muestreo realizadas en cada estrato arbóreo (o tipo de bosque) del INF-CR

A continuación se indica y analiza, para cada estrato, los valores obtenidos según cuadro precedente.

9.1.1. Bosque de Palmas

En el estrato Bosque de Palmas, compuesto de 18 unidades de muestreo, el promedio de la frecuencia de especies identificadas es de 9 (máximo 17 y mínimo 1) y el total de especies diferentes encontradas (considerando las 18 parcelas en su conjunto) es de 98. Los índices de diversidad muestran una diversidad

catalogada como Media según los valores o rangos indicados para cada índice (Figura 235) y la totalidad de los índices son consistentes al respecto. Al observar el índice de Shannon – Wiener, éste presenta un valor de 2,7 que está dentro del rango 2,1 y 3 (diversidad media).

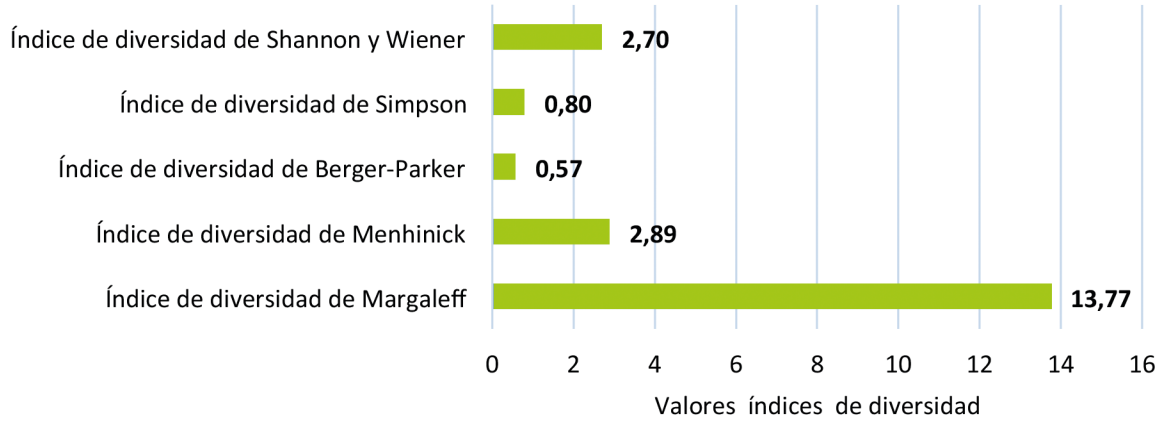


Figura 235. Valores de índices de diversidad para estrato Bosque de Palmas

9.1.2. Bosque Maduro

En el estrato Bosque Maduro compuesto de 60 unidades de muestreo analizadas, el promedio de la frecuencia de especies identificadas es de 33 (máximo 70 y mínimo 10). El total de especies diferentes encontradas es de 893 considerando todas las parcelas del estrato. Los índices de diversidad que incluye las especies de todas las unidades de muestreo, muestra una diversidad Muy alta según los valores o rangos indicados para cada índice (Figura 236) y la totalidad de los índices son consistentes al respecto. Al observar el índice de Shannon – Wiener, éste presenta un valor de 6,16 superando el valor 5 indicativo de muy alta diversidad y que integra los bosques tropicales. Los índices de Simpson y Berger – Parker son cercanos a 1 en ambos casos, refuerza la muy alta diversidad de este estrato.

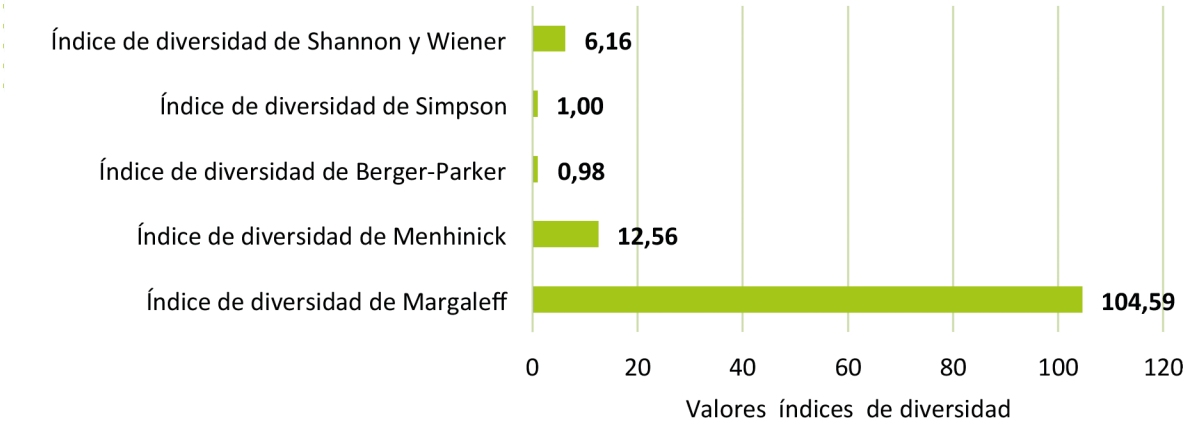


Figura 236. Valores de índices de diversidad para estrato Bosque Maduro

9.1.3. Bosque Secundario

En el estrato Bosque Secundario, compuesto de 85 unidades de muestreo analizadas, el promedio de la frecuencia de las especies identificadas es de 26 (máximo 53 y mínimo 3) y el total de especies diferentes encontradas es de 904 (para el conjunto de todas las parcelas). Los índices de diversidad muestran una diversidad Muy alta según los valores o rangos indicados para cada índice (Figura 237) al igual que el estrato Bosque Maduro. Al observar el índice de Shannon – Wiener, éste presenta un valor de 6,05 el que sobrepasa el valor 5, reflejando una Muy alta diversidad. Los bosques tropicales secundarios están detrás de los bosques primarios en términos de diversidad. Los índices de Simpson y Berger – Parker son cercanos a 1 en ambos, lo que indica una Muy alta diversidad.

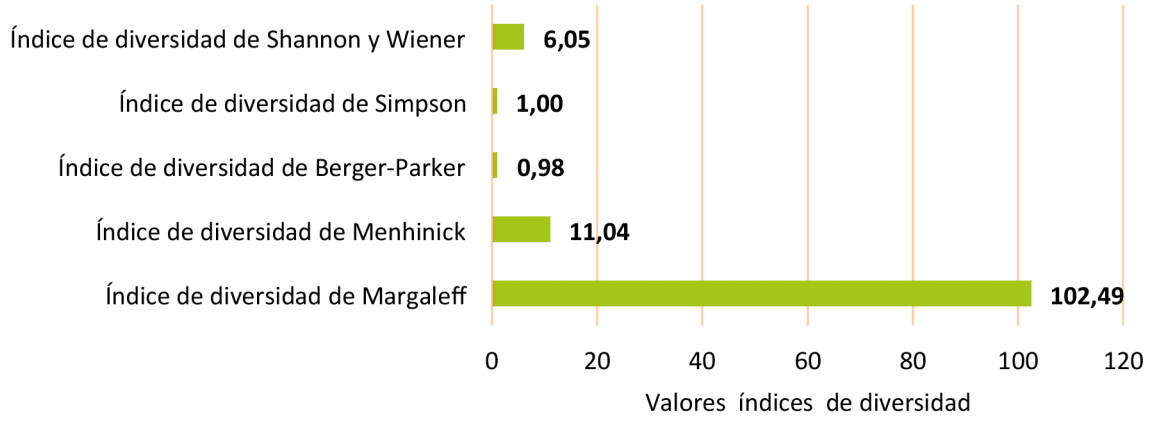


Figura 237. Valores de índices de diversidad para estrato Bosque Secundario

9.1.4. Pasto con Árboles

En el estrato Pasto con Árboles, compuesto de 75 unidades de muestreo analizadas, el promedio de especies identificadas es de 4 (máximo 14 y mínimo 1) y el total de especies diferentes encontradas es de 166 al considerar todas las unidades muestrales en su conjunto. Los índices de diversidad muestran una diversidad Muy alta según los valores o rangos indicados para cada índice (Figura 238) y presenta menor dominancia de especies. Al observar el índice de Shannon – Wiener, éste tiene un valor de 4,34 situándose en el rango mayor o igual a 4, indicando una Muy alta diversidad. Los índices de Simpson y Berger – Parker son 0,97 y 0,90 respectivamente lo que indica alta a Muy alta diversidad para este estrato.

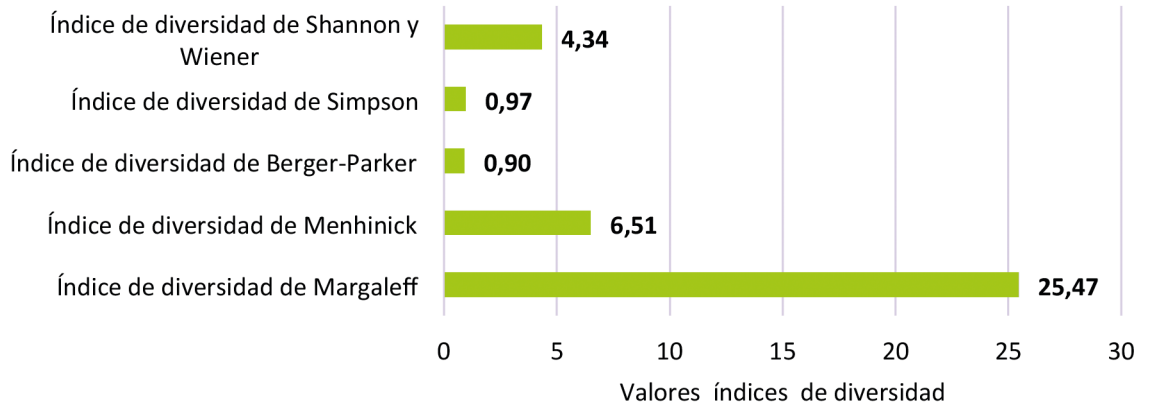


Figura 238. Valores de índices de diversidad para estrato Pasto con Árboles

9.1.5. Plantación Forestal

En el estrato Plantación Forestal, compuesto de 22 unidades de muestreo analizadas, el promedio de la frecuencia de especies identificadas es de 3 (máximo 8 y mínimo 1) y el total de especies distintas encontradas es de 39 (para el conjunto de las 22 parcelas evaluadas). Los índices de diversidad muestran una diversidad Media a Baja según los valores o rangos indicados para cada índice (Figura 239), lo se relaciona con que es un estrato de plantación, lo cual implica mayor dominancia de especies específicas. Al observar el índice de Shannon – Wiener, éste presenta un valor de 2,31 siendo el rango para este índice entre 2,1 y 3, lo que indica diversidad Media. Los índices de Simpson y Berger – Parker son 0,63 y 0,81 respectivamente lo que indica una diversidad Baja a Media para este estrato.

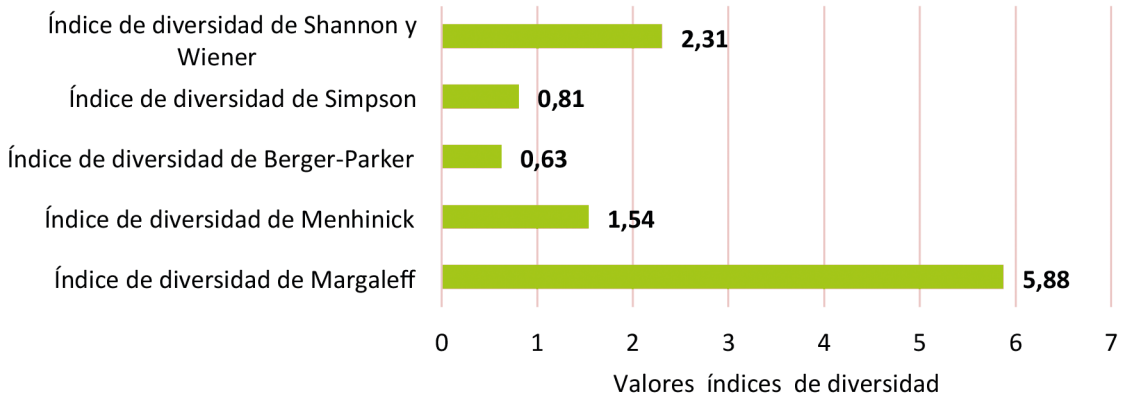


Figura 239. Valores de índices de diversidad para estrato Plantación Forestal

9.1.6. Rodales de Mangle

En el estrato Rodales de Mangle, compuesto de 15 unidades de muestreo analizadas, el promedio para la frecuencia de las especies identificadas es de 3 (máximo 10 y mínimo 1) y el total de especies encontradas en las 15 parcelas es de 17. Los índices de diversidad muestran una diversidad baja según los valores o rangos indicados para cada índice (Figura 240), dado que predominan tres o cuatro especies (alta dominancia) y adicionalmente, posee un bajo número de especies totales (individuales). Al observar el índice de Shannon – Wiener, éste presenta un valor de 1,98 siendo el rango para este índice entre 1,1 y 2 lo que indica Baja diversidad. Los índices de Simpson y Berger – Parker son 0,70 y 0,82 respectivamente lo que indica una diversidad Baja a Media para este estrato.

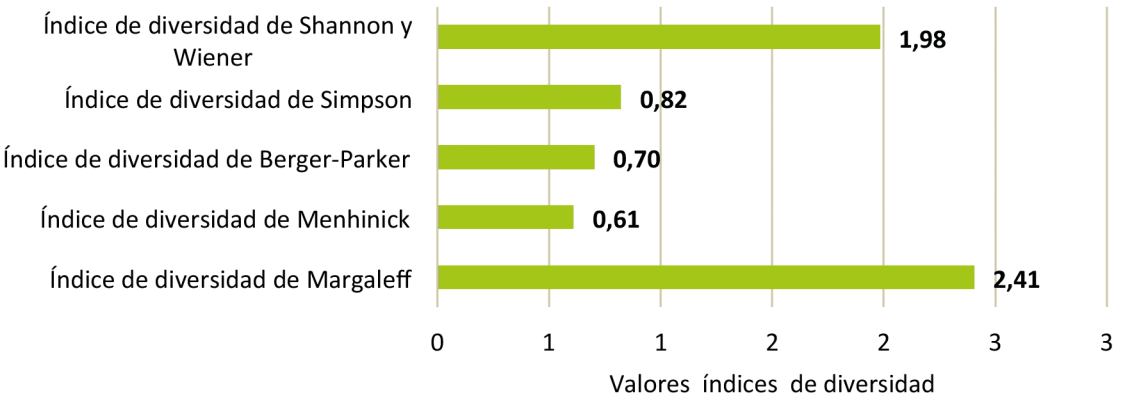


Figura 240. Valores de índices de diversidad para estrato Rodales de Mangle

9.2. Diversidad en el INF-CR y por estratos arbóreos para especies ≥ 2 cm de DAP

En el Cuadro 135 se han incorporado los cálculos de cantidades de especies e índices de diversidad para el INF-CR total, a modo de comparación con los distintos estratos considerados. El valor medio para la cantidad de especies arbóreas es de 17 (mínimo 1 y máxima 70). El intervalo de confianza (alfa 0,05) fluctúa entre 15,2 y 18,9 especies. El total de especies encontradas en el INF-CR es de 1.338.

Todos los índices de diversidad calculados muestran el mismo resultado o tendencia, indicando que la suma de las masas boscosas analizadas, a través de los inventarios de campo en Costa Rica, resultan con una diversidad Muy alta. El índice de Shannon – Wiener es de 6,24, valor que sobrepasa el máximo esperado para este índice que es de 5, corroborando que los bosques tropicales pueden sobrepasar el valor máximo del índice de Shannon – Wiener por la alta diversidad que se les ha observado, según lo observado en la literatura.

Los índices de Berger – Parker y de Simpson son típicamente de dominancia, para obtener el grado de diversidad se debe obtener el valor opuesto a la dominancia (1 – D). Utilizando esta expresión se obtuvo valores de 0,97 y 1,00 respectivamente, lo que indica una alta diversidad, siendo consistente con índice de Shannon y del resto de los autores.

Se rescata información de los árboles o especies muertas en pie (maderas muertas), obteniéndose 54 árboles por hectárea, los cuales tienen un volumen de 5,2 m^3 por hectárea.

Cuadro 135. Índices de diversidad, cantidad de especies arbóreas y madera muerta en pie para el INF-CR y los estratos arbóreos

DIVERSIDAD VEGETAL INF-CR UMP-UMS

Tipo Indicador Diversidad Vegetal	INF-CR	Bosque de Palmas	Bosque Maduro	Bosque Secundario	Pasto con Arboles	Plantaciones Forestales	Rodales de Mangle
1. Tipología de masa forestal							
Indice de Shannon	9,00	3,89	8,89	8,73	6,27	3,33	2,86
2. Especies arbóreas							
a) La cantidad de especies arbóreas (riqueza)							
1. Máximo número de especies	70	17	70	53	14	8	10
2. Mínimo número especies	1	1	10	3	1	1	1
3. Media número de especies	17	9	33	26	4	3	3
4. Varianza número de especies	239,3	20,3	147,7	144,7	14,0	4,8	5,4
5. Intervalo Confianza (95%) número de especies	15,23 - 18,9	6,37 - 10,85	29,69 - 35,97	23,16 - 28,35	3,18 - 4,42	1,53 - 3,47	1,31 - 3,89
6. Total Especies en cada Hábitat	1338	98	893	904	166	39	17
b) Índices no paramétricos de diversidad							
Índice de diversidad de Margaleff	139,05	13,77	104,59	102,49	25,47	5,88	2,41
Índice de diversidad de Menhinick	10,93	2,89	12,56	11,04	6,51	1,54	0,61
Índice de diversidad de Berger-Parker	0,97	0,57	0,98	0,98	0,90	0,63	0,70
Índice de diversidad de Simpson	1,00	0,80	1,00	1,00	0,97	0,81	0,82
Índice de diversidad de Shannon y Wiener	6,24	2,70	6,16	6,05	4,34	2,31	1,98
c) Mezcla de coníferas/frondosas	0	0	0	0	0	0	0
3. Madera muerta							
Nº Arboles muertos (árboles/ha)	54	0	2	4	0	1	47
Volumen Madera Piso (m^3/ha)	5,16	0	0,58	0,29	0,22	0,56	3,51

1., 2. y 3. Número de especies: referido a la cantidad de especies a nivel de cada parcela evaluada en el respectivo tipo de bosque del INF-CR.

6. Total Especies en cada Hábitat: referido a la cantidad de especies distintas (no repetidas) considerando en conjunto todas las unidades de muestreo realizadas en cada estrato arbóreo (o tipo de bosque) del INF-CR

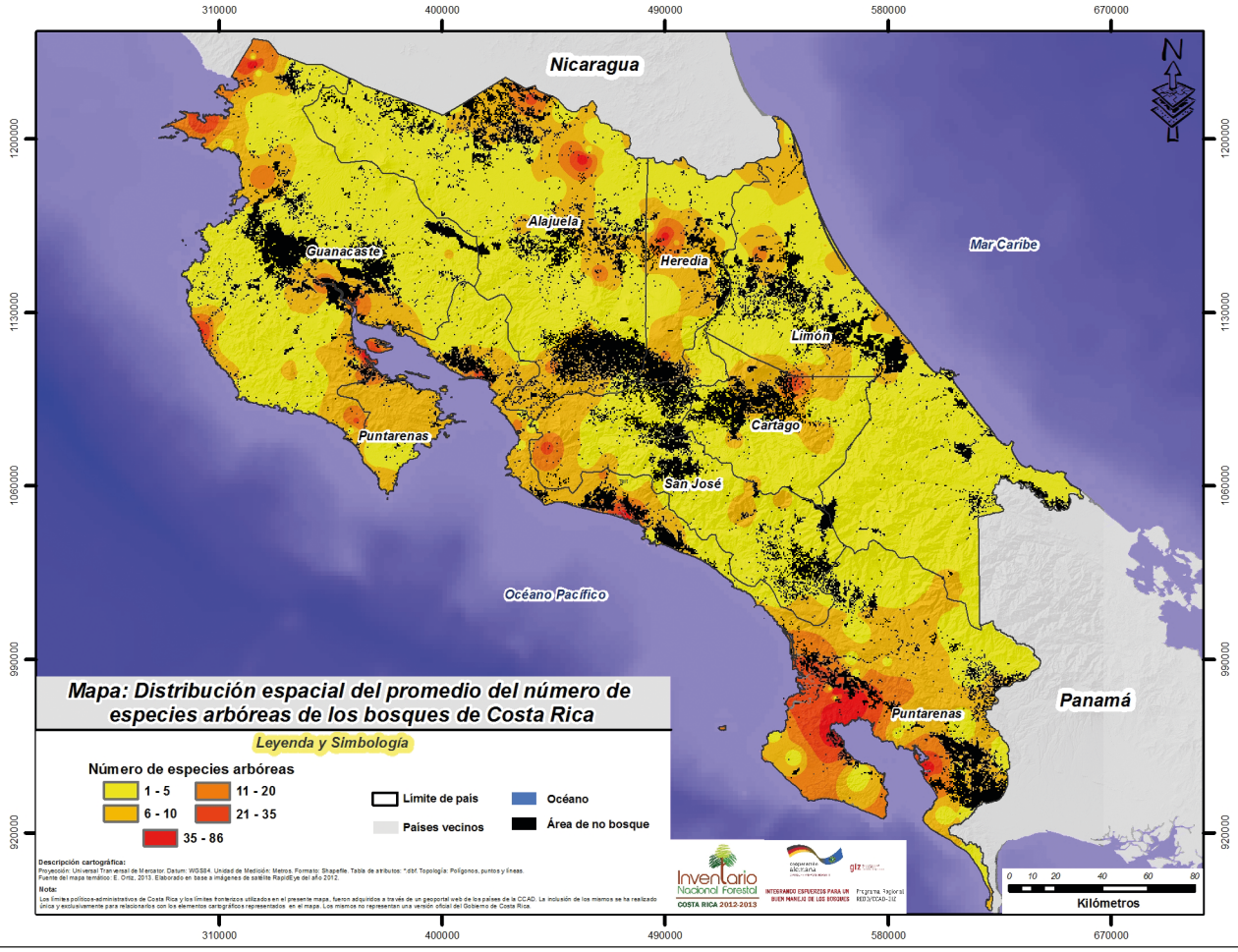


Figura 241. Distribución espacial del promedio para el número de especies arbóreas de los bosques de Costa Rica





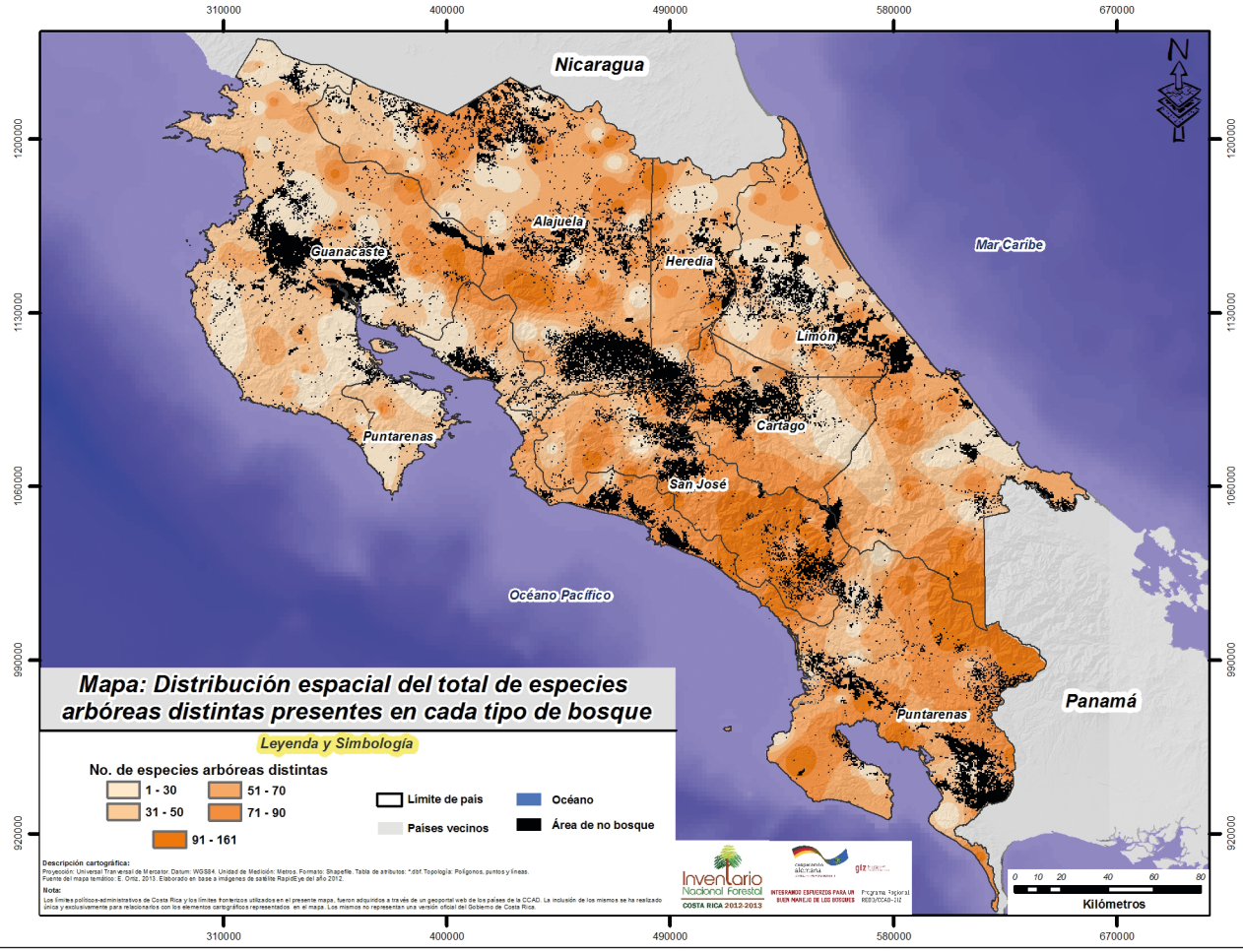


Figura 242. Distribución espacial del total de especies arbóreas distintas presentes en cada tipo de bosque





9.2.1. Cantidad de especies arbóreas por unidad de muestreo para los estratos del INF-CR

En el estrato Plantación Forestal es donde se encontró el menor número de especies diferentes, ya que el máximo de estas en alguna de las unidades de muestreo de este estrato alcanzó sólo a 8 especies distintas (parcela 5796) y el mínimo fue sólo de una especie, con un promedio de 3. La mayor cantidad de especies diferentes se encontró en el Bosque Maduro con un máximo de 70 especies distintas en la parcela 24272, un mínimo de 10. En relación al mínimo de especies dentro de una unidad muestral, 4 de los 6 estratos tienen sólo una especie. El bosque Maduro tiene un promedio de 33 especies y el Bosque Secundario de 26 especies (Figura 243).

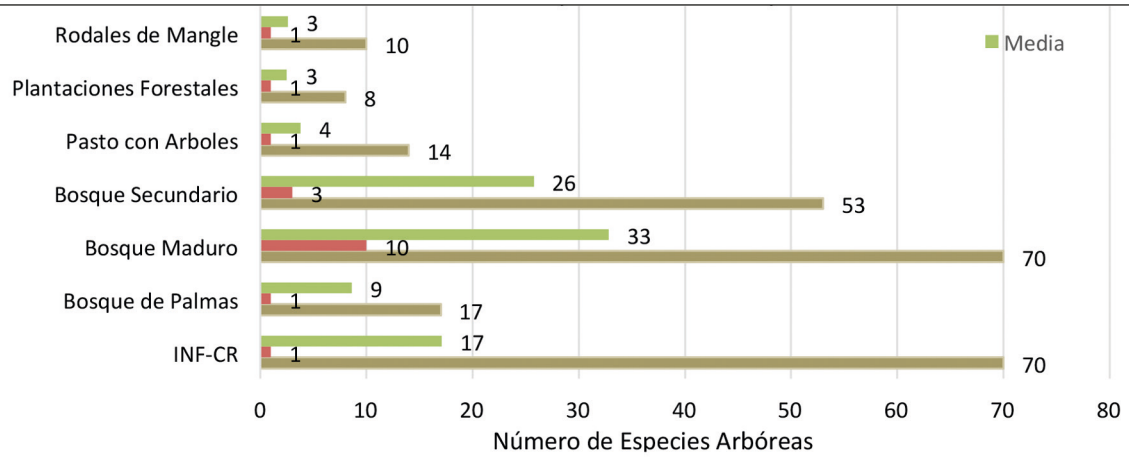


Figura 243. Valores máximo, mínimo y medio del número de especies arbóreas por estrato y para INF-CR

El Bosque Maduro y el Bosque Secundario poseen la mayor cantidad de especies (distinto de frecuencia) con 893 y 904 individuos respectivamente (especies distintas). El estrato Rodales de Mangle y el de Plantación Forestal tienen la menor cantidad de especies con 17 y 39 respectivamente, debido a la dominancia (mayor presencia) de algunas especies específicas, lo que hace menos diversos estos ecosistemas. El estrato Pasto con Árboles tiene 166 especies distintas, una cantidad alta considerando que está orientado a usos silvopastoriles con poca cantidad de árboles para favorecer el crecimiento de los pastos. La cantidad de especies hace que este estrato tenga muy alta diversidad, dado principalmente por la utilización y adaptación de áreas boscosas de bosques naturales primarios y secundarios para el objetivo del uso. Para el INF-CR se encuentra una cantidad total de 1.338 especies distintas. En la Figura 244 se muestra la cantidad total de especies para cada uno de los estratos y para el INF-CR.

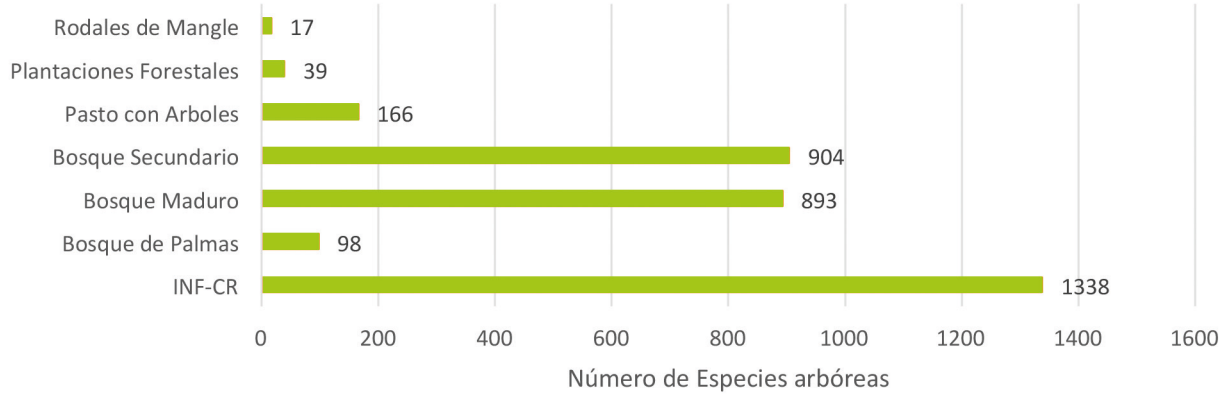


Figura 244. Número total de especies arbóreas por estrato y para INF-CR

9.2.2. Índice de diversidad de Margalef por estratos y para el INF-CR

El índice de diversidad Margalef refleja la riqueza específica. El valor mínimo que puede adoptar el índice de Margalef es cero y ocurre cuando sólo existe una especie en la muestra. Por lo que a mayor valor del índice, mayor es la diversidad del ecosistema. Así, se observa en la Figura 245 que los valores más altos están en Bosque Maduro (104,59) y Bosque Secundario (102,49), indicando una Muy alta diversidad. Por otra parte, los valores más bajos están en los estratos Rodales de Mangle (2,41) y Plantación Forestal (5,88), reflejando la menor diversidad que poseen estos estratos. Para el INF-CR el valor es de 139,05, indicando una Muy alta diversidad al considerar la totalidad de las especies de los estratos agrupados.

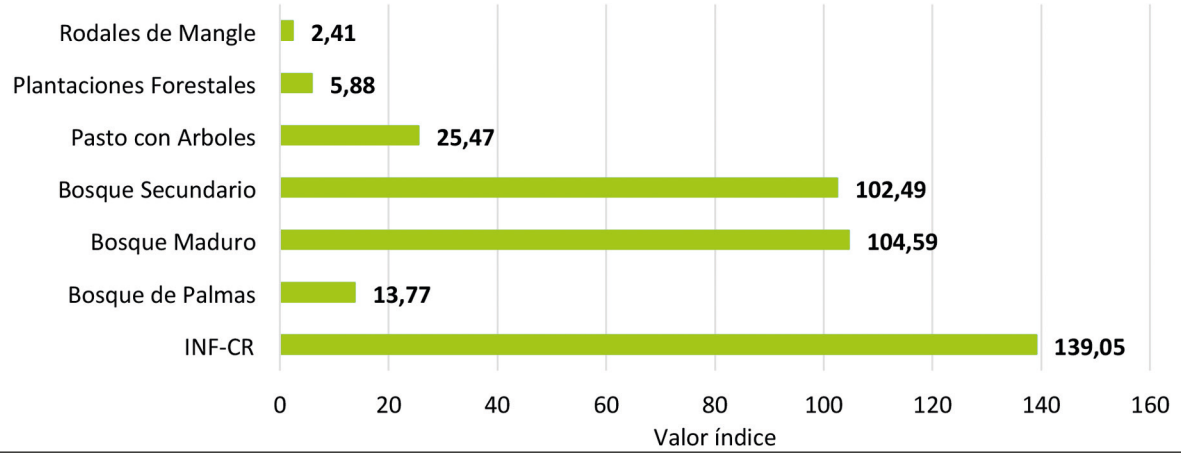


Figura 245. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Margalef

9.2.3. Índice de diversidad de Menhinick por estratos y para el INF-CR

El índice de diversidad Menhinick también refleja la riqueza específica. A mayor valor del índice, mayor es la diversidad del estrato o ecosistema. Se observa en la Figura 246 que los valores más altos están en Bosque Maduro (13) y Bosque Secundario (11), indicando una Muy alta diversidad. Por otra parte, los valores más bajos están en los estratos Rodales de Mangle (1) y Plantación Forestal (2), reflejando la menor diversidad que poseen estos estratos, lo que concuerda con el índice mencionado anteriormente. Para el INF-CR el valor es de 11, indicando una Muy alta diversidad al considerar la totalidad de las especies de los estratos agrupados.

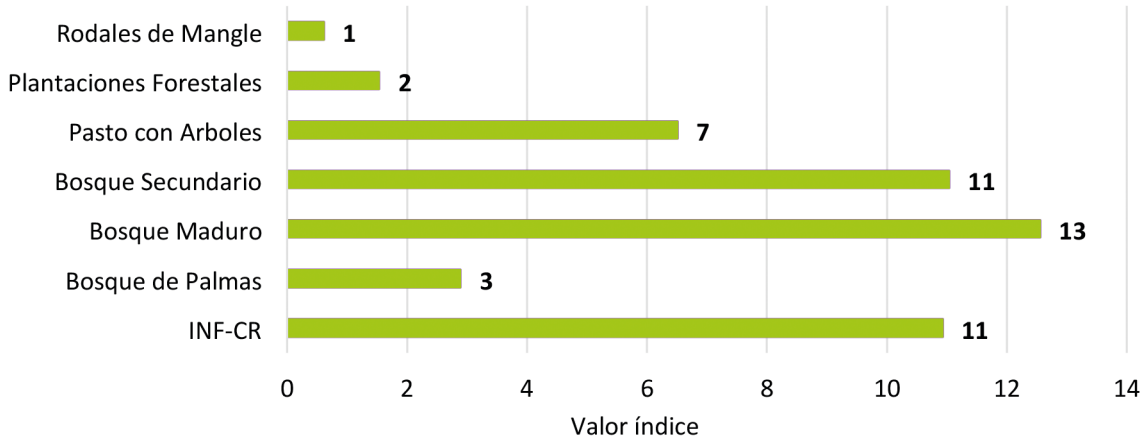


Figura 246. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Menhinick

9.2.4. Índice de diversidad de Berger – Parker por estratos y para el INF-CR

El índice de Berger – Parker mide la dominancia de la especie o taxón más abundante, por lo cual es un índice de dominancia. Para obtener la diversidad se debe obtener el valor opuesto a la dominancia (1-D). El índice toma valores entre 0 y 1, por lo que valores del índice cercanos a 1 implican una mayor diversidad en el estrato o ecosistema. Se observa en la Figura 247 que los valores más altos están nuevamente en Bosque Maduro (0,98) y Bosque Secundario (0,98), indicando una Muy alta diversidad. Los valores más bajos están en los estratos Bosque de Palmas (0,57) y Plantación Forestal (0,63), indicando una baja o menor diversidad. Se produce una diferencia en estrato Rodales de Mangle (0,70) respecto de los índices de Margalef y Menhinick, que lo indican como el de más baja diversidad, a diferencia de Berger – Parker que lo ubica con diversidad mayor que Bosque de Palmas y Plantación Forestal. Para el INF-CR el índice es de 0,97 considerando a los ecosistemas o estratos con muy alta diversidad.

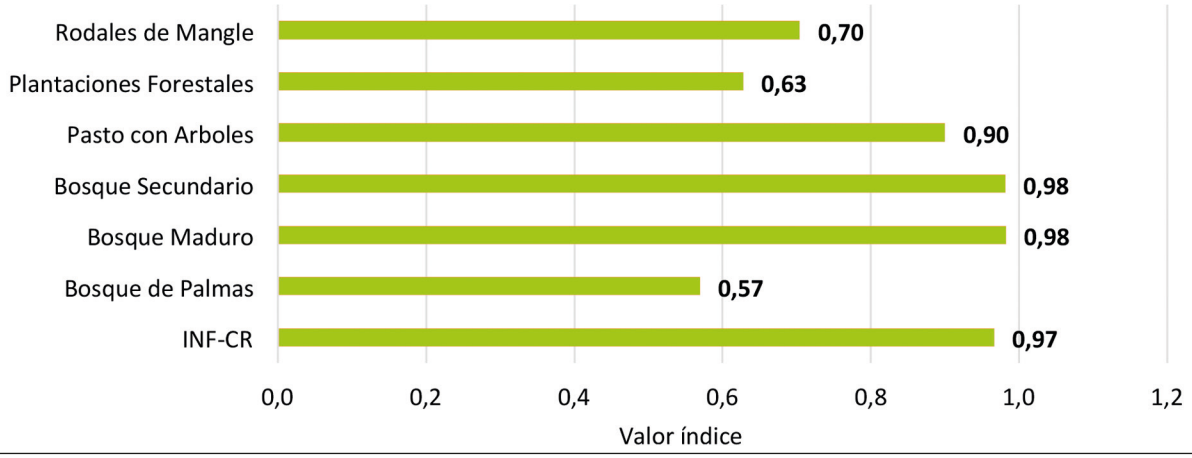


Figura 247. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Berger – Parker

9.2.5. Índice de diversidad de Simpson por estratos y para INF-CR

El índice de Simpson, al igual que el de Berger – Parker, mide la dominancia de la especie más abundante, siendo también un índice de dominancia, por lo que para obtener la diversidad se debe obtener el valor inverso a la dominancia (1-D). El índice toma valores entre 0 y 1 por lo que valores del índice cercanos a 1 implican una mayor diversidad en el estrato o ecosistema. Se observa en la Figura 248 que los valores más altos están nuevamente en Bosque Maduro (1,00) y Bosque Secundario (1,00), indicando una Muy alta diversidad. Los



Figura 248. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Simpson

valores más bajos están en los estratos Bosque de Palmas (0,80) y Plantación Forestal (0,81), indicando una baja o menor diversidad. Se observa la misma tendencia que en el índice de Berger – Parker para el estrato Rodales de Mangle (0,82), el que se ubica en la misma posición. Los índices de Margalef y Menhinick lo ubican como el de más baja diversidad. Para el INF-CR el índice es de 1,00 considerando a los ecosistemas o estratos agrupados con muy alta diversidad.

9.2.6. Índice de diversidad de Shannon - Wiener por estratos y para el INF-CR

El índice de Shannon – Wiener es utilizado para medir biodiversidad específica considerando riqueza de especies y abundancia. El índice toma valores entre 1 y 5, por lo que valores del índice cercanos a 1 implican una muy baja diversidad y valores cercanos o superiores a 5 una muy alta diversidad en el estrato o ecosistema. Se observa en la Figura 249 que los valores más altos están en Bosque Maduro (6,16) y Bosque Secundario (6,05), manteniendo lo indicado por todos los índices observados anteriormente como Muy alta diversidad. Los valores más bajos están en los estratos Rodales de Mangle (1,98) y Plantación Forestal (2,31), indicando una baja o menor diversidad. El estrato de Pasto con Árboles (4,34) tiene alta diversidad concordando con los índices anteriormente expuestos. Para el INF-CR se observa una Muy alta diversidad con un valor de 6,24.

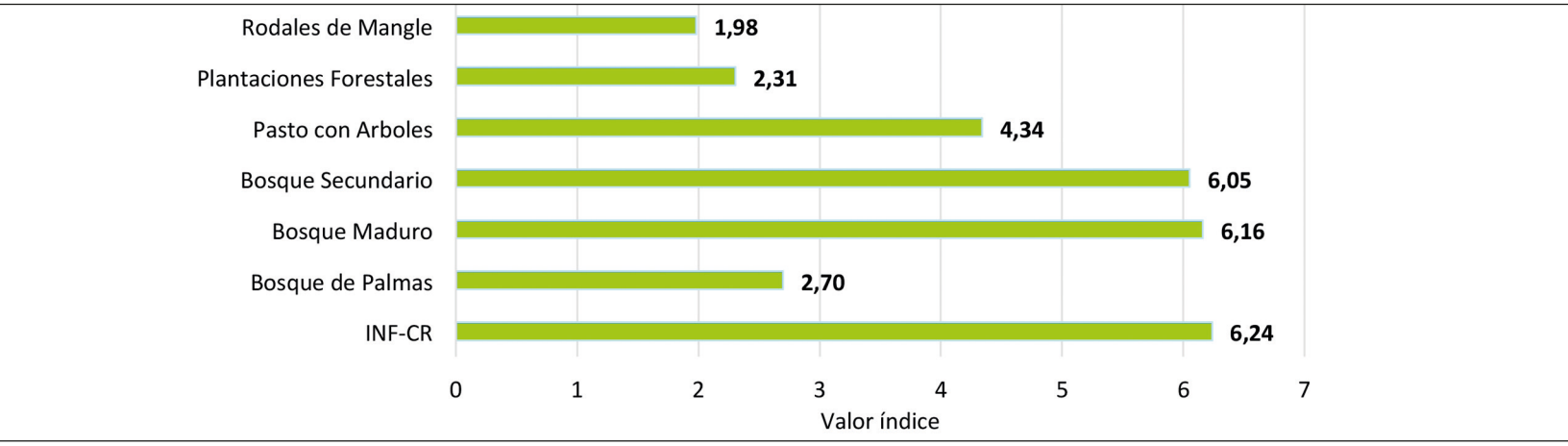


Figura 249. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Shannon - Wiener





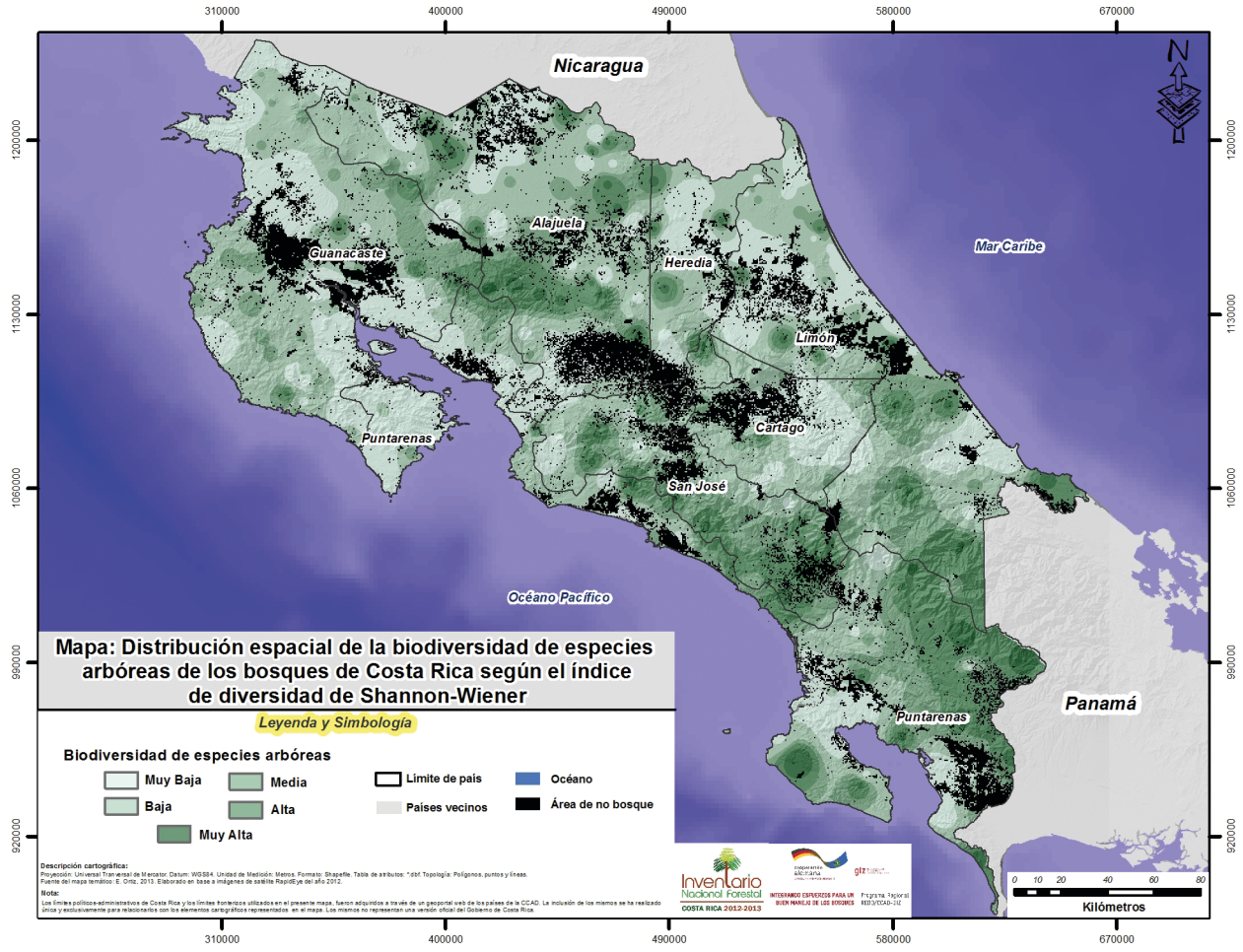


Figura 250. Distribución espacial de la biodiversidad de especies arbóreas de los bosques de Costa Rica según el índice de diversidad de Shannon - Wiener





9.2.7. Cantidad de árboles muertos por estratos y para el INF-CR

Se incluyó dentro de las mediciones del inventario a los árboles muertos en pie o en piso. Se mide sus características dasométricas y con ello se obtiene el número de árboles por hectárea y el volumen por hectárea para cada uno de los estratos y para el INF-CR.

La mayor cantidad de árboles muertos se encuentra en el estrato Rodales de Mangle con 47 árboles por hectárea, valor que está muy por encima de los obtenidos para el resto de los estratos arbóreos con valores entre 0,4 (Pasto con Árboles) y 4,2 (Bosque Secundario) árboles por hectárea. En el Bosque de Palmas no se encontraron árboles muertos. Para el INF-CR se obtuvo 55 árboles muertos por hectárea (Figura 251).

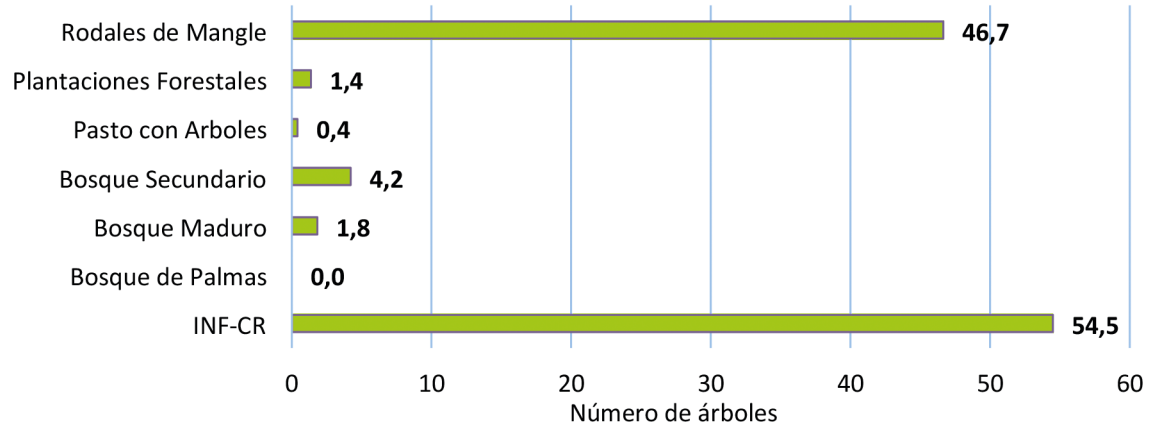


Figura 251. Número de árboles muertos por hectárea por estrato y para el INF-CR

El volumen que aportan los árboles muertos para el INF-CR es de 5,2 m^3 por hectárea. El estrato Rodales de Mangle es el que tiene mayor volumen con 3,5 m^3 por hectárea, concordante con la cantidad de árboles muertos que posee. El estrato Pasto con Árboles es el que tiene menor volumen con 0,2 m^3 por hectárea (Figura 252).

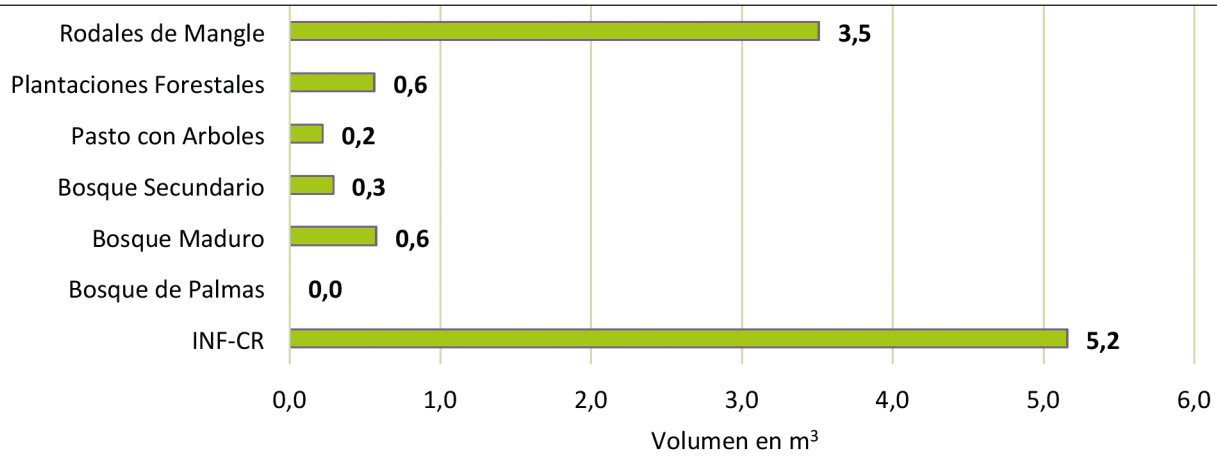


Figura 252. Volumen en m^3 por hectárea de árboles muertos por estrato y para el INF-CR

9.3. Especies Amenazadas o en Peligro presentes en el INF-CR

Para este análisis, se realiza en primer término una revisión bibliográfica en general, y a la legislación forestal de Costa Rica en particular, para determinar que especies están en condición de peligro de extinción, amenazadas o vulnerables, además de aquellas que están protegidas por la Convenciones Internacionales que Costa Rica ha suscrito, de forma tal de poder determinar la presencia de éstas especies en la base de datos obtenida a través del INF-CR.

Se estima que en el componente arbóreo costarricense existen aproximadamente 2.000 especies, lo que correspondería a un 20% del total de la flora mundial. De esta cantidad de especies, solo unas 300 especies han sido utilizadas por su madera, en mayor o menor grado, en todo su territorio y muchas de ellas para uso local solamente (Jiménez-FAO, 2003).

Jiménez (1999) determinó que serían 40 las especies forestales nativas de Costa Rica que a causa de la deforestación y la sobreexplotación, presentan poblaciones reducidas y se encuentran amenazadas o en peligro de extinción (Cuadro 136). En base a los trabajos de este autor en 1993 el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) de Costa Rica decidió vedar el aprovechamiento de 18 especies forestales, 13 de las cuales se encuentran en peligro de extinción.

En Costa Rica existen tres decretos de veda (Jiménez, 2008):

a. El Decreto Ejecutivo N° 25.700 (MINAE, 1997), que prohíbe o veda el aprovechamiento de 18 de las 34 especies forestales (Jiménez, Q. 1993) consideradas especies amenazadas o en peligro de extinción (Cuadro 136).

b. El Decreto Ejecutivo 25.167 (MINAE, 1996a), que declara una restricción para el aprovechamiento de árboles de almendro (Dipteryx panamensis), basados en el artículo 7, inciso a) de la Ley de Conservación de la Vida Silvestre y en el artículo 6, inciso e) de la Ley Forestal en las zonas comprendidas entre el río San Carlos y el río Sarapiquí.

c. El mismo decreto anterior fue ratificado y se mantiene la restricción a la corta o aprovechamiento del árbol de almendro según el Decreto Ejecutivo 25.167 (MINAE, 1996b), adicionando nuevas disposiciones técnicas.

Cuadro 136. 40 especies forestales nativas de Costa Rica amenazadas o en peligro de extinción (Jiménez, 1999). Incluye las 18 especies con prohibición de aprovechamiento según decreto ejecutivo N° 25.700 – MINAE de Enero 1997

Especie	Familia	Grado de amenaza	Observación
Anthodiscus chocoensis Prance	Caryocaraceae	Especie en peligro de extinción	Vedada
Caryodaphnopsis burgeri Zamora & Poveda	Lauraceae	Especie en peligro de extinción	Vedada y endémica
Cedrela fissilis Vell.	Meliaceae	Especie en peligro de extinción	Vedada
Cedrela salvadorensis Standl.	Meliaceae	Especie en peligro de extinción	Vedada
Copaifera camibar Poveda, Zamora & P.E. Sánchez	Caesalpiniaceae	Especie en peligro de extinción	Vedada
Cordia gerascanthus L.	Boraginaceae	Especie en peligro de extinción	Vedada
Couratari scottmorii Prance	Lecythidaceae	Especie en peligro de extinción	Vedada
Guaiacum sanctum L.	Zygophyllaceae	Especie en peligro de extinción	Vedada
Hymenolobium mesoamericanum Lima	Papilionaceae	Especie en peligro de extinción	Vedada
Myroxylon balsamum (L.) Harms	Papilionaceae	Especie en peligro de extinción	Vedada
Paramachaerium gruberi Briz.	Papilionaceae	Especie en peligro de extinción	Vedada
Parkia pendula Benth.	Mimosaceae	Especie en peligro de extinción	Vedada
Platymiscium parviflorum Benth.	Papilionaceae	Especie en peligro de extinción	Vedada
Platymiscium pinnatum (Jacq.) Dugand	Papilionaceae	Especie en peligro de extinción	Vedada
Podocarpus costaricensis de Laub.	Podocarpaceae	Especie en peligro de extinción	Vedada
Podocarpus guatemalensis Standl.	Podocarpaceae	Especie en peligro de extinción	Vedada

>> continúa en la siguiente página

>> continúa de la página anterior

Especie	Familia	Grado de amenaza	Observación
Sclerolobium costaricense Zamora & Poveda	Caesalpiniaceae	Especie en peligro de extinción	Vedada y endémica
Swietenia macrophylla King	Meliaceae	Especie en peligro de extinción	Vedada
Astronium graveolens Jacq.	Anacardiaceae	Especie amenazada	
Caryocar costaricense Donn. Sm.	Caryocaraceae	Especie amenazada	
Cedrela odorata L.	Meliaceae	Especie amenazada	
Cedrela tonduzii C.DC.	Meliaceae	Especie amenazada	
Copaifera aromatica Dwyer	Caesalpiniaceae	Especie amenazada	
Couratari guianensis Aubl.	Lecythidaceae	Especie amenazada	
Cynometra hemitomophylla (Donn. Sm.) Britton & Rose	Caesalpiniaceae	Especie amenazada	Endémica
Dalbergia retusa Hemsl.	Papilionaceae	Especie en peligro de extinción	
Dussia macroprophyllata (Donn. Sm.) Harms	Papilionaceae	Especie amenazada	
Humiriastrum diguense Cuatrec	Humiriaceae	Especie amenazada	
Lecythis ampla Miers.	Lecythidaceae	Especie amenazada	
Minquartia guianensis Aubl.	Olacaceae	Especie amenazada	
Mora oleifera (Triana) Ducke	Caesalpiniaceae	Especie amenazada	
Oreomunnea pterocarpa Oerst.	Juglandaceae	Especie amenazada	
Peltogyne purpurea Pittier	Caesalpiniaceae	Especie amenazada	
Prioria copaifera Griseb.	Caesalpiniaceae	Especie amenazada	
Qualea paraensis Ducke	Vochysiaceae	Especie amenazada	
Sideroxylon capiri (A.DC.) Pittier	Sapotaceae	Especie amenazada	
Swietenia humilis Zucc.	Meliaceae	Especie en peligro de extinción	
Tabebuia guayacan (Seem.) Hemsl	Bignoniaceae	Especie amenazada	
Tachigalia versicolor Standl. & L.O. Williams	Caesalpiniaceae	Especie amenazada	
Vantanea barbourii Standl.	Humiriaceae	Especie amenazada	

En algunas áreas de conservación, empleando criterios de orden más regional y local con el objetivo de proteger algunas especies forestales, se ha implementado la resolución administrativa tomada por el Área de Conservación Tempisque que veda el aprovechamiento de las siguientes especies (Quesada, 2004):

- *Sideroxylon capiri* (Tempisque)
- *Dalbergia retusa* (Cocobolo)
- *Hymenaea courbaril* (Guapinol)
- *Astronium graveolens* (Ron ron)
- *Ceiba pentandra* (Ceiba)
- *Albizia niopoides* (Guanacaste blanco)
- *Anacardium excelsum* (Espavel)
- *Manilkara chicle* (Níspero chicle)

Además, se incluye posteriormente a Cedrela odorata (Cedro amargo) restringiendo su aprovechamiento, según estudio de campo elaborado por Quesada (2005).

Estrada *et al*. (2005) diseñan una metodología para categorizar el estado de conservación de las plantas en Costa Rica. Se basaron principalmente en las consideraciones y categorías establecidas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) más criterios adicionales en función de nueva

información disponible. Se analizaron 91 especies considerando aspectos como: las especies establecidas como amenazadas en estudios anteriores (Jiménez, 1998); especies categorizadas como amenazadas por diferentes taxónomos especialistas y especies consideradas como no amenazadas (grupo de referencia).

En el Cuadro 137 se muestra la categoría o grado de amenaza definido por el autor para las especies analizadas. En el cuadro se muestra solo las especies no coincidentes con las categorías establecidas por Jiménez (1999), es decir, no se muestra las especies que se repitieron entre ambos autores.

Cuadro 137. Categoría de conservación de especies forestales nativas de Costa Rica, vulnerables o en peligro (Estrada *et al.*, 2005)*

Especie	Familia	Grado de amenaza	Observación
Abarema barbouriana Standl.	Fabaceae-Mimosoideae	En Peligro Crítico	
Aiphanes hirsuta *	Arecaceae (Palmae)	En Peligro Crítico	Especies no maderables
Amanoa guianensis	Euphorbiaceae	En Peligro Crítico	
Chiangiodendron mexicanum *	Flacourtiaceae	En Peligro Crítico	Especies no maderables
Christiana africana	Tiliaceae	En Peligro Crítico	
Dalbergia glomerata Hemsl.	Fabaceae/Pap.	En Peligro Crítico	
Enterolobium schomburgkii	Fabaceae	En Peligro Crítico	
Gamanthera herrerae	Lauraceae	En Peligro Crítico	
Pentaplaris dorothea *	Tiliaceae	En Peligro Crítico	Especies no maderables
Platymiscium yucatanum	Fabaceae	En Peligro Crítico	
Ruagea insignis	Meliaceae	En Peligro Crítico	
Wimmeria sternii	Celastraceae	En Peligro Crítico	
Buchenavia costaricensis	Combretaceae	En Peligro	
Chaunochiton kappleri *	Olacaceae	En Peligro	Especies no maderables
Chloroleucon eurycyclum	Fabaceae	En Peligro	
Couma macrocarpa	Apocynaceae	En Peligro	
Dicranostyles ampla *	Convolvulaceae	En Peligro	Especies no maderables
Newtonia suaveolens (Miq.)	Fabaceae/Mim.	En Peligro	
Povedadaphne quadriporata	Lauraceae	En Peligro	
Prumnopitys standleyi	Podocarpaceae	En Peligro	
Symplocos povedae *	Symplocaceae	En Peligro	Especies no maderables
Tabebuia impetiginosa	Bignoniaceae	En Peligro	
Uribea tamarindoides	Fabaceae/Pap.	En Peligro	
Ilex skutchii Eduin	Aquifoliaceae	Casi Amenazada	
Qualea polychroma	Vochysiaceae	Casi Amenazada	
Lecythis mesophylla *	Lecythidaceae	Vulnerable	Especies no maderables
Albizia niopoides (Spruce ex Benth.)	Fabaceae	Vulnerable	
Balizia elegans (Ducke) Barneby & Grimes	Fabaceae/Mim.	Vulnerable	
Batocarpus costaricensis Standl. & L.O. Williams	Moraceae	Vulnerable	
Brosimum utile	Moraceae	Vulnerable	
Buchenavia tetraphylla	Combretaceae	Vulnerable	
Campnosperma panamensis Standl.	Anacardiaceae	Vulnerable	
Ceiba pentandra (L.) Gaertn.	Bombacaceae	Vulnerable	
Couepia polyandra *	Chrysobalanaceae	Vulnerable	Especies no maderables
Dalbergia melanocardium Pittier	Fabaceae	Vulnerable	
Dipteryx panamensis (Pittier)	Fabaceae/Pap.	Vulnerable	
Elaeoluma glabrescens (Mart. & Eichler)	Sapotaceae	Vulnerable	
Macrohasseltia macroterantha (Standl. & L.O. Williams)	Flacourtiaceae	Vulnerable	
Maranthes panamensis	Chrysobalanaceae	Vulnerable	
Oxandra venezuelana	Annonaceae	Vulnerable	
Passiflora bicornis *	Passifloraceae	Vulnerable	Especies no maderables

*Cuadro no considera las especies coincidentes con Quesada (2008) (Cuadro 136).

>> continúa en la siguiente página

>> continúa de la página anterior

Especie	Familia	Grado de amenaza	Observación
Phyllocarpus riedelii	Fabaceae/Caes.	Vulnerable	
Platymiscium curuense	Fabaceae/Pap.	Vulnerable	
Ruptiliocarpon caracolito Hammel & N. Zamora	Lepidobotryaceae	Vulnerable	
Sacoglottis trychogyna Cuatrec.	Humiriaceae	Vulnerable	
Spirotheca rosea *	Desconocida	Vulnerable	Especies no maderables
Tabebuia chrysantha (Jacq.)	Bignoniaceae	Vulnerable	
Terminalia amazonia (J. Gmell)	Combretaceae	Vulnerable	
Terminalia bucidioides Standl.	Combretaceae	Vulnerable	
Terminalia oblonga (Ruiz & Pav.)	Combretaceae	Vulnerable	
Vatairea lundelli (Standl.)	Fabaceae	Vulnerable	
Stemmadenia donnell-smithii *	Apocynaceae	Preocupación Menor	Especies no maderables

*Cuadro no considera las especies coincidentes con Quesada (2008) (Cuadro 136).

En base a las especies y categorías definidas para Costa Rica actualmente, tales como en peligro de extinción y amenazadas (Quezada, 2008) o en peligro crítico, en peligro, vulnerables, casi amenazadas y preocupación menor (Estrada, 2005), se realiza el cruce de esta información con los antecedentes recabados a través de INF-CR de modo de determinar la presencia de las especies con algún grado de vulnerabilidad y así determinar la existencia o no de especies catalogadas como en peligro de extinción y legalmente con veda de aprovechamiento maderable. Además, es posible determinar su distribución dentro del territorio y el número de árboles por hectárea de cada especie según categoría, para posibles comparaciones con estudios previos y analizar, por ejemplo, la evolución que ha tenido su frecuencia y los lugares en específico donde se encuentran con el objetivo de revisar el resultado de las políticas aplicadas y tomar decisiones respecto a mantener y/o definir nuevas estrategias en post de la conservación de las especies en Costa Rica.

La búsqueda de especies en el INF-CR para cruzar la información se realizó considerando las especies arbóreas ≥ 2 cm de DAP (UMP – UMS) más las especies de regeneración natural (< 2 cm de DAP y ≥ 1,5 m de altura, UMT) en todos los estratos arbóreos considerados en el inventario. Se prioriza para las especies las categorías de conservación de Quesada (2008) y luego las de Estrada (2005) para aquellas especies que no se encuentran en primera lista. Adicionalmente, se funde para las especies coincidentes de las listas la categoría “En peligro de extinción” con “En peligro crítico”.

9.3.1. Número de árboles por categoría de conservación y estrato arbóreo

En el Cuadro 138 se presenta el promedio para la cantidad de árboles según categoría de conservación en el INF-CR, para cada uno de los estratos arbóreos considerados y para el total.

Según el inventario se encontró 19,05 árboles por hectárea catalogados como en peligro de extinción en Costa Rica; en los estratos Bosque Maduro y Bosque Secundario es donde se obtiene la mayor cantidad con 39,4 y 30,1 árboles por hectárea respectivamente. En el estrato Plantación Forestal también se observan especies en esta condición con 13,6 árboles por hectárea correspondiente a la especies Hymenaea courbaril, aunque esta categoría fue generada regionalmente por el Área de Conservación de Tempisque (resolución administrativa).

Las especies amenazadas ascienden a 20,5 árboles por hectárea para el inventario, siendo el estrato Bosque de Palmas el que posee la mayor cantidad con 86 ,1 árboles por hectárea compuesto principalmente por la especie Prioria copaifera.

En la categoría especies vulnerables se obtuvo 26,4 árboles por hectárea para el inventario total. La mayor cantidad de individuos se obtiene en el estrato Bosque Maduro con 87,9 árboles por hectárea con bastante diferencia respecto del resto de los estratos, seguido por el Bosque Secundario con 23,2 árboles por hectárea.

Para el INF-CR el total de árboles con algún grado de amenaza y considerando la totalidad de los estratos es de 67 individuos por hectárea, siendo los estratos, Bosque Maduro (157 árboles/ha), Bosque de Palmas (87,8 árboles/ha) y Bosque Secundario (80,2 árboles/ha) los que tienen mayor presencia. Como es lógico los estratos Pasto con Árboles y Rodales de Mangle son lo que presentan menor cantidad con 2,3 y 2,7 árboles por hectárea respectivamente.

Cuadro 138. Cantidad de árboles por hectárea por categoría de conservación, estrato arbóreo e INF-CR

Estrato	Categoría de Conservación (árboles/ha)					
	En Peligro de Extinción / Crítico	En Peligro	Amenazada	Vulnerable	Preocupación menor	Total
Bosque de Palmas	-	-	86,11	1,11	0,56	87,77
Bosque Maduro	39,40	0,20	28,00	87,90	1,50	157,00
Bosque Secundario	30,05	1,76	25,07	23,19	0,12	80,19
Pasto con Árboles	0,50	-	0,25	1,38	0,13	2,26
Plantación Forestal	13,64	-	15,00	1,36	-	30,00
Rodales de Mangle	-	-	2,70	-	-	2,70
INF-CR	19,05	0,57	20,50	26,44	0,43	66,99

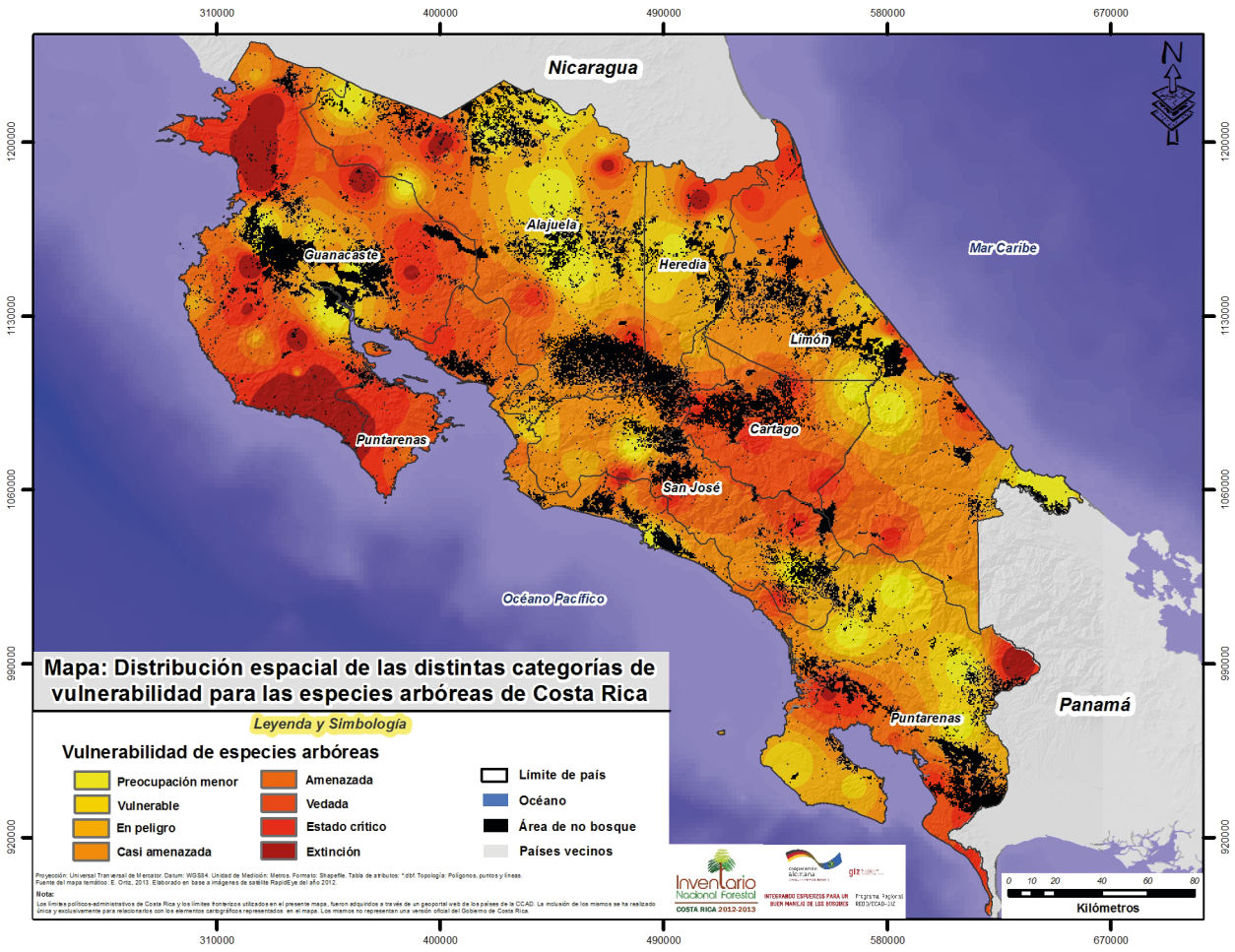


Figura 253. Distribución espacial de las distintas categorías de vulnerabilidad para las especies arbóreas de Costa Rica

9.3.2. Especies en peligro de extinción en el INF-CR

A través del inventario realizado se encuentra 11 especies catalogadas como en peligro de extinción, 7 de las cuales están consideradas en el decreto ejecutivo 25.700 (MINAE, 1997) como especies en veda. Estas especies son detectadas principalmente en el estrato Bosque Secundario con un 59% del total de la frecuencia y en el estrato Plantación Forestal con un 24% pero específicamente para la especie Hymenaea courbaril. En el 79% de los casos las especies pertenecen a la unidad de muestreo principal (UMP) en árboles ≥ 10 cm de DAP. En especies de regeneración natural prácticamente no se observan estas especies a excepción de Swietenia macrophylla con 3 individuos en proceso de regeneración. Las especies con mayor cantidad de árboles por hectárea considerando la totalidad del inventario son Swietenia macrophylla (11,7 árboles/ha), Hymenaea courbaril (3,21 árboles/ha) y Anacardium excelsum (3,07 árboles/ha) (Cuadro 139).

Las especies en peligro de extinción se distribuyen principalmente en la región operativa Pacífico Norte y Valle Central (PNVC) con un 79% del total de la frecuencia seguido por la región Pacífico Central y Pacífico Sur (PCPS) con un 12% del total, en la región Caribe Central y Caribe Sur (CCCS) prácticamente no se encontró especies en esta categoría.

De las 18 especies consideradas en peligro de extinción y vedadas incluidas en decreto ejecutivo 25.700 (MINAE, 1997) 11 de ellas no fueron encontradas en el INF-CR lo que en alguna medida advierte el crítico estado de ellas, pudiendo pensarse incluso en que algunas de estas podrían estar ya casi extintas en Costa Rica. Las especies en esta condición son: Caryodaphnopsis burgeri, Cedrela fissilis, Copaifera camibar, Cordia gerascanthus, Couratari scottmorii, Guaiacum sanctum, Myroxylon balsamum, Paramachaerium gruberi, Parkia pendula, Podocarpus guatemalensis y Sclerolobium costarricense.

Cuadro 139. Especies en peligro de extinción encontradas en el INF-CR

						Frecuencia por Unidad de Muestreo		
Especie	Familia	Estratos	R. Operativa	Frec	Árb/ha	UMP	UMS	UMT
*Anacardium excelsum**	Anacardiaceae	BM/BS	PCPC/PNVC/CCCS	42	3,07	31	11	-
Anthodiscus chocoensis	Caryocaraceae	BM	PCPS	1	0,18	-	1	-
Cedrela salvadorensis	Meliaceae	BS	PNVC	2	0,07	2	-	-
*Dalbergia retusa**	Fabaceae/Pap.	BS/PA	PNVC	2	0,07	2	-	-
*Enterolobium schomburgkii***	Fabaceae/Mim.	BM/BS	ZNCN	4	0,14	4	-	-
*Hymenaea courbaril**	Fabaceae/Caes.	BM/BS/PF	PNVC	58	3,21	50	8	-
Hymenolobium mesoamericanum	Fabaceae/Pap.	PA	ZNCN	2	0,07	2	-	-
Platymiscium parviflorum	Fabaceae/Pap.	BS	PNVC	3	0,39	1	2	-
Platymiscium pinnatum	Fabaceae/Pap.	PA	ZNCN	1	0,04	1	-	-
Podocarpus costaricensis	Podocarpaceae	BS	PCPC-ZDA	3	0,11	3	-	-
Swietenia macrophylla	Meliaceae	BM/BS	PCPS/PNVC	8	11,7	4	1	3

* Resolución administrativa tomada por el Área de Conservación Tempisque (Regional)

** Especie no incluida en decreto ejecutivo N° 25.700 – MINAE (1997) en veda. Estrada (2005) la consideró en peligro crítico.

Cuadro 140. Especies en peligro encontradas en el INF-CR (Estrada, 2005)

						Frecuencia por Unidad de Muestreo		
Especie	Familia	Estratos	R. Operativa	Frec	Árb/ha	UMP	UMS	UMT
Couma macrocarpa	Apocynaceae	BM	ZNCN	1	0,04	1	-	-
Tabebuia impetiginosa	Bignoniaceae	BS	PNVC	3	0,54	-	3	-

9.3.3. Especies en peligro en el INF-CR

En el Cuadro 140 se muestran los antecedentes para 2 especies catalogadas en peligro (Estrada, 2005), característica de menor gravedad que la anterior pero sin dejar de ser importante, ubicadas en los estratos Bosque Maduro y Secundario, la especie con mayor frecuencia corresponde a individuos entre 2,0 y 9,9 cm de DAP (UMS) la que tiene una densidad total de 0,54 árboles por hectárea.

9.3.4. Especies amenazadas en el INF-CR

Las especies caracterizadas como amenazadas y encontradas en el inventario nacional ascienden a 16 (Cuadro 141). El estrato que aporta mayor frecuencia es Bosque de Palmas con un 39% del total, aunque prácticamente con solo una especie Prioria copaifera (38%), lo sigue el estrato Bosque Maduro con un 28% del total de la frecuencia. Las especies se encontraron en un 80% en el componente vegetal con especies ≥ 10 cm de DAP (UMP). No se observa la existencia de regeneración (especies < 2 cm de DAP y ≥ 1,5 m de altura total) para estas especies ya que no se detectó plantas en las subparcelas terciarias (UMT), aspecto que debe ser revisado para tomar acción sobre la conservación de éstas especies y evitar que caigan en las categorías de mayor gravedad (en peligro de extinción). El mayor número de árboles lo tienen las especies Prioria copaifera con 7,57 árboles por hectárea y Astronium graveolens con 6,47 árboles por hectárea.

La mayor cantidad de individuos de categoría amenazadas se encontró en las regiones operativas Caribe Central y Caribe Sur (CCCS) y Zona Norte y Caribe Norte (ZNCN) con un 45% y 23% del total respectivamente.

9.3.5. Especies vulnerables en el INF-CR

En la categoría de vulnerables (especies se están enfrentando a un riesgo alto de extinción en estado silvestre) aparecen 20 especies en el INF-CR. Estas especies se encuentran principalmente en el estrato Bosque Maduro con un 49% del total de la frecuencia y luego en el Bosque Secundario con un 31% del total. En las especies ≥ 10 cm de DAP (UMP) se encuentra un 67% del total de las especies vulnerables, el resto están casi

Cuadro 141. Especies amenazadas encontradas en el INF-CR

						Frecuencia por Unidad de Muestreo		
Especie	Familia	Estratos	R. Operativa	Frec	Árb/ha	UMP	UMS	UMT
Astronium graveolens	Anacardiaceae	BM/BS/PA	PCPS/PNVC	32	6,47	20	11	1
Caryocar costaricense	Caryocaraceae	BM	PCPS	3	0,11	3	-	-
Cedrela odorata	Meliaceae	BP/BM/BS/PA/PF	PCPS/PNVC/CCCS/ZNCN	52	2,14	50	2	-
Cedrela tonduzii	Meliaceae	BM/BS	PNVC/ZDA	6	0,21	6	-	-
Couratari guianensis	Lecythidoideae	BS	PCPS	3	0,25	2	1	-
Dussia macroprophyllata	Fabaceae/Pap.	BM/BS	PCPS/CCCS/ZNCN	6	0,36	5	1	-
Ilex skutchii	Aquifoliaceae	BP/BM/BS	CCCS/ZNCN/ZDA	5	0,32	4	1	-
Lecythis ampla	Lecythidaceae	BM	ZNCN	1	0,04	1	-	-
Minquartia guianensis	Olacaceae	BM/BS	PCPS/PNVC/CCCS/ZNCN	10	1,07	5	5	-
Mora oleifera	Fabaceae/Caes.	RM	PCPS	4	0,14	4	-	-
Peltogyne purpurea	Caesalpiniaceae	BS	PCPS	2	0,21	1	1	-
Prioria copaifera	Fabaceae/Caes.	BP/BM	PCPS/CCCS/ZNCN	120	7,57	97	23	-
Qualea polychroma	Vochysiaceae	BM	PCPS/ZNCN	12	1,00	8	4	-
Sideroxylon capiri	Sapotaceae	BM/BS	PNVC	6	0,36	5	1	-
Tachigalia versicolor	Fabaceae/Caes.	BM	PCPS	1	0,18	-	1	-
Vantanea barbourii	Humiriaceae	BM	PCPS/ZNCN	2	0,07	2	-	-

todas en la parcela secundaria (UMS) y en la regeneración natural prácticamente no se observa individuos, lo que indica que estas especies no están repoblando los bosques en Costa Rica con el consiguiente riesgo de pasar a niveles de mayor gravedad de conservación hasta desaparecer en estado natural. La especie con mayor cantidad de árboles es Brosimum utile con 14,51 árboles por hectárea, la sigue la especie Platymiscium curuense pero con bastante menos cantidad 4,4 árboles por hectárea (Cuadro 142).

En la región operativa Pacífico Central y Pacífico Sur (PCPS) se encuentra la mayor cantidad de especies con un 47% del total de la frecuencia, seguido por la región Zona Norte y Caribe Norte (ZNCN) con un 26% del total. La región con menor cantidad es Caribe Central y Caribe Sur (CCCS) solo con un 7% de la frecuencia total.

9.3.6. Especies con preocupación menor en el INF-CR

La categoría preocupación menor considera especies abundantes y de amplia distribución, sin embargo, para la única especie encontrada con esta condición no se observa la característica de abundancia ya que presenta bajo número de árboles solo 0,43 por hectárea, respecto de la distribución se podría decir que abarca gran extensión situándose en tres de la cuatro regiones operativas consideradas en el inventario. El estrato con mayor cantidad de individuos es de Bosque Maduro (57%). Las especies encontradas pertenecen principalmente a las especies mayores (UMP) y como se ha observado consistentemente prácticamente no existe regeneración natural para las distintas categorías de conservación.

Cuadro 142. Especies vulnerables encontradas en el INF-CR

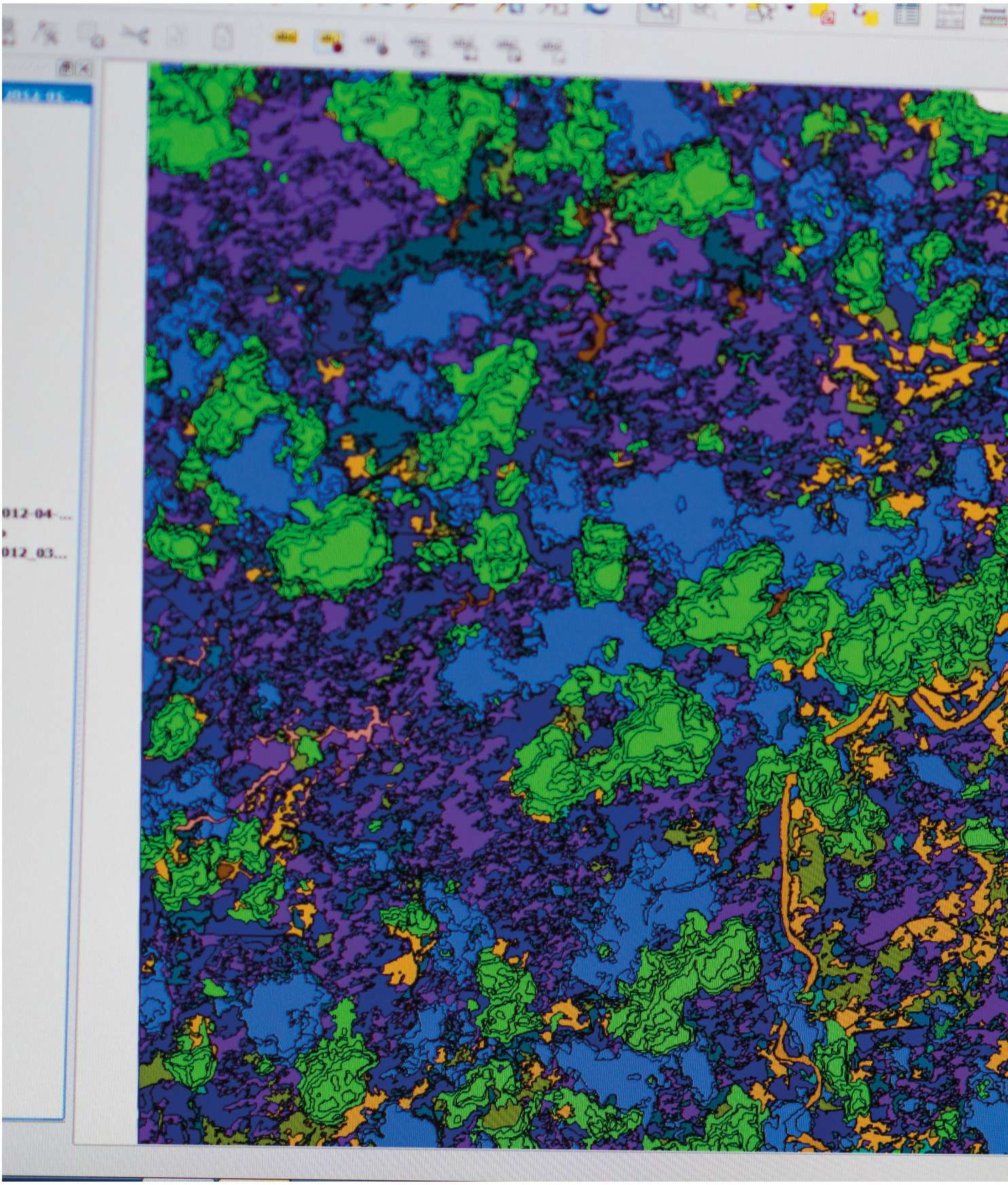
						Frecuencia por Unidad de Muestreo		
Especie	Familia	Estratos	R. Operativa	Frec	Árb/ha	UMP	UMS	UMT
Albizia niopoides	Fabaceae/Mim.	BS/PA	PNVC	4	0,14	4	-	-
Balizia elegans	Fabaceae/Mim.	BM	ZNCN	4	0,29	3	1	-
Batocarpus costaricensis	Moraceae	BM	PCPS	5	0,32	4	1	-
Brosimum utile	Moraceae	BM/BS	PCPS/PNVC	39	14,51	23	13	3
Buchenavia tetraphylla	Combretaceae	BS	PCPS	1	0,04	1	-	-
Campnosperma panamensis	Anacardiaceae	BP/BS	ZNCN	2	0,07	2	-	-
Ceiba pentandra	Malvaceae	BM/BS/PA	PCPS/PNVC/ZNCN	6	0,36	5	1	-
Couepia polyandra	Chrysobalanaceae	BS	CCCS	1	0,04	1	-	-
Dalbergia melanocardium	Fabaceae/Pap.	BM	ZNCN	1	0,18	-	1	-
Dipteryx panamensis	Fabaceae/Pap.	BM	ZNCN	13	2,18	1	12	-
Elaeoluma glabrescens	Sapotaceae	BM	PCPS/CCCS/ZNCN	3	0,39	1	2	-
Macrohasseltia macroterantha	Salicaceae	BM	ZNCN	2	0,07	2	-	-
Maranthes panamensis	Chrysobalanaceae	BM	PCPS/ZNCN	6	0,79	2	4	-
Oxandra venezuelana	Annonaceae	BM	PCPS	3	0,39	1	2	-
Platymiscium curuense	Fabaceae/Pap.	BM/PA	PCPS	18	4,40	17	-	1
Ruptiliocarpon caracolito	Lepidobotryaceae	BM/BS	CCCS	6	0,21	6	-	-
Sacoglottis trychogyna	Humiriaceae	BM/BS	ZNCN	3	0,54	-	3	-
Tabebuia chrysantha	Bignoniaceae	BS/PA	PNVC/ZNCN	6	0,21	6	-	-
Terminalia amazonia	Combretaceae	BP/BM/BS/PF	PCPS/ZNCN	13	0,75	11	2	-
Terminalia oblonga	Combretaceae	BM/BS	PCPS/PNVC	8	0,57	6	2	-

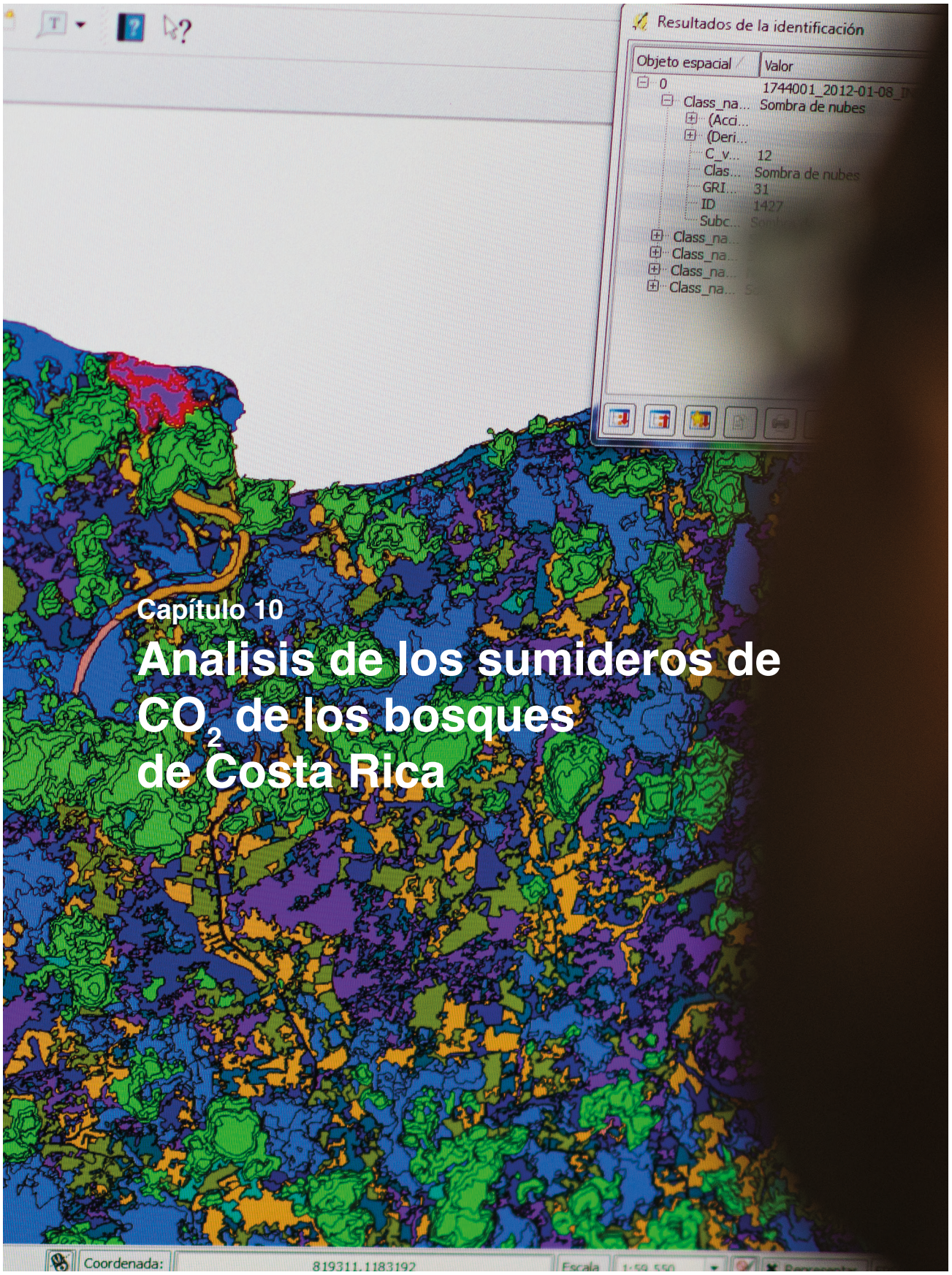
Cuadro 143. Especies de preocupación menor encontradas en el INF-CR

						Frecuencia por Unidad de Muestreo		
Especie	Familia	Estratos	R. Operativa	Frec	Árb/ha	UMP	UMS	UMT
Stemmadenia donnell-smithii	Apocynaceae	BP/BM/BS/PA	PCPS/CCCS/ZNCN	8	0,43	7	1	-

9.4. Referencias bibliográficas

1. Corea, E.; Arnáez, E.; Moreira, I.; Cordero, R.; Castillo, M. 2014. Recurso forestal amenazado. Seis especies en peligro crítico de extinción en Costa Rica. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica. 71 p.
2. Estrada, A.; Rodríguez, A.; Sánchez, J. 2005. Evaluación y categorización del estado de conservación de plantas en Costa Rica. 227 p.
3. Ferris, R. y J.W. Humphrey. 1999. Areview of potential biodiversity indicators for application in British forests. Forestry 72 (4): 313- 328.
4. Finegan, B.; Palacios, W.; Zamora, N. y D. Delgado. 2001. Ecosystem-level Forest Biodiversity and Sustainability Assesment for Forest Management. In: R.J. Raison, A.G. Brown & D.W. Flinn (eds). Criteria and indicators for sustainable forest management: 341-376. IUFRO Research Series No. 7. CABI Publishing. Wallingford.
5. Groombridge, B. y M. D. Jenkins. 1996. Assessing biodiversity status and sustainability. WCMC Biodiversity Series No 5. World Conservation Press. Cambridge.
6. Jiménez, Q. 1993. Árboles maderables en peligro de extinción en Costa Rica. San José: Incafo. 121 p.
7. Jiménez, Q. 1999. Árboles maderables en peligro de extinción en Costa Rica. 2ª edición. Costa Rica: Editorial Inbio. 187 p.
8. Jiménez, M.; FAO. 2003. Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques en Costa Rica. Taller Regional sobre los Recursos Genéticos Forestales de Centroamérica, Cuba y México CATIE, Turrialba, Costa Rica. 73 p.
9. Jiménez, Q. 2015. El camino a la extinción de los árboles en Costa Rica. ISSN 1409-214X. Ambientico 253, Artículo 4 IPp. 23-30I
10. Magurran, A. E. 1988. Diversidad ecológica y su medición. Ediciones Vedrá. Traducido por: Dra. Antonia M. Cirer. 200 p.
11. Manly, B.F.J. 1997. Randomization, bootstrap and Monte Carlo methods in biology. Second Edition, Chapman & Hall, London.
12. Margalef, R. 1980. Diversidad, estabilidad y madurez en los ecosistemas naturales. En: Conceptos unificadores en ecología. Edit. Blume. Barcelona, España.
13. Margalef, R. 1991. Reflexiones sobre la Diversidad y significado de su expresión cuantitativa. Diversidad Biológica: 105-114. Fundación Araces, Madrid.
14. Mostacedo, B. y T. Fredericksen. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Editora El País. Santa Cruz, Bolivia. 87 p.
15. MINAE-SINAC-CONAGEBIO-FAO. 2012. Estado de los recursos genéticos forestales de Costa Rica. 143 p.
16. Odum, E. 1980. La Diversidad como función del flujo de energía. En: Conceptos unificadores en ecología. Edit. Blume. Barcelona, España.
17. Quesada, R. 2004. Consideraciones silviculturales de ocho especies forestales con poblaciones reducidas o en peligro de extinción en la provincia de Gunacaste, Costa Rica. Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 1(1), 2004.
18. Quesada, R. 2005. Estudio poblacional de especies forestales en el área de Conservación Tempisque, cantones de Nicoya, Hojancha y Nandayure. 219 p.
19. Quesada, R. 2008. Especies forestales vedadas en Costa Rica. 10º Congreso Nacional de Ciencias y Estudios Sociales 28, 29 y 30 de agosto, 2008. Universidad Nacional, Pérez Zeledón, Costa Rica.
20. Rodríguez, A., Monro, A. K., Chacón, O., Solano, D., San - tamaría, D., Zamora, N., González, F. y Correa, M. (2011). Regional and global conservation assessments for 200 vascular plant species from Costa Rica and Panamá. Phytotaxa 21: 1-216.
21. Schulze, E.D. y H. A. Mooney. 1994. Ecosystem function of biodiversity: a summary. In: E.D. Schulze & H.A. Mooney (eds.), Biodiversity and Ecosystem Function: 497-510. Springer-Verlag. Berlin.
22. SINAC. 2011. Trazabilidad aplicada a 92 especies de árboles con algún grado de peligro de extinción y su reversión.





Capítulo 10

Analisis de los sumideros de CO_2 de los bosques de Costa Rica

Capítulo 10

Analisis de los sumideros de CO_2 de los bosques de Costa Rica

En el contexto de las funciones ambientales de los bosques, particularmente aquellas que se relacionan con la mitigación y la adaptación al cambio climático, resulta fundamental cuantificar los stocks de CO_2 pero también analizar cómo se distribuye en los diferentes componentes donde es posible que sea fijado y cómo las variables del medio en el que crecen los bosques afectan la mayor o menor acumulación de gases efecto invernadero. Con este conocimiento de base es posible plantear el desarrollo de actividades y acciones tendientes a favorecer su permanencia, incrementar su capacidad de funcionar como sumideros de gases de efecto invernadero y desincentivar su ingreso a la atmosfera a través de intervenciones antropogénicas. Los bosques, en sus distintos estados, son grandes reservorios de CO_2, principalmente en su componente especies mayores (árboles); pero también es relevante analizar, entre otros, la situación de las especies de regeneración natural cuyo crecimiento y desarrollo es clave para perpetuar las distintas y diversas especies existentes; la litera forestal compuesta por hojarasca, ramillas, raicillas, frutos entre otros y la madera en proceso de descomposición producto de la muerte de los árboles y sus componentes. El componente suelo es otro gran reservorio de carbono, muchas veces superando en cantidades acumuladas al componente arbóreo.

Según Kanninen (1999) [1] se requiere de conservación, de manejo sostenible y de aumento de sumideros y reservorios de los bosques, y para ello es necesario:

- Medidas en contra de la desertificación, deforestación y destrucción de los bosques. Esto debería apuntar a la estabilización apropiada del área boscosa y, de ser posible a incrementarla.
- Promoción de la salud total de los ecosistemas. Esto incluye especialmente las acciones en contra de los efectos perjudiciales causados por los contaminantes.

1. Kaninnen, M. 1999. Intensificación de la ganadería en Centroamérica: beneficios económicos y ambientales. Pomareda-Benel, C.; Steinfeld, H. (eds.). Seminario Intensificación de la Ganadería en Centroamérica: Beneficios Económicos y Ambientales Turrialba CR 24-26 May. 1999. p. 137-149. Turrialba CATIE / FAO / SIDE CR. 2000.

- Medidas en contra de la degradación y manejo no sostenible de los ecosistemas; y medidas que aumenten el potencial de los bosques para actuar como sumideros de gases de efecto invernadero (densidades de almacenamiento, cantidad de biomasa, etc.).
- Promoción de la investigación científica, el monitoreo y el intercambio de información en: los bosques, como fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero; y un manejo sostenible de los bosques.

10.1. Stock de CO_2 de los árboles ≥ 2 cm de DAP y del Suelo por Categoría de Conservación

Los bosques en áreas protegidas en Costa Rica alcanzan a un tercio de total de la superficie forestal del país (1.265.692 ha), sin embargo, en esta superficie se encuentra cerca de la mitad del stock de CO_2 capturado por las especies vegetales mayores (árboles ≥ 2 cm de DAP) (48%), esto se debe principalmente a que en las áreas protegida existen 180 ton/ha más que en los bosques que se encuentran en áreas no protegidas (381 ton/ha y 201 ton/ha, respectivamente). A esto se suma el stock de CO_2 fijado en el suelo (33% de participación del stock total de CO_2), llegando así a una stock total de 998 millones de toneladas, correspondiente a un 39% de total; es decir, poco más de un tercio del carbono fijado por los usos forestales del suelo, lo capturan los bosques en las áreas de conservación o protegidas.

Las áreas no protegidas fijan 1.561,1 millones de toneladas de CO_2 en 2,6 millones de hectáreas, aportando las especies arbóreas un 52% y el suelo un 68% del total de cada componente (Cuadro 144 y Figura 254).

Cuadro 144. Superficie y CO_2 capturado en componente arbóreo y suelo en el INF-CR

Categoría Conservación	Superficie (ha)	CO_2 > 2 cm TOTAL	CO_2 Suelo TOTAL	CO_2 > 2cm (ton/ha)	CO_2 Suelo (ton/ha)
No Protegido	2.601.204	523.908.019	1.037.279.976	201	399
Protegido	1.265.692	482.831.435	516.029.399	381	408
TOTALES	3.866.896	1.006.739.454	1.553.309.375	260	402

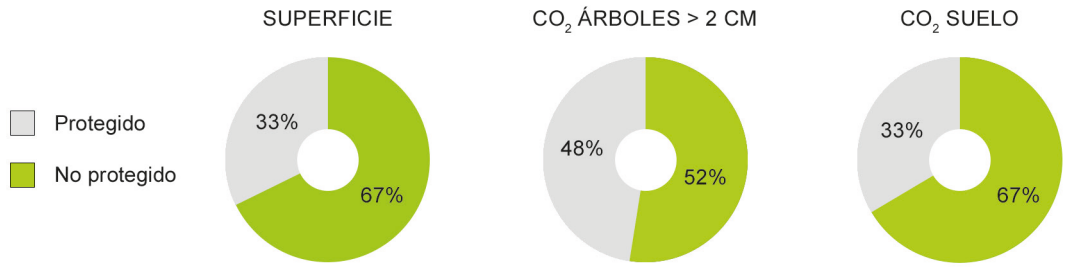


Figura 254. Participación de la superficie y el CO_2 capturado en componente arbóreo y suelo en el INF-CR

En el Cuadro 145 se presenta la superficie y el stock de CO_2 de los bosques para las distintas categorías de áreas protegidas. El área de mayor captura de CO_2 son los Parques Nacionales con 511.554 ha (13% de la superficie total y 40% de la superficie de las áreas protegidas) y a su vez es el área de conservación con mayor fijación de CO_2, con 224,6 millones de toneladas en el componente arbóreo (22% de la captura total de carbono y un 46% de las áreas protegidas). En consecuencia, esta área protegida tiene el mayor valor unitario de fijación de carbono, con 439 ton/ha. El suelo para los Parques Nacionales fija 208,3 millones de toneladas de CO_2 (13% del total del carbono capturado y a un 40% del carbono en el área protegida). Finalmente el

área de Parques Nacionales participa en un 17% del total de carbono capturado y en 43% dentro de las áreas protegidas.

Las Reservas Indígenas siguen a los Parques Nacionales en superficie con 284.368 ha (7% del total y 22% de las superficies protegidas); fijan CO_2 en alrededor de 98,6 millones de toneladas para el componente arbóreo (10% del total de captura de CO_2 y 20% de las áreas protegidas) y 107,9 millones de toneladas en el componente de suelo (6% del total de captura y 21% dentro de las áreas protegidas).

Entre las áreas de Parques Nacionales y Reservas Indígenas se tiene 795.922 ha (21% del total de la superficie y 63% de la superficie de las áreas protegidas). En captura de CO_2 aportan 639,4 millones de toneladas entre componente arbóreo y de suelo (25% del total de captura y 64% correspondiente a las áreas protegidas).

Cuadro 145. Superficie y CO_2 capturado en los componentes arbóreo y suelo para cada categoría de conservación de los bosques de Costa Rica

Categoría Conservación	Superficie (ha)	CO_2 > 2 cm TOTAL	CO_2 Suelo TOTAL	CO_2 > 2cm (ton/ha)	CO_2 Suelo (ton/ha)
No Protegido	2.601.204	523.908.019	1.037.279.976	201	399
Fincas del Estado	8.327	1.538.688	3.362.064	185	404
Humedales	15.634	5.184.513	6.453.961	332	413
Otras	7.456	1.119.046	2.777.001	150	372
Parque Nacional	511.554	224.601.448	208.315.686	439	407
Reserva biológica	15.061	5.662.922	5.956.487	376	395
Reserva forestal	157.575	58.788.106	65.116.607	373	413
Reserva Indígena	284.368	98.619.529	107.911.940	347	379
Refugio Nacional	1.253	327.030	382.622	261	305
Refugio de Vida Silvestre	120.498	35.065.038	57.655.166	291	478
Zonas protectoras	143.966	51.925.116	58.097.866	361	404
TOTALES	3.866.896	1.006.739.454	1.553.309.375	260	402

En la Figura 255 se muestra los valores unitarios de CO_2 para los componentes arbóreo y suelo. La categoría de conservación de Parques Nacionales es el que posee la mayor cantidad de carbono en el componente arbóreo con 439 ton/ha, en el componente suelo son los Refugios de Vida Silvestre con 478 ton/ha.

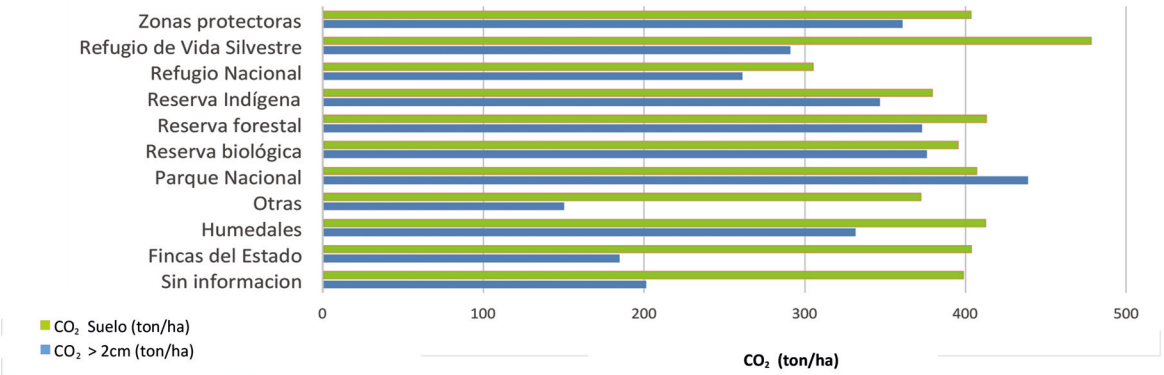


Figura 255. Valores unitarios de CO_2 (ton/ha) capturado en los componentes arbóreo y de suelo para los bosques de Costa Rica

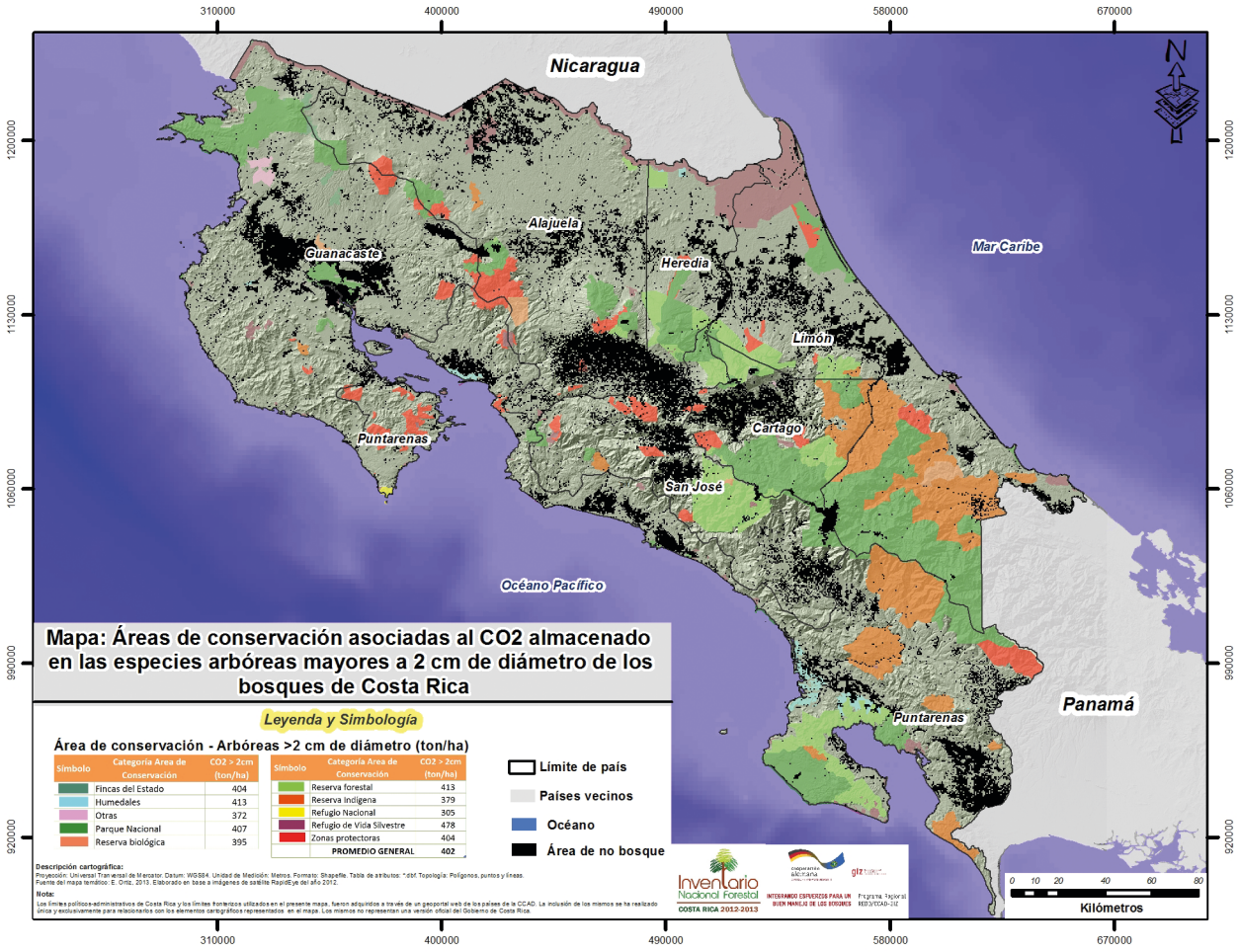
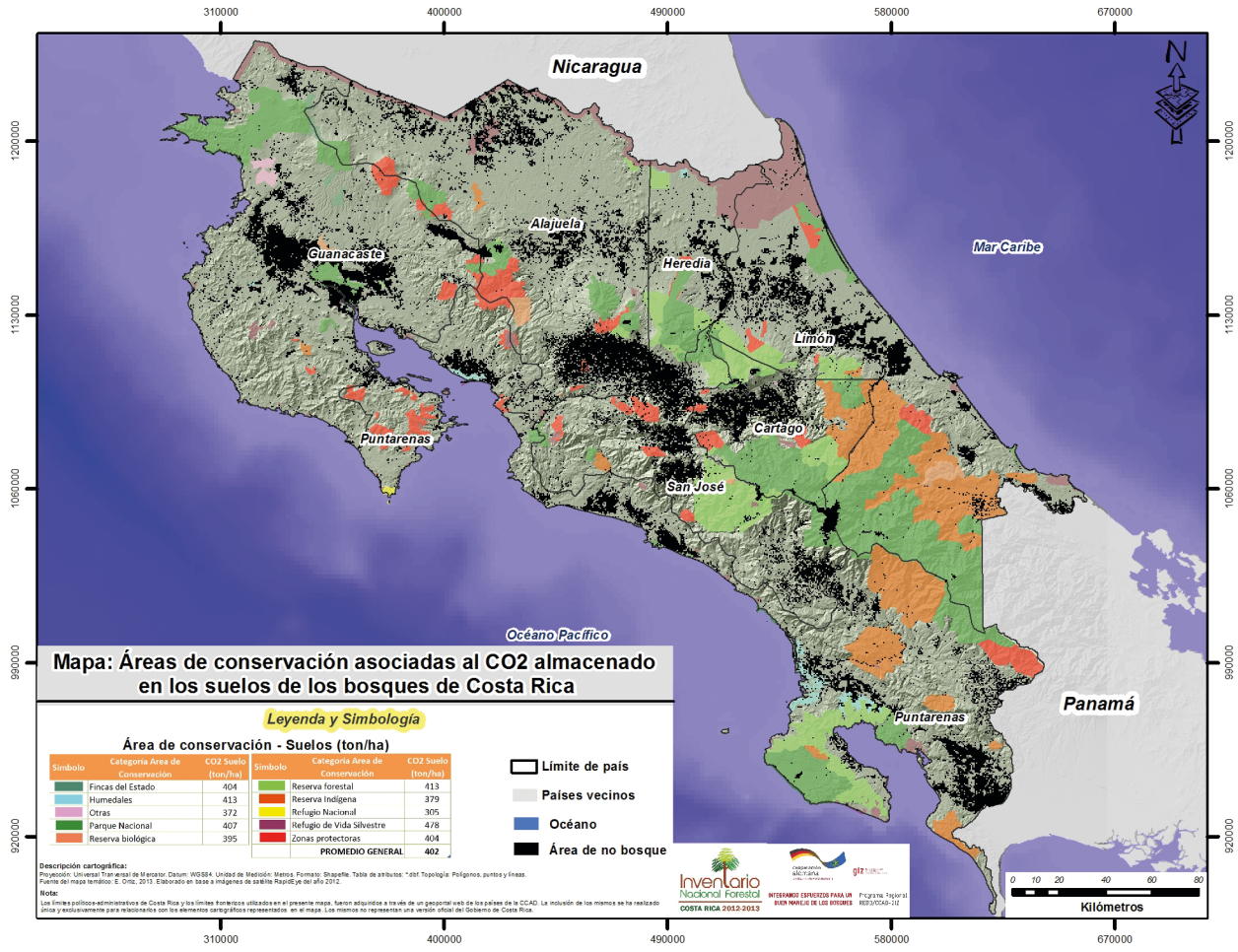


Figura 256. Distribución espacial del CO_2 almacenado en las especies arbóreas mayores o iguales a 2 cm de DAP en los bosques de Costa Rica, según Áreas de Conservación

10.2. Relación entre el stock de CO_2 de los componentes arbóreo y suelo con variables ambientales

10.2.1. Stock de CO_2 de árboles ≥ 2 cm de DAP y suelo según elevación (msnm)

Las existencias de CO_2 en relación a la altitud o elevación se concentran principalmente en las altitudes menores o igual a 1.500 msnm, aquí en una superficie de 3.375.464 hectáreas (87% del total) se encuentra una cantidad de 800,5 millones de toneladas de CO_2 en el componente arbóreo con especies ≥ 2 cm DAP (31% de total capturado) y con 242 ton/ha de CO_2 en promedio. En el componente de suelo existen 1.349,2 millones de toneladas fijadas en (53% del total) con 400 ton/ha de CO_2 promedio, siendo este valor aproximadamente un 65% más alto que el componente arbóreo (Cuadro 146).



Símbolo	Categoría Área de Conservación	CO2 Suelo (ton/ha)
	Fincas del Estado	404
	Humedales	413
	Otras	372
	Parque Nacional	407
	Reserva biológica	395
	Reserva forestal	413
	Reserva Indígena	379
	Refugio Nacional	305
	Refugio de Vida Silvestre	478
	Zonas protectoras	404
	PROMEDIO GENERAL	402

Figura 257. Distribución espacial del CO_2 almacenado en los suelos de los bosques de Costa Rica, según Áreas de Conservación

Solo el 15% del CO_2 capturado se encuentra en altitudes superiores a 1.500 msnm considerando ambos componentes (arbóreo y de suelo), con 387,2 millones de toneladas capturadas. Se observa para estas altitudes que las cantidades unitarias de CO_2 en el componente arbóreo superan por mucho a las encontradas en altitudes menores, con una diferencia de 219 ton/ha correspondiente a un 90% más (461 ton/ha versus 242 ton/ha), lo que puede deberse a la menor intervención antropogénica de las masas boscosas en elevaciones más extremas. El efecto mencionado anteriormente no se observa para el componente suelo, donde se determinó un stock promedio de 404 ton/ha en elevaciones menores a 1.500 msnm en relación a las 413 ton/ha en altitudes superiores (Cuadro 146 y Figura 258).

Los stocks de CO_2 en el componente de suelo superan a los del componente arbóreo en las elevaciones menores a 1.500 msnm y, a la inversa, son inferiores en las altitudes mayores a 1.500 msnm (Figura 259).

En la Figura 259 se muestran los valores unitarios de CO_2 de los componentes arbóreo y suelo. La altitud entre 2500 - 3000 msnm es la que posee la mayor cantidad de carbono en el componente arbóreo con 511 ton/ha, para el componente suelo la mayor cantidad de carbono por hectárea se encuentra en las altitudes entre 2000 – 2500 msnm con 419 ton/ha. En el componente arbóreo el menor valor se presenta en el rango de altitud de 0 a 50 msnm, con 190 ton/ha.

Cuadro 146. Superficie y stock de CO_2 asociado a los componentes arbóreo y suelo por rango de elevación del terreno para los bosques de Costa Rica

Elevación (msnm)	Superficie (ha)	CO_2 > 2 cm TOTAL	CO_2 Suelo TOTAL	CO_2 > 2cm (ton/ha)	CO_2 Suelo (ton/ha)
Sin información	33.468	9.544.040	13.423.672	285	401
0-50	632.092	120.384.891	258.267.762	190	409
50-100	471.577	100.260.562	185.721.354	213	394
100-200	513.443	124.592.362	206.132.482	243	401
200-500	770.678	191.345.623	306.669.798	248	398
500-1000	642.940	156.179.951	253.886.221	243	395
1000-1500	344.733	107.824.365	138.578.122	313	402
1500-2000	233.713	89.729.073	97.576.387	384	418
2000-2500	137.789	62.832.782	57.717.178	456	419
2500-3000	76.266	39.008.195	31.169.668	511	409
mayor que 30000	10.198	5.037.610	4.166.733	494	409
TOTALES	3.866.896	1.006.739.454	1.553.309.375	260	402

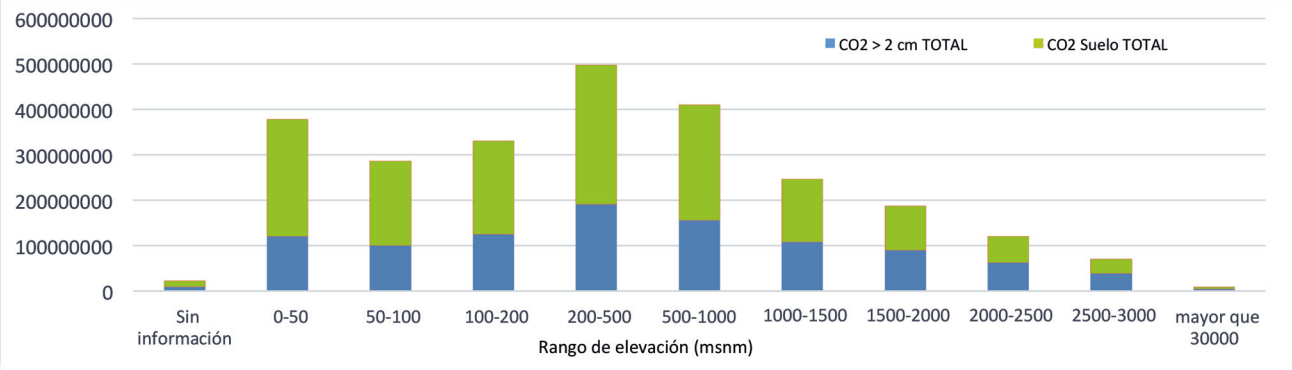


Figura 258. Stoks de CO_2 capturado por rango de altitud del terreno, en los componentes arbóreo y suelo, para los bosques de Costa Rica

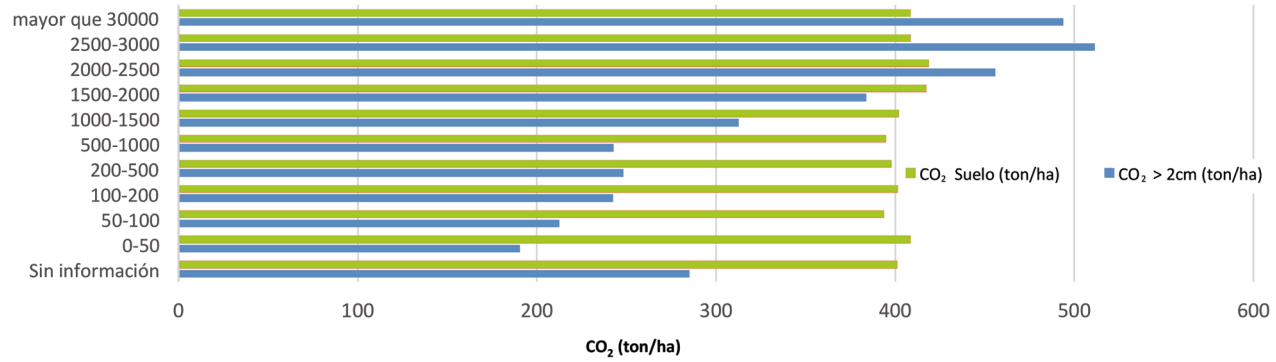


Figura 259. Valores unitarios (ton/ha) de CO_2 capturado en los componentes arbóreo y suelo de los bosques de Costa Rica, según altitud del terreno

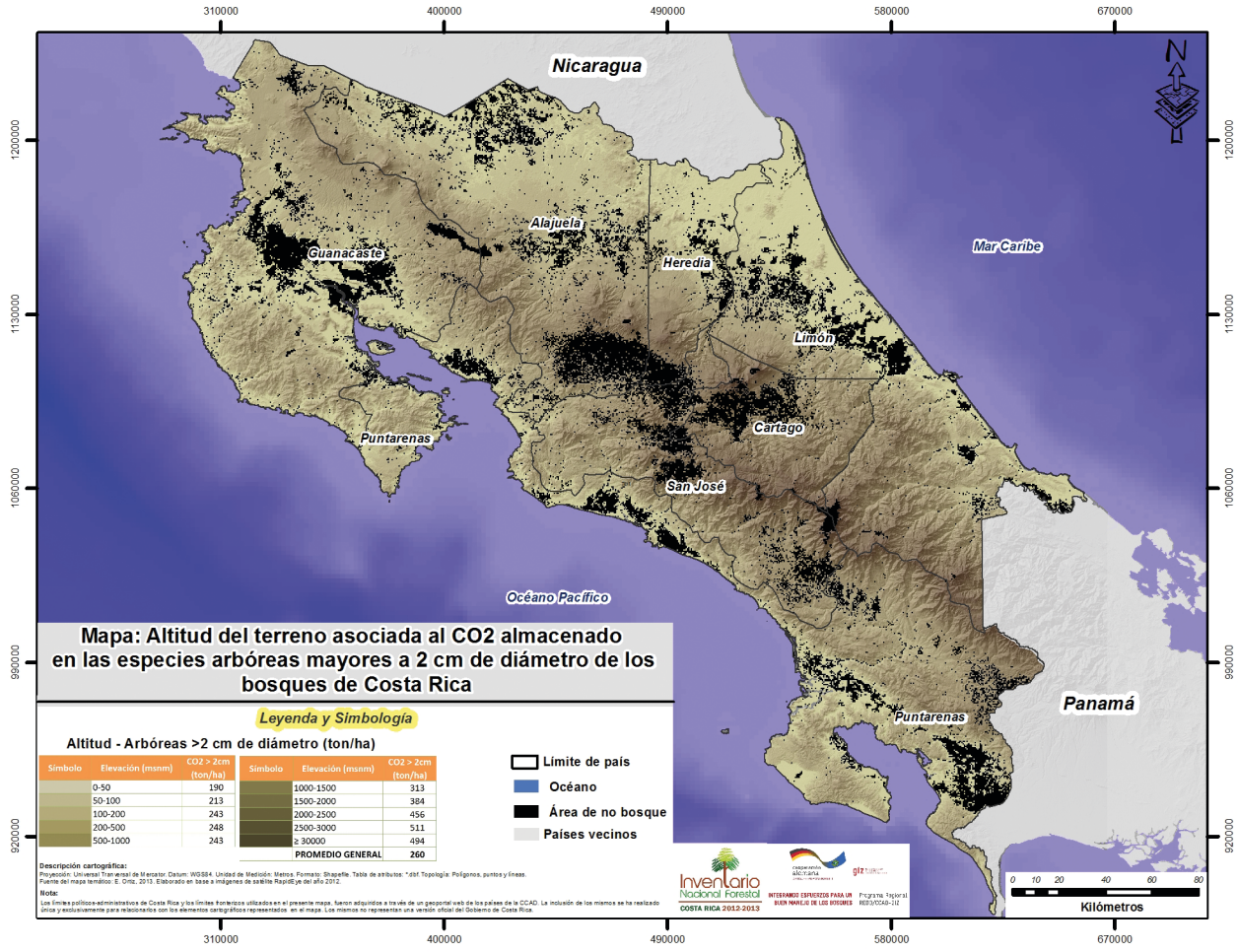


Figura 260. Distribución espacial del CO_2 almacenado en especies arbóreas mayores a 2 cm de DAP en los bosques de Costa Rica, en relación a la altitud del terreno

10.2.2. Stock de CO_2 de árboles ≥ 2 cm de DAP y suelo según exposición

Para la variable ambiental exposición no se tiene mayor diferenciación tanto de superficie (entre 930 mil y 990 mil hectáreas) como de carbono total unitario. En el caso de los stocks de carbono, esta tendencia se presenta para ambos componentes analizados: arbóreo (entre 236,8 millones y 272,8 millones de toneladas) y de suelo (entre 373,5 millones y 402,6 millones de toneladas) (Cuadro 147).

Cuadro 147. Superficie y CO_2 capturado en los componentes arbóreo y suelo, en relación a la exposición del terreno, para los bosques de Costa Rica

Exposición	Superficie (ha)	CO_2 > 2 cm TOTAL	CO_2 Suelo TOTAL	CO_2 > 2cm (ton/ha)	CO_2 Suelo (ton/ha)
Norte	993.364	272.883.862	402.625.495	275	405
Sur	992.637	248.915.406	396.412.014	251	399
Este	933.512	236.808.134	373.538.270	254	400
Oeste	947.383	248.132.052	380.733.596	262	402
Total	3.866.896	1.006.739.454	1.553.309.375	260	402

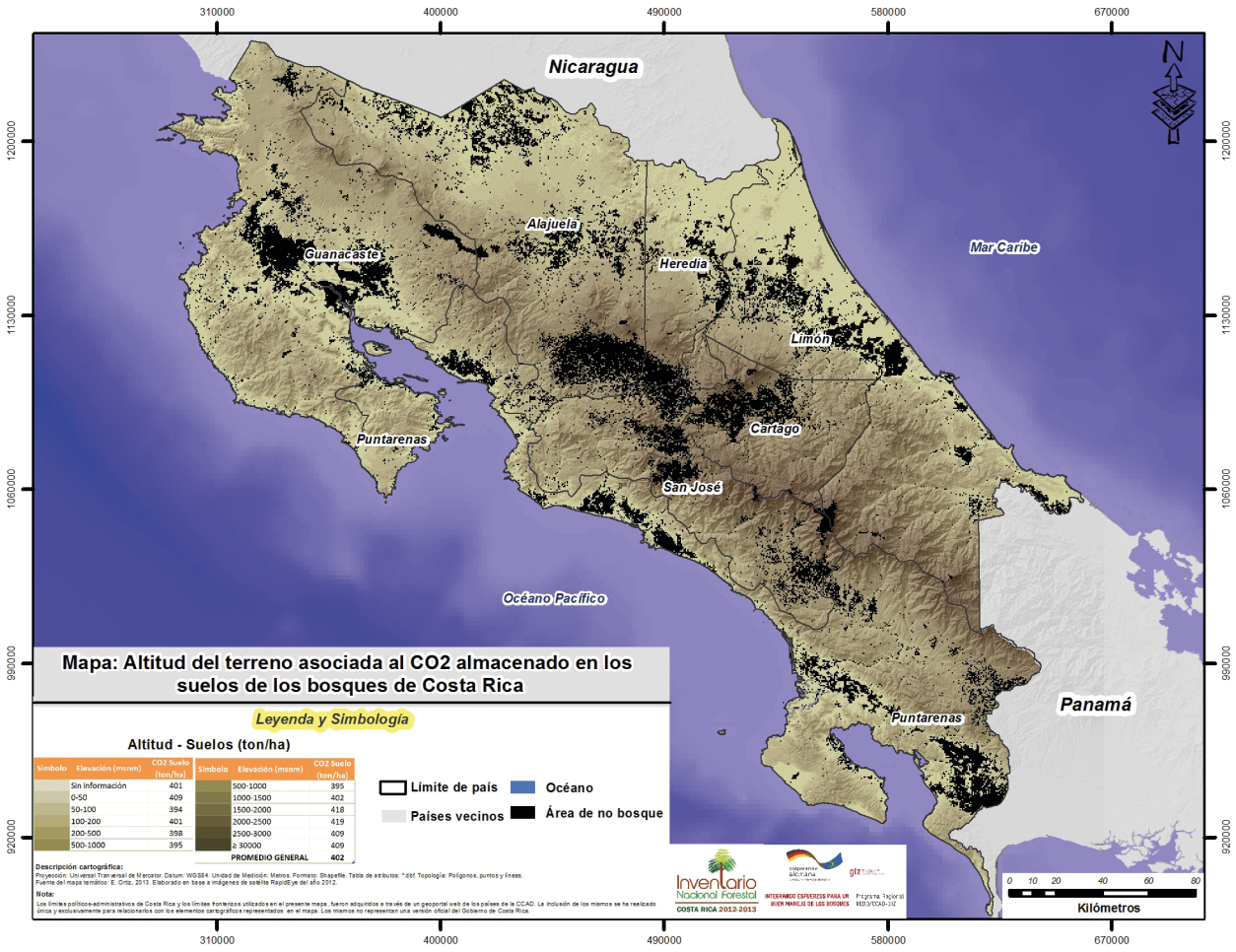


Figura 261. Distribución espacial del CO_2 almacenado en el suelo de los bosques de Costa Rica, en relación a la altitud del terreno

En la Figura 262 se muestra los valores unitarios de CO_2 de los componentes arbóreo y suelo. La exposición con mayor cantidad de carbono en el componente arbóreo y de suelo es la exposición Norte, con 275 ton/ha y 405 ton/ha respectivamente, aunque no se observa diferencias importantes entre las distintas exposiciones.

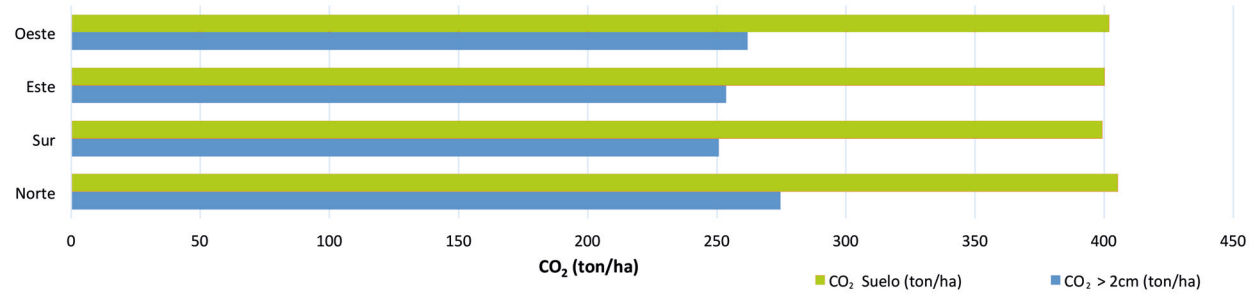


Figura 262. Valores unitarios (ton/ha) de CO_2 capturado en los componentes arbóreo y suelo de los bosques de Costa Rica, según exposición del terreno

10.2.3. Stock de CO_2 de árboles ≥ 2 cm de DAP y Suelo según pendiente del terreno

La pendiente del terreno se dividió en cuatro rangos, siendo el rango 0 - 15% el que posee la mayor superficie con 1,7 millones de hectáreas (45% del total); ésta superficie prácticamente duplica la superficie del rango siguiente 15 - 30% (0,95 millones de hectáreas) y a su vez está cerca de triplicar las superficies de los rangos 30 - 45% y Mayor que 45%, con 0,60 y 0,55 millones de hectáreas respectivamente. Para el componente arbóreo, la existencia de CO_2 es mayor en la pendiente menor (0 - 15%), con 324,1 millones de toneladas (32% del componente y 13% del total), influenciado este resultado principalmente por la superficie ya que en este rango el valor unitario es el más bajo de todos, con solo 189 ton/ha. Respecto del componente suelo, también se presenta la mayor existencia en el rango menor (0 - 15%) con 691,6 millones de toneladas (45% del componente y un 27% del total), pero a diferencia del componente arbóreo los valores unitarios son similares en todos los rangos, por lo que para este caso (suelo) existe un efecto tanto de superficie como de cantidad de captura de CO_2 en el rango inferior.

Los menores valores de existencia de carbono se presentan en las pendientes mayores o extremas (> 30%), tanto para el componente arbóreo como para el de suelo, con 438,1 millones de toneladas y 468,0 millones de toneladas respectivamente; esto debido al aporte de superficie que tienen, sin embargo, el CO_2 unitario para estos rangos (> 30%) son los más altos (Cuadro 148).

Cuadro 148. Superficie y CO_2 capturado en los componentes arbóreo y suelo, según pendiente del terreno, para los bosques de Costa Rica

Pendiente	Superficie (ha)	CO_2 > 2 cm TOTAL	CO_2 Suelo TOTAL	CO_2 > 2cm (ton/ha)	CO_2 Suelo (ton/ha)
Pendiente: 0 - 15%	1.716.837	324.132.896	691.616.675	189	403
Pendiente: 15 - 30%	956.434	251.399.661	386.730.699	263	404
Pendiente: 30 - 45%	596.880	197.198.372	240.930.079	330	404
Pendiente: Mayor que 45%	553.293	234.008.525	234.031.923	423	423
Total	3.823.444	1.006.739.454	1.553.309.375	263	406

En la Figura 263 se muestra los valores unitarios de CO_2 de los componentes arbóreo y de. El rango de pendiente con mayor cantidad de carbono en el componente arbóreo y de suelo es la mayor a 45%, con 423 ton/ha para ambos casos. En el componente arbóreo se observa una clara tendencia a la reducción de CO_2 a medida que la pendiente disminuye, descendiendo desde 423 ton/ha en el rango Mayor a 45% hasta 189 ton/ha en el rango de menor pendiente (0 – 15%).

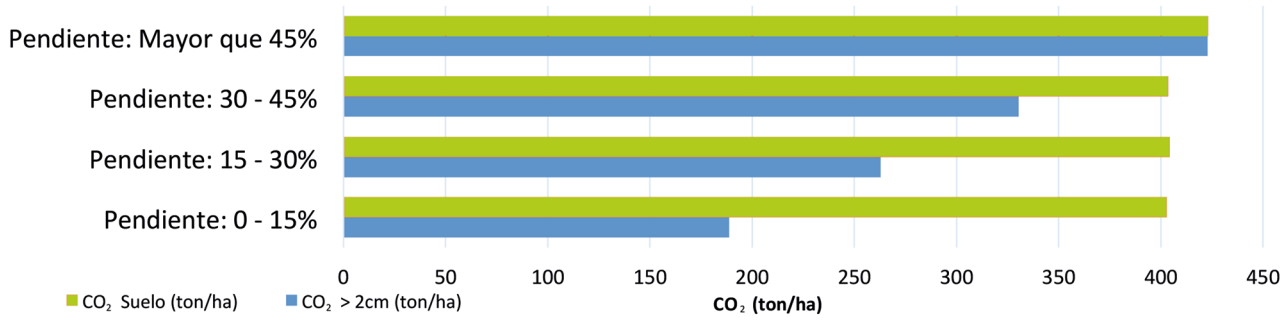


Figura 263. Valores unitarios (ton/ha) de CO_2 capturado en los componentes arbóreo y suelo, según la pendiente del terreno, para los bosques de Costa Rica

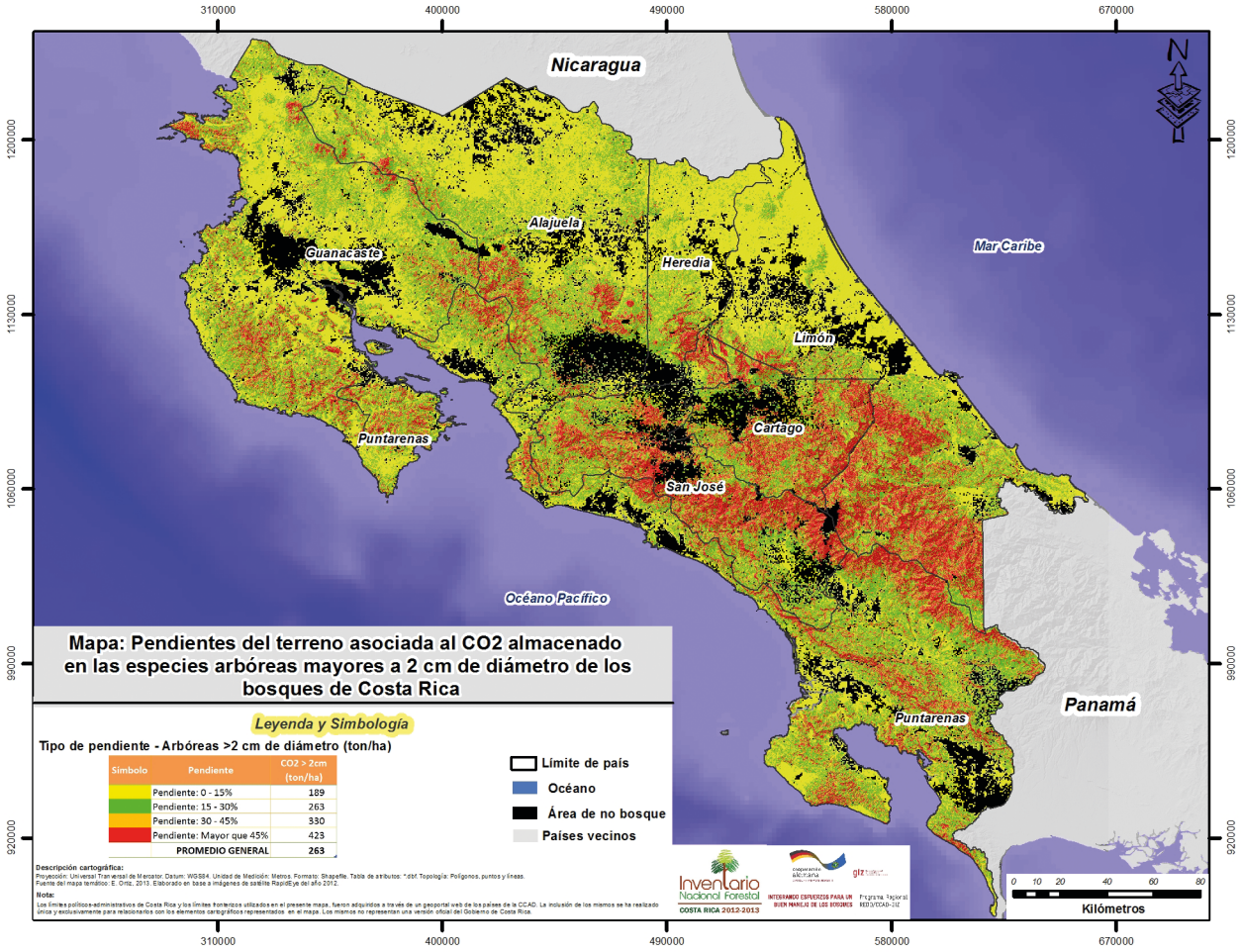


Figura 264. Distribución espacial del CO_2 almacenado en especies arbóreas mayores a 2 cm de DAP de los bosques de Costa Rica, en relación a la pendiente del terreno

10.3. Stocks de CO_2 de árboles ≥ 2 cm de DAP y Suelo por factores de Sitio

10.3.1. Stocks de CO_2 de árboles ≥ 2 cm de DAP y Suelo según tipo de suelo del IPCC.

Dentro de los factores de sitio que favorecen o disminuyen la capacidad de captura de CO_2 está el tipo de suelo. En Costa Rica son los Suelos arcillosos los que predominan por sobre el resto y de éstos son los de Alta actividad los que presentan mayor superficie con 2,0 millones de hectáreas (52% del total) y que prácticamente duplican a los de Baja actividad que son 1,1 millones de hectáreas (29% de participación). Las mayores existencias de carbono también se encuentran en los Suelos arcillosos de alta y baja actividad, tanto para componente arbóreo como para componente de suelo siendo éste último el que presenta las mayores cantidades con 1.253,4 millones de toneladas (49% del total) versus 801,5 millones de toneladas (31% del total) en componente arbóreo. Los valores unitarios de CO_2 no presentan grandes diferencias entre los distintos

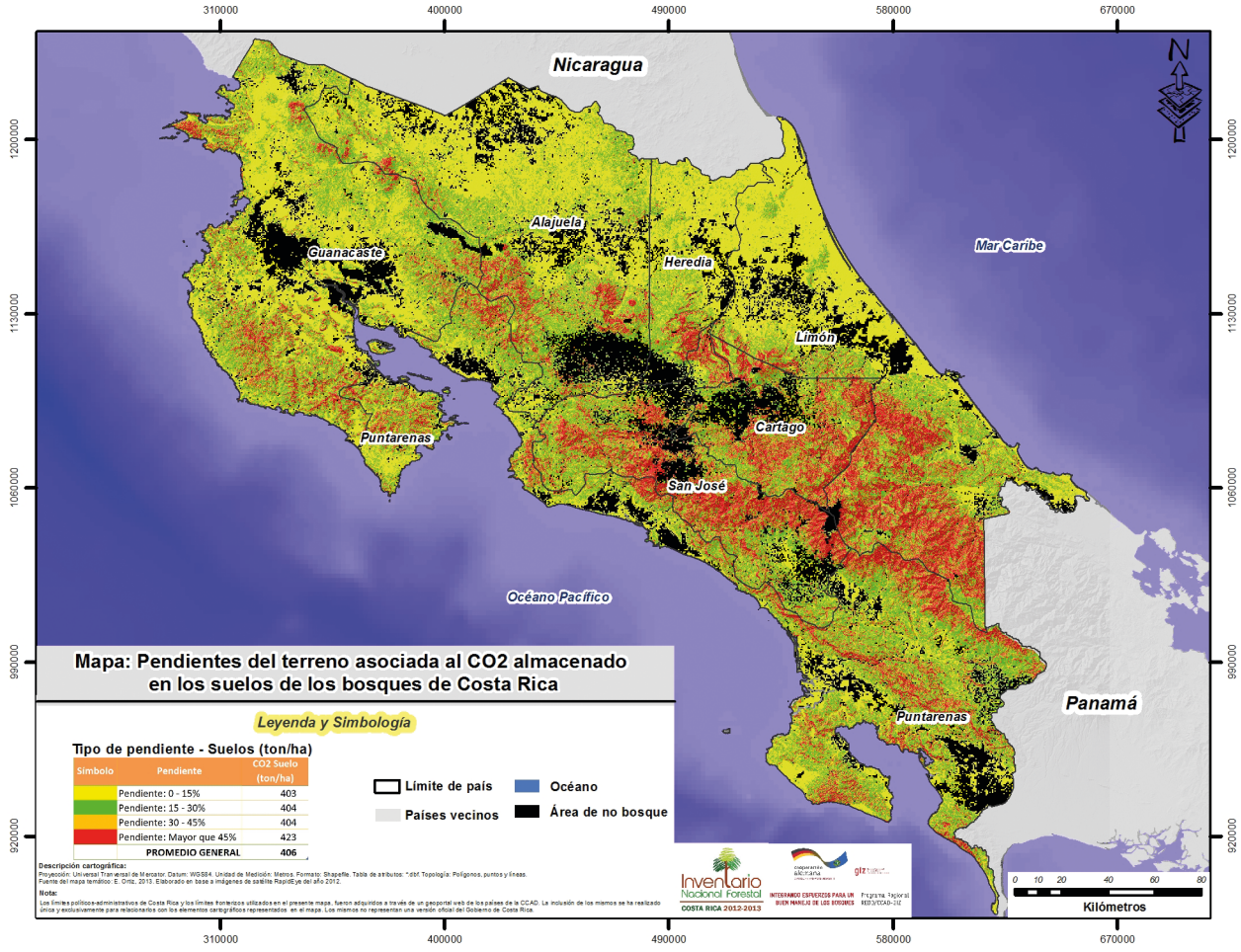


Figura 265. Distribución espacial del CO_2 almacenado en el suelo de los bosques de Costa Rica, en relación a la pendiente del terreno

tipos de suelo en el componente arbóreo, variando entre un mínimo de 201 ton/ha para los Humedales y un máximo de 282 ton/ha para los Suelos volcánicos. En el componente de suelo se observa algunas diferencias en los valores entre los distintos tipos de suelo con un mínimo de 374 ton/ha para Suelos orgánicos y un máximo de 417 ton/ha en los Humedales.

Cuadro 149. Superficie y CO_2 capturado en los componentes arbóreo y suelo, por tipo de suelo del IPCC, para los bosques de Costa Rica

Suelo (IPCC)	Superficie (ha)	CO_2 > 2 cm TOTAL	CO_2 Suelo TOTAL	CO_2 > 2cm (ton/ha)	CO_2 Suelo (ton/ha)
Sin información	49.851	14.495.660	20.257.453	291	406
Arcilloso de alta actividad	2.014.642	493.510.058	802.725.057	245	398
Arcilloso de baja actividad	1.110.214	308.016.794	450.737.752	277	406
Suelos orgánicos	927	201.216	346.483	217	374
Suelos volcánicos	639.679	180.147.543	257.754.136	282	403
Humedales	51.584	10.368.183	21.488.493	201	417
TOTALES	3.866.896	1.006.739.454	1.553.309.375	260	402

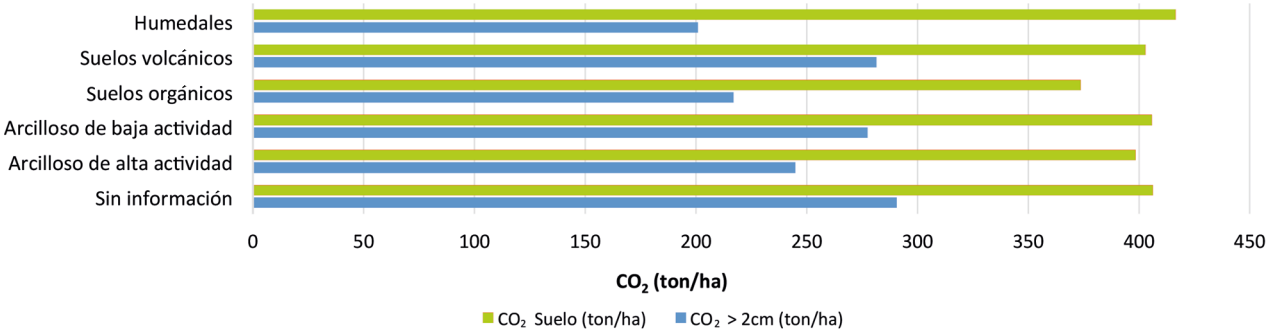


Figura 266. Valores unitarios (ton/ha) de CO_2 capturado en los componentes arbóreo y suelo de los bosques de Costa Rica, en relación al tipo de suelo del IPCC

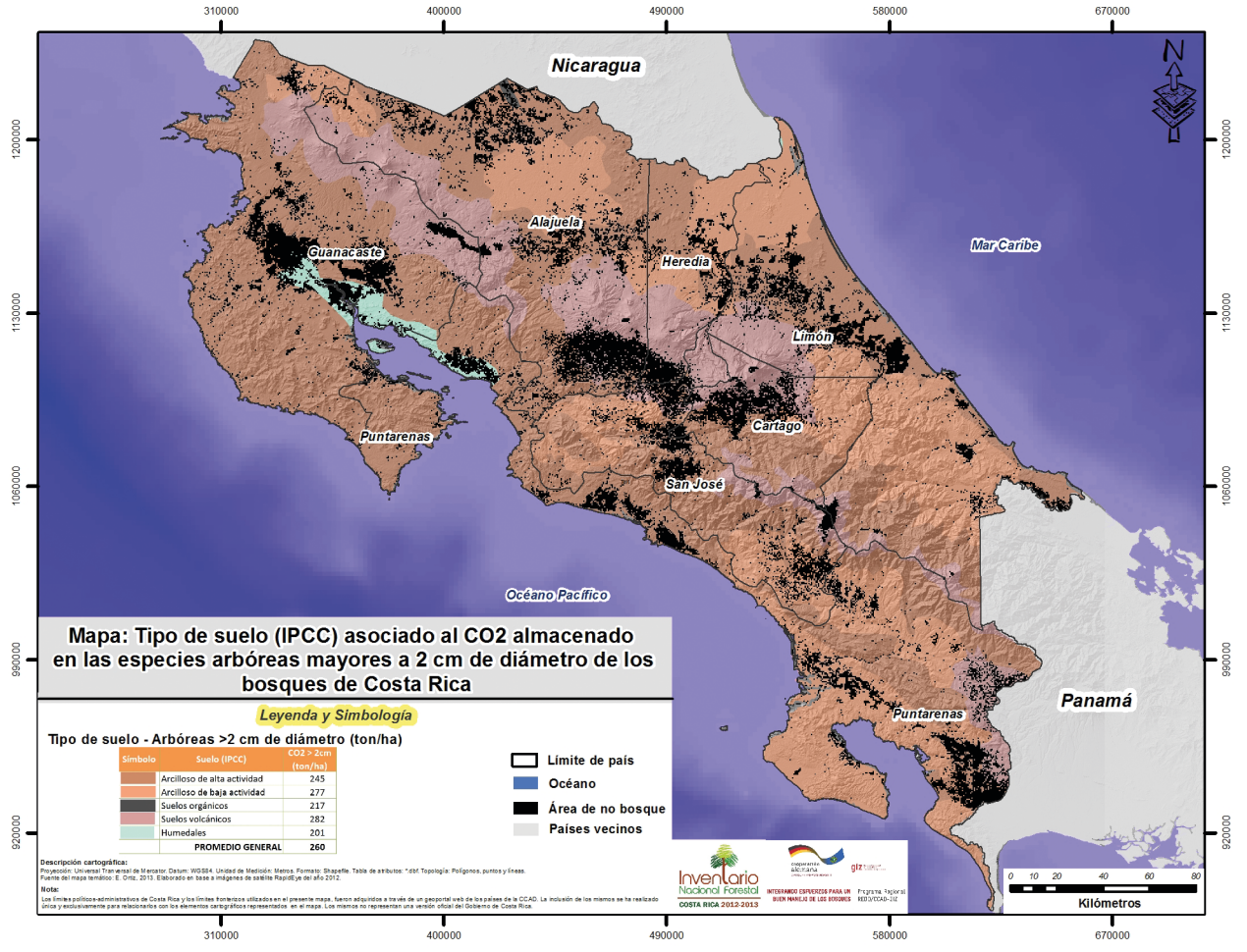


Figura 267. Distribución espacial del CO_2 almacenado en las especies arbóreas mayores a 2 cm de DAP de los bosques de Costa Rica, en relación a los tipos de suelo del IPCC

En la Figura 266 se muestra los valores unitarios de CO_2 de los componentes arbóreo y de suelo. El tipo de suelo con mayor cantidad de carbono en el componente arbóreo (descartando los tipos de suelos sin información) son los Suelos volcánicos, con 282 ton/ha, y en el componente de suelo son los Suelos orgánicos con 417 ton/ha. Se presenta alta diferencia entre el CO_2 unitario del componente suelo comparado con el componente arbóreo, con un promedio de 402 ton/ha y 260 ton/ha respectivamente (55% mayor existencia en el componente suelo).

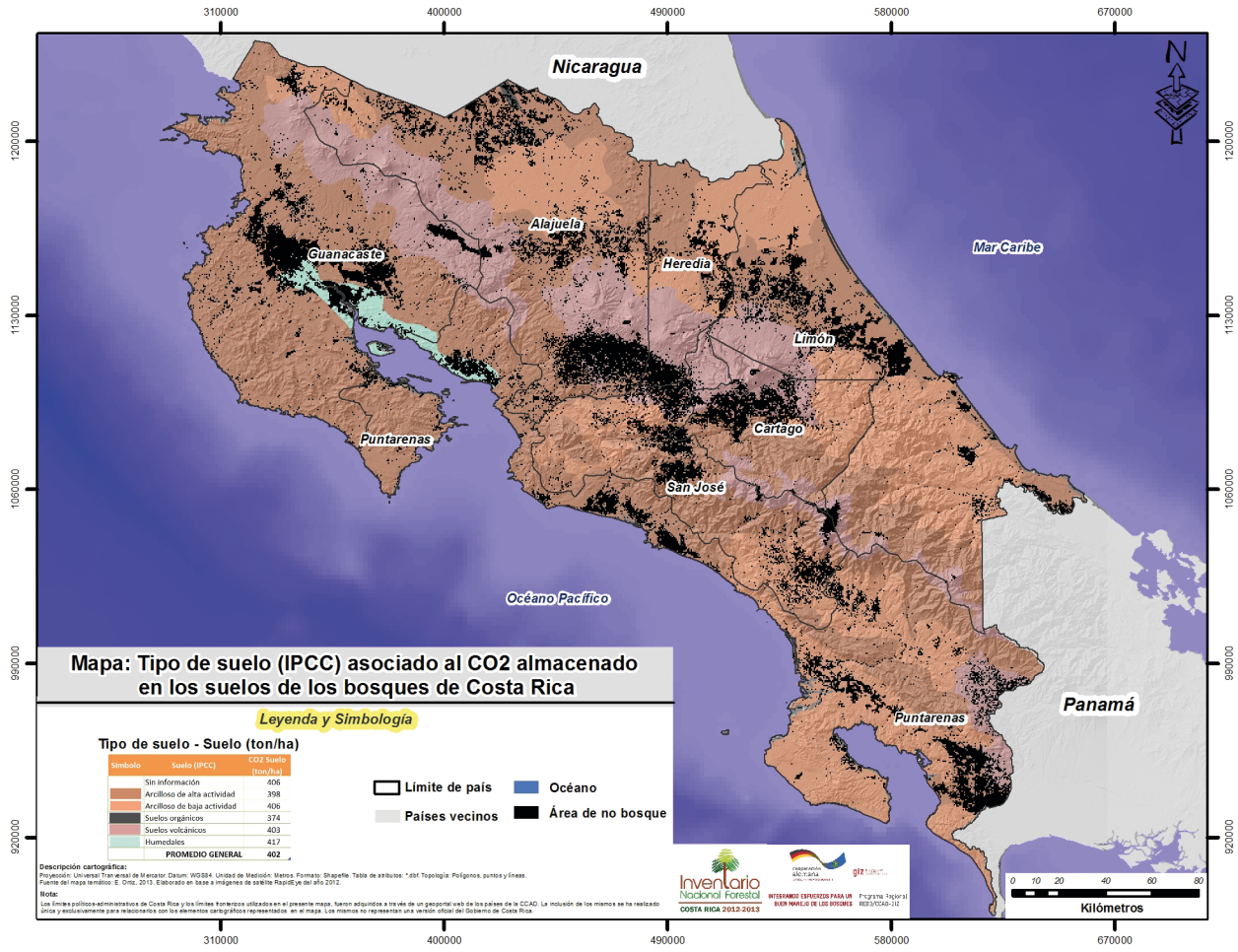


Figura 268. Distribución espacial del CO_2 almacenado en el suelo de los bosques de Costa Rica, según tipo de suelo del IPCC

10.3.2. Stocks de CO_2 de árboles ≥ 2 cm de DAP y Suelo según zona climática del IPCC

La zona climática del IPCC con mayor superficie en Costa Rica corresponde a la Tropical muy húmeda, con 3,2 millones de hectáreas superando en más de cinco veces a la Zona tropical húmeda (0,6 millones de hectáreas). Esto hace que la Zona tropical muy húmeda sea el principal reservorio de carbono, con 876,0 millones de toneladas en el componente arbóreo (87% del componente y 34% del total) y 1.279,8 millones de toneladas en el componente suelo (82% del componente y 50% del total). Los valores de CO_2 unitarios son mayores en la Zona tropical muy húmeda, con un 27% más en el componente arbóreo respecto de la Zona tropical húmeda; al contrario, en el componente suelo la Zona tropical húmeda supera a la Zona tropical muy húmeda en un 8% (Cuadro 150).

En la Figura 269 se muestra los valores unitarios de CO_2 de los componentes arbóreo y de suelo para el recurso forestal evaluado en el INF-CR. La zona climática con mayor cantidad de carbono en el componente arbóreo (descartando las zonas climáticas sin información) es la Zona tropical muy húmeda, con 272 ton/ha y en el componente de suelo es la Zona tropical húmeda, con 429 ton/ha.

Cuadro 150. Superficie y CO_2 capturado en los componentes arbóreo y suelo de los bosques de Costa Rica, en relación a las zonas climáticas del IPCC

Zona climática (IPCC)	Superficie (ha)	CO_2 > 2 cm TOTAL	CO_2 Suelo TOTAL	CO_2 > 2cm (ton/ha)	CO_2 Suelo (ton/ha)
Sin información	43.024	12.354.019	17.254.295	287	401
Tropical, húmeda	597.239	118.326.044	256.288.481	198	429
Tropical, muy húmeda	3.226.634	876.059.391	1.279.766.599	272	397
TOTALES	3.866.896	1.006.739.454	1.553.309.375	260	402

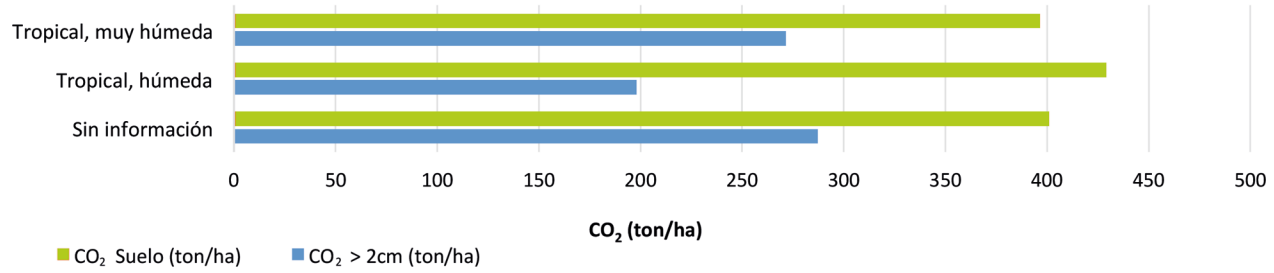


Figura 269. Valores unitarios (ton/ha) de CO_2, capturado en los componentes arbóreo y suelo de los bosques de Costa Rica, por zona climática del IPCC

10.3.3. Stock de CO_2 de árboles ≥ 2 cm de DAP y Suelo según zonas de vida de Holdridge

Las zonas de vida corresponden a la clasificación de las diferentes áreas terrestres según su comportamiento global bioclimático y fueron creadas por Leslie Holdridge. Para el recurso forestal de Costa Rica predominan, en orden de mayor a menor participación, las zonas bioclimáticas Bosque muy húmedo premontano (22%), Bosque muy húmedo tropical (21%) y Bosque húmedo tropical (21%) con un total de 2,4 millones de hectáreas, 63% de participación dentro del total de superficie forestal.

En el componente arbóreo se presenta la mayor cantidad de carbono en la zona de vida Bosque muy húmedo tropical, con 226,6 millones de toneladas (23% del total del componente), lo sigue la zona de vida Bosque muy húmedo premontano, con 177,9 millones de toneladas de CO_2 (18% del total del componente) y luego la zona de vida Bosque húmedo tropical con 165,1 millones de toneladas (16% del total del componente). Es decir, más de la mitad de las existencias de CO_2 en el componente arbóreo se encuentran en las tres zonas de vida mencionadas.

En el componente suelo, la mayor cantidad de CO_2 se encuentra en la zona de vida Bosque muy húmedo premontano, con 325,4 millones de toneladas (21% del total del componente), luego está la zona de vida Bosque húmedo tropical, con 325,5 millones de toneladas (21% del total del componente), y la zona de vida Bosque muy húmedo tropical tiene 315,7 millones de toneladas (20% del total del componente). El 63% del carbono se encuentra en las zonas de vida mencionadas para el componente suelo.

En las zonas de vida Bosque húmedo tropical premontano, Bosque muy húmedo tropical y Bosque húmedo tropical se encuentra el 60% de las existencias totales de carbono considerando ambos componentes (arbóreo y suelo).

Cuadro 151. Superficie y CO_2 capturado, en componente arbóreo y suelo de los bosques de Costa Rica, según zonas de vida de Holdridge

Zona de Vida (Holdridge)	Superficie (ha)	CO_2 > 2 cm TOTAL	CO_2 Suelo TOTAL	CO_2 > 2cm (ton/ha)	CO_2 Suelo (ton/ha)
Sin información	80.636	21.858.007	32.900.347	271	408
Bosque húmedo montano bajo	10.042	1.151.686	4.097.257	115	408
Bosque húmedo premontano	382.691	67.864.119	167.019.292	177	436
Bosque húmedo tropical	820.030	165.106.871	325.504.535	201	397
Bosque muy húmedo montano	662	82.662	264.499	125	400
Bosque muy húmedo montano bajo	83.293	20.672.003	36.391.094	248	437
Bosque muy húmedo premontano	835.876	177.933.209	325.483.092	213	389
Bosque muy húmedo tropical	793.896	226.590.710	315.748.100	285	398
Bosque Pluvial Montano	96.637	47.493.216	39.467.895	491	408
Bosque Pluvial Montano Bajo	286.907	129.544.947	117.712.835	452	410
Bosque pluvial premontano	356.784	126.315.878	140.425.247	354	394
Bosque seco tropical	118.682	21.716.994	47.987.624	183	404
Paramo pluvial subalpino	759	409.150	307.558	539	405
TOTALES	3.866.896	1.006.739.454	1.553.309.375	260	402

En la Figura 270 se muestra los valores unitarios de CO_2 de componentes arbóreo y de suelo. La zona de vida con mayor cantidad de carbono en el componente arbóreo (descartando las zonas de vida sin información) es Páramo pluvial subalpino, con 539 ton/ha y en el componente de suelo es el Bosque muy húmedo montano bajo, con 436 ton/ha. Los menores valores están en las zonas de vida Bosque húmedo montano bajo, con 115 ton/ha en el componente arbóreo, y en la zona de vida Bosque muy húmedo premontano bajo, con 389 ton/ha en el mismo componente.

Se observa una alta dispersión entre los valores de stocks de CO_2 unitarios entre las distintas zonas de vida, teniendo valores que fluctúan para el componente arbóreo entre un mínimo de 115 ton /ha y un máximo de 539 ton/ha; y en el componente suelo un valor mínimo de 389 ton/ha y un máximo de 437 ton/ha.

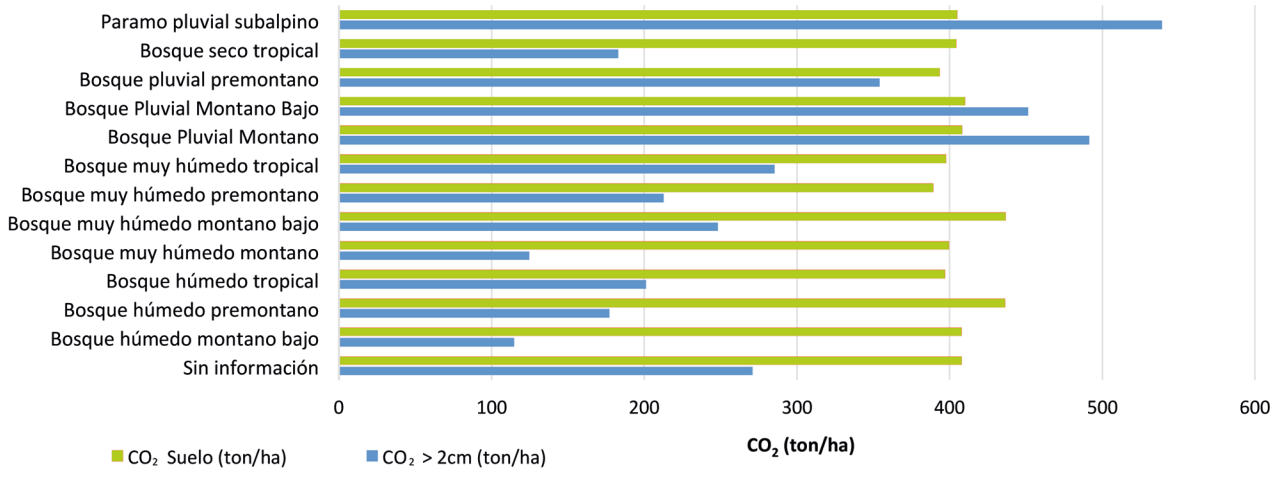


Figura 270. Valores unitarios (ton/ha) de CO_2 capturado en los componentes arbóreo y suelo por zona de vida de Holdridge

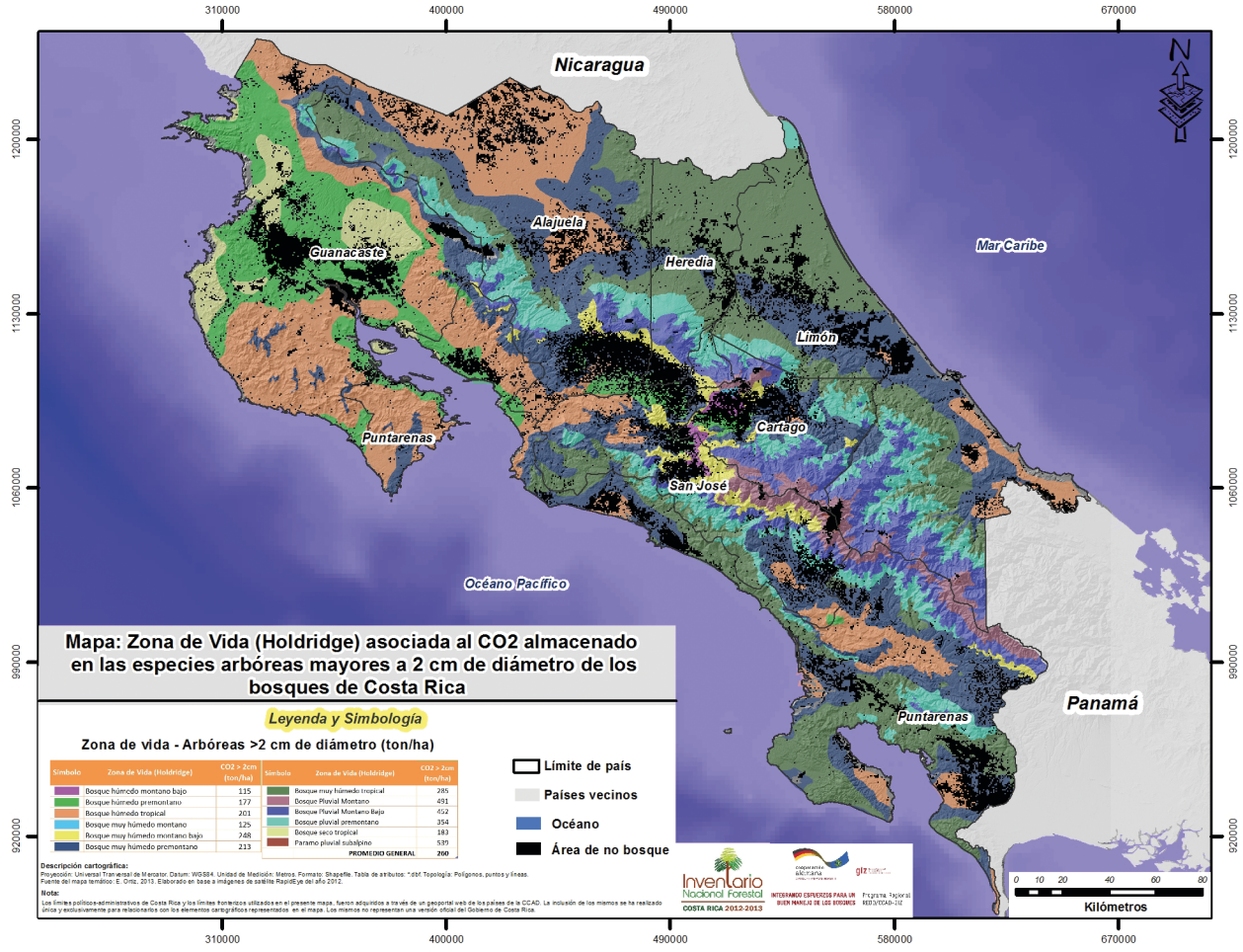


Figura 271. Distribución espacial del CO_2 almacenado en las especies arbóreas mayores a 2 cm de DAP de los bosques de Costa Rica, según zonas de vida de Holdridge





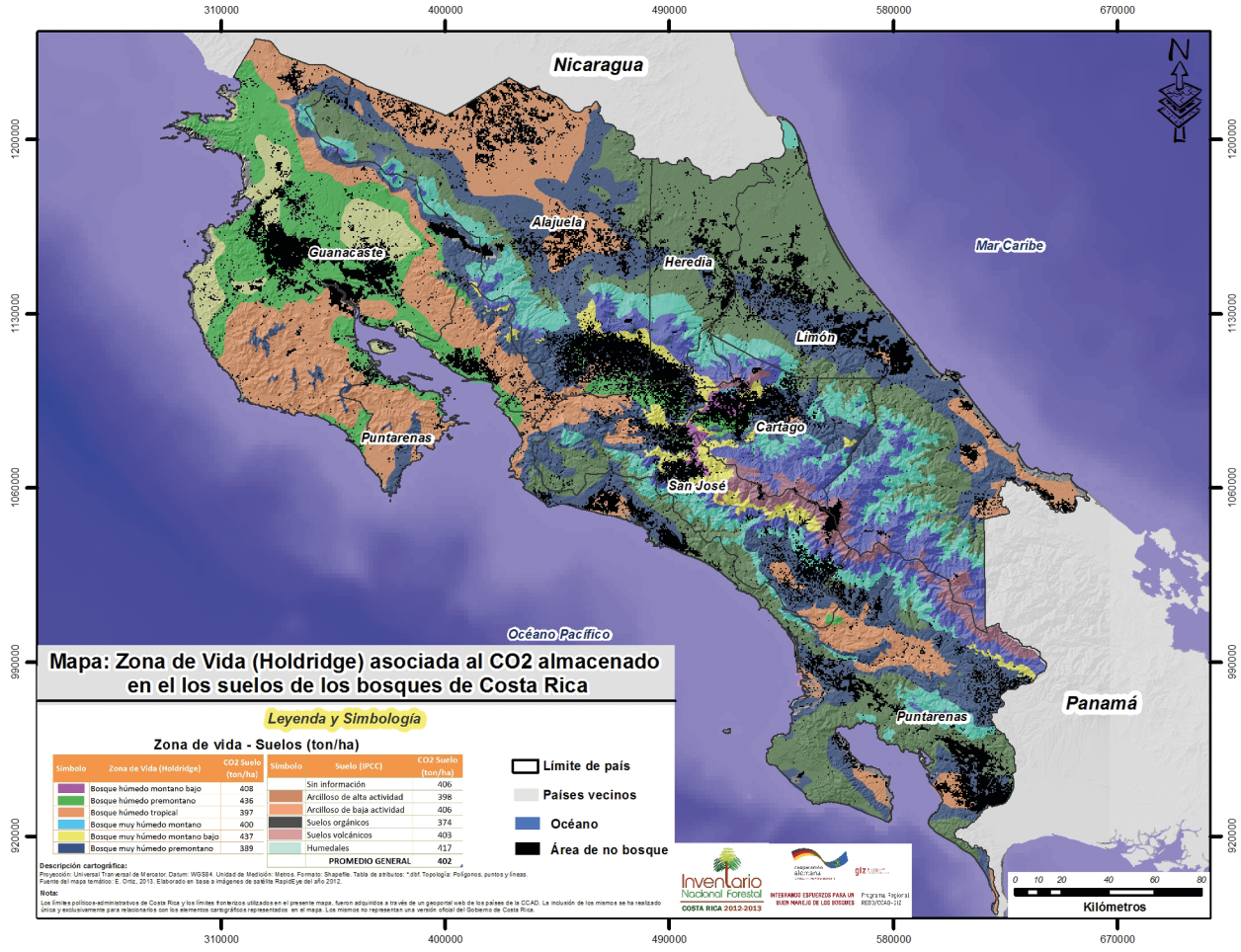


Figura 272. Distribución espacial del CO_2 almacenado en los suelos de los bosques de Costa Rica, en relación a las zonas de vida de Holdridge











Capítulo 11

Regeneración de los bosques de Costa Rica

Capítulo 11

Regeneración de los bosques de Costa Rica

Cualquier acción de manejo que se pretenda ejecutar sobre los bosques, independiente del objetivo que persiga, debe ser capaz de asegurar la permanencia del recurso sobre el área. En este contexto, es importante el conocimiento de la regeneración natural, ya que desde el punto de vista ecológico, como también silvicultural, es la más apta para constituir el futuro bosque (Appel, 1993). La regeneración natural corresponde al mecanismo mediante el cual las especies forestales aseguran su permanencia sobre un área. A su vez, los patrones de regeneración del bosque, son el resultado de interacciones bióticas con relación a dos factores determinantes: la distribución de las especies, controlada por gradientes ambientales y el régimen de perturbaciones (Rome y Knight, 1981).

El grado de regeneración de una especie arbórea es determinado por varios factores inherentes a ella, entre ellos el grado de tolerancia (Carrasco y Figueroa, 1999) y la capacidades de dispersión y germinativa de la semilla (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974).

La tolerancia a la sombra es una característica determinante en la capacidad de las especies para germinar, crecer, competir y establecerse definitivamente en un hábitat (Donoso, 1993). Tolerancia es el término que expresa la relativa capacidad para competir bajo condiciones de escasa iluminación y alta competencia radicular (Daniel *et al*., 1982). El consenso general es que la tolerancia no puede ser definida como el resultado de factores simples, como la iluminación o la humedad, sino que es la relativa capacidad genética y fisiológica de la planta para desenvolverse en un ambiente determinado, junto con la capacidad de resistir una iluminación de baja intensidad, lo que constituye la característica más importante (Daniel *et al*., 1982).

En este capítulo se presenta la información referida a la presencia de especies arbóreas menores o de regeneración natural en el bosque, con un DAP menor a 2 cm y una altura total menor o igual 1,5 m encontradas a través de las mediciones de campo realizadas en tres subparcelas de 1 m de radio (3,1416 m^2) en el INF-CR. Como se ha mencionado anteriormente, se debe señalar que este componente vegetal no fue considerado ni medido en los estratos arbóreos Pasto con Árboles y Plantación Forestal en base a la planificación inicial del inventario y estipulado en Manual de Campo del INF-CR (SINAC-Programa REDD-CCAD-GIZ, 2014) por criterios técnicos definidos por los profesionales forestales de Costa Rica. En este componente vegetal a través del inventario se midió altura total y cantidad de especies (densidad).

11.1. Dasometría de la regeneración

11.1.1. Altura total

Los mayores valores de altura media están en los estratos arbóreos Bosque Maduro y Bosque Secundario, con 2,21 m y 2,22 m respectivamente; el estrato Bosque de Palmas tiene la menor altura con 1,9 m. El promedio para el INF-CR es de 2,18 m presentándose para esta variable un error de muestreo bajo (0,1 m) tanto para los estratos en general como para el inventario total (Figura 273).

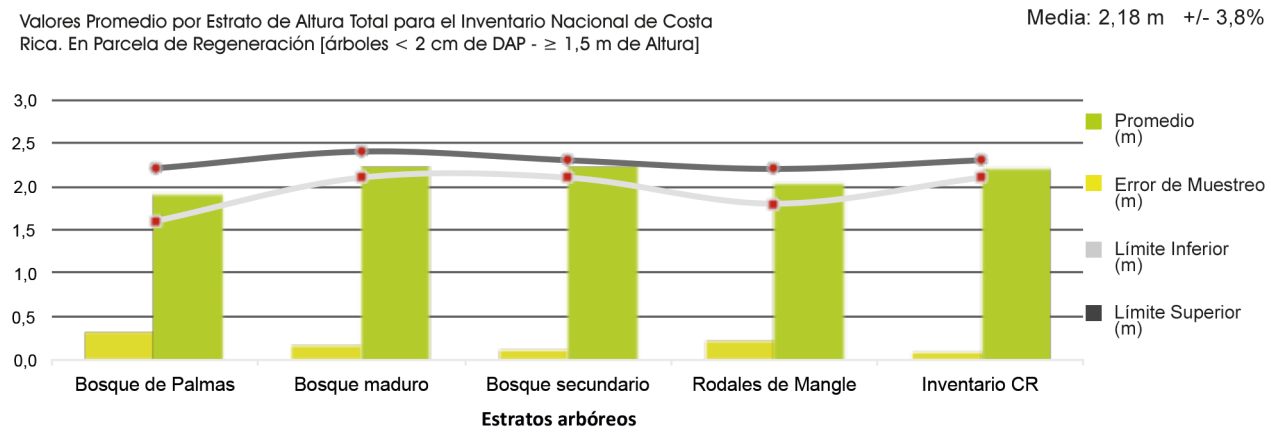


Figura 273. Altura en metros en especies de regeneración natural por estrato y para el INF-CR

11.1.2. Densidad (frecuencia)

En los estratos Bosque Maduro y Bosque Secundario se encontró la mayor cantidad de especies de regeneración con 5.747 árboles y 6.229 árboles por hectárea respectivamente. En los Bosques Secundarios se favorece el desarrollo de mayor regeneración por la mayor disponibilidad de luz al ser áreas intervenidas. Los Bosques de Palmas tienen la menor cantidad de árboles con una diferencia importante con todo el resto de los estratos, siendo de 1.179 árboles por hectárea. El estrato Rodales de Mangle con 3.820 árboles por hectárea tiene un alto error de muestreo (cercano al 50%) y una dispersión entre los límites inferior y superior muy amplia. El promedio de la densidad para el INF-CR es de 3.868 árboles por hectárea con un error de

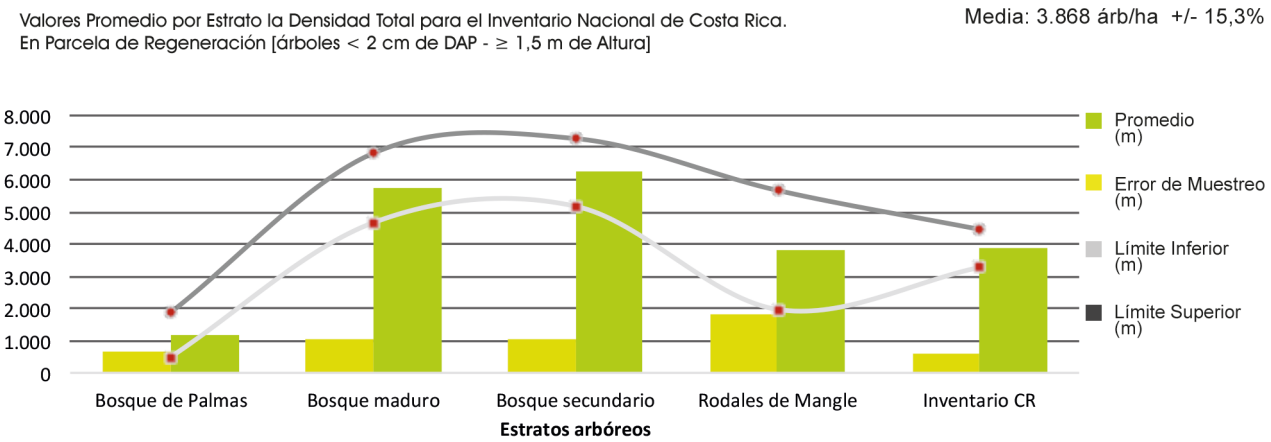


Figura 274. Densidad por hectárea para especies de regeneración natural por estrato y para el INF-CR

muestreo de 15,3% (límite inferior 3.278 árboles y límite superior 4.458 árboles). En la Figura 274 se observa los valores para la densidad total.

11.1.3. Número de especies por estrato y total

El número de especies encontradas (distinto de frecuencia) se observa en la Figura 275, donde el estrato Bosque Secundario es el que posee mayor cantidad con 212 especies distintas, lo sigue el Bosque Maduro con 155 especies. Los estratos de Bosque de Palmas y Rodales de Mangle son los poseen menor cantidad de especies presentes con 9 y 6 respectivamente esto debido a que en estos estratos predominan solo unas cuantas especies, como por ejemplo *Raphia taedigera* en Bosque de Palmas y *Acrostichum aureum* y *Laguncularia racemosa* en Rodales de Mangle. El promedio en el número de especies para el INF-CR es de 340 especies totales.

11.1.4. Especies por clase de altura y estrato arbóreo

A continuación se muestra para cada estrato arbóreo las especies de regeneración que lo componen indicando su clase de altura (se debe recordar que el DAP de las especies de regeneración es menor a 2 cm). El rango de clase es de 0,2 metros.

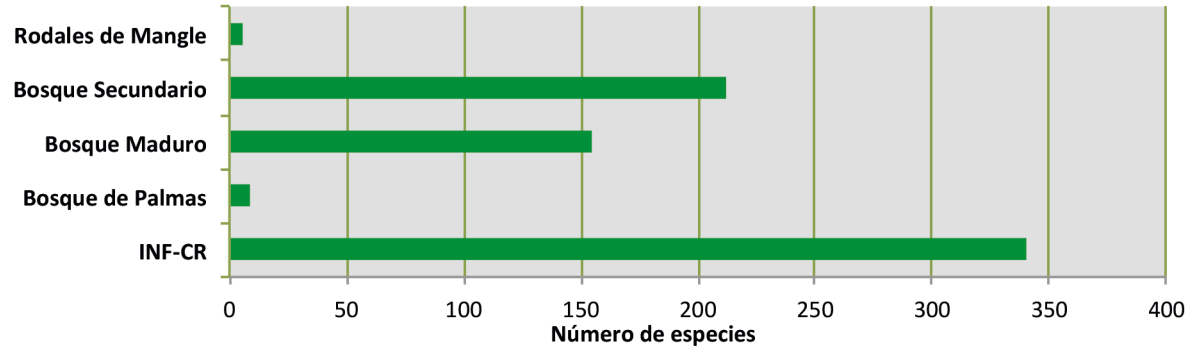


Figura 275. Número de especies en regeneración natural por estrato y para el INF-CR

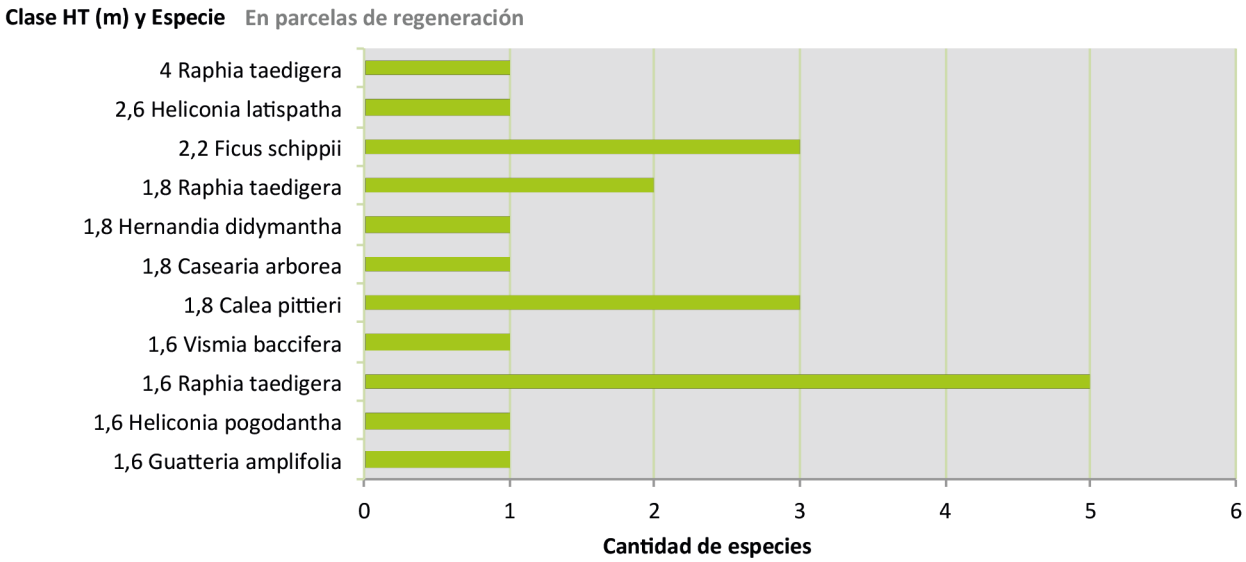


Figura 276. Clase de altura (m) y especies en regeneración natural estrato Bosque de Palmas

a. Bosque de Palmas

En la Figura 276 se observa para el Bosque de Palmas las especies agrupadas por clases de altura y que fluctúan entre 1,6 m (cuatro especies) y 4,0 m (una especie).

Las especies con mayor presencia de mayor a menor cantidad son *Raphia taedigera*, *Calea pittieri* y *Ficus schippii* para este estrato arbóreo.

b. Bosque Maduro

En la Figura 277 se muestra para el estrato Bosque Maduro las especies por agrupación de clases de altura. Las clases se mueven entre 0,2 m y 12,0 m de altura. Considerando que la especificación para la medición de alturas en especies de regeneración fue especies ≥ a 1,5 m de altura, para este estrato se conformaron clases con menor altura entre 0,2 m y 1,0 m (3% de las especies). Sin embargo, la mayor proporción de especies lógicamente está sobre 1,5 m de altura, así, el 95% de las especies se ubica entre las clases 1,6 m y 5,0 m de altura.

Sobresalen con mayor cantidad de individuos las especies *Chusquea sp.*, *Hoffmannia sp.*, *Heliconia lankesteri* y *Piper sp.* En este estrato aparecen también una cantidad importante de especies que no fue posible identificar (desconocidas) siendo éstas las de mayor cantidad para este estrato.

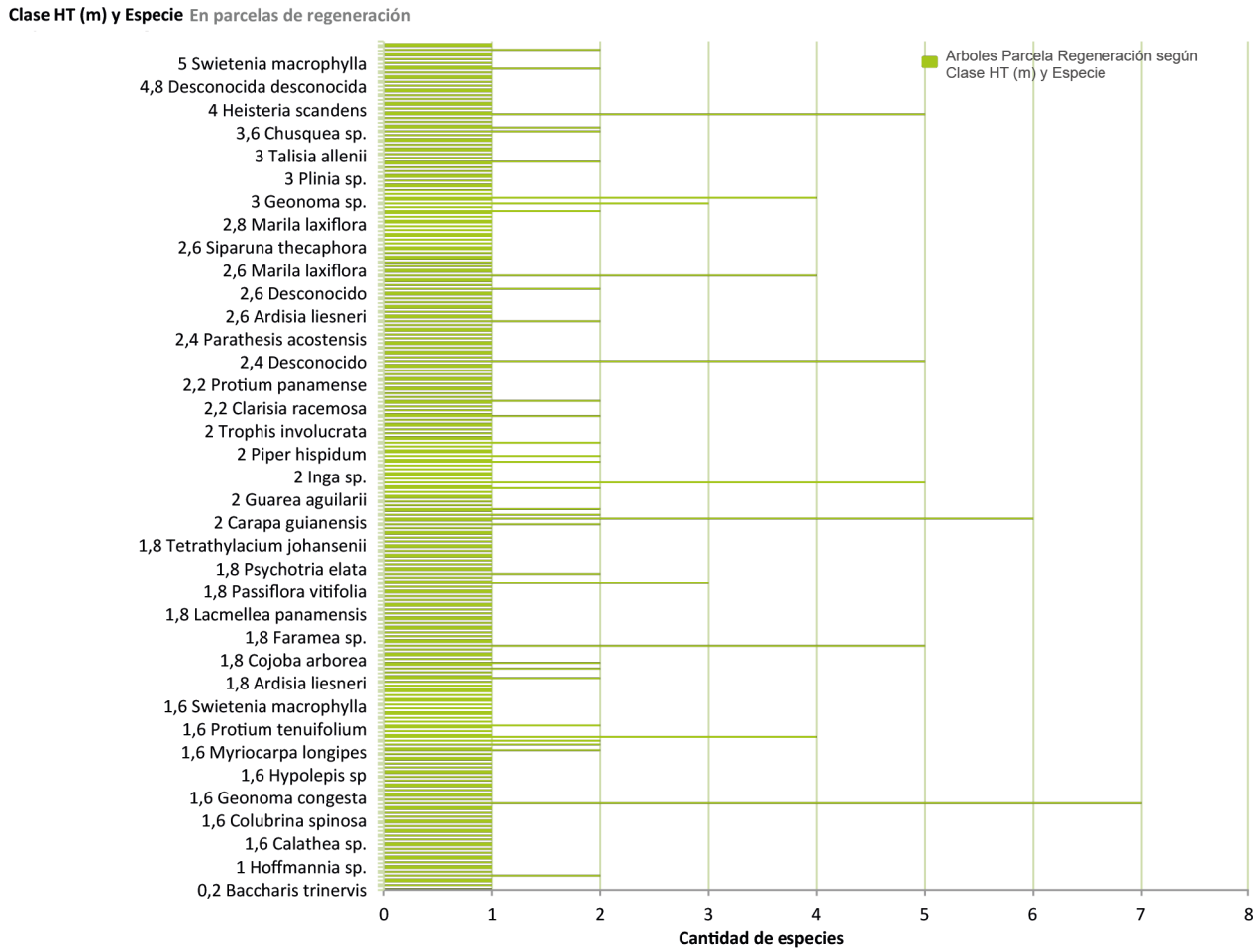


Figura 277. Clase de altura (m) y especies en regeneración natural estrato Bosque Maduro

* A modo de ejemplo la figura está truncada presentando solo una parte de las clases de altura (cada 1m y hasta los 8m) y sus especies asociadas, esto por la cantidad de clases y especies presentes en este estrato.

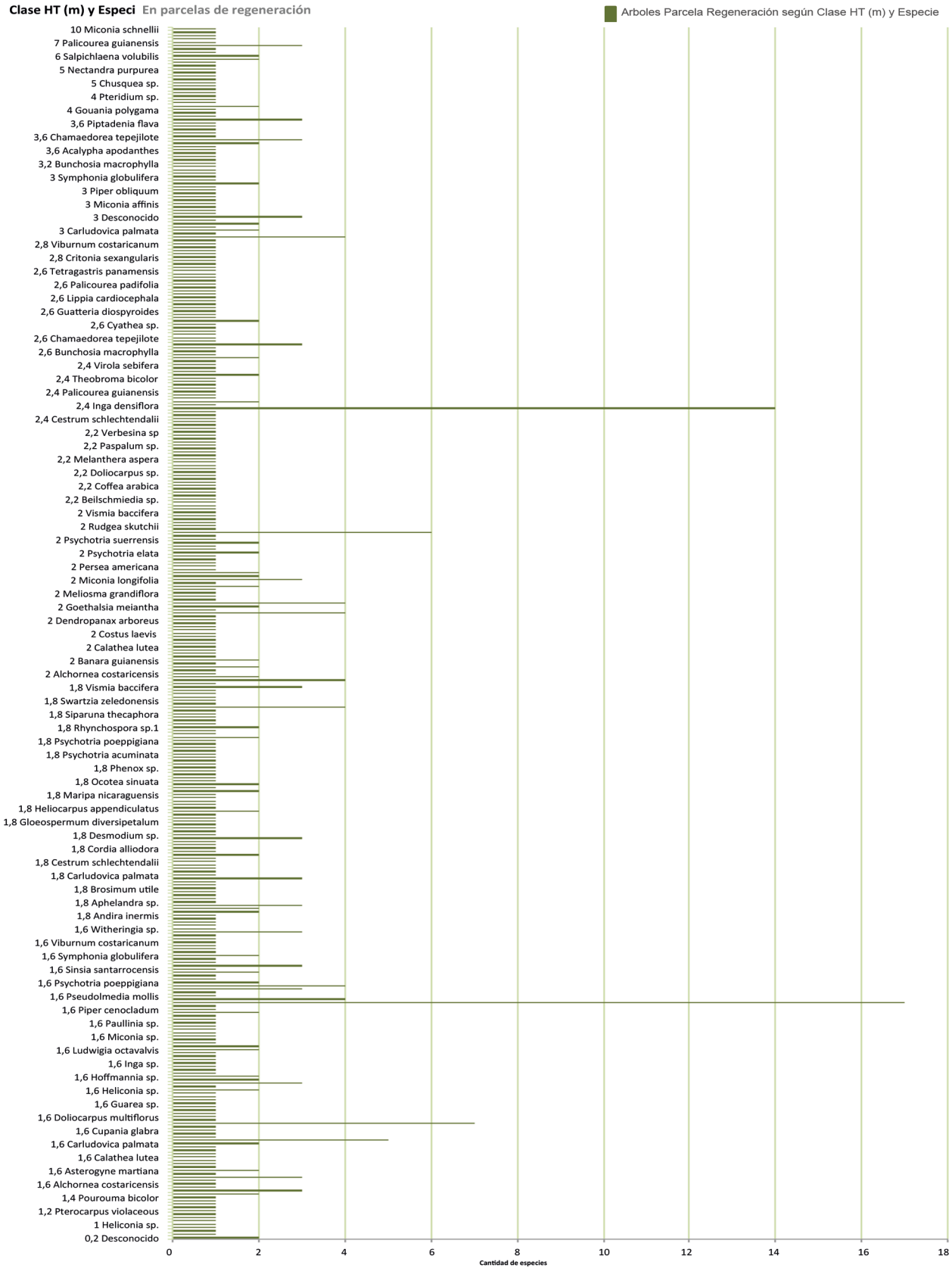


Figura 278. Clase de altura (m) y especies en regeneración natural estrato Bosque Secundario

* A modo de ejemplo la figura está truncada presentando solo una parte de las clases de altura (cada 1m y hasta los 8m) y sus especies asociadas, esto por la cantidad de clases y especies presentes en este estrato.

c. Bosque Secundario

En la Figura 278 se muestra para el estrato Bosque Secundario las especies por agrupación de clases de altura. Las clases se mueven entre 0,2 m y 10,0 m de altura. Considerando que la especificación para la medición de alturas en especies de regeneración fue especies ≥ a 1,5 m de altura, para este estrato se conformaron clases con menor altura, entre 0,2 m y 1,0 m (1,4% de las especies). Sin embargo, la mayor proporción de especies lógicamente está sobre 1,5 m de altura, así, el 94% de las especies se ubica entre las clases 1,6 m y 5,0 m de altura.

Sobresalen con mayor cantidad de individuos las especies *Piper sp.*, *Carludovica palmata*, *Rhynchospora sp.*, *Chamaedorea tepejilote* y *Aphelandra scabra* (ordenadas de mayor a menor cantidad). En este estrato aparecen también una cantidad importante de especies que no fue posible identificar (desconocidas), siendo éstas las de mayor cantidad para este estrato al igual que para estrato anterior (Bosque Maduro).

d. Rodales de Mangle

En la Figura 279 se muestra para el estrato Rodales de Mangle las especies por agrupación de clases de altura. Las clases se mueven entre 1,6 m y 3,0 m de altura, la mayor proporción se encuentra en la clase 1,6 m con un 9% de las especies.

Sobresalen con mayor cantidad de individuos las especies *Acrostichum aureum*, *Laguncularia racemosa* y *Pelliciera rhizophorae*, ordenadas de mayor a menor cantidad respectivamente. En estrato Rodales de Mangle se identificó la totalidad de las especies encontradas a en el inventario.

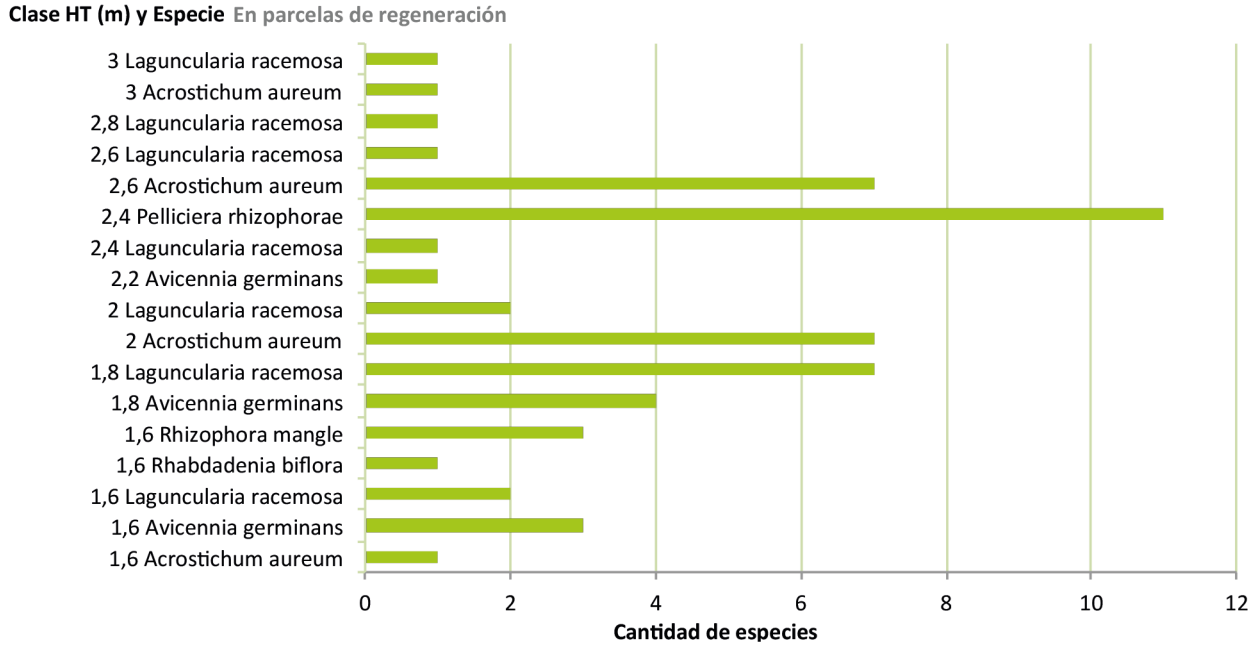


Figura 279. Clase de altura (m) y especies en regeneración natural estrato Rodales de Mangle

11.1.5. Especies de regeneración predominantes en el INF-CR

En el Cuadro 152 se muestra las especies de regeneración natural con mayor presencia encontradas en los ecosistemas vegetales en Costa Rica a través del inventario realizado. Siendo *Chusquea sp*. y *Piper sp*. las especies que predominan. Adicionalmente se observa muchas especies que no fueron identificadas y sobre las que se debe trabajar en determinar e incorporar al maestro de especies de Costa Rica.

Cuadro 152. Especies de regeneración natural con mayor presencia en el INF-CR

NOMBRE CIENTIFICO	Cantidad individuos
Chusquea sp.	543.811.660
Piper sp.	481.398.678
Heliconia lankesteri	273.860.630
Heliconia sp.	215.250.985
Hoffmannia sp.	215.193.539
Calliandra tergemina	191.751.818
Piper hispidum	191.707.640
Asterogyne martiana	187.799.267
Carludovica palmata	168.318.754
Marila laxiflora	164.318.394
Capparidastrum frondosum	144.774.461
Myriocarpa longipes	140.887.334
Acalypha diversifolia	140.875.042
Sorocea affinis	136.936.947
Desconocida	1.267.930.201

11.2. Diversidad de especies de la regeneración natural

Para la regeneración natural, compuesta de las especies menores a 2 cm de DAP y altura total > 1,5 m, se analiza las características y grado de diversidad o riqueza en cada uno de los estratos arbóreos considerados. Al igual que para las especies mayores se calcularon varios índices de diversidad que reflejan la diversidad que poseen los ecosistemas a nivel de vegetación emergente.

Es necesario indicar que en los estratos Pasto con Árboles y Plantación Forestal no estaban considerados en la planificación inicial del inventario, por lo que no se cuenta con su información para análisis. Se considera para la revisión de resultados los estratos de Bosque de Palmas, Bosque Maduro, Bosque Secundario y Rodales de Mangle. Además de la información agrupada del INF-CR.

A continuación se presenta los cálculos de los índices de diversidad correspondientes a la parcela de tercer nivel (UMT) para cada estrato arbóreo que incluyen todas las especies con DAP menor a 2 cm y una altura total > a 1,5 m. Adicionalmente, se muestra las cantidades de especies de regeneración que conforman cada estrato (Cuadro 153).

De acuerdo a los índices, los estratos Bosque Secundario y Bosque Maduro presentan la mayor diversidad entre los estratos, obteniendo además, los valores muy similares. Usando como ejemplo el índice Shannon – Wiener (menor a 1 es muy baja diversidad y mayores o igual a 4 es muy alta diversidad) los estratos presentan

una Muy alta diversidad, pues tienen valores de 4,85 y 4,62 respectivamente. Luego aparece el estrato Bosque de Palmas y Rodales de Mangle con diversidad baja, con valores de 1,83 y 1,56 respectivamente. Esto se debe a la dominancia (mayor presencia) de algunas especies además de la escasa cantidad de ellas, lo que los hace tener menor diversidad.

En general existe concordancia en los valores de los distintos índices calculados, en el sentido de indicar valores de diversidad similares para los mismos estratos.

Cuadro 153. Índices de diversidad y cantidad de especies arbóreas por estrato arbóreo para especies de regeneración natural

DIVERSIDAD VEGETAL INF-CR UMT

Tipo Indicador Diversidad Vegetal	INF-CR	Bosque de Palmas	Bosque Maduro	Bosque Secundario	Rodales de Mangle
1. Tipología de masa forestal					
Indice de Shannon (Log_2)	7,57	2,65	6,66	7,00	2,25
2. Especies arbóreas					
a) La cantidad de especies arbóreas (riqueza)					
1. Máximo número de especies	14	2	12	14	2
2. Mínimo número especies	1	1	1	1	1
3. Media número de especies	4	1	4	4	1
4. Varianza número de especies	7,60	0,27	6,66	8,59	0,18
5. Intervalo Confianza (95%) número de especies	3,21 - 4,13	0,94 - 1,81	3,09 - 4,5	3,49 - 4,88	0,9 - 1,5
6. Total Especies en cada Hábitat	340	9	155	212	6
b) Índices no paramétricos de diversidad					
Índice de diversidad de Margaleff	49,85	2,67	26,63	33,96	1,25
Índice de diversidad de Menhinick	11,35	2,01	8,60	9,49	0,82
Índice de diversidad de Berger-Parker	0,92	0,60	0,92	0,91	0,70
Índice de diversidad de Simpson	0,99	0,78	0,98	0,98	0,77
Índice de diversidad de Shannon y Wiener	5,25	1,83	4,62	4,85	1,56
c) Mezcla de coníferas/frondosas	0	0	0	0	0





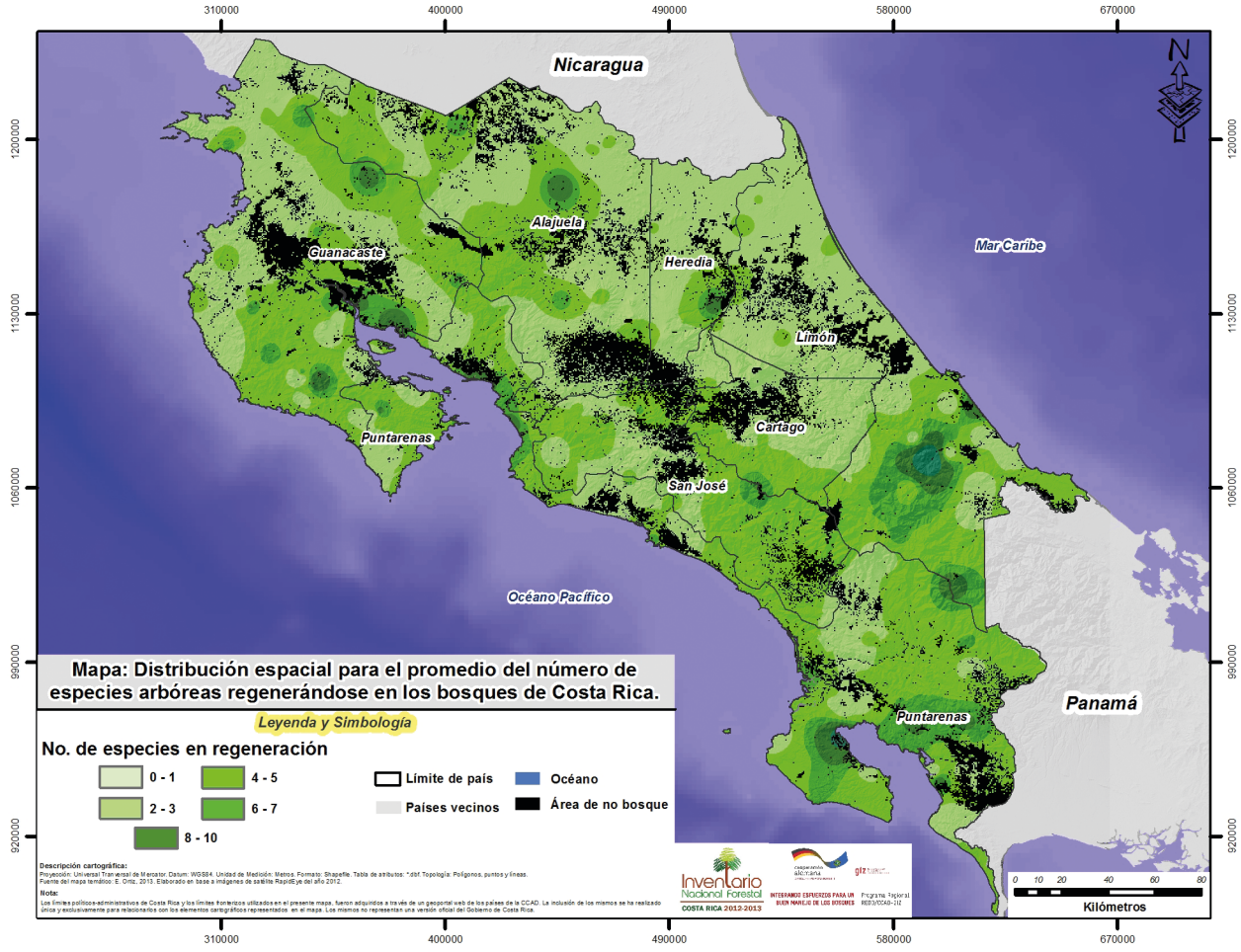


Figura 280. Distribución espacial para el promedio del número de especies arbóreas regenerándose en los bosques de Costa Rica





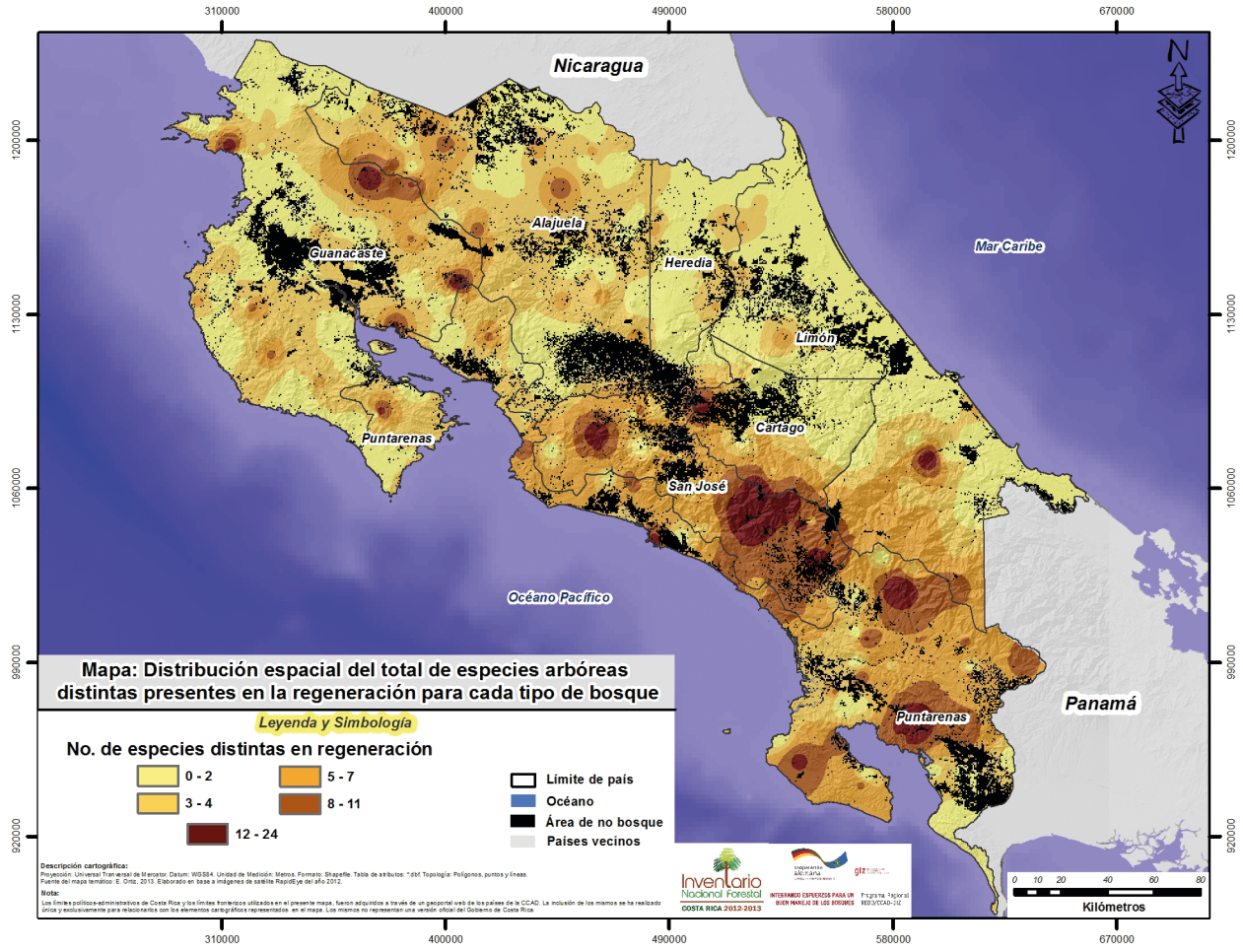


Figura 281. Distribución espacial del total de especies arbóreas distintas presentes en la regeneración para cada tipo de bosque





En los próximos puntos se aborda las características de diversidad para cada uno de los estratos considerados para regeneración natural.

11.2.1. Bosque de Palmas

En el estrato Bosque de Palmas, compuesto de 8 unidades de muestreo, el promedio de especies identificadas es de 1,4 (máximo 2 y mínimo 1) y el total de especies (distintas) encontradas es de 9. Los índices de diversidad muestran para el estrato una diversidad Baja según los valores o rangos indicados para cada índice (Figura 282), la totalidad de los índices son consistentes al respecto. Al observar el índice de Shannon – Wiener, éste presenta un valor de 1,8 cayendo en el rango entre 1,1 y 2 (diversidad baja). Los índices de Simpson y Berger – Parker con valores de 0,8 y 0,6 indican diversidad Baja al alejarse el índice del valor 1 (máxima diversidad).

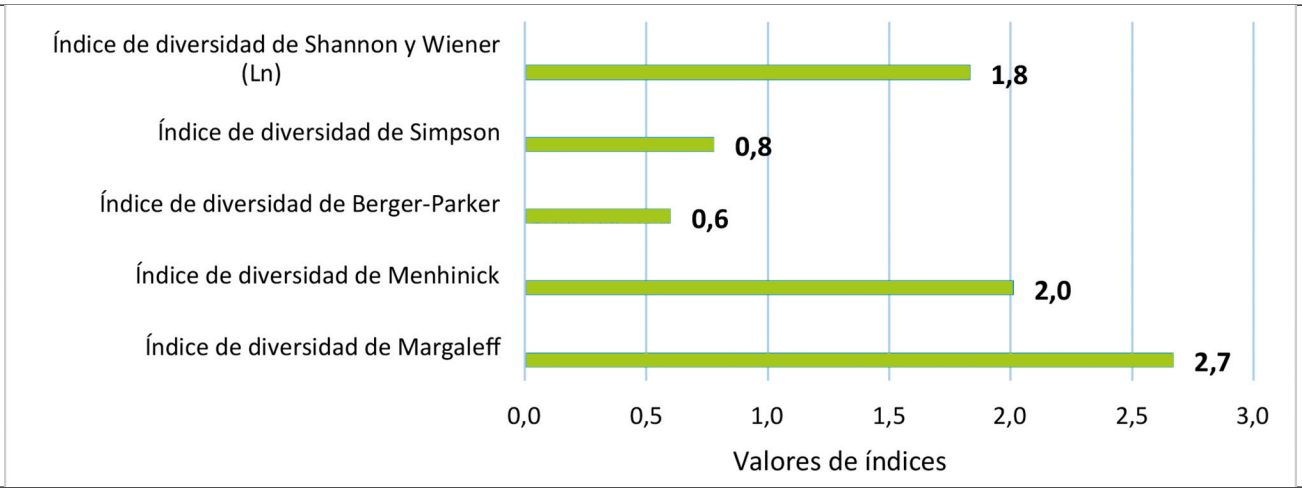


Figura 282. Valores de índices de diversidad para estrato Bosque de Palmas en regeneración

11.2.2. Bosque Maduro

En el estrato Bosque Maduro, compuesto de 54 unidades de muestreo, el promedio de especies identificadas es de 4 (máximo 12 y mínimo 1) y el total de especies encontradas es de 155. Los índices de diversidad muestran una diversidad Muy alta según los valores o rangos indicados para cada índice (Figura 283), y la totalidad de los índices son consistentes al respecto. Al observar el índice de Shannon – Wiener, éste presenta

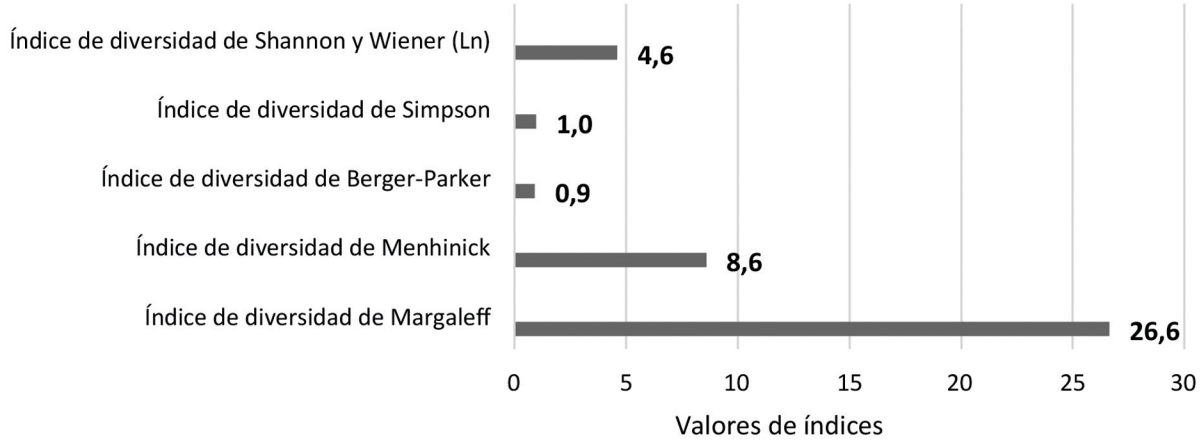


Figura 283. Valores de índices de diversidad para estrato Bosque Maduro en regeneración

un valor de 4,6 superando el valor 4 indicativo de muy alta diversidad. Los índices de Simpson y Berger – Parker son 1,0 y 0,9 respectivamente lo que indica una Muy alta diversidad para este estrato (valores cercanos a índice 1).

11.2.3. Bosque Secundario

En el estrato Bosque Secundario, compuesto de 70 unidades de muestreo, el promedio de especies identificadas es de 4 (máximo 14 y mínimo 1). El total de especies diferentes encontradas es de 212. Los índices de diversidad muestran una diversidad Muy alta según los valores o rangos indicados para cada índice (Figura 284) al igual que el estrato Bosque Maduro. Al observar el índice de Shannon – Wiener, éste presenta un valor de 4,8 también sobrepasa el valor 4 lo que refleja una Muy alta diversidad. Los índices de Simpson y Berger – Parker son 1,0 y 0,9 respectivamente, muy cercanos al valor de índice 1 indicativo de una muy alta diversidad.

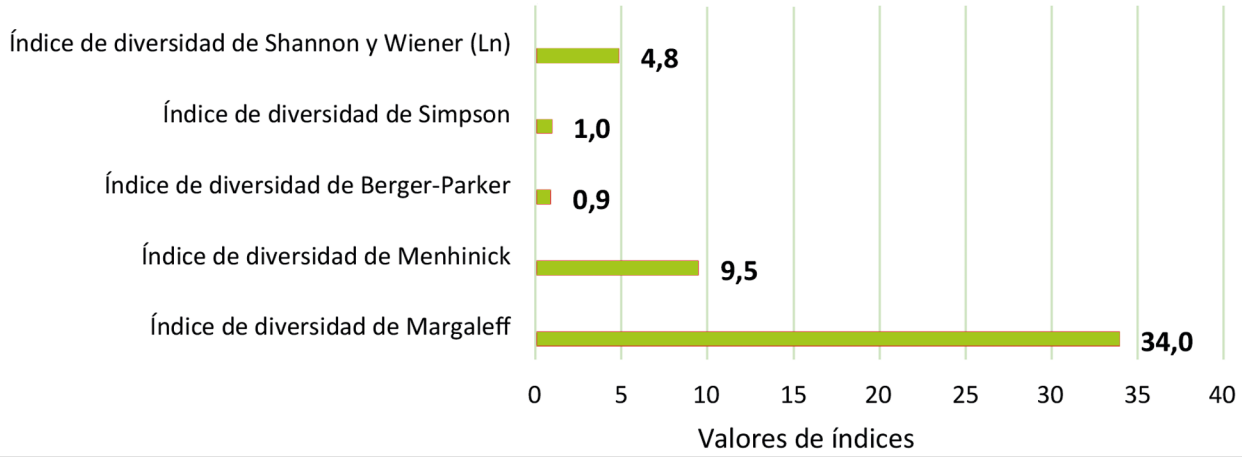


Figura 284. Valores de índices de diversidad para estrato Bosque Secundario en regeneración

11.2.4. Rodales de Mangle

En el estrato Rodales de Mangle, compuesto de 10 unidades de muestreo analizadas, el promedio de especies identificadas es de 1,2 (máximo 2 y mínimo 1) y el total de especies encontradas es de 6. Los índices de diversidad muestran una diversidad Baja según los valores o rangos indicados para cada índice (Figura 285),

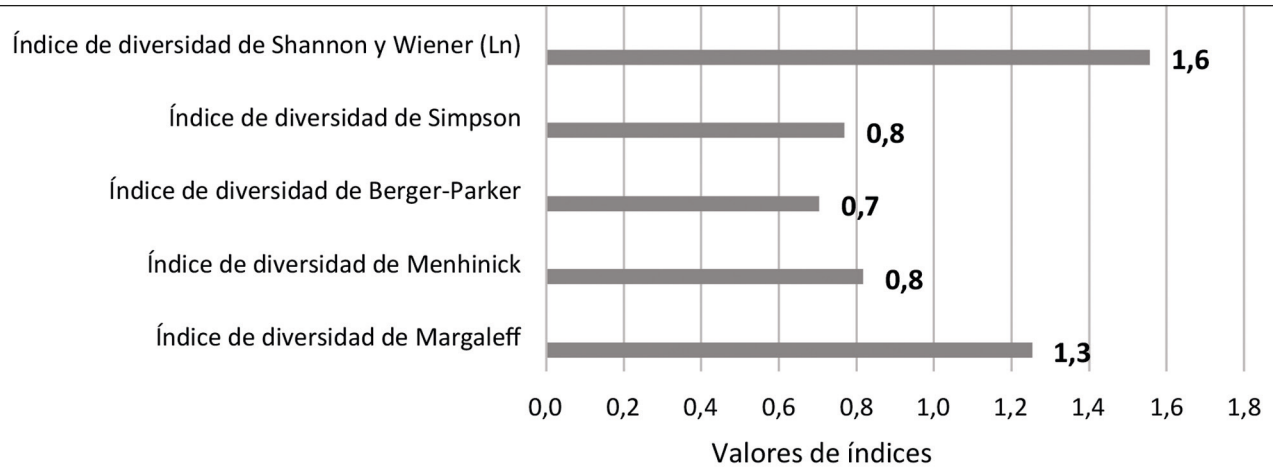


Figura 285. Valores de índices de diversidad para estrato Rodales de Mangle en regeneración

lo que es esperable siendo un estrato donde predominan tres especies (alta dominancia) y posee un bajo número de especies totales (individuales). Al observar el índice de Shannon – Wiener, éste presenta un valor de 1,6 siendo el rango para este índice entre 1,1 y 2 lo que indica baja diversidad. Los índices de Simpson y Berger – Parker son 0,70 y 0,82 respectivamente lo que indica una diversidad Baja a Media para este estrato.

11.2.5. INF-CR especies en estratos agrupados

Para el INF-CR compuesto de 142 unidades de muestreo analizadas, el promedio de especies identificadas es de 4 (máximo 14 y mínimo 1) y el total de especies diferentes encontradas es de 340. Los índices de diversidad muestran, para la vegetación de regeneración en Costa Rica, una diversidad Muy alta según los valores o rangos indicados para cada índice (Figura 286). Al observar el índice de Shannon – Wiener, éste presenta un valor de 5,2 sobrepasando el valor 5 (valor superior del rango para éste índice) indicativo de muy alta diversidad. Según la literatura, dentro de los ecosistemas que han sobrepasado valores 5 para el índice de Shannon – Wiener están justamente los bosques tropicales. Los índices de Simpson y Berger – Parker son 0,99 y 0,92 respectivamente lo que indica una diversidad Muy alta concordando con los índices de diversidad de los otros autores.

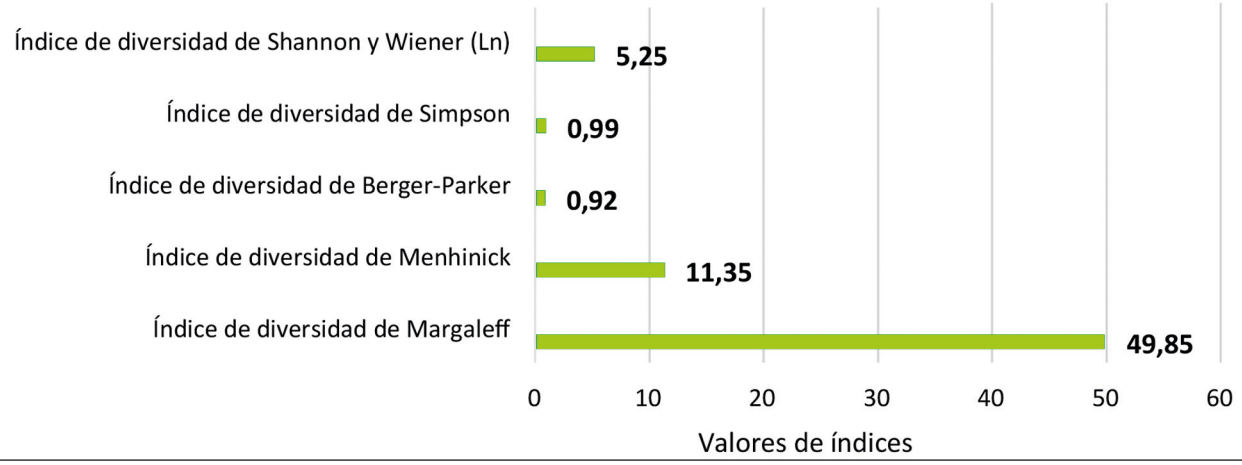


Figura 286. Valores de índices de diversidad para el INF-CR en regeneración

11.3. Comparación de índices de diversidad por estratos y para el INF-CR especies < 2 cm de DAP

A continuación se muestra cada uno de los índices de diversidad utilizados y calculados para determinar los niveles de diversidad que posee la vegetación de regeneración (especies < 2 cm de DAP) para cada estrato arbóreo y para la agrupación de las especies que los componen resumidas en el INF-CR, haciendo una comparación entre los estratos considerados en el inventario.

11.3.1. Cantidad de especies arbóreas por unidad de muestreo para estratos e INF-CR

Para el número máximo de especies distintas encontradas, es el estrato Bosque de Palmas y Rodales de Mangle donde se encontró el menor número de especies incluidas en alguna unidad de muestreo con 2 especies diferentes (parcelas 3201, 15992 y 22841 en Bosque de Palmas y parcelas 7336 y 17663 en Rodales

de Mangle) y la mayor cantidad se encontró en el Bosque Secundario con 14 especies distintas en una parcela (8442). Para el número mínimo de especies, los cuatro estratos tienen sólo una especie encontrada en sus unidades de muestreo. El Bosque Maduro y Secundario tiene un promedio de 4 especies ambos (Figura 287).

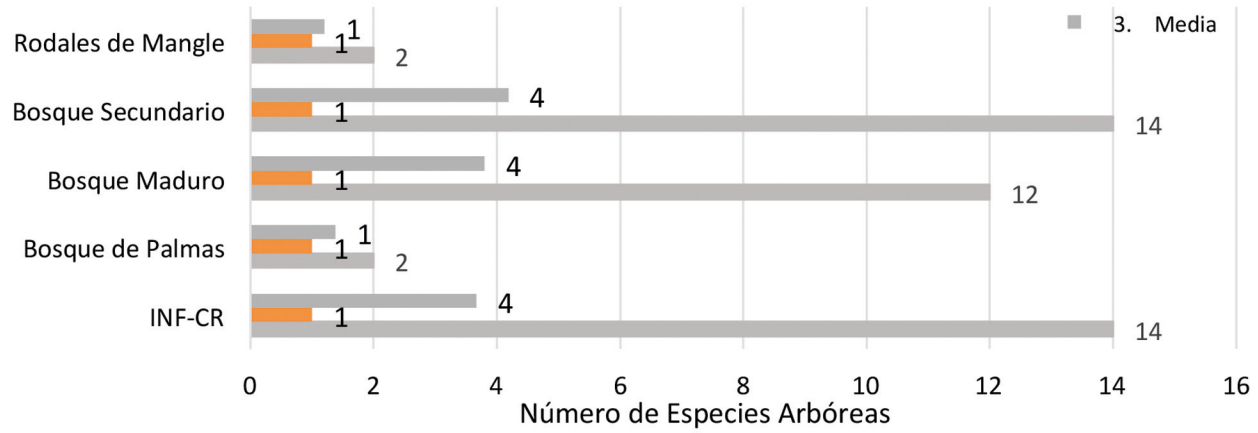


Figura 287. Valores máximo, mínimo y medio del número de especies de regeneración natural por estrato y para INF-CR

El Bosque Secundario y el Bosque Maduro poseen la mayor cantidad de especies (distinto de frecuencia) con 212 y 155 respectivamente (especies distintas). El estrato Rodales de Mangle y el de Bosque de Palmas tienen la menor cantidad de especies con 6 y 9 respectivamente, debido a la dominancia (mayor presencia) de algunas especies (por ejemplo, *Raphia taedigera*, *Acrostichum aureum*, *Laguncularia racemosa* y *Pelliciera rhizophorae*) lo que hace menos diversos estos ecosistemas. Para el INF-CR se encuentra una cantidad total de 340 especies distintas. En la Figura 288 se muestra la cantidad total de especies para cada uno de los estratos y para el INF-CR.

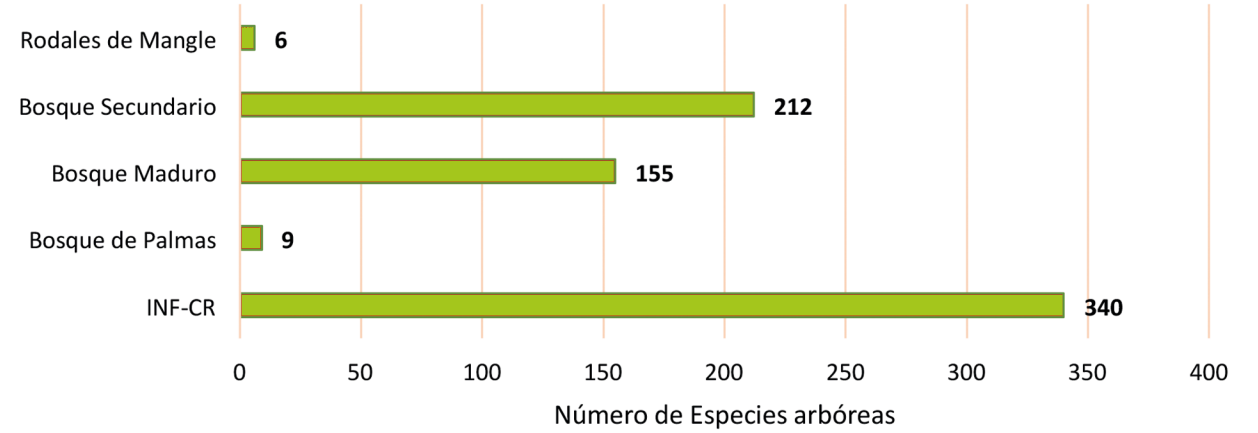


Figura 288. Número total de especies de regeneración natural por estrato y para INF-CR

11.3.2. Índice de diversidad de Margalef por estratos y para INF-CR

El índice de diversidad Margalef refleja la riqueza específica. El valor mínimo que puede adoptar el índice de Margalef es 0 y ocurre cuando sólo existe una especie en la muestra. Por lo que a mayor valor del índice mayor, es la diversidad del ecosistema. Así, se observa en la Figura 289 que los valores más altos están en Bosque Secundario (34,0) y Bosque Maduro (26,6), indicando una Muy alta diversidad. Por otra parte,

los valores más bajos están en los estratos Rodales de Mangle (1,3) y Bosque de Palmas (2,7), reflejando la menor diversidad que poseen estos estratos. Para el INF-CR el valor es de 49,9 indicando una Muy alta diversidad al considerar la totalidad de las especies de los estratos agrupados.

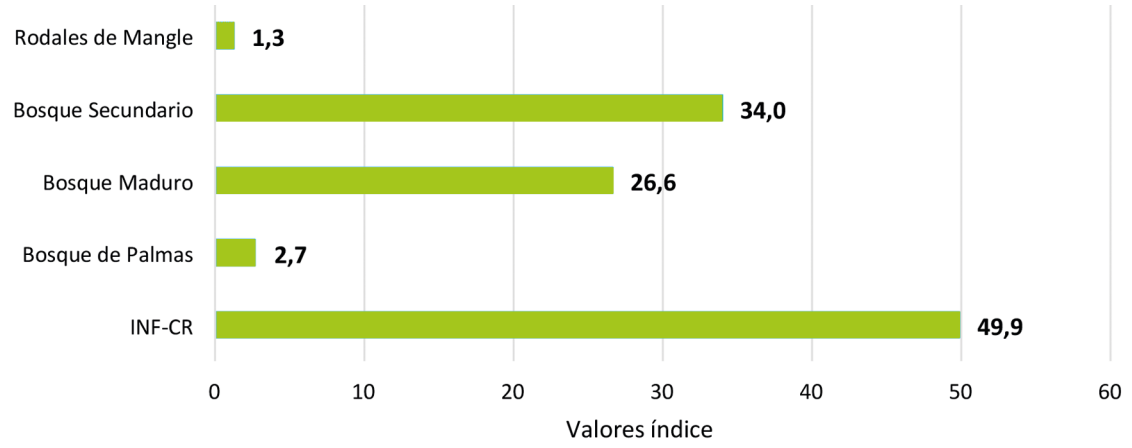


Figura 289. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Margalef en regeneración natural

11.3.3. Índice de diversidad de Menhinick por estratos y para INF-CR

El índice de diversidad Menhinick refleja la riqueza específica. A mayor valor del índice, mayor es la diversidad del estrato o ecosistema. Se observa en la Figura 290 que los valores más altos están en Bosque Secundario (9,5) y Bosque Maduro (8,6), indicando una Muy alta diversidad. Por otra parte, el valor más bajo está en el estrato Rodales de Mangle con un valor de 0,8 y el estrato Bosque de Palmas con un valor de 2,0 reflejando la menor diversidad que poseen estos estratos, lo que concuerda con el índice de Margalef revisado en punto anterior. Para el INF-CR el valor es de 11,3 indicando una muy alta diversidad al considerar la totalidad de las especies agrupadas en los distintos estratos.

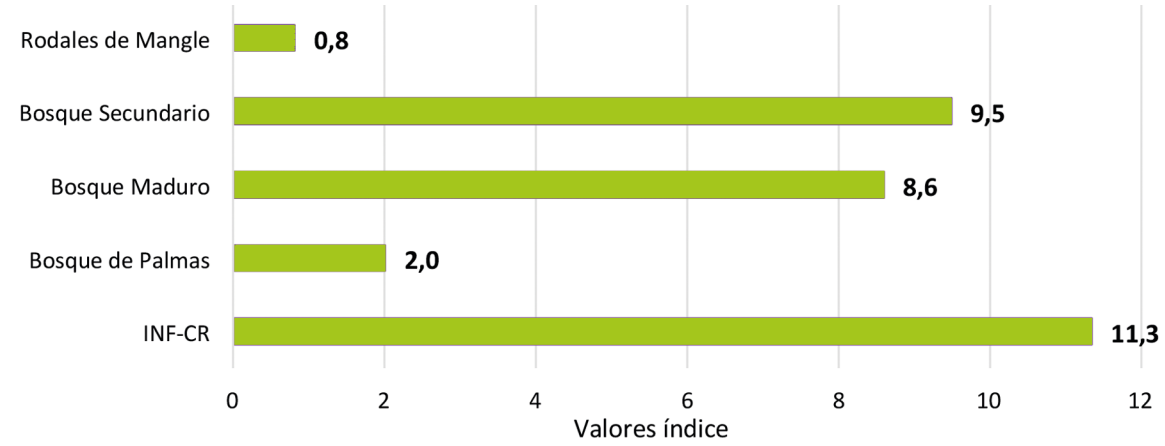


Figura 290. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Menhinick en regeneración natural

11.3.4. Índice de diversidad de Berger – Parker por estratos y para INF-CR

El índice de Berger – Parker mide la dominancia de la especie más abundante. Es un índice de dominancia, por lo que para obtener la diversidad se debe obtener el valor opuesto a la dominancia (1-D). El índice toma valores entre 0 y 1, por lo que valores del índice cercanos a 1 implican una mayor diversidad en el estrato o

ecosistema. Se observa en la Figura 291 que los valores más altos están nuevamente en Bosque Maduro (0,92) y Bosque Secundario (0,91), indicando una Muy alta diversidad. Los valores más bajos están en los estratos Bosque de Palmas (0,60) y Rodales de Mangle (0,70), indicando una baja o menor diversidad. Se produce una diferencia en estrato Rodales de Mangle respecto de los índices de Margalef y Menhinick que lo ubican como el de más baja diversidad, a diferencia de Berger – Parker que lo ubica con diversidad mayor que Bosque de Palmas. Para el INF-CR el índice es de 0,92 considerando a los ecosistemas o estratos agrupados con muy alta diversidad.

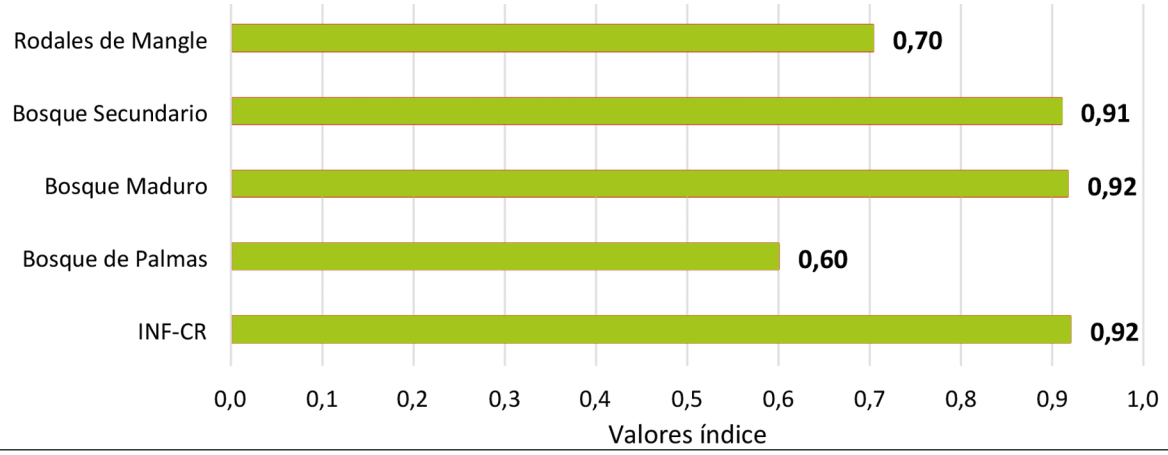


Figura 291. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Berger – Parker en regeneración natural

11.3.5. Índice de diversidad de Simpson por estratos y para INF-CR

El índice de Simpson mide la dominancia de la especie más abundante. Es un índice de dominancia, por lo que para obtener la diversidad se debe obtener el valor inverso a la dominancia (1-D). El índice toma valores entre 0 y 1 por lo que valores del índice cercanos a 1 implican una alta diversidad en el estrato o ecosistema. Se observa en la Figura 292 que los valores más altos están nuevamente en Bosque Maduro y Bosque Secundario, ambos con un valor de 0,98 indicando una Muy alta diversidad. Los valores más bajos están en los estratos Rodales de mangle (0,77) y Bosque de Palmas (0,78) indicando una baja o menor diversidad. Para el INF-CR el índice es de 0,99 considerando a los ecosistemas o estratos agrupados con Muy alta diversidad.

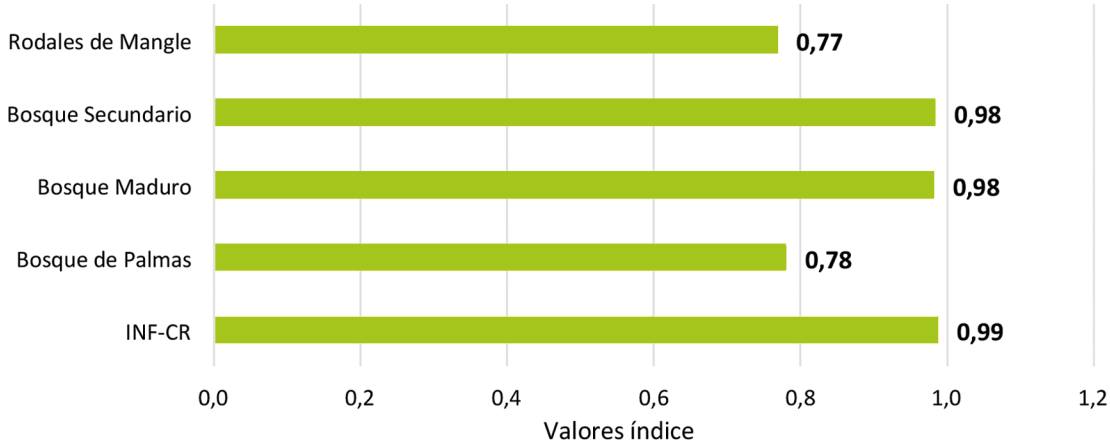


Figura 292. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Simpson en regeneración natural

11.3.6. Índice de diversidad de Shannon - Wiener por estratos y para INF-CR

El índice de Shannon – Wiener es utilizado para medir biodiversidad específica considerando riqueza de especies y abundancia. El índice toma valores entre 1 y 5, por lo que valores del índice cercanos a 1 implican una muy baja diversidad y valores cercanos o superiores a 5 una muy alta diversidad en el estrato o ecosistema. Se observa en la Figura 293 que los valores más altos están en Bosque Secundario (4,8) y Bosque Maduro (4,6), manteniendo lo indicado por todos los índices observados anteriormente, Muy alta diversidad. Los valores más bajos están en los estratos Rodales de Mangle (1,6) y Bosque de Palmas (1,8) indicando una baja diversidad. Para el INF-CR se observa una Muy alta diversidad con un valor de 5,2 sobrepasando el valor 5 para el índice, valores que se obtienen normalmente en bosque tropicales.

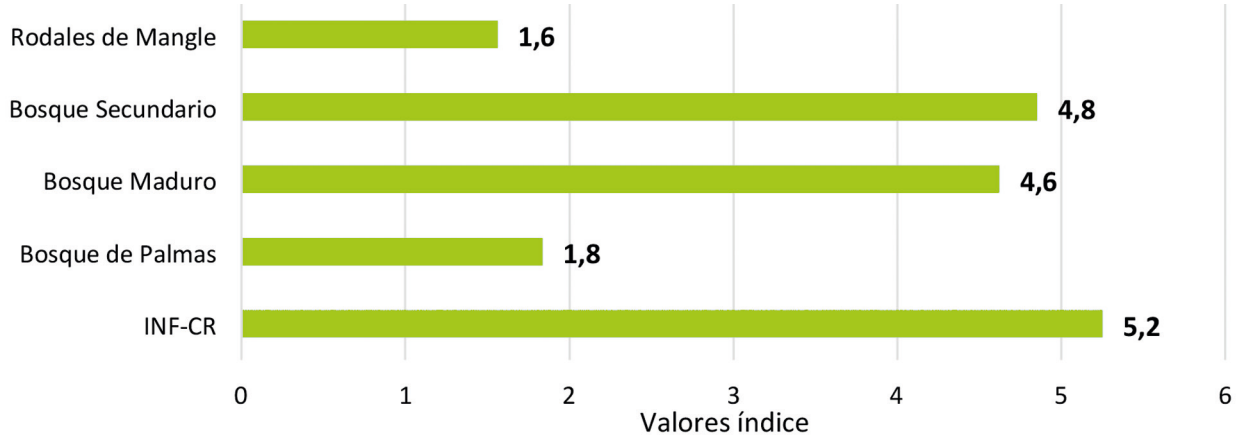


Figura 293. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Shannon – Wiener en regeneración natural

Los niveles de diversidad encontrados para los distintos estratos en la vegetación de regeneración natural (especies < a 2 cm de DAP) siguen la misma tendencia que los valores y características de diversidad determinados en las especies mayores (especies ≥ a 2 cm de DAP). Bosque Maduro y Secundario con muy alta diversidad y Bosque de Palmas y Rodales de Mangle con diversidad baja. Se observa una diferencia en la cantidad de especies presentes ambos componentes vegetales. Tal es el caso del estrato Bosque Maduro en componente regeneración, donde sólo hay un 17% del número de especies que posee el componente de especies mayores y en Bosque Secundario un 23%.





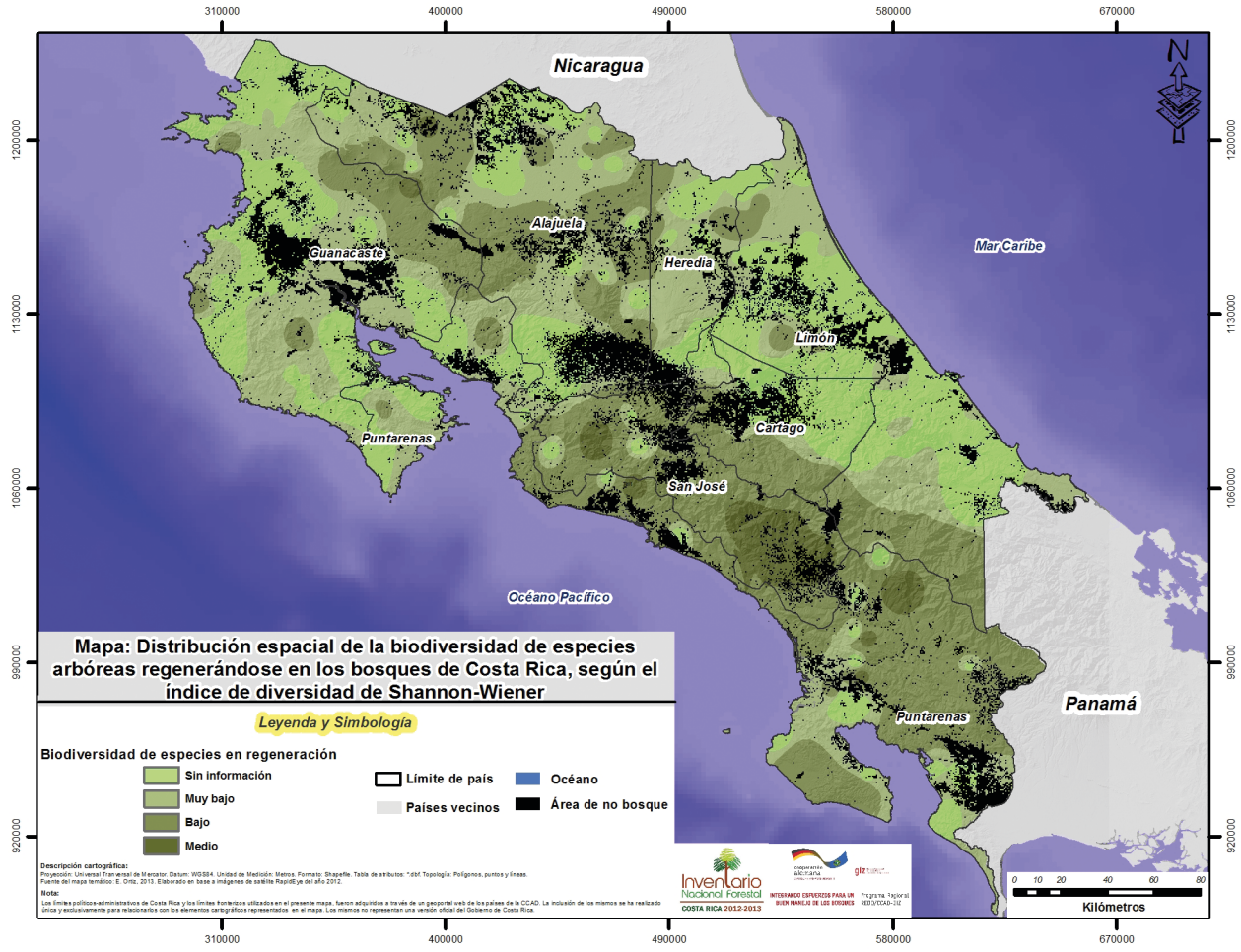


Figura 294. Distribución espacial de la biodiversidad de especies arbóreas regenerándose en los bosques de Costa Rica, según el índice de diversidad de Shannon - Wiener

11.4. Relación entre la regeneración y variables ambientales

La regeneración se encuentra directamente determinada tanto por el régimen de perturbaciones existentes y su relación con la dinámica regenerativa, individual o agrupada, que presenten las especies constituyentes de la masa, así como por variables topográficas, climáticas y vegetacionales, entre otras, las cuales determinan la composición y abundancia de la regeneración.

Las variaciones experimentadas en aspectos fisiográficos tales como exposición y altitud, tienen incidencia directa sobre factores como humedad, profundidad y tipo de suelo, y el microclima, que en conjunto determinan la calidad de un sitio, la cual afecta la capacidad regenerativa de un ecosistema forestal (Donoso, 1993).

11.4.1. Regeneración en función de la exposición, pendiente y altitud

Para el caso de la regeneración de los bosques de Costa Rica, al analizar la densidad promedio (plantas/ha) de esta en términos de las variables fisiográficas indicadas, es posible inferir un aparente nulo efecto de la exposición del terreno dado que la densidad promedio es muy similar entre cada una de las 4 exposiciones

analizadas, existiendo una muy leve tendencia a una mayor cantidad de plantas regenerándose en las exposiciones Sur y Oeste, en relación a las exposiciones Este y Norte (Cuadro 154).

Para el caso de la pendiente del terreno, se evidencia que la mayor regeneración en los bosques se presenta en el rango de 30 a 45%, aunque la tendencia general que se manifiesta es que a una mayor inclinación del terreno se produce un a mayor regeneración (Cuadro 155). Lo anterior puede estar relacionado con la accesibilidad al bosque, tanto por parte de las personas en cuanto al tránsito y labores de aprovechamiento

Cuadro 154. Densidad de la regeneración en relación a la exposición del terreno

Exposición	Regeneración (plantas/ha)
Norte	3.927
Sur	3.995
Este	3.954
Oeste	3.984
PROMEDIO GENERAL	3.965

Cuadro 155. Densidad de la regeneración en relación a la pendiente del terreno

Exposición	Regeneración (plantas/ha)
Pendiente: 0 - 15%	3.683
Pendiente: 15 - 30%	3.962
Pendiente: 30 - 45%	4.120
Pendiente: Mayor que 45%	4.095
PROMEDIO GENERAL	3.965

Cuadro 156. Densidad de la regeneración en relación a la altitud del terreno

Elevación (msnm)	Regeneración (plantas/ha)
Sin información	3.170
0-50	2.963
50-100	2.971
100-200	3.306
200-500	3.663
500-1000	4.134
1000-1500	4.014
1500-2000	3.857
2000-2500	4.551
2500-3000	5.268
mayor que 30000	5.719
PROMEDIO GENERAL	3.965

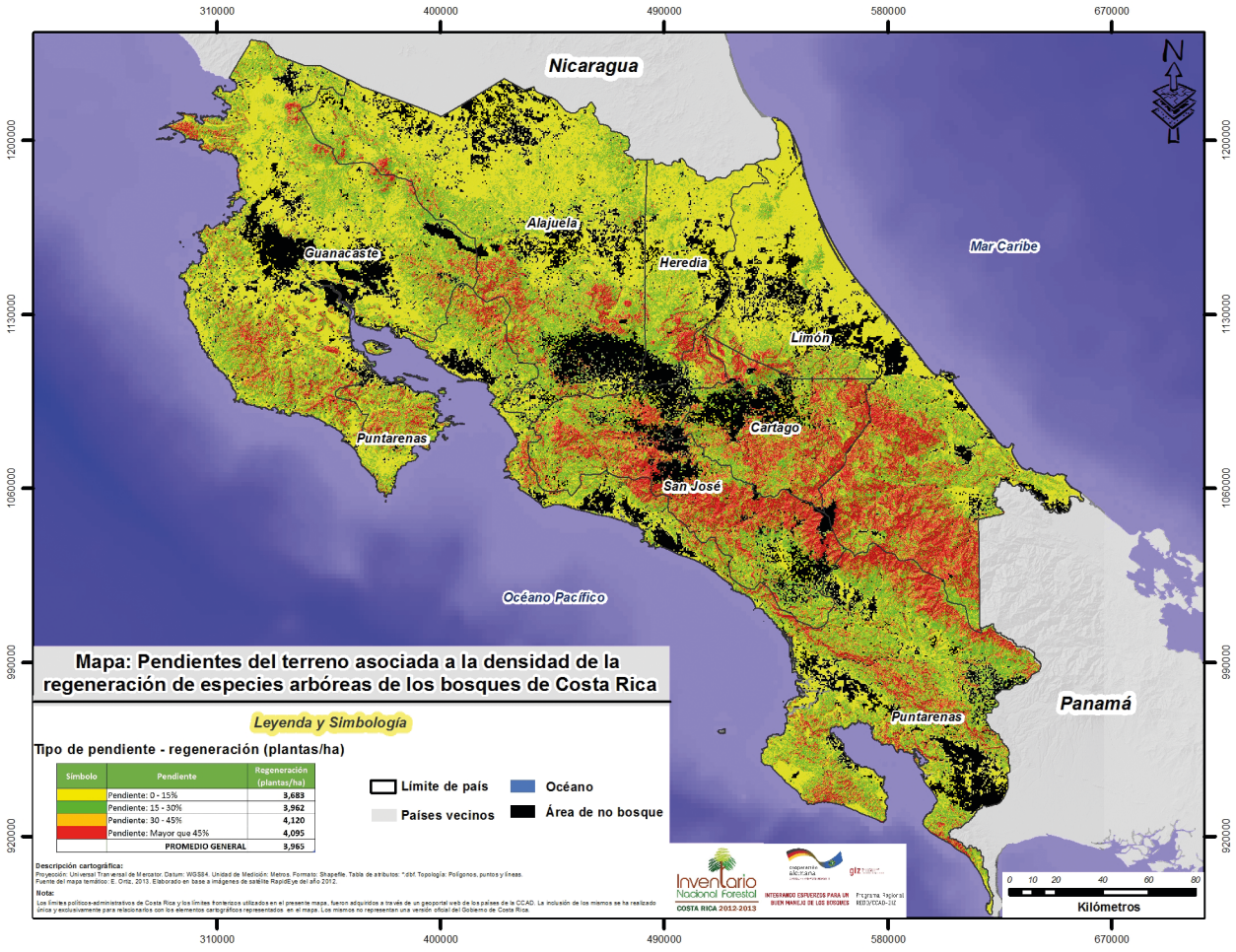


Figura 295. Distribución espacial de la densidad de la regeneración de especies arbóreas de los bosques de Costa Rica en relación a la pendiente del terreno

por los animales domésticos que lo utilizan de refugio o fuente de alimentación en la época de escasez de pastos, en función de que en los lugares más planos esta accesibilidad es más fácil y cercana a los lugares poblados o de pastura.

En relación a la elevación del terreno, se denota una tendencia a una mayor densidad de las plantas arbóreas menores a 2 cm de DAP y de tamaño inferior a 1,5 m, en la medida que la altitud sobre el nivel del mar es mayor (Cuadro 156). Sobre los 1.000 msnm la densidad promedio es 4.682 plantas/ha.

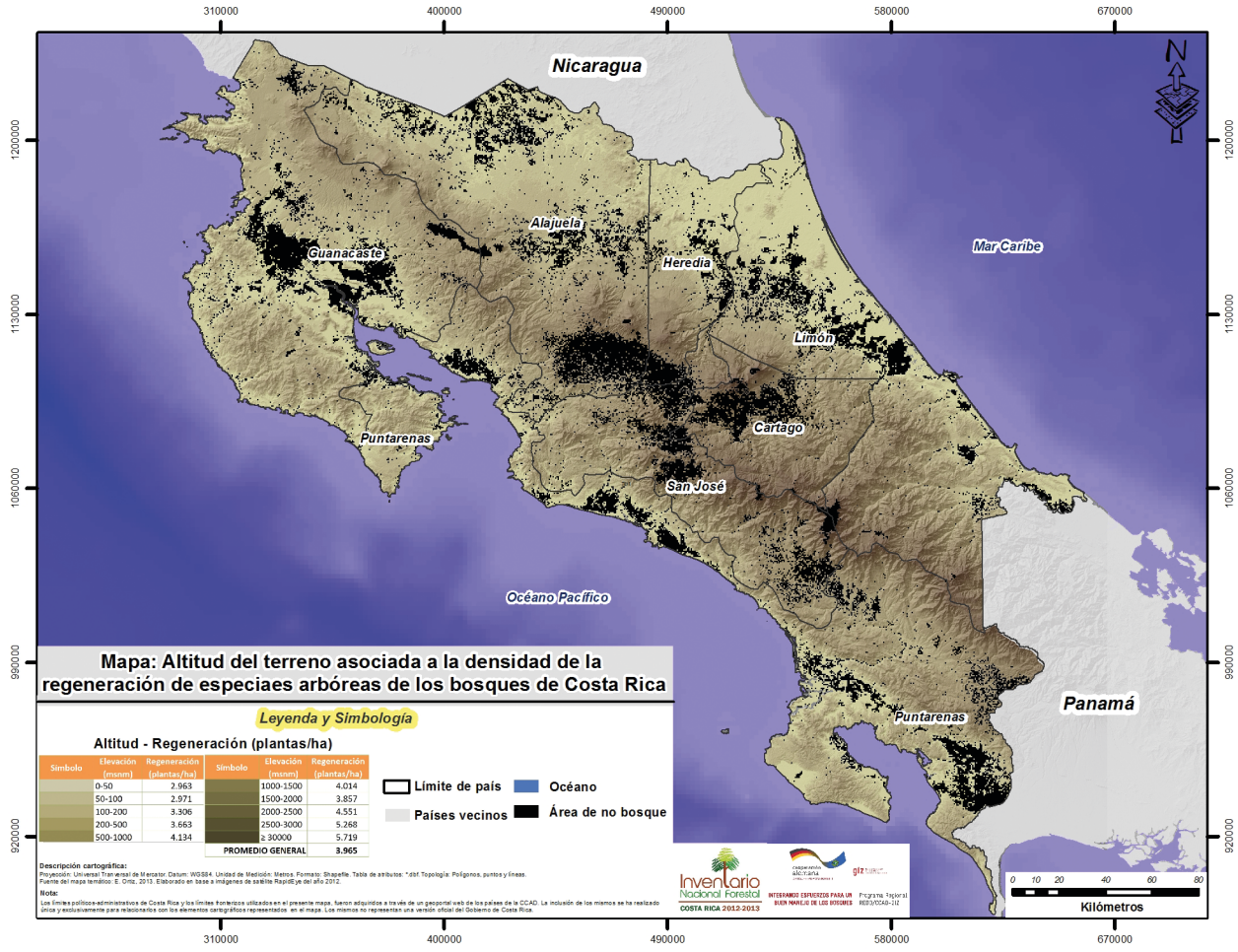


Figura 296. Distribución espacial de la densidad de la regeneración de especies arbóreas de los bosques de Costa Rica en relación a la altitud del terreno





En la Figura 297 es posible evidenciar gráficamente el comportamiento de la regeneración de los bosques de Costa Rica en relación a la exposición, la pendiente y la altitud del terreno

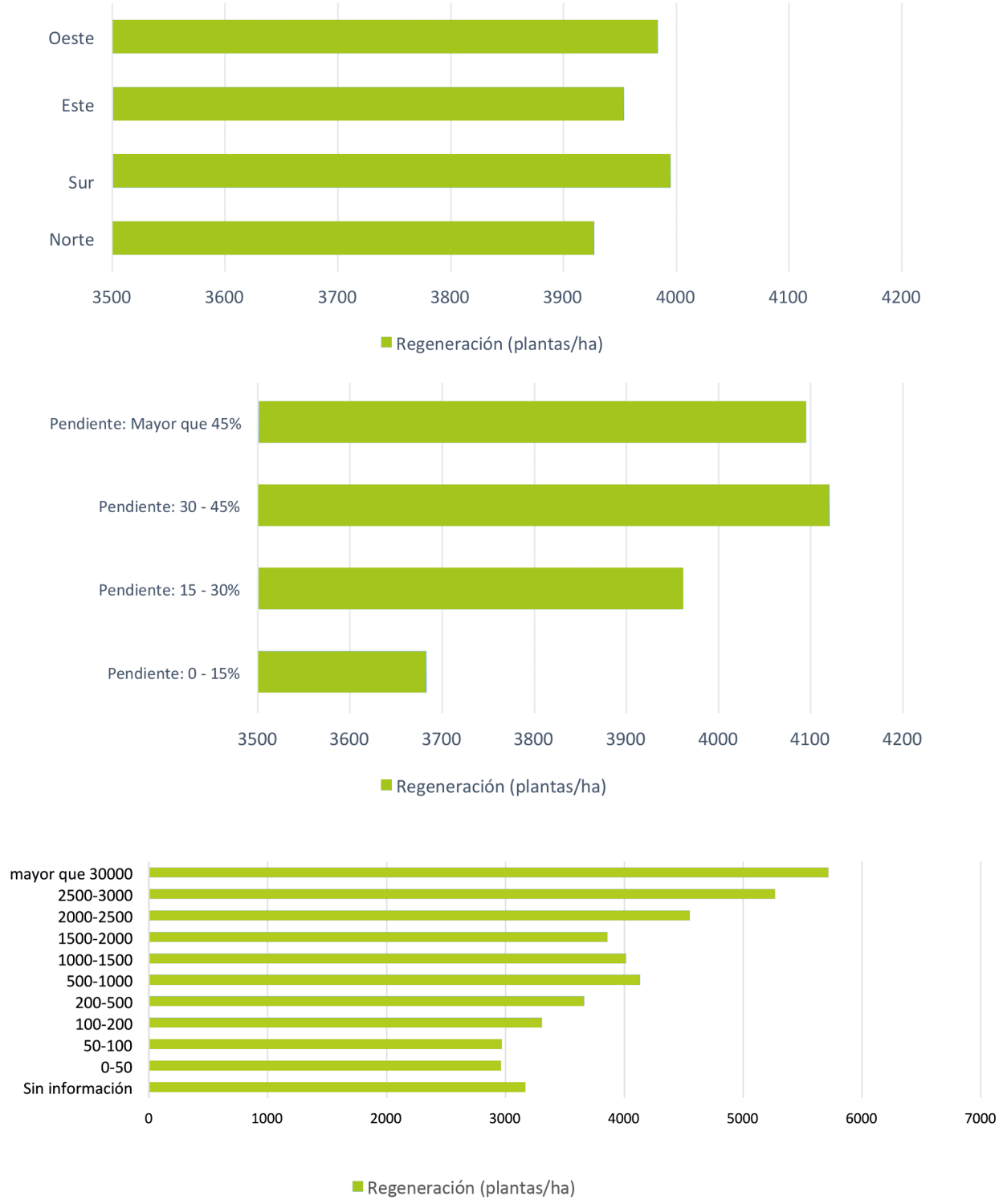


Figura 297. Densidad de la regeneración de los bosques de Costa Rica en relación a la exposición, la pendiente y la altitud del terreno

11.4.2. Regeneración en función del tipo de suelo, zona climática y zona de vida

Los factores del medioambiente que determinan el potencial de crecimiento o productividad de los árboles del rodal se identifican como factores del sitio. El sitio incluye la idea del espacio físico que ocupa un bosque o un rodal, y del medio ambiente que le da sus características de crecimiento y desarrollo, por esto el sitio se

Cuadro 157. Densidad de la regeneración en relación al tipo de suelo según clasificación del IPCC

Suelo (IPCC)	Regeneración (plantas/ha)
Sin información	4.169
Arcilloso de alta actividad	3.932
Arcilloso de baja actividad	4.846
Suelos orgánicos	3.242
Suelos volcánicos	3.662
Humedales	3.939
PROMEDIO GENERAL	3.965

Cuadro 158. Densidad de la regeneración en relación las zonas climáticas del IPCC

Zona climática (IPCC)	Regeneración (plantas/ha)
Sin información	4.024
Tropical, húmeda	3.479
Tropical, muy húmeda	4.392
PROMEDIO GENERAL	3.965

Cuadro 159. Densidad de la regeneración en relación a las zonas de vida de Holdridge

Zona de Vida (Holdridge)	Regeneración (plantas/ha)
Sin información	3.104
Bosque húmedo montano bajo	3.459
Bosque húmedo premontano	3.022
Bosque húmedo tropical	3.516
Bosque muy húmedo montano	3.176
Bosque muy húmedo montano bajo	4.039
Bosque muy húmedo premontano	3.565
Bosque muy húmedo tropical	4.266
Bosque Pluvial Montano	6.429
Bosque Pluvial Montano Bajo	4.853
Bosque pluvial premontano	5.304
Bosque seco tropical	3.291
Paramo pluvial subalpino	6.878
PROMEDIO GENERAL	3.965

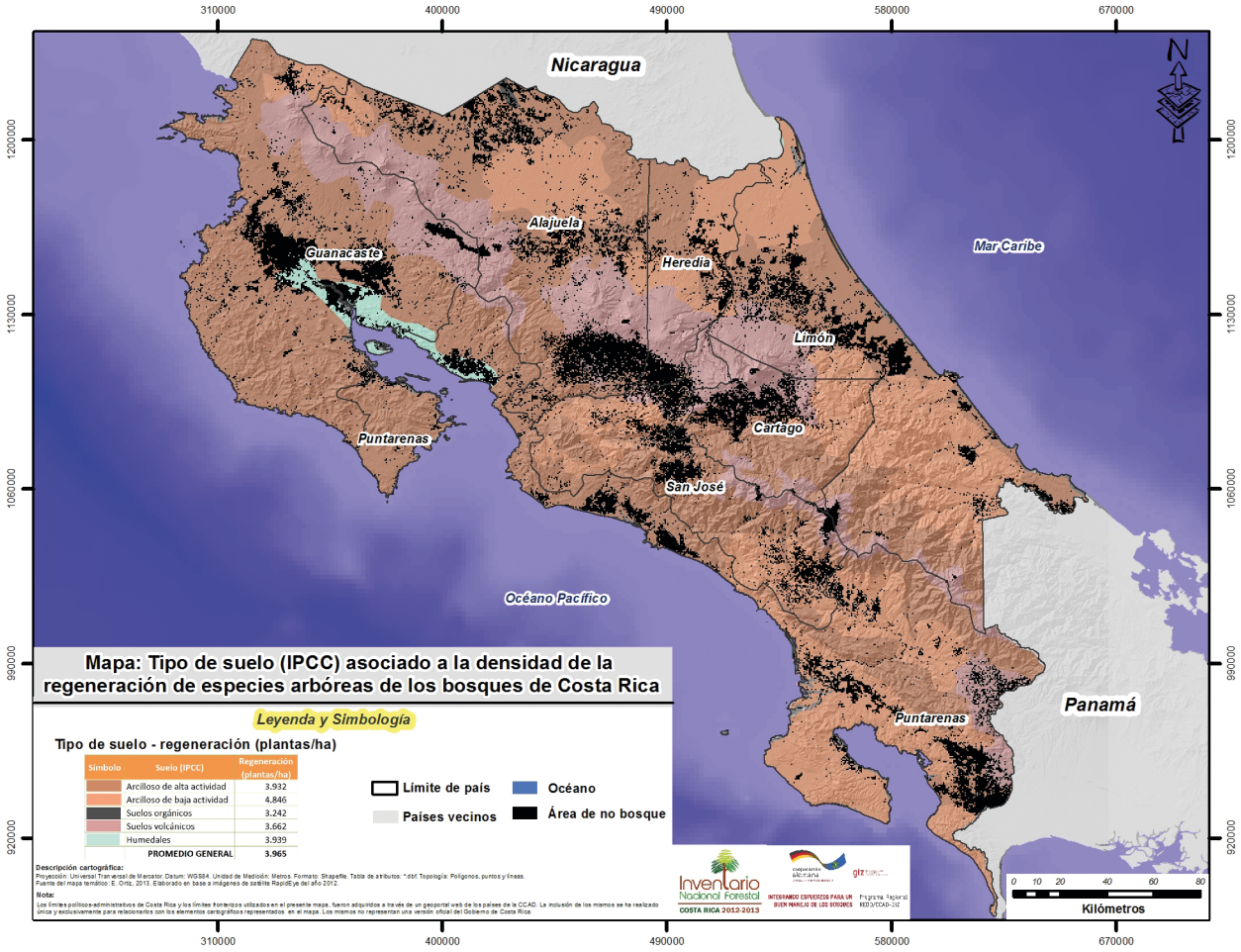


Figura 298. Distribución espacial de la densidad de la regeneración de especies arbóreas según tipo de suelo en base a clasificación del IPCC

puede definir como un área de tierra y los factores climáticos, edáficos y bióticos que constituyen su ambiente y que, en conjunto, determinan la capacidad del área para desarrollar la vegetación (Donoso, 1990; Daniel *et al*, 1982).

Craig-Chrisme (1986), sostiene que la reproducción, sobrevivencia y crecimiento de los árboles sobre un sitio particular, representa una respuesta integrada a un complejo de muchas fluctuaciones e interacciones entre los factores medioambientales. La capacidad de las especies forestales para desarrollarse y competir exitosamente por un sitio está influenciada por factores internos (fisiológicos) y externos (ambientales).

Para el categorizar los tipos de suelo existentes en Costa Rica se utilizó la clasificación del IPCC indicada en las Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry (GPG2003) (IPCC, 2003), y es posible observar que son los suelos Arcillosos de baja actividad en los cuales existe una mayor densidad de la regeneración (4.846 plantas/ha), mientras que en los suelos Suelos orgánicos es donde esta densidad es menor (3.242 plantas/ha) (Cuadro 157).

Respecto a las variables climáticas, el otro componente del sitio forestal, estas se abordan desde dos perspectivas complementarias: las zonas climáticas del IPCC (2003) y las zonas de vida de Holdridge. A este respecto, desde la primera perspectiva de clasificación, la mayor regeneración se da en la Zona Tropical muy húmeda (4.392 plantas/ha) (Cuadro 158), en tanto que para la perspectiva de las zonas de vida, la mayor regeneración está en el Bosque pluvial premontano (5.263 plantas/ha) y la menor en el Bosque muy húmedo montano (2.585 plantas/ha) (Cuadro 159).

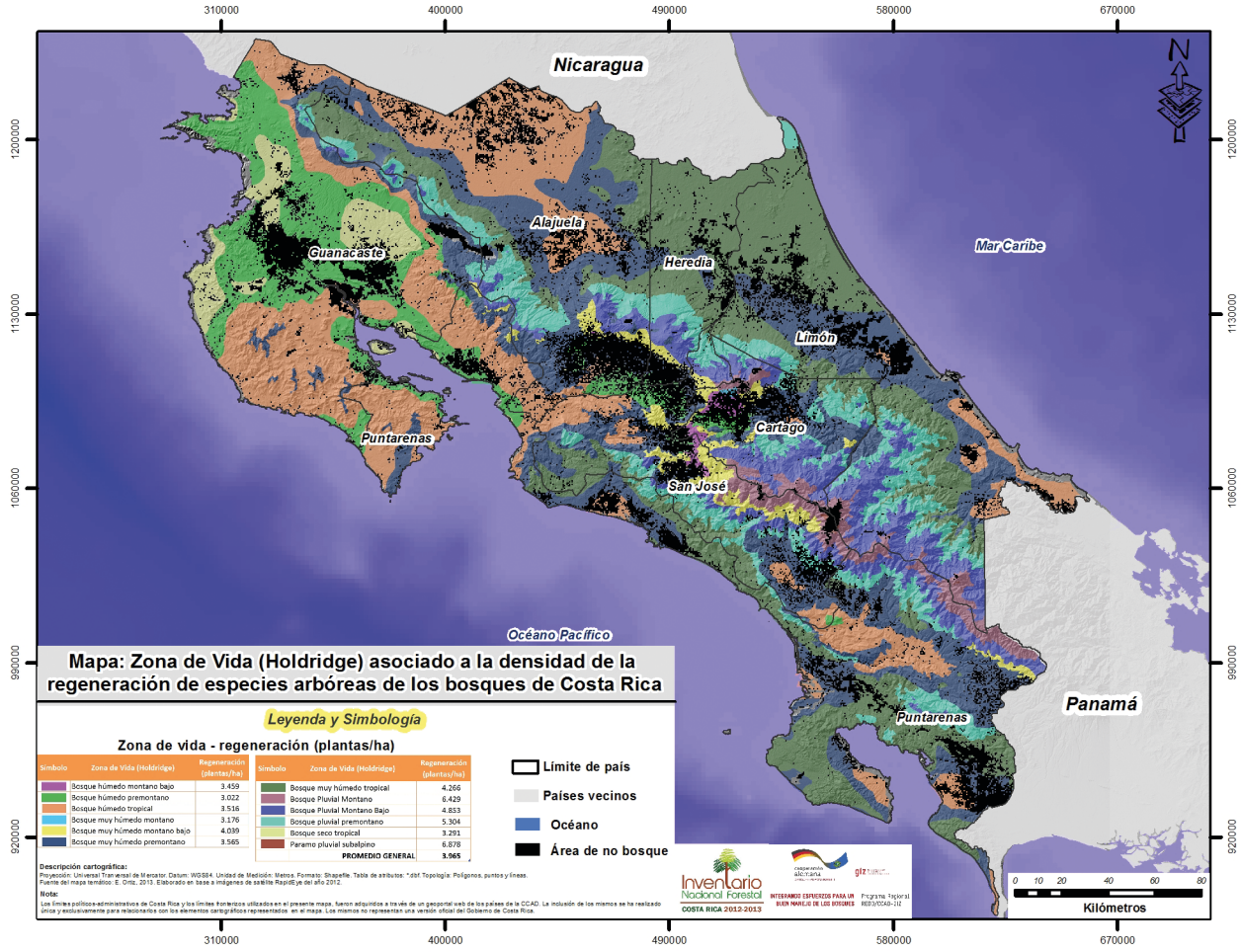
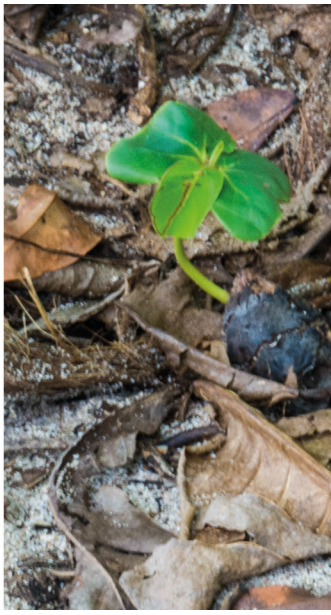


Figura 299. Distribución espacial de la densidad de la regeneración de especies arbóreas según zonas de vida de Holdridge





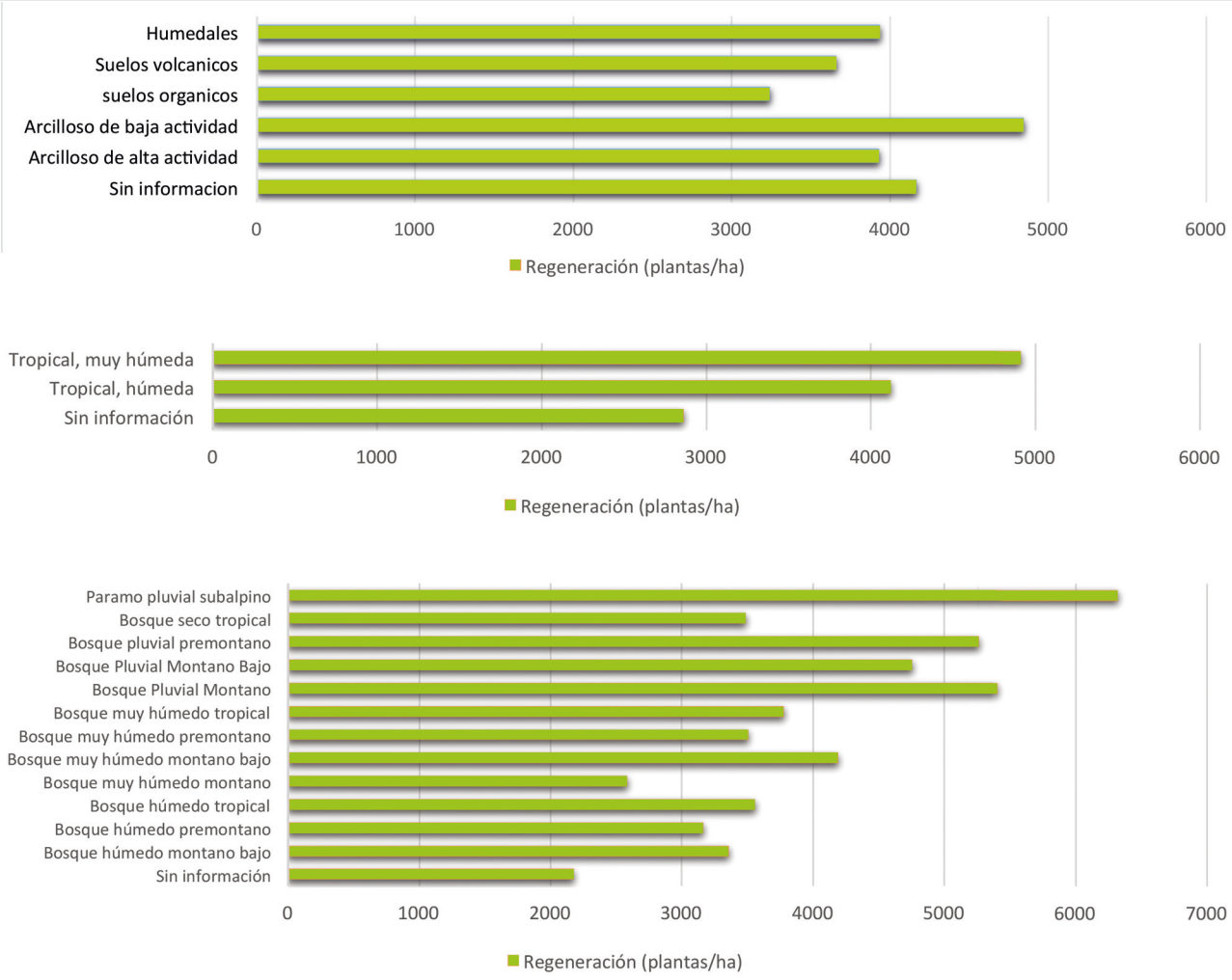


Figura 300. Densidad de la regeneración de los bosques de Costa Rica en relación al tipo de suelo y zonas climáticas del IPCC, y a las zonas de vida de Holdridge

En la Figura 300 es posible evidenciar gráficamente el comportamiento de la regeneración de los bosques de Costa Rica en relación al tipo de suelo y zonas climáticas del IPCC, y a las zonas de vida de Holdridge.

11.4.3. Regeneración de los bosques en las áreas protegidas

En Costa Rica el sistema de áreas protegidas se ha convertido en el pilar fundamental de una política ambiental que busca integrar la conservación con el desarrollo económico. Según la definición gubernamental, "un área de conservación es una unidad territorialmente delimitada, en donde se interrelacionan actividades tanto privadas como estatales y se buscan soluciones conjuntas, orientadas por estrategias de conservación y desarrollo sostenible de los recursos naturales y culturales". Este concepto (área de conservación) reemplaza la idea del área protegida como un ente aislado de la matriz territorial, integrando en el esfuerzo conservacionista a todo el territorio sin importar su naturaleza forestal, agrícola o urbana. La idea proviene de una extensión del concepto de reserva de la biósfera que la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) ha promovido internacionalmente como una forma de integrar conservación y desarrollo en una escala territorial (Pauchard, 2000). Estas áreas de Conservación pueden pertenecer a cualquiera de las 10 categorías que se listan en el Cuadro 160, y en donde la categoría Sin Información corresponde a áreas que no están bajo ningún nivel de protección.

A este respecto se evidencia que la mayor densidad de regeneración de los bosques de Costa Rica se da en las categorías de Área de Conservación Reserva Forestal (5.549 plantas/ha) y Parque Nacional (4.769 plantas/ha), en tanto que los menores niveles de regeneración están dados para Refugio de Vida Silvestre (3.302 plantas/ha) y Otras categorías de conservación (2.081 plantas/ha) (Cuadro 160, Figura 301).

Cuadro 160. Densidad de la regeneración en cada categoría de Área de Conservación de Costa Rica

Categoría Área de Conservación	Regeneración (plantas/ha)
Sin Información	3.491
Fincas del Estado	3.681
Humedales	3.749
Otras	2.081
Parque Nacional	4.769
Reserva Biológica	3.980
Reserva Forestal	5.549
Reserva Indígena	4.583
Refugio Nacional	4.643
Refugio de Vida Silvestre	3.032
Zonas Protectoras	4.057
PROMEDIO GENERAL	3.832

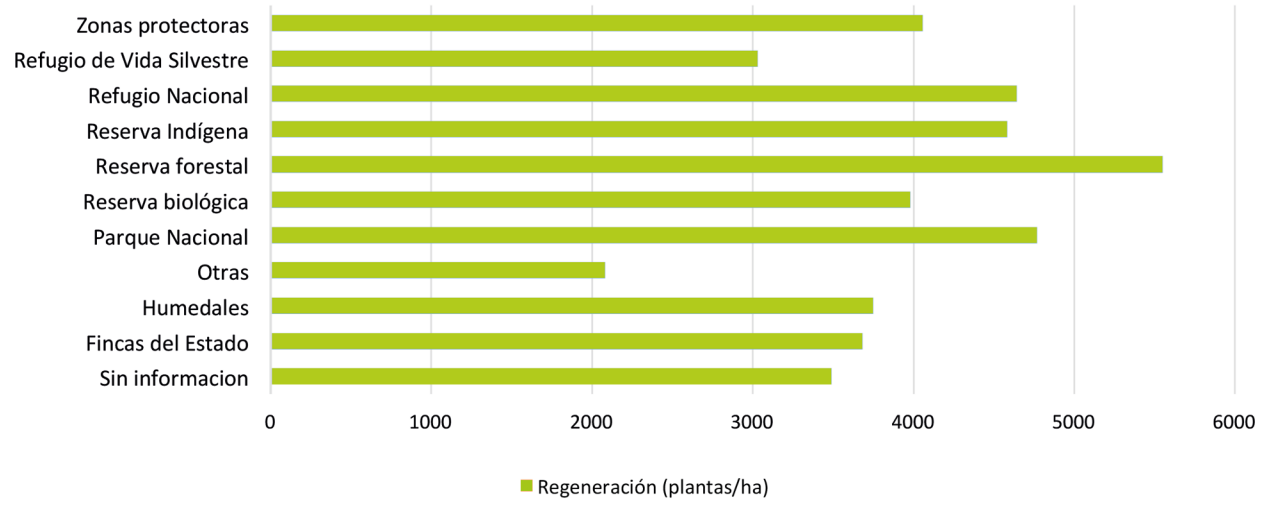


Figura 301. Densidad de la regeneración de los bosques de Costa Rica para cada una de las categorías de Áreas de Conservación existentes en el país

Si se agrupa el territorio nacional con bosque en dos categorías de conservación (Cuadro 161) y se calcula la densidad promedio de la regeneración de los bosques protegidos, en términos ponderados de acuerdo a la participación en superficie, se tiene que la regeneración es mayor en las áreas boscosas protegidas que en las áreas boscosas sin ningún régimen de protección (Figura 303).

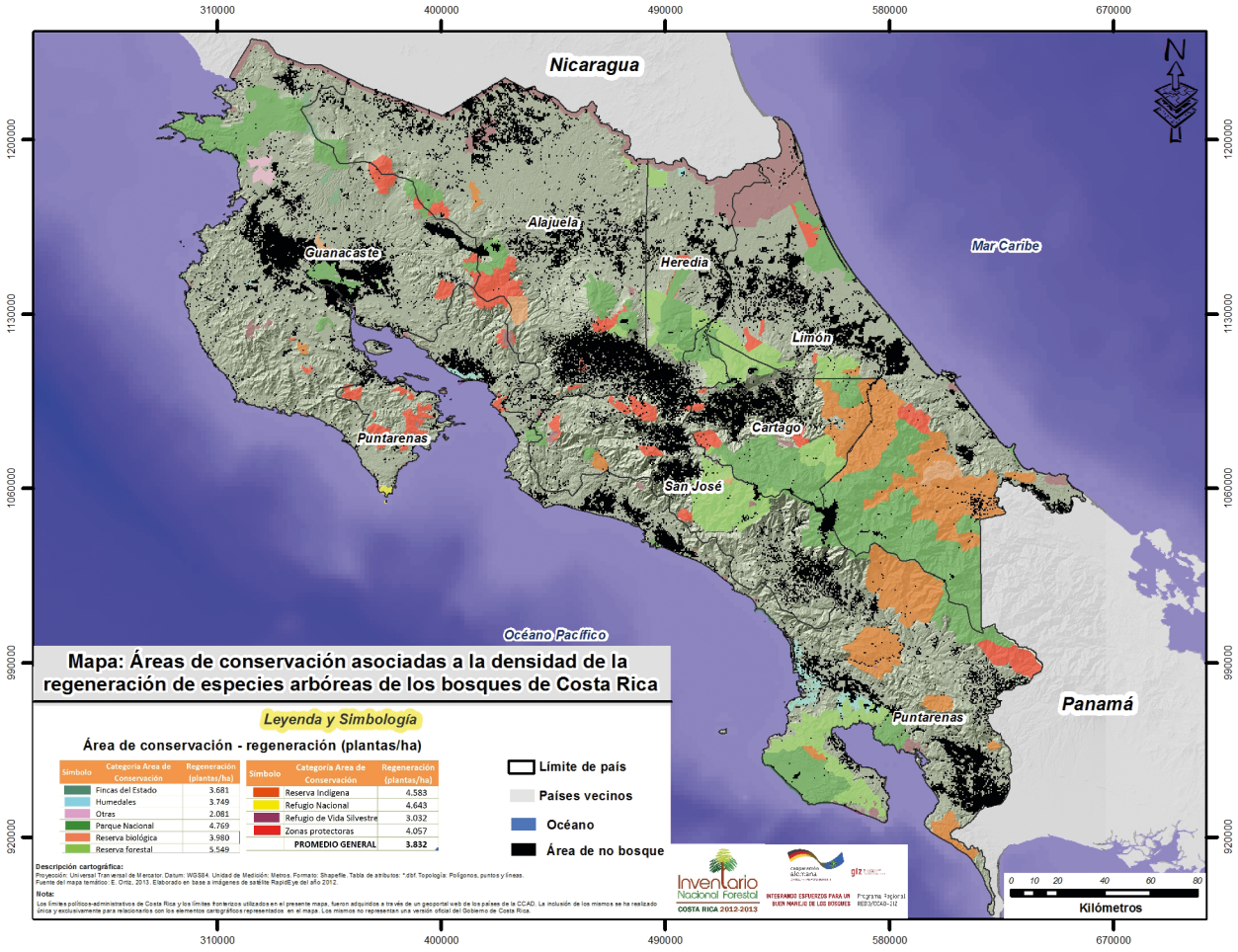


Figura 302. Distribución espacial de la densidad de la regeneración de especies arbóreas según categoría de Área de Conservación de los bosques de Costa Rica

Cuadro 161. Densidad promedio de la regeneración en bosques protegidos y no protegidos de Costa Rica

Categoría Conservación	Regeneración (plantas/ha)
No Protegido	3.491
Protegido	4.012
PROMEDIO GENERAL	3.832

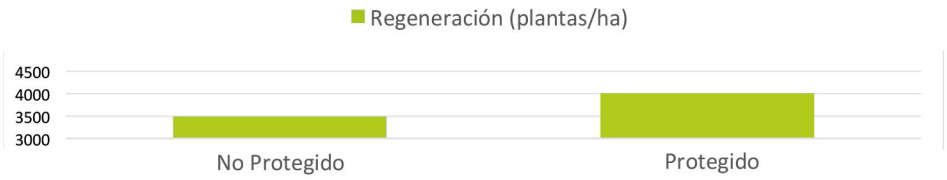


Figura 303. Comparación de la densidad promedio de la regeneración entre bosques protegidos y no protegidos de Costa Rica

11.5. Referencias bibliográficas

1. Appel, I. 1993. Evaluación de la regeneración en renovales de Canelo (Drimys winteri Forst) sometidos a diferentes niveles de intervención, en la Cordillera de la Costa, Provincia de Valdivia. Tesis Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 78 p.

2. Carrasco, S. y S. Figueroa. 1999. Estrategias de regeneración natural de un bosque Siempreverde, en un sector de la isla de Chiloé, X región. Seminario de Título Técnico Universitario Forestal. Unidad Académica Los Ángeles, Universidad de Concepción. Los Ángeles, Chile. 107 p.

3. Craig-Chrisme, J. 1986. Relación entre factores fisiográficos, crecimiento y densidad de renovales de raulí-roble en Hacienda Jauja, IX región, Chile. Tesis Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Departamento de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. Chillán, Chile. 82 p.

4. Daniel, P., Helms, J. & F. Baker. 1982. Principios de Silvicultura. Trad. R. Elizondo. Segunda Edición. Mc Graw Hill Book Company. México. 492 p.

5. Donoso, C. 1990. Ecología Forestal: el bosque y su medio ambiente. Segunda Edición. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 369 p.

6. Donoso, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y Dinámica. Ecología Forestal. Editorial Universitaria S.A. Santiago, Chile. 483 p.

7. IPCC. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry (GPG2003). Edited by Jim Penman, Michael Gytarsky, Taka Hiraishi, Thelma Krug, Dina Kruger, Riitta Pipatti, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara, Kiyoto Tanabe and Fabian Wagner. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the Intergubernamental Panel on Climate Change (IPCC). 590 p.

8. Mueller–Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley, Nueva York. 547 p.

9. Pauchard, A. 2000. La experiencia de Costa Rica en áreas protegidas. Ambiente y Desarrollo 16 (3): 51 – 60.

10. Romme, W.H. & D.H. Knight. 1981. Fire frequency and subalpine forest succession along a topographic gradient in Wyoming. Ecology 62:319-326.

11. SINAC-Programa REDD-CCAD-GIZ. 2014. Manual de campo para el inventario forestal nacional de Costa Rica: Diseño de parcela y medición de variables de sitio y dasométricas. San José, Costa Rica. 74 p. Disponible en: http://www.sirefor.go.cr/?wpfb_dl=5







Capítulo 12

Especies herbáceas presentes en los bosques de Costa Rica

Capítulo 12

Especies herbáceas presentes en los bosques de Costa Rica

Los bosques en general se caracterizan por presentar estructuras arquitectónicas complejas, con la presencia de una gran diversidad de formas de vida y crecimiento, que les confiere una gran variabilidad. Una de estas formas de vida es la correspondiente a las plantas vasculares de hábito herbáceo, presentes en el estrato inferior de la cobertura vegetal, vale decir, en el piso del bosque.

En las zonas tropicales o semitropicales, la constancia en un buen suministro de radiación, temperaturas elevadas y constantes, y altas precipitaciones o disponibilidad de agua, determinan muy pocas limitaciones climáticas que favorecen aún más un elevado desarrollo estructural (Jacobs, 1988). Las condiciones de alta humedad durante todo el año y la temperatura promedio entre 15-20 ºC dependiendo de la altitud, determinan una alta diversidad y parecen favorecer la ocupación de gran parte del espacio aéreo disponible (Hernández-Rosas, 1999).

Tanto la distribución vertical como la horizontal, expresión visible de la organización de las especies en las comunidades, facilita la coexistencia de un alto número de especies y son el producto de la evolución de las comunidades. El origen de esta distribución no está claro todavía, como tampoco el problema de la evolución de los taxas en tiempos geológicos y en consecuencia, el origen de la diversidad (Golley, 1983).

La distribución de las plantas vasculares a varios niveles dentro del bosque parece ser el resultado de un balance entre los requerimientos de luz y suministro de agua, debido al gradiente vertical de estos elementos dentro del bosque (Medina, 1990).

El estrato herbáceo está conformado por todas aquellas plantas no leñosas que crecen bajo el estrato arbóreo.

Dentro del grupo de las herbáceas existe un número significativo de malezas, que tienen mucha influencia dentro de la regeneración de las especies arbóreas, ya que crecen en lugares destinados a otras plantas,

provocando gran competencia interespecífica (CONAF / GTZ, 1998). Dentro de este estrato se distinguen variadas especies de helechos, musgos, pastos y hierbas, enredaderas y hepífitas (Appel, 1993).

Además, las plantas herbáceas vasculares son un grupo interesante para utilizar como bioindicadoras, esto se debe a sus cortos ciclos de vida y a su metabolismo sensible (Gómez y Krömer, 2012). Algunos métodos se basan en medir la concentración de N y C en sus tejidos y así tener información de la calidad del ecosistema (Körner, 1989; Wegner *et al*., 2003; Waite y Sack, 2011).

A modo de ejemplo, para el caso de la cuenca superior del Río Savegre, Costa Rica, durante la preparación de una lista florística de especies vasculares, Kappelle *et al*. (2000) registraron 626 especies de plantas vasculares (terrestres, epifíticas y acuáticas) en 121 familias. Se encontraron un total de 352 especies de hierbas, incluyendo helechos y plantas afines (56,2%), 140 de árboles (22,4%), 96 de arbustos (15,3%) y 38 de trepadores (6,1%). Se reconoció a un total de 123 especies de pteridófitas, 1 de coníferas, 385 de dicotiledóneas y 117 de monocotiledóneas. Estos antecedentes denotan la importancia de este nivel vegetacional en la biodiversidad de los bosques.

En este capítulo se presenta la información referida a la presencia de especies herbáceas o vegetación no leñosa en los distintos ecosistemas considerados, a través de las mediciones de campo realizadas en una parcela de 1 m^2 en el INF-CR. Al igual que para la regeneración este componente vegetal no fue considerado ni medido en los estratos arbóreos Pasto con Árboles y Plantación Forestal en base a la planificación inicial del inventario y estipulado en Manual de Campo del INF-CR (SINAC-Programa REDD-CCAD-GIZ, 2014) por los mismos criterios técnicos definidos por los profesionales forestales de Costa Rica. En este componente vegetal a través del inventario se midió altura total y cantidad de especies (densidad).

12.1. Dasometría especies herbáceas

12.1.1. Altura total

Los mayores valores de altura media están en los estratos arbóreos Rodales de Mangle y Bosque de Palmas, con 0,61 m y 0,56 m respectivamente, pero con errores de muestreo relativamente altos, sobre el 25%. Los estratos Bosque Secundario y Bosque Maduro tienen 0,43 m y 0,41 m respectivamente y con errores de muestreo más bajos (alrededor de 15%). La altura promedio para el INF-CR es de 0,44 m presentándose para esta variable un error de muestreo bajo (0,04 m), (Figura 304).

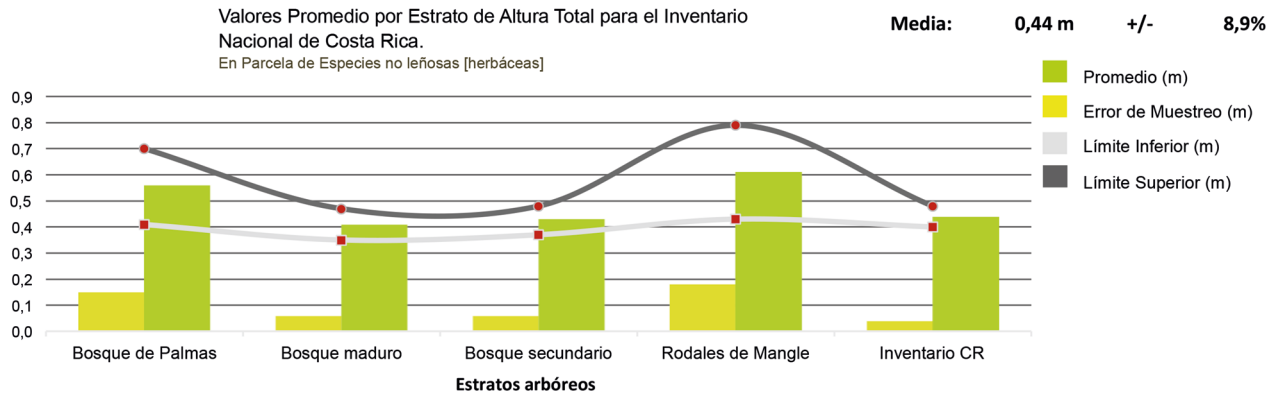


Figura 304. Altura en metros de especies herbáceas por estrato y para el INF-CR

12.1.2. Densidad (frecuencia)

En los estratos Bosque Secundario y Bosque Maduro se encontró la mayor cantidad de especies de herbáceas, con 139.882 individuos y 90.667 individuos por hectárea respectivamente. Para el Bosque Secundario se observa un alto error de muestreo (45%) a diferencia de Bosque Maduro para el que se tiene un bajo error de muestreo en la estimación del promedio (14%). Al igual que para la regeneración natural en los Bosques Secundarios se favorece el desarrollo de especies herbáceas por la mayor disponibilidad de luz al ser áreas intervenidas (mayor presencia de claros en el bosque). Los Bosques de Palmas y Rodales de Mangle tienen la menor cantidad de individuos con una diferencia importante con los otros estratos, siendo de 40.000 y 54.000 individuos por hectárea. El promedio de la densidad para el INF-CR es de 71.851 individuos por unidad de superficie con un error de muestreo de 26% (límite inferior 52.951 individuos/ha y límite superior 90.751 individuos/ha). En la Figura 305 se observa los valores para la densidad por cada estrato del inventario y total del mismo.

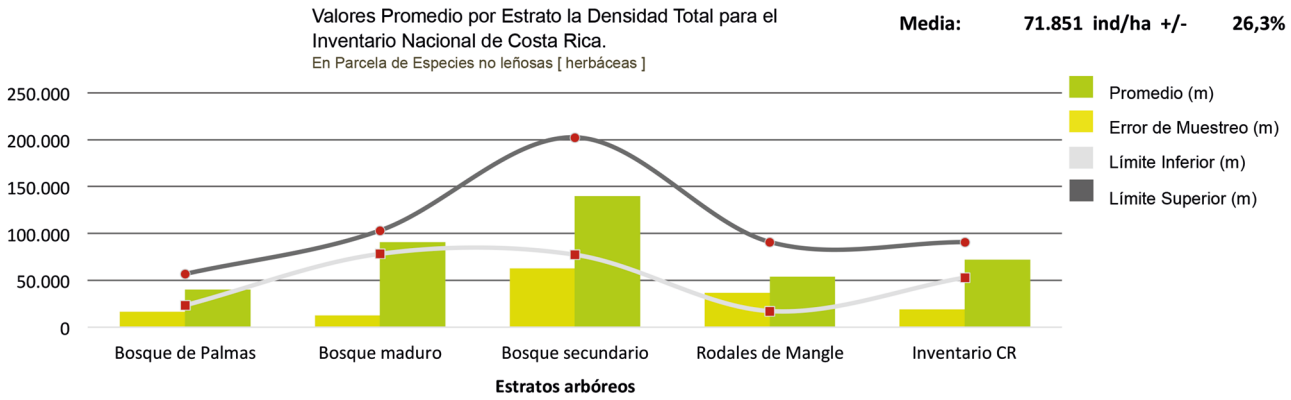


Figura 305. Densidad por hectárea para especies herbáceas por estrato y para el INF-CR

12.1.3. Número de especies

El número de especies encontradas (distinto de frecuencia) se observa en la Figura 306, donde el estrato Bosque Secundario es el que posee mayor diversidad con 234 especies herbáceas distintas, lo sigue el Bosque Maduro con 136 especies. Con menor número de especies herbáceas está el estrato Bosque de Palmas con 31 especies y el estrato Rodales de Mangle que es el que posee el menor número de especies herbáceas presentes (9) predominando algunas tales como *Avicennia germinans* y *Pelliciera rhizophorae*. Para el INF-CR se tiene 338 especies herbáceas distintas encontradas.

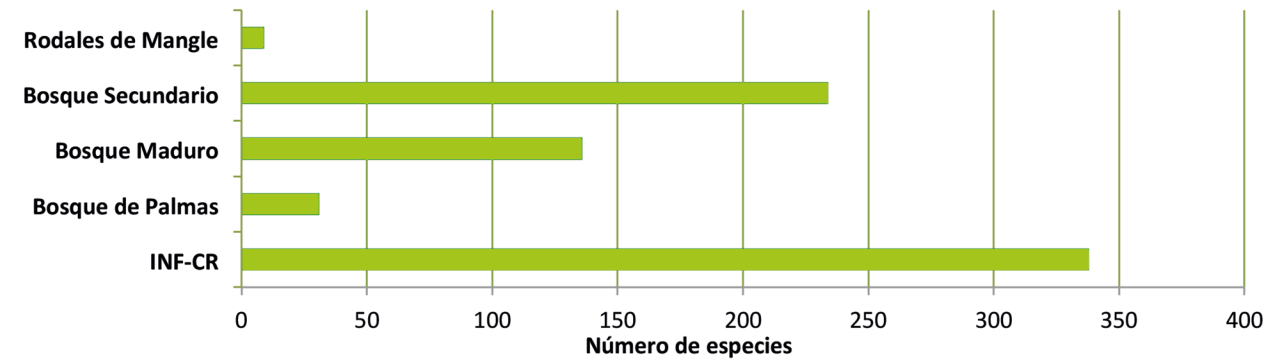


Figura 306. Número de especies herbáceas por estrato y para el INF-CR

12.1.4. Especies por clase de altura y estrato arbóreo

A continuación se muestra para cada estrato arbóreo las especies herbáceas que lo componen indicando su clase de altura. El rango de las clases generadas es de 0,2 metros.

a. Bosque de Palmas

En la Figura 307 se observa para el Bosque de Palmas las especies agrupadas por clases de altura y que fluctúan entre un mínimo de 0,12 m y un máximo de 1,52 m de altura. El mayor número de especies se concentra en las tres primeras clases 0,12 m, 0,32 m y 0,52 m, todas con 11 especies llegando a un 73% del total. Las especies con mayor presencia de mayor a menor cantidad son *Calathea sp.*, *Calathea marantifolia* y *Miconia affinis* para este estrato arbóreo.

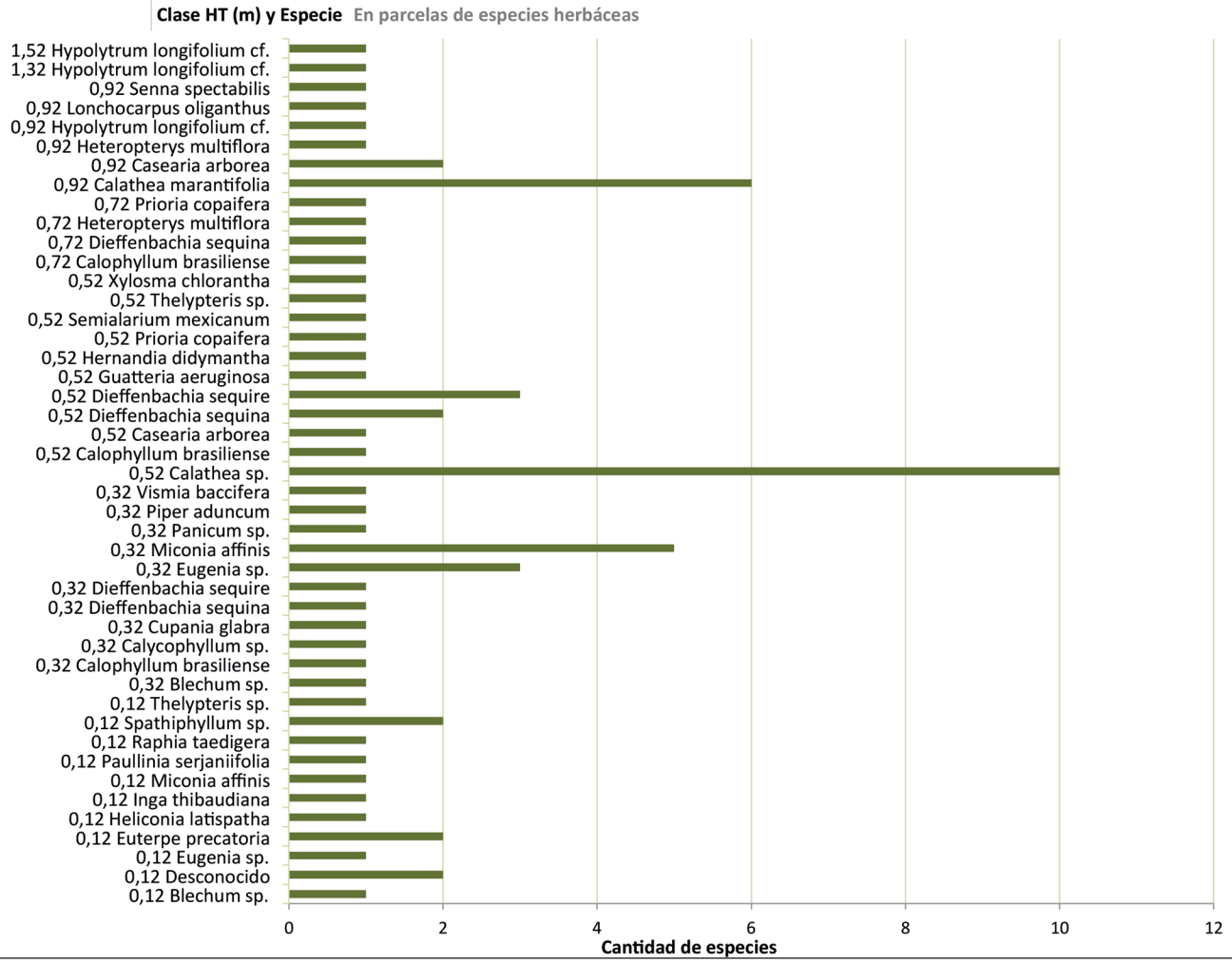


Figura 307. Clase de altura (m) y especies herbáceas estrato Bosque de Palmas

b. Bosque Maduro

En la Figura 308 se muestra para el estrato Bosque Maduro las especies por agrupación de clases de altura. Las clases se mueven entre 0,12 m y 1,52 m de altura, la mayor cantidad de especies se agrupa en la clase 0,12 m (0,020 m a 0,219 m) con un 30% de total de las especies, si se incluye la clase 0,32 m (0,22 m a 0,419 m) el porcentaje de participación aumenta a 56% . Sobresalen con mayor cantidad de individuos las especies

Piper sp., *Justicia sp.*, *Manilkara chicle* y *Blechum sp.*, aportando un 24% sobre el total de la frecuencia. En este estrato aparecen también una cantidad importante de especies que no fue posible identificar ni determinar (desconocidas) siendo éstas las de mayor cantidad para este estrato (19%).

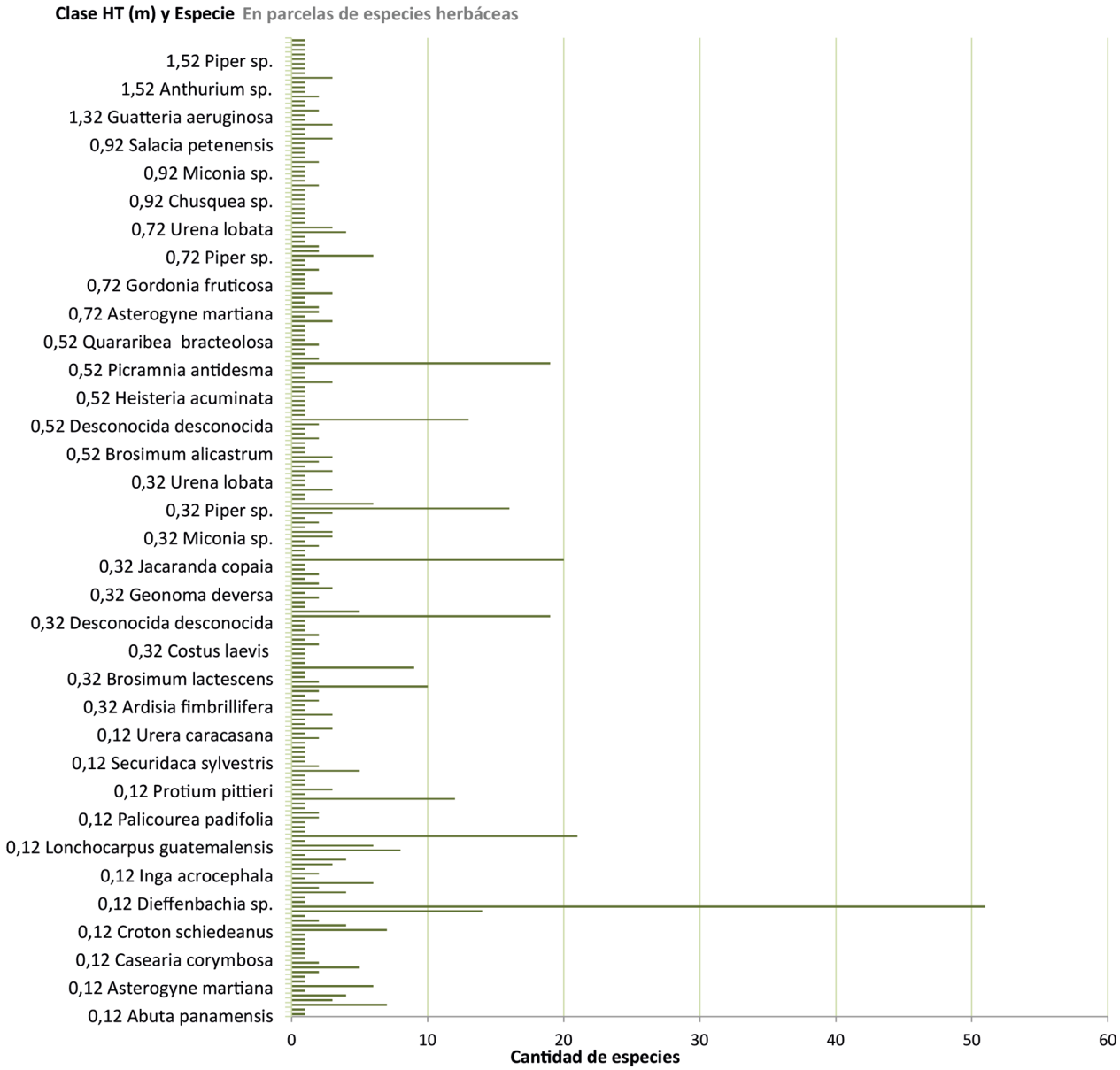


Figura 308. Clase de altura (m) y especies herbáceas estrato Bosque Maduro

c. Bosque Secundario

En la Figura 309 se muestra para el estrato Bosque Secundario las especies por agrupación de clases de altura. Las clases se mueven entre 0,12 m y 1,92 m de altura y el mayor número de especies se agrupa en la clase 0,12 m con un 34% del total de las especies, si se suman las especies de la clase 0,32 m asciende a 60%.

Sobresalen con mayor cantidad de individuos las especies *Bactris glandulosa, Inga punctata, Inga thibaudiana, Picramnia sp., Piper sp., Lasciacis sp.* y *Aphelandra scabra*, ordenadas de mayor a menor cantidad

respectivamente y que agrupan un 36% del total de individuos (frecuencia). En este estrato aparecen también una cantidad importante de especies que no fue posible identificar ni determinar (desconocidas) siendo éstas las de mayor cantidad para este estrato (12% del total) al igual que para estrato anterior (Bosque Maduro).

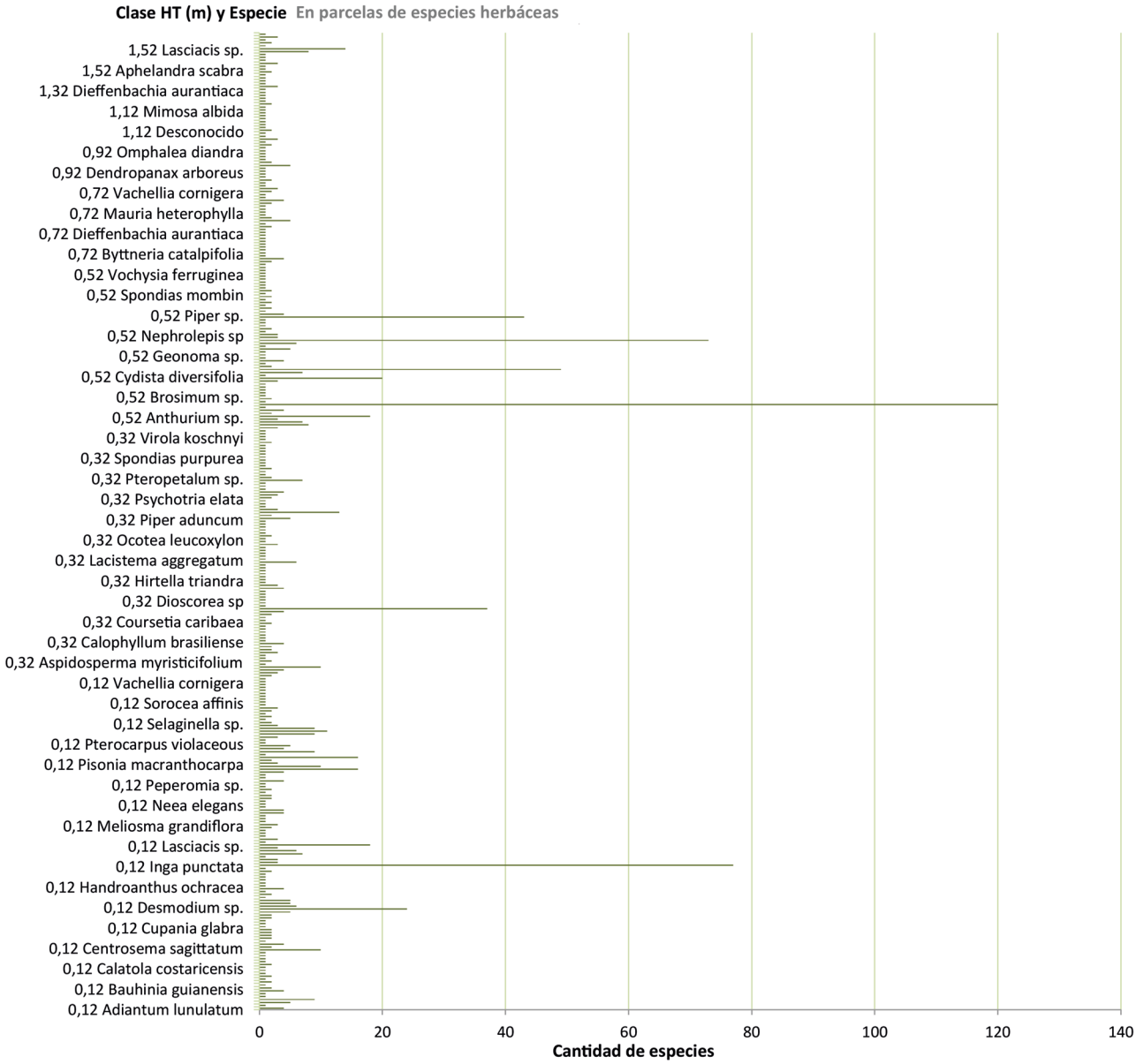


Figura 309. Clase de altura (m) y especies herbáceas estrato Bosque Secundario

d. Rodales de Mangle

En la Figura 310 se muestra para el estrato Rodales de Mangle las especies por agrupación de clases de altura. Las clases se mueven entre 0,12 m y 1,32 m de altura, la mayor proporción de especies se encuentra en la clase 0,52 m (0,420 m a 0,619 m) con un 24% del número total de especies.

Sobresalen con mayor cantidad de individuos las especies *Avicennia germinans*, *Pelliciera rhizophorae* y *Rhizophora mangle*, ordenadas de mayor a menor cantidad respectivamente. En estrato Rodales de Mangle se identificó y determinó la totalidad de las especies encontradas en el inventario.

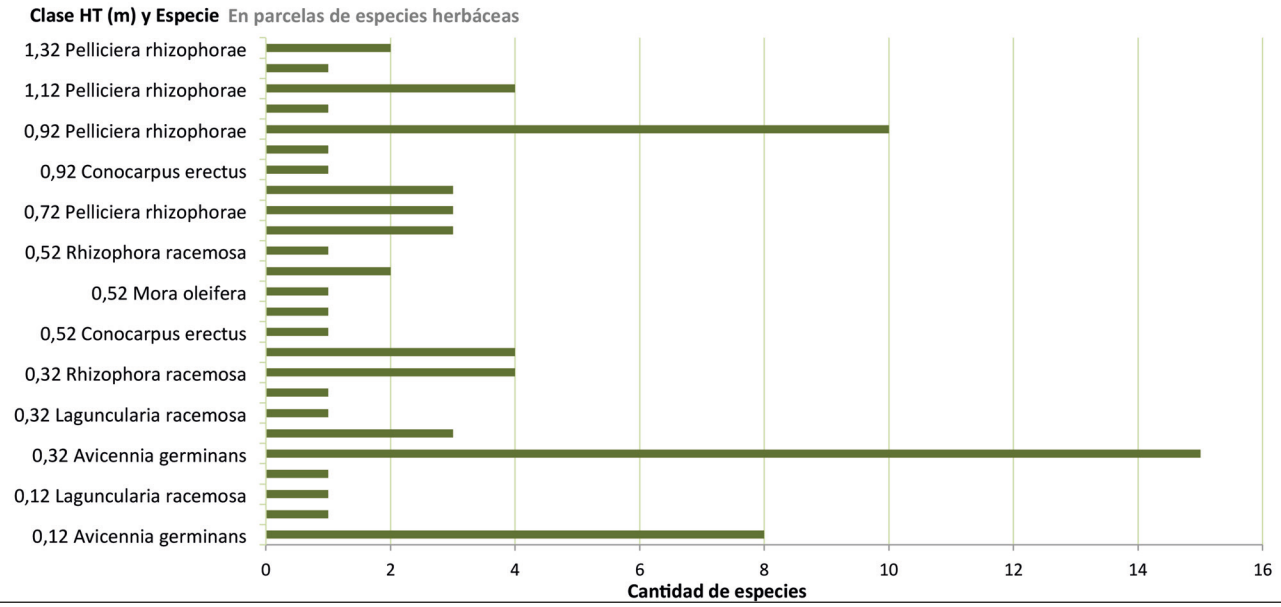


Figura 310. Clase de altura (m) y especies herbáceas estrato Rodales de Mangle

12.1.5. Especies herbáceas predominantes en el INF-CR

En el Cuadro 162 se muestra las especies herbáceas con mayor presencia encontradas en los ecosistemas vegetales en Costa Rica a través del inventario realizado. *Piper sp*. es la especie con mayor cantidad de individuos en la vegetación herbácea o no leñosa. Adicionalmente, se observa muchas especies que no

Cuadro 162. Especies herbáceas con mayor presencia en el INF-CR

NOMBRE CIENTIFICO	Cantidad individuos
Piper sp.	19.067.203.637
Bactris glandulosa	13.282.451.435
Justicia sp.	10.325.481.585
Inga punctata	9.298.595.534
Inga thibaudiana	8.439.274.747
Manilkara chicle	6.305.337.674
Picramnia sp.	4.870.977.605
Anthurium sp.	4.757.964.608
Blechum sp.	4.624.809.581
Psychotria sp.	4.389.145.982
Aphelandra scabra	4.094.871.755
Lasciacis sp.	3.653.062.380
Asterogyne martiana	3.392.524.585
Calathea sp.	2.695.922.744
Desconocida	43.572.771.224

fueron identificadas ni determinadas y sobre las que se debe trabajar en reconocer e incorporar al maestro de especies de Costa Rica.

12.2. Diversidad de especies herbáceas

Para las especies herbáceas, compuestas principalmente de plantas no leñosas que crecen bajo el estrato arbóreo, se analiza las características y grado de diversidad o riqueza en cada uno de los estratos arbóreos considerados. Al igual que para las especies mayores y regeneración natural se calculó varios índices de diversidad (varios autores) que reflejan la diversidad que poseen los ecosistemas a nivel de plántulas.

Es necesario indicar que en los estratos Pasto con Árboles y Plantación Forestal no estaban considerados en la planificación inicial del inventario, por lo que no se cuenta con información para análisis. Se considera entonces para la revisión de resultados los estratos de Bosque de Palmas, Bosque Maduro, Bosque Secundario y Rodales de Mangle, además de la información agrupada del INF-CR.

A continuación se presentan los cálculos de los índices de diversidad correspondientes a la parcela de cuarto nivel (UMC) para cada estrato arbóreo que incluyen todas las especies o plantas no leñosas que crecen bajo el dosel arbóreo. Adicionalmente, se muestra las cantidades de especies herbáceas que conforman cada estrato (Cuadro 163).

De acuerdo a los índices, los estratos Bosque Secundario y Bosque Maduro presentan la mayor diversidad entre los estratos, obteniendo además, los valores muy similares. Usando como ejemplo el índice Shannon – Wiener (menor a 1 es muy baja diversidad y mayores o igual a 4 es muy alta diversidad) el estrato Bosque Secundario presentan una Muy alta diversidad (según rango > 4,0) y Alta para Bosque Maduro (según rango 3,1 a 4,0). Luego está el estrato Bosque de Palmas con un valor de 3,16 indicando Alta diversidad y, finalmente, el estrato Rodales de Mangle con diversidad Baja con un índice calculado de 1,79 (según rango 1,1 a 2,0). Este último estrato presenta diversidad baja debido a la dominancia (mayor presencia) de algunas especies y a la escasa cantidad de especies distintas, lo que hace tener menor diversidad.

En general existe concordancia en los valores de los distintos índices calculados, en el sentido de indicar valores de diversidad similares para los mismos estratos.

Cuadro 163. Índices de diversidad y cantidad de especies herbáceas por estrato arbóreo

Tipo Indicador Diversidad Vegetal	INF-CR	Bosque de Palmas	Bosque Maduro	Bosque Secundario	Rodales de Mangle
1. Tipología de masa forestal					
Indice de Shannon (Log_2)	6,70	4,55	5,71	6,13	2,59
2. Especies arbóreas					
a) La cantidad de especies arbóreas (riqueza)					
1. Máximo número de especies	18	-6	9	18	3
2. Mínimo número especies	1	1	1	1	1
3. Media número de especies	4	3	4	5	2
4. Varianza número de especies	5,85	3,56	3,84	6,99	0,86
5. Intervalo Confianza (95%) número de especies	3,62 - 4,38	1,55 - 3,83	3,25 - 4,27	4,06 - 5,26	0,73 - 2,27
6. Total Especies en cada Hábitat	339	31	136	234	9
b) Índices no paramétricos de diversidad					
Índice de diversidad de Margaleff	44,77	7,01	21,43	32,91	1,82
Índice de diversidad de Menhinick	7,78	3,65	5,83	6,79	1,00
Índice de diversidad de Berger-Parker	0,89	0,86	0,84	0,89	0,63
Índice de diversidad de Simpson	0,97	0,94	0,95	0,96	0,78
Índice de diversidad de Shannon y Wiener	4,64	3,16	3,96	4,25	1,79

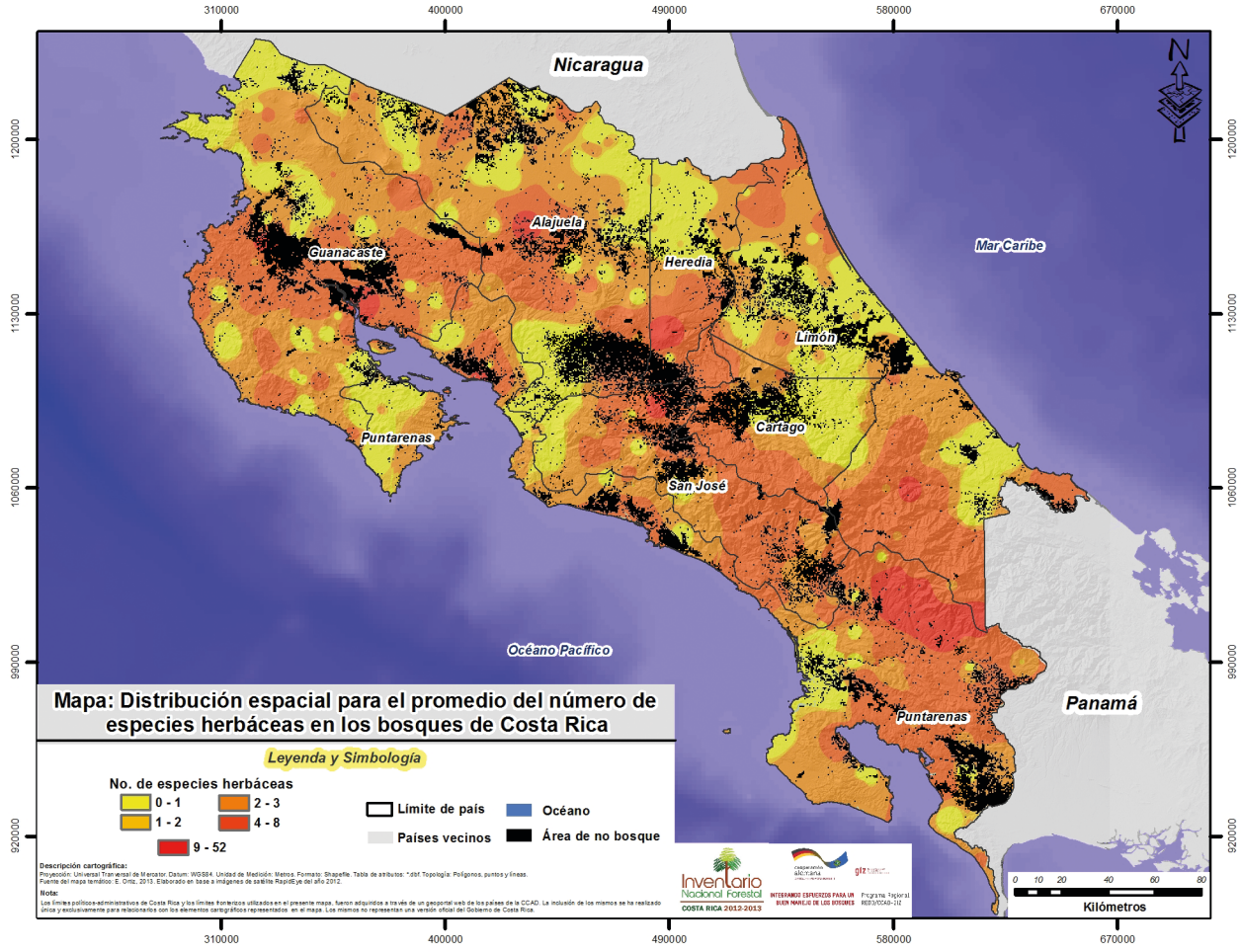


Figura 311. Distribución espacial para el promedio del número de especies herbáceas en los bosques de Costa Rica





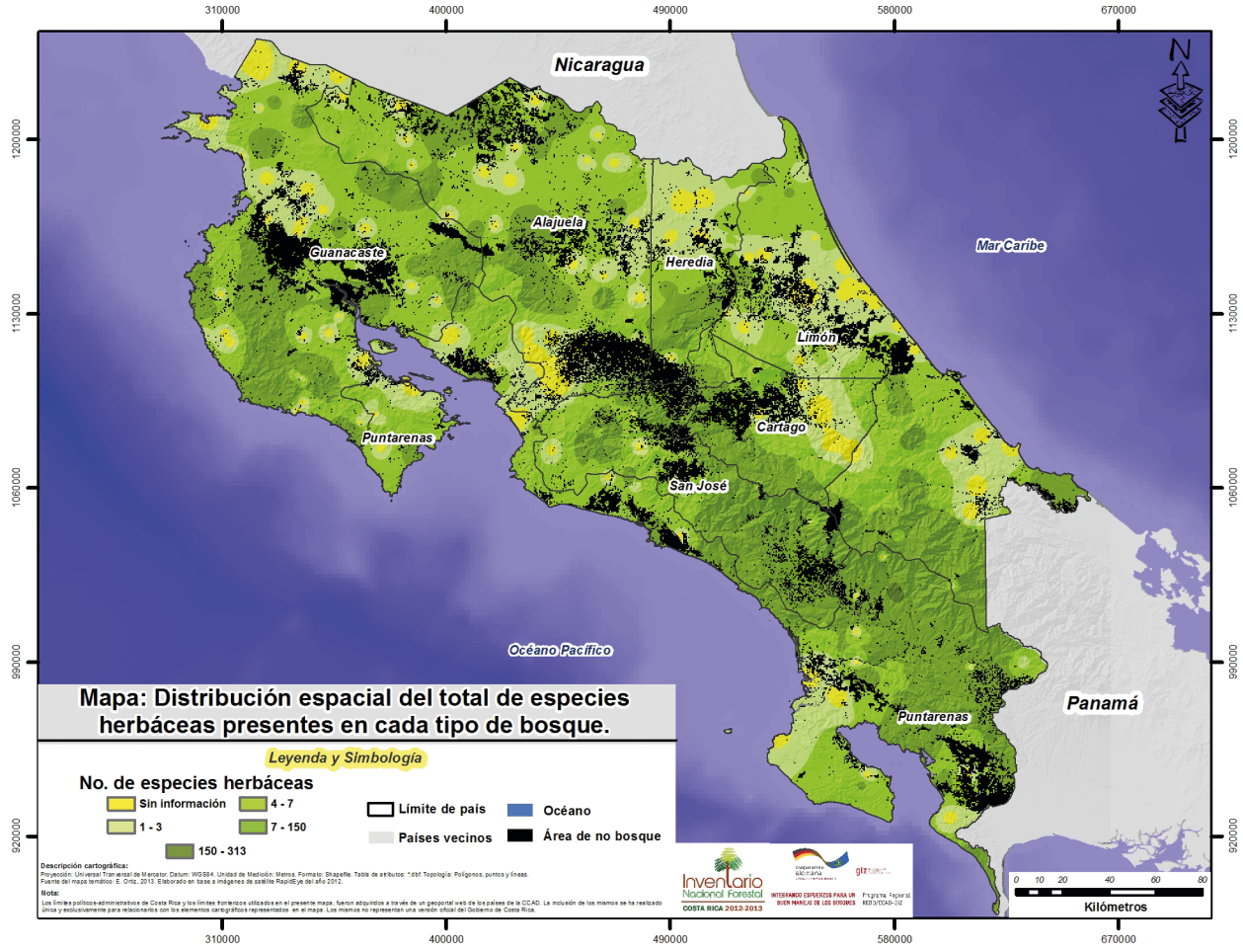


Figura 312. Distribución espacial del total de especies herbáceas presentes en cada tipo de bosque





En los próximos puntos se aborda las características de diversidad para cada uno de los estratos considerados para la vegetación herbácea.

12.2.1. Bosque de Palmas

En el estrato Bosque de Palmas, compuesto de 13 unidades de muestreo para este análisis (en las otras parcelas no se encontró o no se contabilizó especies herbáceas), el promedio de especies identificadas es de 3 (máximo 6 y mínimo 1) y el total de especies (distintas) encontradas es de 31. Los índices de diversidad muestran una diversidad Alta según los valores o rangos indicados para cada índice (Figura 313), la totalidad de los índices son coincidentes al respecto. Al observar el índice de Shannon – Wiener, éste presenta un valor de 3,16 cayendo en el rango entre 3,1 y 4,0 (diversidad alta). Los índices de Simpson y Berger – Parker con valores de 0,94 y 0,86 respectivamente indican una diversidad Alta a Muy alta al acercarse al valor del índice 1 (máxima diversidad).

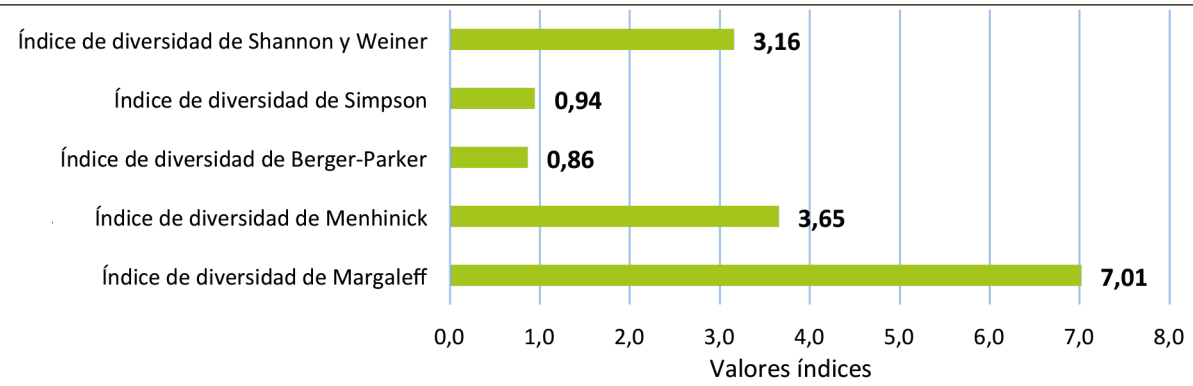


Figura 313. Valores de índices de diversidad de especies herbáceas estrato Bosque de Palmas

12.2.2. Bosque Maduro

En el estrato Bosque Maduro, compuesto de 59 unidades de muestreo analizadas, el promedio de especies identificadas es de 4 (máximo 9 y mínimo 1) y el total de especies encontradas es de 136. Los índices de diversidad muestran una diversidad Alta a Muy alta según los valores o rangos indicados para cada índice (Figura 314), la totalidad de los índices son consistentes al respecto. Al observar el índice de Shannon – Wiener, éste presenta un valor de 3,96 indicativos de alta diversidad según rango establecido 3,1 a 4,0 (diversidad alta). Los índices de Simpson y Berger – Parker son 0,95 y 0,84 respectivamente lo que indica una Alta a Muy alta diversidad para este estrato (valores cercanos a índice 1).

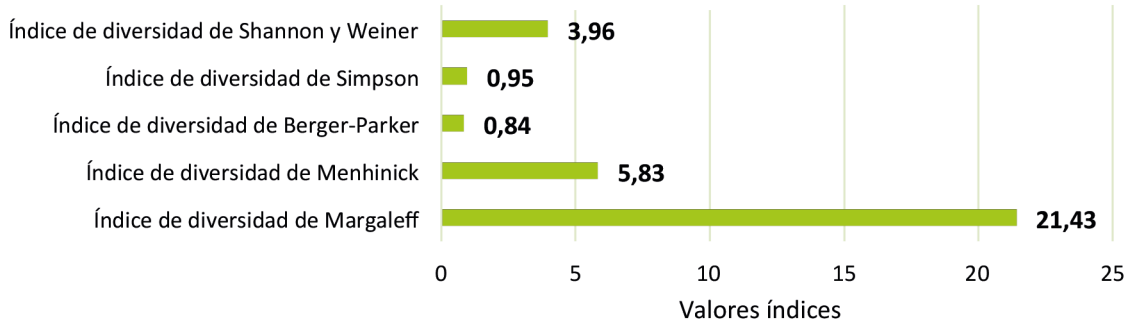


Figura 314. Valores de índices de diversidad de especies herbáceas estrato Bosque Maduro

12.2.3. Bosque Secundario

En el estrato Bosque Secundario, compuesto de 77 unidades de muestreo analizadas, el promedio de especies identificadas es de 5 (máximo 18 y mínimo 1) y el total de especies encontradas es de 234 al considerar todas las parcelas de este estrato. Los índices de diversidad muestran una diversidad Muy alta según los valores o rangos indicados para cada índice (Figura 315), superando en nivel de diversidad al estrato Bosque Maduro, por la disponibilidad de mayor cantidad de luz en base a claros que presentan los bosques con intervenciones antropogénicas. Al observar el índice de Shannon – Wiener, éste presenta un valor de 4,25 sobrepasando el valor 4 lo que refleja una Muy alta diversidad. Los índices de Simpson y Berger – Parker son 0,96 y 0,89 respectivamente, muy cercanos al valor de índice 1 indicativo de una Alta a Muy alta diversidad.

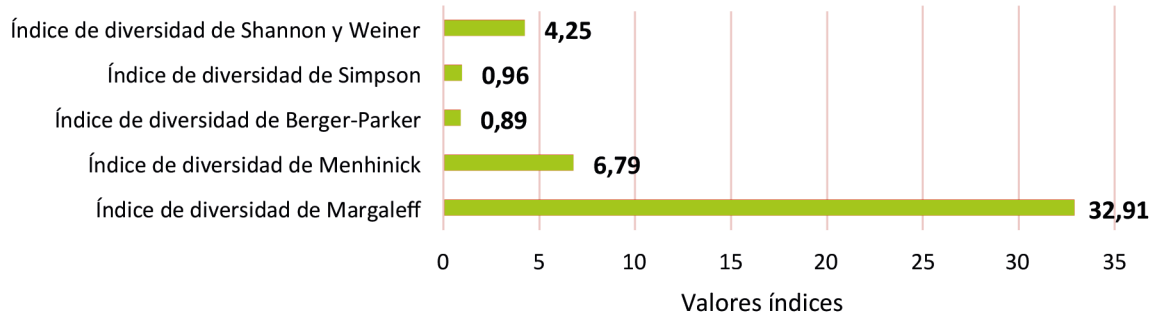


Figura 315. Valores de índices de diversidad de especies herbáceas estrato Bosque Secundario

12.2.4. Rodales de Mangle

En el estrato Rodales de Mangle, compuesto de 8 unidades de muestreo analizadas, el promedio de especies identificadas es de 2 (máximo 3 y mínimo 1) y el total de especies diferentes encontradas es de 9. Los índices de diversidad muestran una diversidad Baja según los valores o rangos indicados para cada índice (Figura 316), dado que es un estrato donde predominan dos especies (Avicennia germinans y Pelliciera rhizophorae) y posee un bajo número de especies totales (individuales). Al observar el índice de Shannon – Wiener, éste presenta un valor de 1,79 siendo el rango para este índice entre 1,1 y 2,0 lo que indica baja diversidad. Los índices de Simpson y Berger – Parker son 0,78 y 0,63 respectivamente lo que indica una diversidad Baja a Media para este estrato.

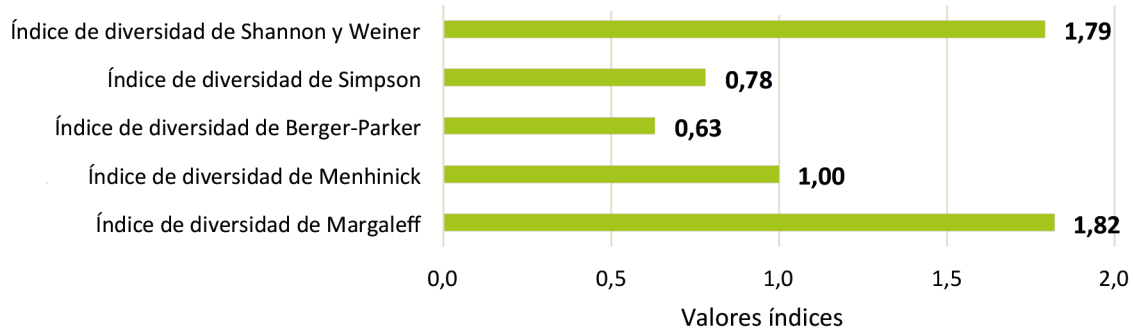


Figura 316. Valores de índices de diversidad de especies herbáceas estrato Rodales de Mangle

12.2.5. Especies herbáceas a nivel del INF-CR

Para el INF-CR, compuesto de 157 unidades de muestreo analizadas, el promedio de especies identificadas es de 4 (máximo 18 y mínimo 1) y el total de especies diferentes encontradas en la totalidad de las parcelas de este estrato es de 339. Los índices de diversidad muestran, para la vegetación de especies herbáceas en Costa Rica, una diversidad Muy alta según los valores o rangos indicados para cada índice (Figura 317). Al observar el índice de Shannon – Wiener, éste presenta un valor de 4,64 sobrepasando el valor 4 indicativo de Muy alta diversidad. Los valores de diversidad de Simpson y Berger – Parker son 0,97 y 0,89 respectivamente lo que indica una diversidad Muy alta concordando con los índices de diversidad de los otros autores.

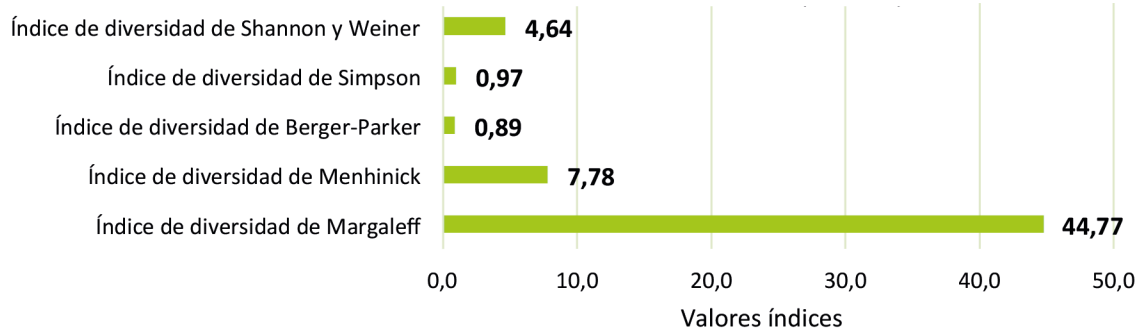


Figura 317. Valores de índices de diversidad de especies herbáceas para el INF-CR

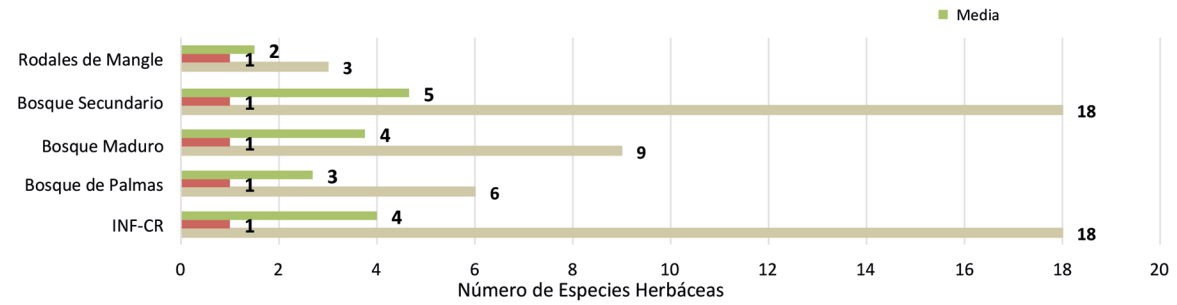


Figura 318. Valores máximo, mínimo y medio del número de especies herbáceas por estrato y para INF-CR

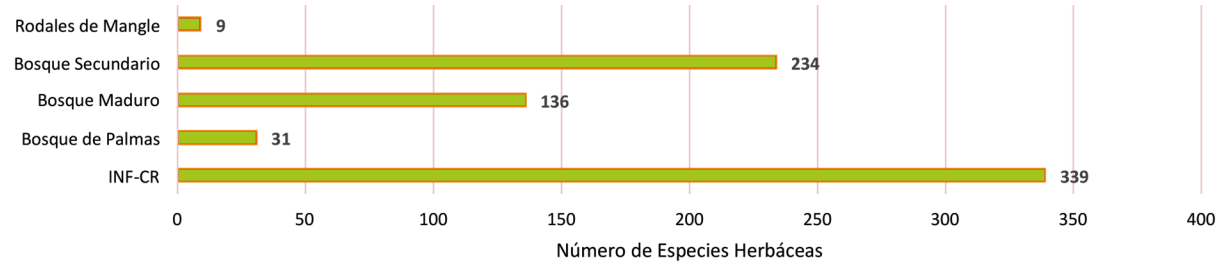


Figura 319. Número total de especies herbáceas por estrato y para INF-CR

12.3. Comparación de índices de diversidad por estratos y para el INF-CR especies herbáceas

A continuación se muestra cada uno de los índices de diversidad utilizados y calculados para determinar los niveles de diversidad que posee la vegetación herbácea (plantas no leñosas) para cada estrato arbóreo y para la agrupación de las especies que los componen resumidas en el INF-CR, haciendo una comparación entre los estratos considerados en el inventario.

12.3.1. Cantidad de especies por unidad de muestreo para los estratos del INF-CR

Para el número máximo de especies es el estrato Rodales de Mangle y Bosque de Palmas donde se encontró el menor número de especies incluidas en alguna unidad de muestreo con 3 y 6 respectivamente (parcelas 11326 y 17663 en Rodales de Mangle y parcelas 1473 y 15721 en Bosque de Palma) y la mayor cantidad se encontró en el Bosque Secundario con 18 especies distintas en una parcela (7802). Para el número mínimo de especies los 4 estratos tienen sólo una especie encontrada en sus unidades de muestreo. El Bosque Maduro y Secundario tiene un promedio de 4 y 5 especies respectivamente (Figura 318).

El Bosque Secundario y el Bosque Maduro poseen la mayor cantidad de especies (distinto de frecuencia) con 234 y 136 respectivamente (especies distintas). El estrato Rodales de Mangle tienen la menor cantidad de especies con 9 debido a la dominancia (mayor presencia) de algunas especies (tales como, Avicennia germinans y Pelliciera rhizophorae) lo que hace menos diversos estos ecosistemas. El Bosque de Palmas tiene 31 especies, con esta cantidad logra obtener un alta diversidad, ya que no tiene especies dominantes, a diferencia de lo que se ha visto en todos los demás componentes vegetales. Para el INF-CR se encuentra una cantidad total de 339 especies distintas. En la Figura 319 se muestra la cantidad total de especies para cada uno de los estratos y para el INF-CR.

12.3.2. Índice de diversidad de Margalef por estratos y para INF-CR

El índice de diversidad Margalef refleja la riqueza específica. El valor mínimo que puede adoptar el índice es 0 y ocurre cuando sólo existe una especie en la muestra. Por lo que a mayor valor del índice, mayor es la diversidad del ecosistema. Así, se observa en la Figura 320 que los valores más altos están en Bosque Secundario (32,91) y Bosque Maduro (21,43), indicando una alta a muy alta diversidad. Por otra parte, el valor más bajo está en el estrato Rodales de Mangle (1,82) con diversidad baja y en Bosque de Palmas (7,01) la diversidad es media para este índice. Para el INF-CR el valor es de 44,77 indicando una muy alta diversidad al considerar la totalidad de las especies de los estratos agrupados.

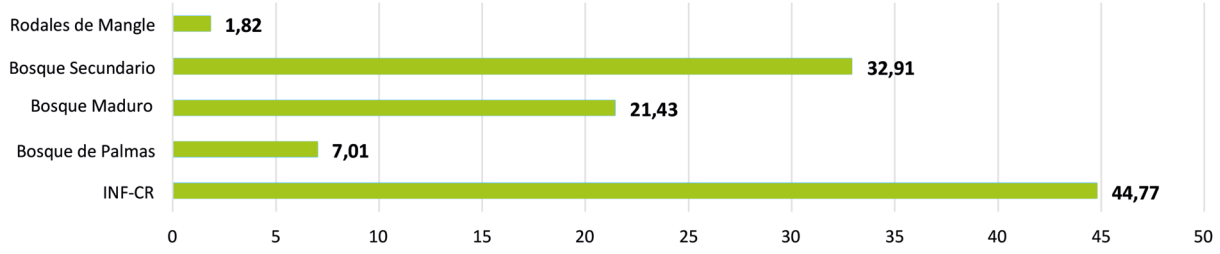


Figura 320. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Margalef en especies herbáceas

12.3.3. Índice de diversidad de Menhinick por estratos y para INF-CR

El índice de diversidad Menhinick refleja la riqueza específica. A mayor valor del índice, mayor es la diversidad del estrato o ecosistema. Se observa en la Figura 321 que los valores más altos están en Bosque Secundario (7) y Bosque Maduro (6) indicando una Muy alta diversidad. Por otra parte, el valor más bajo está en el estrato Rodales de Mangle con un valor de 1, lo que indica una Baja diversidad, y el estrato Bosque de Palmas con un valor de índice 4 refleja una diversidad Media para este índice, lo que concuerda con el índice de Margalef revisado en punto anterior. Para el INF-CR el valor es de 8 indicando una Muy alta diversidad al considerar la totalidad de las especies agrupadas en los distintos estratos.

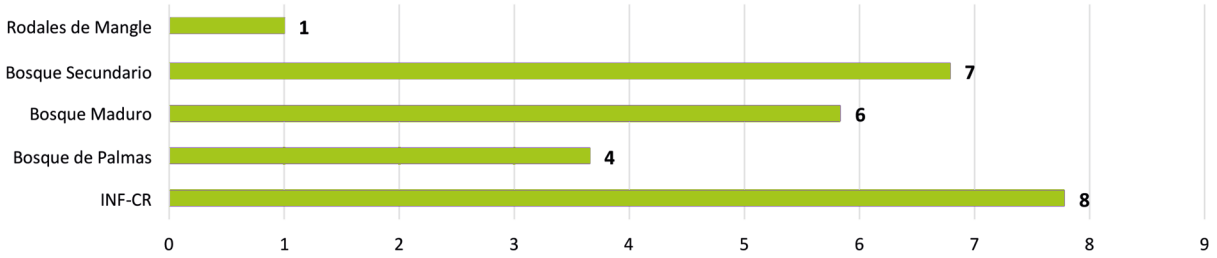


Figura 321. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Menhinick en especies herbáceas

12.3.4. Índice de diversidad de Berger – Parker por estratos y para el INF-CR

El índice de Berger – Parker mide la dominancia de la especie más abundante. Es un índice de dominancia, por lo que para obtener la diversidad se debe obtener el valor opuesto a la dominancia (1-D). El índice toma valores entre 0 y 1 por lo que valores del índice cercanos a 1 implican una mayor diversidad en el estrato o ecosistema. Se observa en la Figura 322 que los valores más altos están nuevamente en Bosque Secundario (0,89) y Bosque Maduro (0,84) indicando una Muy alta diversidad, pero se suma ellos el Bosque de Palmas (0,86) con un valor del índice que incluso supera al Bosque Maduro en diversidad, colocando a los tres estratos con muy alto nivel de diversidad. El valor más bajo está en el estrato Rodales de Mangle (0,63) presentando una diversidad Baja. Para el INF-CR el índice es de 0,89 considerando a los ecosistemas o estratos agrupados con muy alta diversidad.

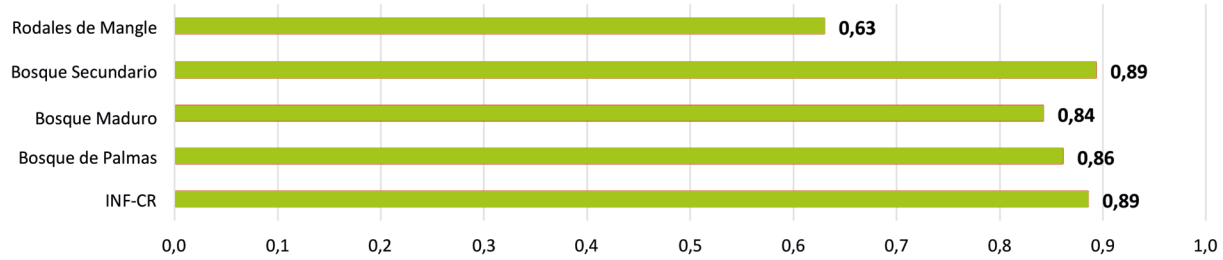


Figura 322. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Berger – Parker en especies herbáceas

12.3.5. Índice de diversidad de Simpson por estratos y para INF-CR

El índice de Simpson mide la dominancia de la especie más abundante. Es un índice de dominancia, por lo que para obtener la diversidad se debe obtener el valor inverso a la dominancia (1-D). El índice toma valores entre 0 y 1 por lo que valores del índice cercanos a 1 implican una alta diversidad en el estrato o ecosistema. Se observa en la Figura 323 que los valores más altos están nuevamente en Bosque Secundario, Bosque Maduro y Bosque de Palmas con valores del índice de 0,96, 0,95 y 0,94 respectivamente, presentando una Muy alta diversidad para las especies herbáceas. El valor más bajo está en el estrato Rodales de Mangle (0,78) indicando una Baja o menor diversidad. Se observa la misma tendencia respecto de la diversidad comparado con el índice de Berger – Parker. Para el INF-CR el índice es de 0,97 considerando a los ecosistemas o estratos agrupados con Muy alta diversidad.

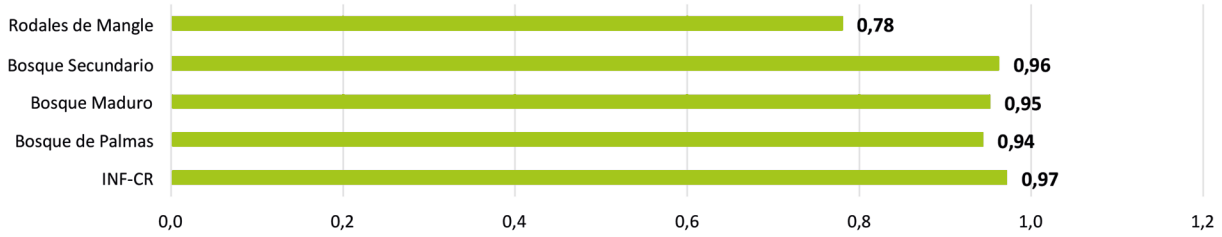


Figura 323. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Simpson en especies herbáceas

12.3.6. Índice de diversidad de Shannon - Wiener por estratos y para INF-CR

El índice de Shannon – Wiener es utilizado para medir biodiversidad específica considerando riqueza de especies y abundancia. El índice toma valores entre 1 y 5 por lo que valores del índice cercanos a 1 implican una muy baja diversidad y valores cercanos o superiores a 5 una muy alta diversidad en el estrato o ecosistema. Se observa en la Figura 324 que el valor más alto está en el estrato Bosque Secundario con un índice de 4,25 reflejando un nivel Muy alto de diversidad, luego está el estrato Bosque Maduro con un índice de 3,96 y el estrato Bosque de Palmas con un índice de 3,16 lo que implica Alta diversidad. El valor más bajo está en el estrato Rodales de Mangle con un índice de 1,79 indicando una baja diversidad. Para el INF-CR se observa una Muy alta diversidad con un valor de 4,64 sobrepasando el valor 4 para el índice.

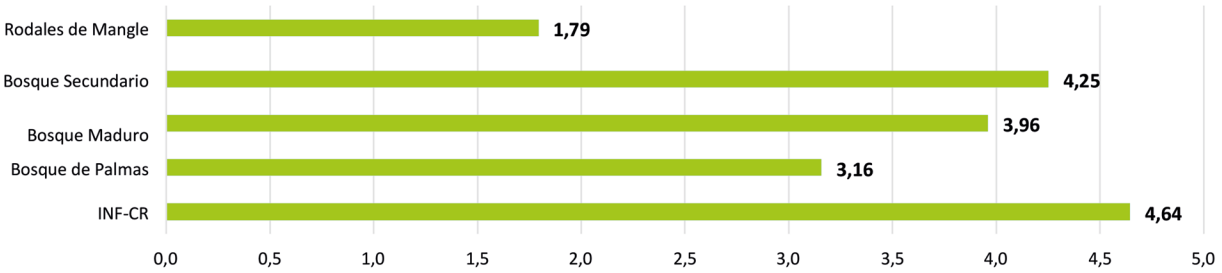


Figura 324. Valores obtenidos con el índice de diversidad de Simpson Shannon – Wiener en especies herbáceas

Para las especies herbáceas se observa que es el estrato Bosque Secundario el que tiene los más altos índices de diversidad (Muy altos), lo sigue el estrato Bosque Maduro, que a diferencia de los otros componentes vegetales (especies mayores y regeneración), logra niveles de alta diversidad solamente y no de muy alta diversidad. Otra diferencia que se produce en las herbáceas respecto de los otros componentes vegetales es que para el estrato Bosque de Palmas se obtienen índices de diversidad medios y altos, y no bajos como lo son para el resto de los componentes.

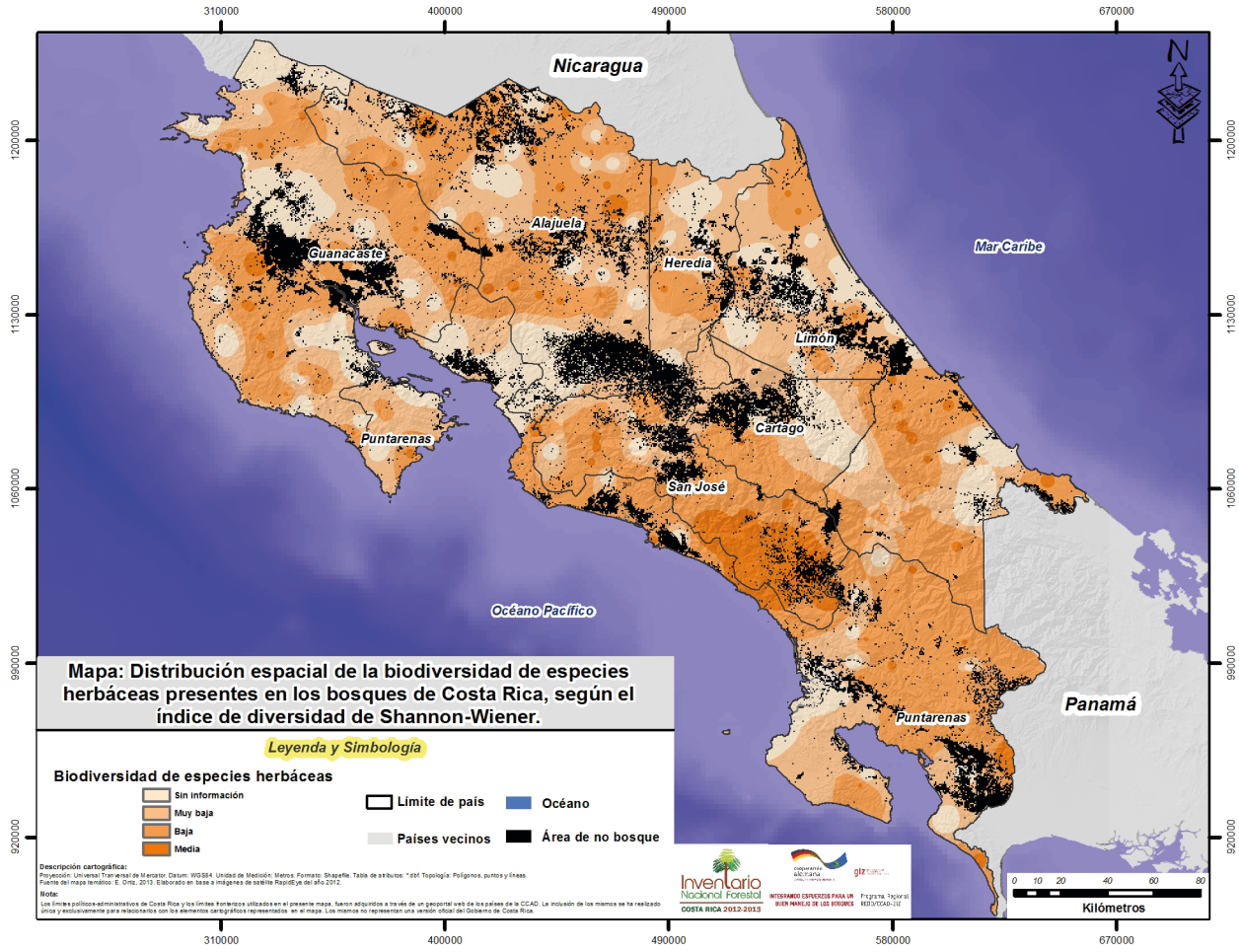


Figura 325. Distribución espacial de la biodiversidad de especies herbáceas presentes en los bosques de Costa Rica, según el índice de diversidad de Shannon-Wiener

12.4. Relación entre las especies herbáceas y variables ambientales

Estudios hechos en varios bosques tropicales parecen indicar que la distribución de las plantas del dosel está influenciada por varios factores: climáticos, bióticos y referentes al sustrato (Hernández-Rosas, 1998).

La presencia de especies herbáceas se encuentra directamente determinada tanto por el régimen de perturbaciones existentes y su relación con la dinámica de dispersión y establecimiento, individual o agrupada, que presenten las especies constituyentes del ecosistema vegetacional, así como también por variables topográficas, climáticas y de la biota en general, entre otras, las cuales determinan la composición y abundancia de la especies herbáceas.

Las variaciones experimentadas en aspectos fisiográficos tales como exposición y altitud, tienen incidencia directa sobre factores como humedad, profundidad y tipo de suelo, y el microclima, que en conjunto determinan las condiciones del medio, haciéndolo más o menos favorable para el desarrollo de una u otra especie vegetal.

12.4.1. Especies herbáceas en función de la exposición, pendiente y altitud

Para el caso de la especies herbáceas de los bosques de Costa Rica, al analizar la densidad promedio (individuos/ha) de esta en términos de las variables fisiográficas indicadas, es posible evidenciar que la menor cantidad de herbáceas por unidad de superficie se encuentra en la exposición Norte, en tanto que en las restantes 3 exposiciones la cantidad de estas especies es muy similar existiendo una muy leve tendencia a una mayor cantidad de individuos de herbáceas en la exposición Sur (Cuadro 164).

Cuadro 164. Densidad de especies herbáceas en relación a la exposición del terreno

Exposición	Herbáceas (ind/ha)
Norte	71.362
Sur	72.803
Este	70.722
Oeste	72.592
PROMEDIO GENERAL	71.879

Para el caso de la pendiente del terreno, se evidencia que la mayor densidad de especies herbáceas existentes en los bosques se presenta en el rango de pendientes mayores a 45%, y la tendencia general que se manifiesta es que a una mayor inclinación del terreno se produce una mayor presencia de especies herbáceas (Cuadro 165).

Cuadro 165. Densidad de especies herbáceas en relación a la pendiente del terreno

Pendiente	Herbáceas (ind/ha)
Pendiente: 0 - 15%	55.334
Pendiente: 15 - 30%	76.827
Pendiente: 30 - 45%	89.545
Pendiente: Mayor que 45%	95.607
PROMEDIO GENERAL	71.879

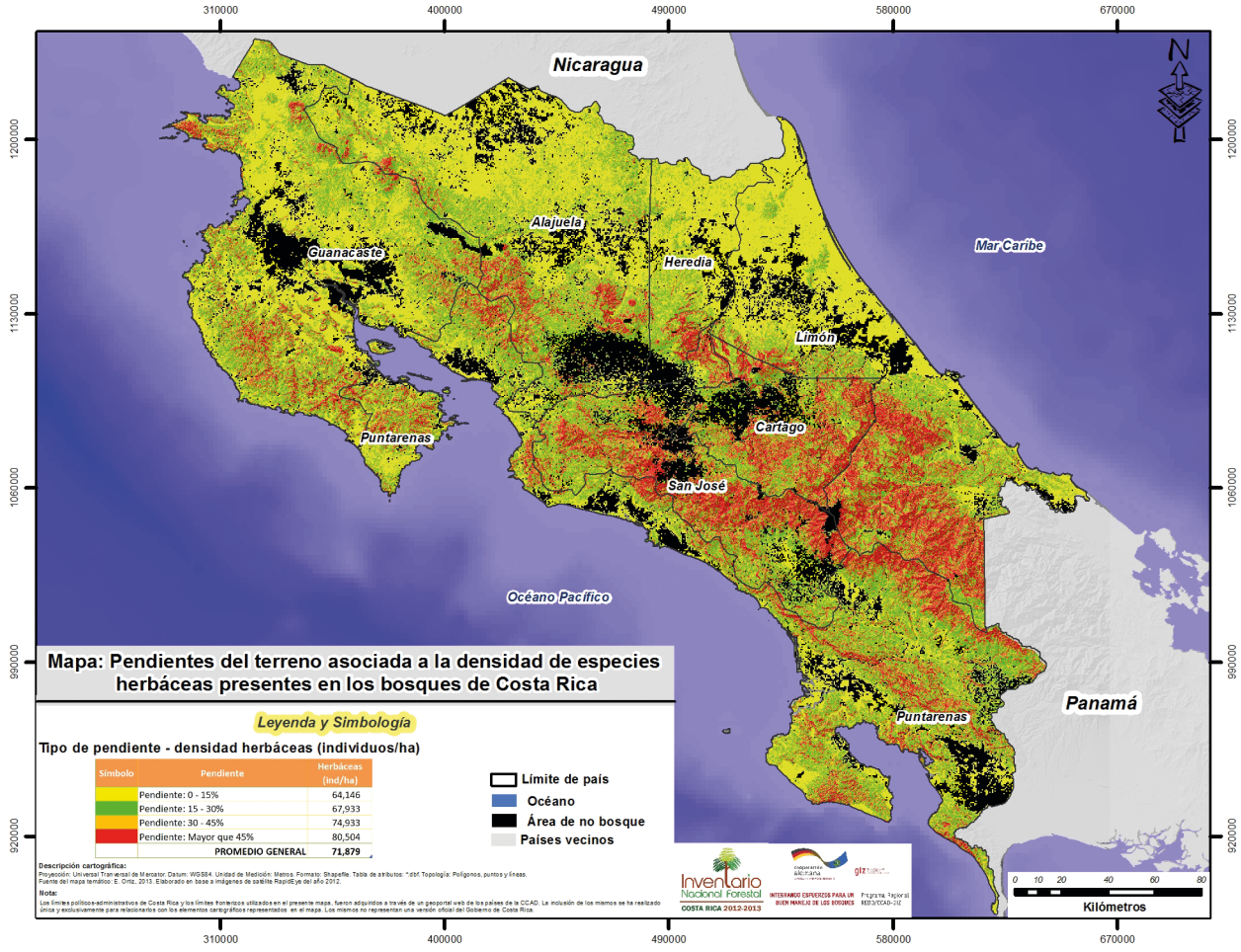


Figura 326. Distribución espacial de la densidad de especies herbáceas presentes en los bosques de Costa Rica, según pendiente del terreno

En relación a la elevación del terreno, se denota una tendencia a que la densidad de las plantas herbáceas aumenta en la medida que la altitud sobre el nivel del mar es mayor cuando se analiza elevaciones por debajo de los 1.000 msnm, ya que es en el rango de 500 a 1.000 msnm donde se alcanza el pick de densidad (95.277 ind/ha) y de ahí en adelante esta comienza a disminuir llegando a 72.436 ind/ha en altitudes por sobre los 3.000 msnm (Cuadro 166).

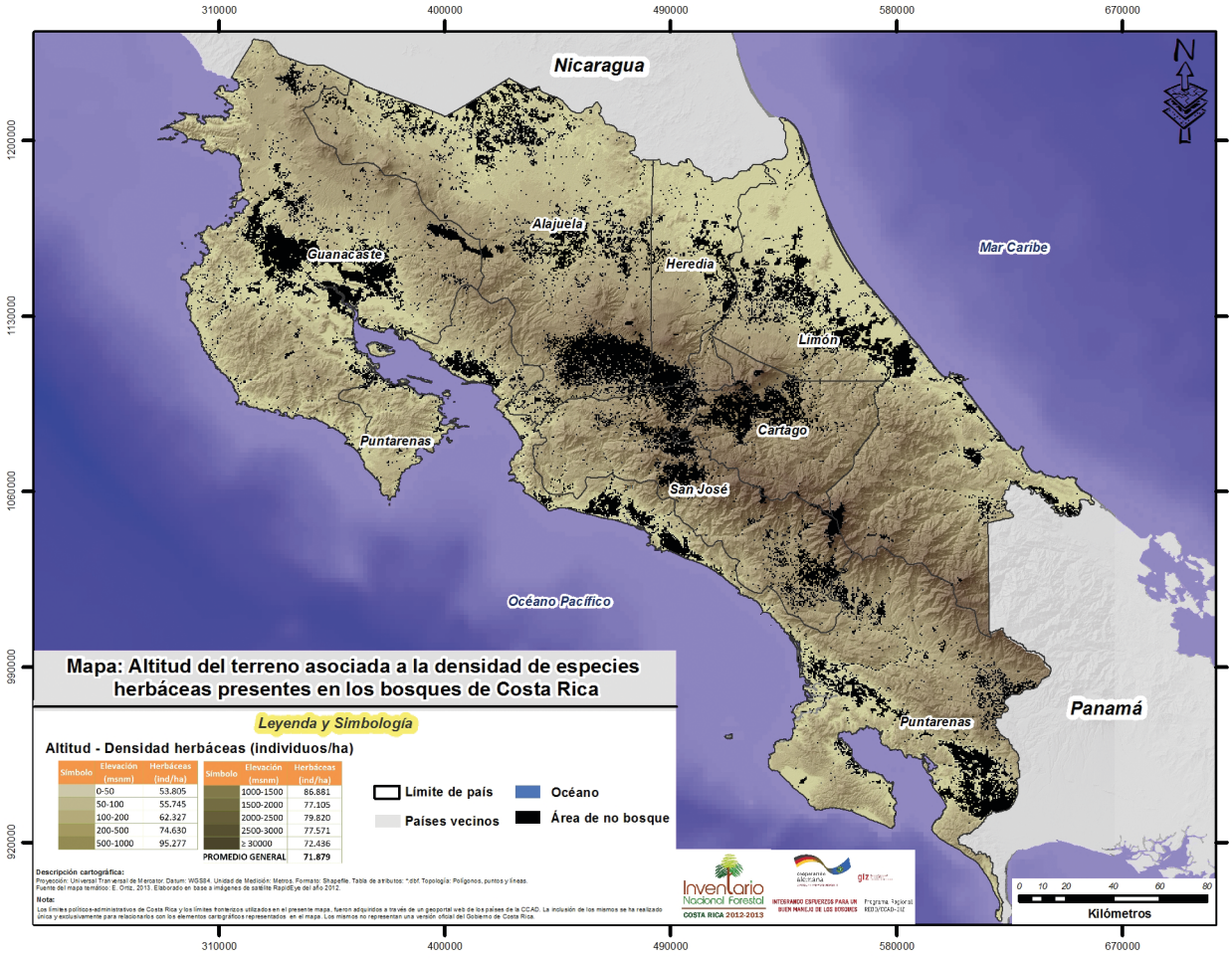


Figura 327. Distribución espacial de la densidad de especies herbáceas en los bosques de Costa Rica, según elevación del terreno

Cuadro 166. Densidad de especies herbáceas en relación a la altitud del terreno

Elevación (msnm)	Herbáceas (ind/ha)
Sin información	55.073
0-50	53.805
50-100	55.745
100-200	62.327
200-500	74.630
500-1000	95.277
1000-1500	86.881
1500-2000	77.105
2000-2500	79.820
2500-3000	77.571
mayor que 30000	72.436
PROMEDIO GENERAL	71.879

En la Figura 328 es posible evidenciar gráficamente el comportamiento de la densidad de especies herbáceas presentes en los bosques de Costa Rica en función a la exposición, la pendiente y la altitud del terreno.

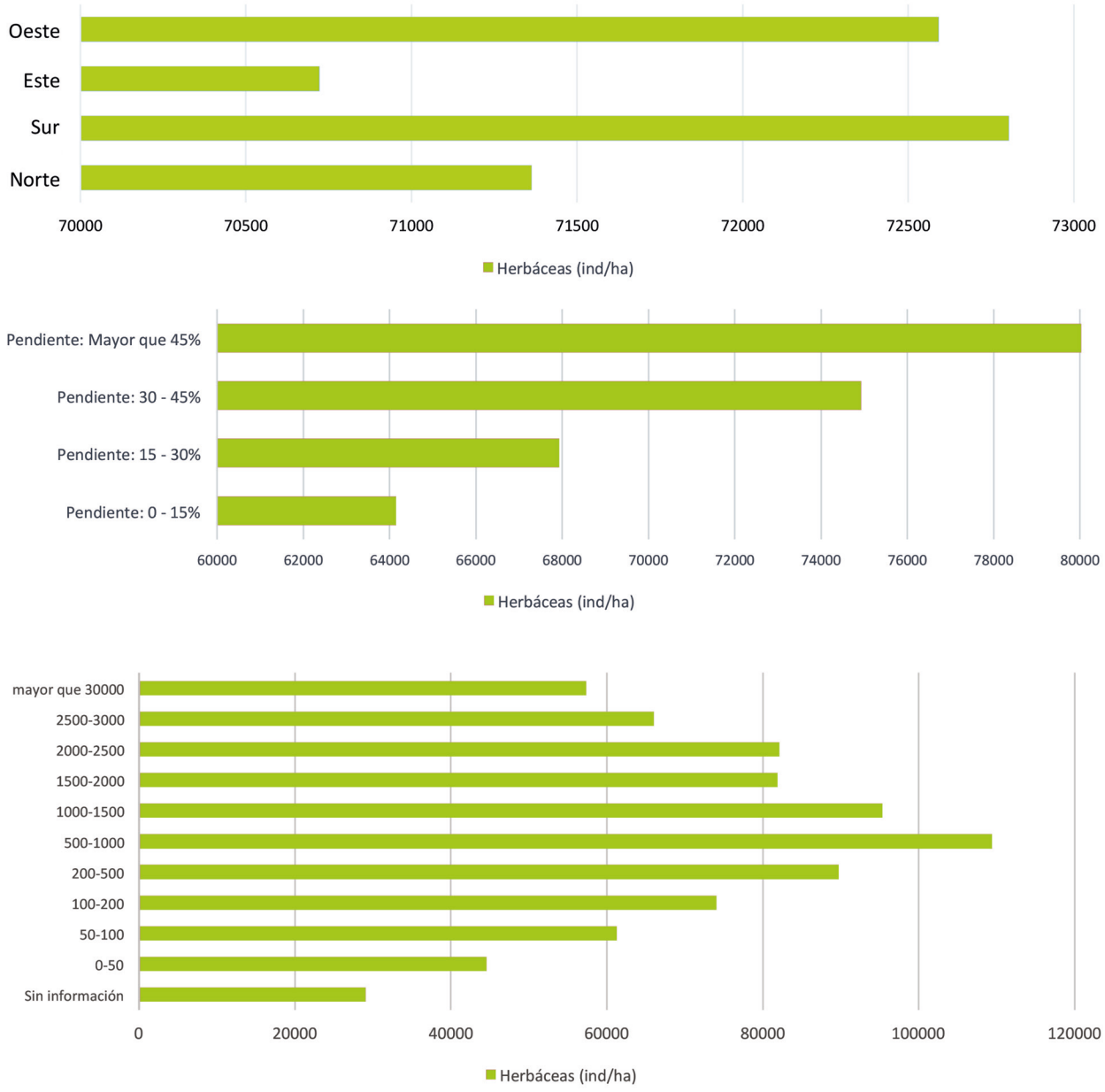


Figura 328. Densidad de las especies herbáceas presentes en los bosques de Costa Rica, en relación a la exposición, la pendiente y la altitud del terreno

12.4.2. Especies herbáceas en función del tipo de suelo, zona climática y zona de vida

Para el categorizar los tipos de suelo existentes en Costa Rica se utilizó la clasificación del IPCC indicada en las Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry (GPG2003) (IPCC, 2003), y es posible observar que son los suelos Arcillosos de baja actividad en los cuales existe una mayor densidad de

la especies herbáceas (88.474 individuos/ha), mientras que en los suelos volcánicos es donde esta densidad es menor (60.521 individuos/ha) (Cuadro 167). Cabe hacer notar que esta tendencia es exactamente igual a la determinada para la regeneración de especies arbóreas descrita en el capítulo anterior.

Cuadro 167. Densidad de especies herbáceas en relación al tipo de suelo, según clasificación del IPCC

Suelo (IPCC)	Herbáceas (ind/ha)
Sin información	64.629
Arcilloso de alta actividad	71.322
Arcilloso de baja actividad	88.474
Suelos orgánicos	65.951
Suelos volcánicos	60.521
Humedales	80.377
PROMEDIO GENERAL	71.879

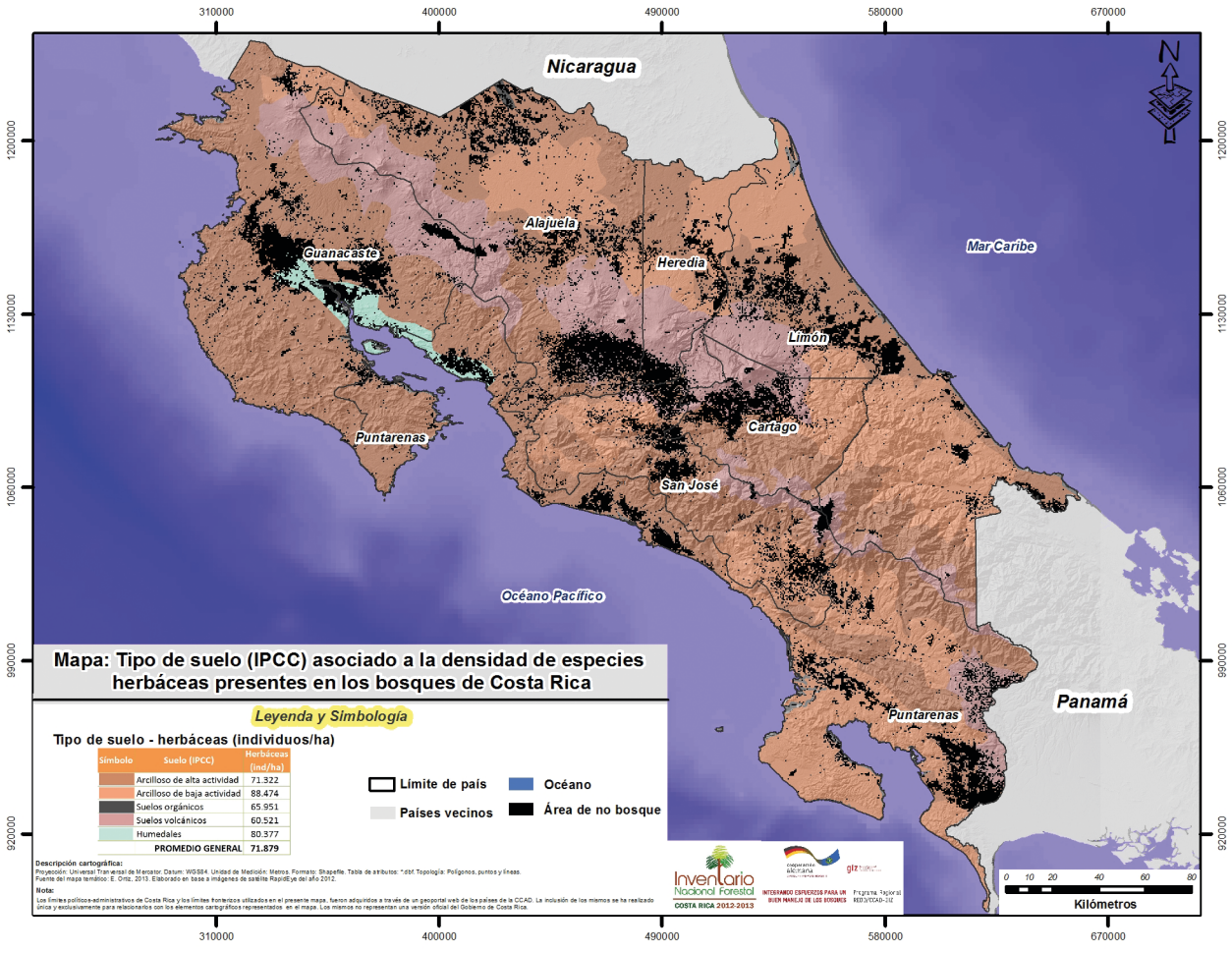


Figura 329. Distribución espacial de la densidad de especies herbáceas según tipo de suelo del IPCC

Respecto a las variables climáticas, estas se abordan desde dos perspectivas complementarias: las zonas climáticas del IPCC (2003) y las zonas de vida de Holdridge. A este respecto, desde la primera perspectiva de clasificación, la mayor densidad de especies herbáceas se da en la Zona Tropical muy húmeda (75.874 individuos/ha) (Cuadro 168), en tanto que para la perspectiva de las zonas de vida, la mayor densidad de especies herbáceas está en el Bosque pluvial premontano 117.974 individuos/ha) y la menor en el Bosque húmedo montano bajo (49.995 individuos/ha) (Cuadro 169). Al igual que para el caso de los suelos, la tendencia del comportamiento de la densidad de las especies herbáceas en relación a las zonas de vida de Holdridge es análoga a la determinada para la regeneración de especies arbóreas descrita en el capítulo anterior.

Cuadro 168. Densidad de especies herbáceas en relación las zonas climáticas del IPCC

Zona climática (IPCC)	Herbáceas (ind/ha)
Sin información	64.207
Tropical, húmeda	75.556
Tropical, muy húmeda	75.874
PROMEDIO GENERAL	71.879

Cuadro 169. Densidad de especies herbáceas en relación a las zonas de vida de Holdridge

Zona de Vida (Holdridge)	Herbáceas (ind/ha)
Sin información	59.590
Bosque húmedo montano bajo	49.995
Bosque húmedo premontano	62.850
Bosque húmedo tropical	63.090
Bosque muy húmedo montano	52.067
Bosque muy húmedo montano bajo	55.223
Bosque muy húmedo premontano	62.729
Bosque muy húmedo tropical	60.817
Bosque Pluvial Montano	92.897
Bosque Pluvial Montano Bajo	112.711
Bosque pluvial premontano	117.974
Bosque seco tropical	67.738
Paramo pluvial subalpino	76.647
PROMEDIO GENERAL	71.879

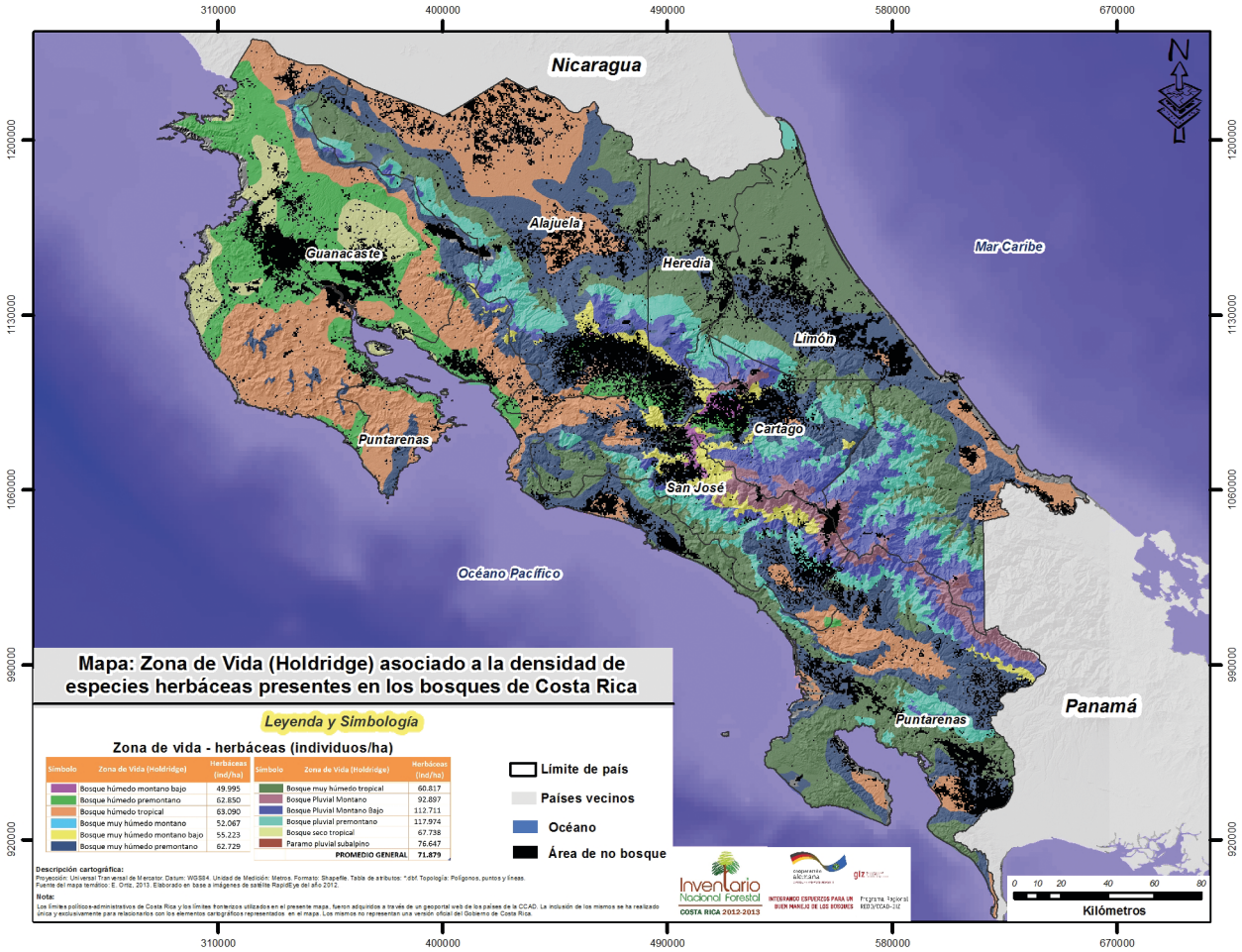


Figura 330. Distribución espacial de la densidad de especies herbáceas según zonas de vida de Holdridge





En la Figura 331 es posible evidenciar gráficamente el comportamiento de las especies herbáceas de los bosques de Costa Rica en relación al tipo de suelo y zonas climáticas del IPCC, y a las zonas de vida de Holdridge.

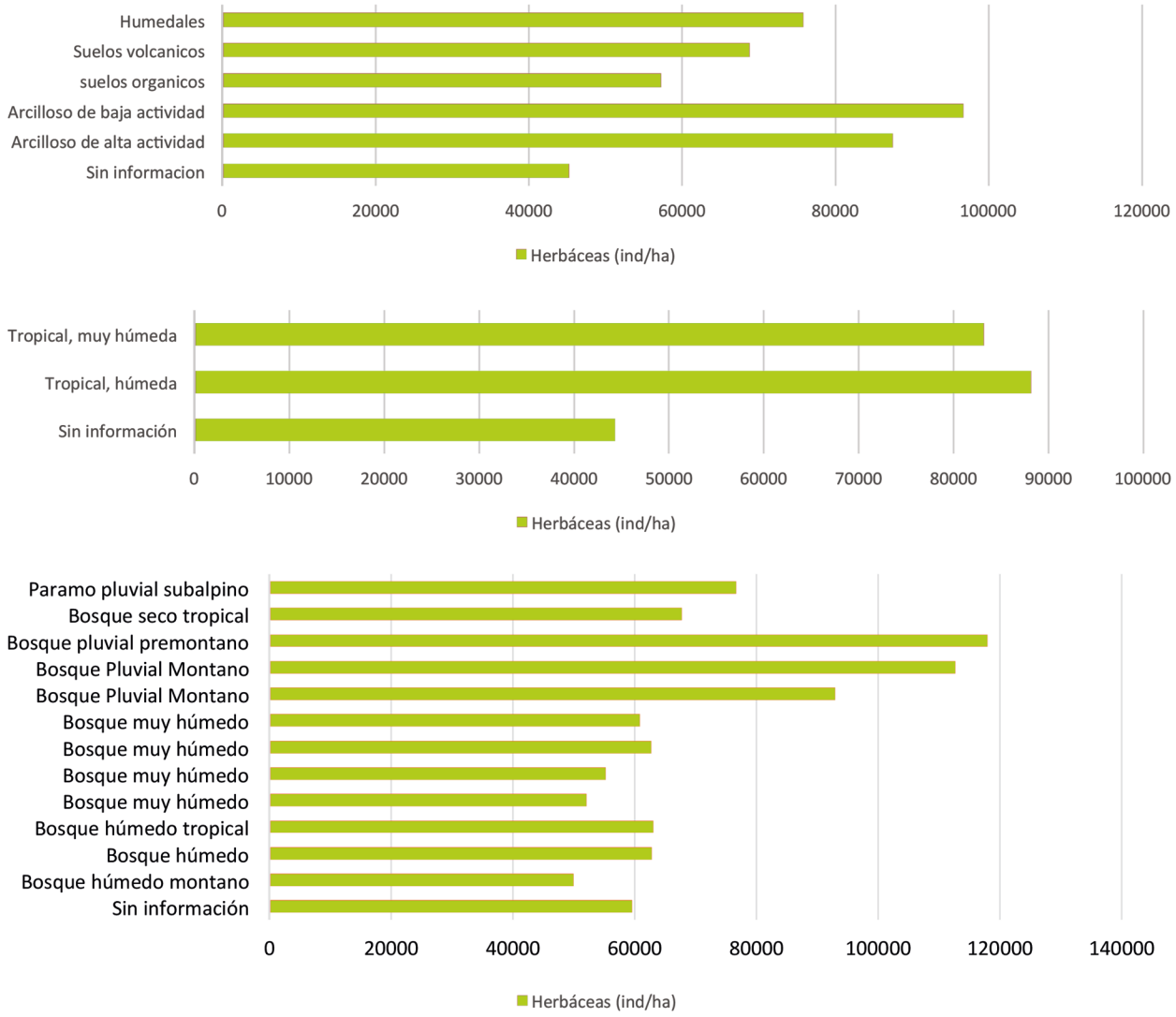


Figura 331. Densidad de especies herbáceas de los bosques de Costa Rica en relación al tipo de suelo y zonas climáticas del IPCC, y a las zonas de vida de Holdridge

12.4.3. Especies herbáceas de los bosques en las áreas protegidas

Las áreas protegidas de Costa Rica pueden pertenecer a cualquiera de las 10 categorías que se listan en el Cuadro 170, y en donde la categoría Sin Información corresponde a áreas que no están bajo ningún nivel de protección.

A este respecto se evidencia que la mayor densidad de especies herbáceas presentes en los bosques de Costa Rica se da en la categoría Reserva Indígena (169.723 individuos/ha) en la cual existe más del doble de individuos por unidad de superficie que en la categoría Refugio Nacional que es la que le precede. Los menores niveles de especies herbáceas están dados para Humedales (41.756 individuos/ha) y Refugio de

Vida Silvestre (50.278 individuos/ha) (Cuadro 170, Figura 332). Esta tendencia a menor número de individuos para las herbáceas en las categorías de protección indicadas coincide exactamente con una menor densidad de la regeneración de las especies arbóreas.

Cuadro 170. Densidad de especies herbáceas en cada categoría de Área de Conservación de Costa Rica

Categoría Area de Conservación	Herbáceas (ind/ha)
Sin información	60.440
Fincas del Estado	56.325
Humedales	41.756
Otras	63.218
Parque Nacional	71.061
Reserva biológica	71.708
Reserva forestal	70.881
Reserva Indígena	169.723
Refugio Nacional	75.944
Refugio de Vida Silvestre	50.278
Zonas protectoras	59.336
PROMEDIO GENERAL	69.919

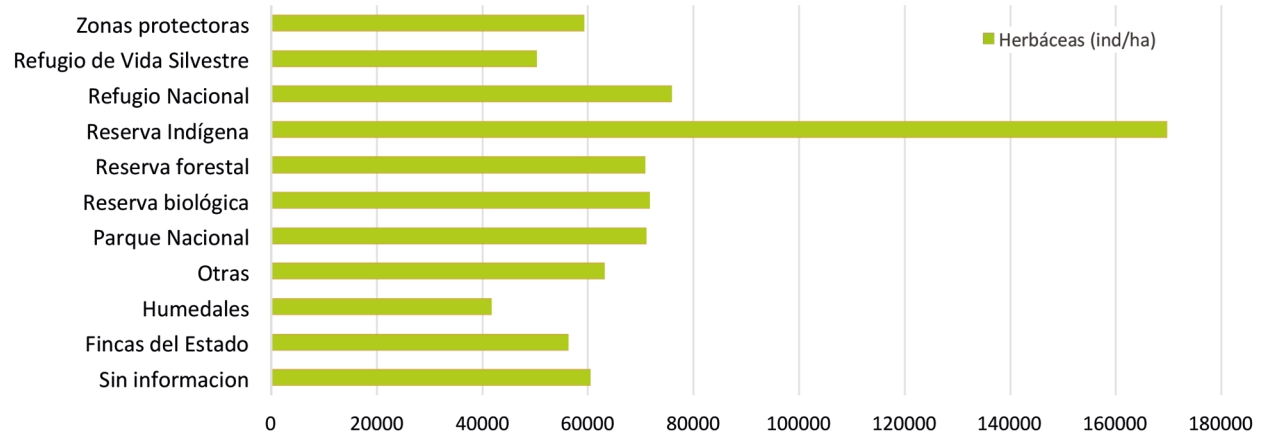


Figura 332. Densidad de especies herbáceas presentes en los bosques de Costa Rica para cada una de las categorías de Áreas de Conservación existentes en el país

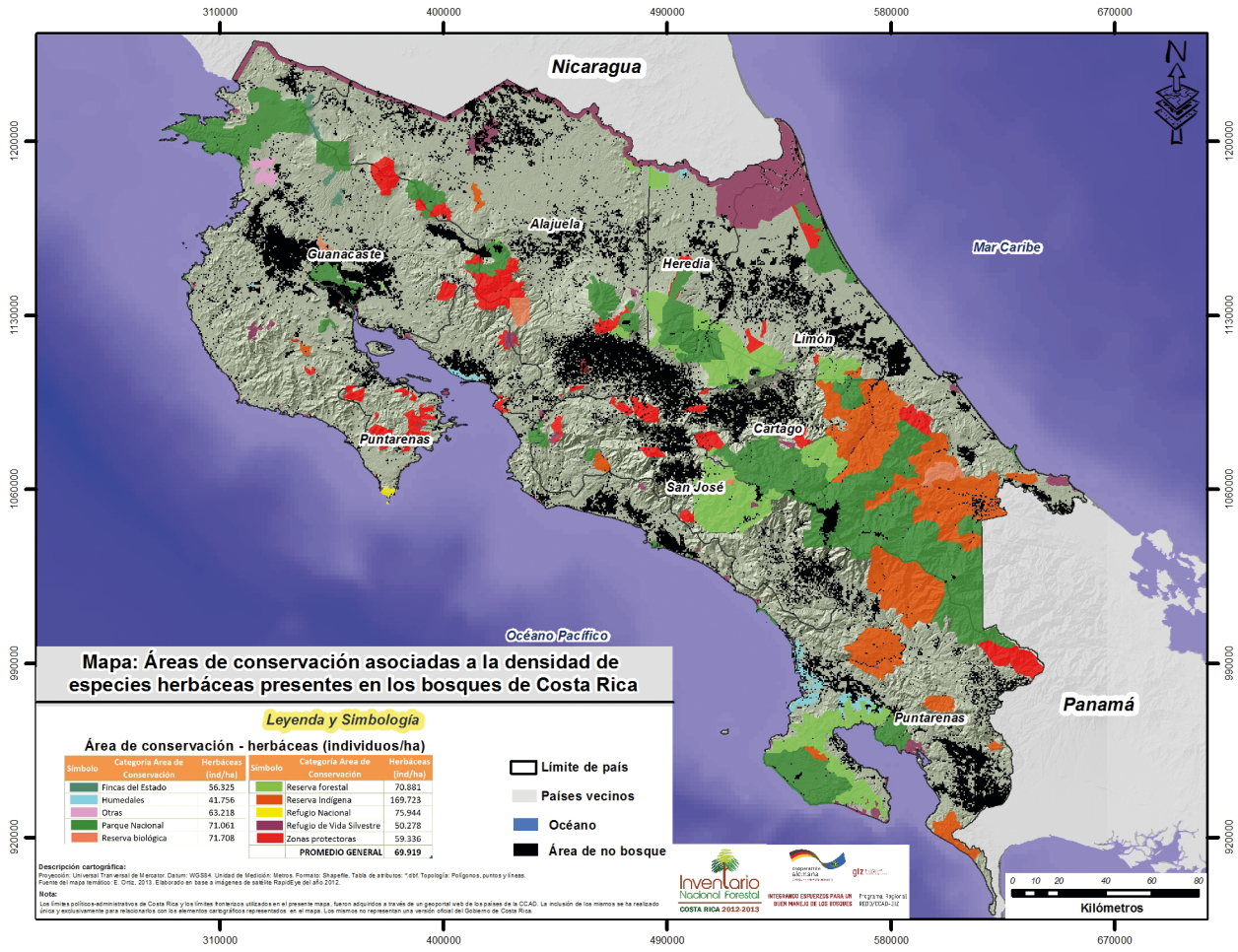


Figura 333. Distribución espacial de la densidad de especies herbáceas según categoría de Área de Conservación de los bosques de Costa Rica

Si se agrupa el territorio nacional con bosque en dos categorías de conservación (Cuadro 171) y se calcula la densidad promedio de especies herbáceas de los bosques protegidos, en términos ponderados de acuerdo a la participación en superficie, se tiene que la densidad de especies herbáceas es levemente mayor (3,45%) en las áreas boscosas protegidas que en las áreas boscosas sin ningún régimen de protección (Figura 334).

Cuadro 171. Densidad promedio de especies herbáceas en bosques protegidos y bosques no protegidos de Costa Rica

Categoría Conservación	Herbáceas (ind/ha)
No Protegido	60.440
Protegido	73.023
PROMEDIO GENERAL	69.919

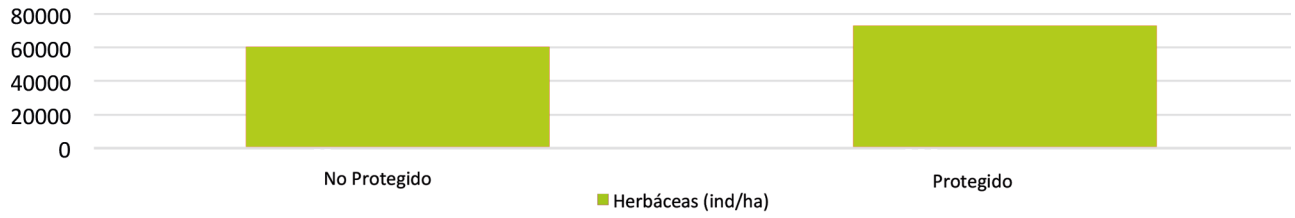
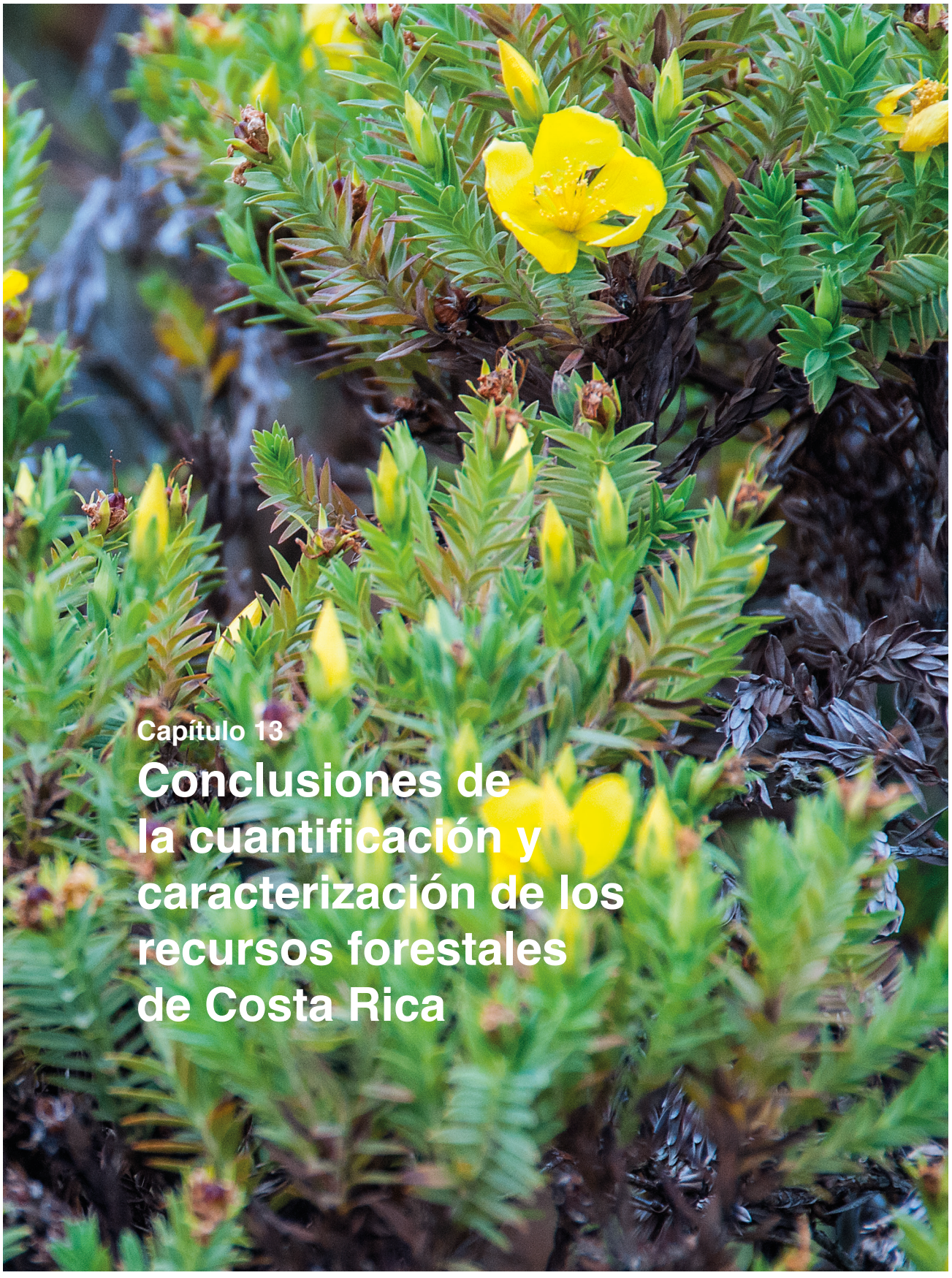


Figura 334. Comparación de la densidad promedio de especies herbáceas entre bosques protegidos y no protegidos de Costa Rica

12.5. Referencias bibliográficas

1. Appel, I. 1993. Evaluación de la regeneración en renovales de Canelo (Drimys winteri Forst) sometidos a diferentes niveles de intervención, en la Cordillera de la Costa, Provincia de Valdivia. Tesis Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 78 p.
2. CONAF – GTZ. 1998. Experiencia Silvicultural del Bosque Nativo de Chile. Recopilación de Antecedentes para 57 Especies Arbóreas y Evaluación de Prácticas Silviculturales. Proyecto Manejo Sustentable del Bosque Nativo. CONAF-GTZ. Publicaciones Lo Castillo. Santiago, Chile. 420 p.
3. Golley, F. 1983. Tropical rain forest. Ecosystems, structure and function. Elsevier Scientific Publishing Company. New York, USA. 381 p.
4. Gómez, J. y T Krömer. 2012. Efectos altitudinales, antropológicos y ambientales sobre patrones ecológicos de helechos y angiospermas herbáceas. Ponenecia en el 2° Simposio de becarios y exbecarios del CONACyT en Europa. Estrasburgo, Francia. 29-30 Noviembre. 8 p.
5. Hernández-Rosas, J. 1998. Diversidad y Estructura de las comunidades de epífitas del bosque siempreverde tropical. Informe Final al CONICIT. 90 p.
6. Hernández-Rosas, J. 1999. Diversidad de grupos funcionales de plantas del dosel de un bosque húmedo tropical del Alto Orinoco, Estado Amazonas, Venezuela. Ecotrópicos 12(1):33-48.
7. IPCC. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry (GPG2003). Edited by Jim Penman, Michael Gytarsky, Taka Hiraishi, Thelma Krug, Dina Kruger, Riitta Pipatti, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara, Kiyoto Tanabe and Fabian Wagner. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the Intergubernamental Panel on Climate Change (IPCC). 590 p.
8. Jacobs, M. 1988. The tropical rain forest. A First Encounte. Edited by Remke Kruk *et al*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York,London, Paris, Tokyo. 295 p.
9. Kappelle, M.; Van Omme, L. y M. Juárez. 2000. Lista de la flora vascular de la cuenca superior del Río Savegre, San Gerardo de Dota, Costa Rica. Acta Botánica Mexicana 51: 1-38.
10. Körner, C.; Allison, A. & H. Hilscher. 1983. Altitudinal variation in leaf diffusive conductance and leaf anatomy in heliophytes of montane New Guinea and their interrelation with microclimate. Flora 174: 91-135.
11. Medina, E. 1990. Eco-fisiología y evolución de las Bromeliaceae. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias. Córdoba 59: 71-100.
12. SINAC-Programa REDD-CCAD-GIZ. 2014. Manual de campo para el inventario forestal nacional de Costa Rica: Diseño de parcela y medición de variables de sitio y dasométricas. San José, Costa Rica. 74 p. Disponible en: http://www.sirefor.go.cr/?wpfb_dl=5
13. Waite, M. & L. Sack. 2011. Shift in bryophyte carbon isotope ratio across an elevation x soil age matrix on Mauna Loa, Hawaii: do bryophytes behave like vascular plantas? Oecologia 166:11-22.
14. Wegner, C.; Wunderlich, M & M. Kessler. 2003. Foliar C: N ratio of ferns along an Andean elevation gradient. Biotropica 35(4): 486-490.





Capítulo 13

Conclusiones de la cuantificación y caracterización de los recursos forestales de Costa Rica

Capítulo 13

Conclusiones de la cuantificación y caracterización de los recursos forestales de Costa Rica

El desarrollo del INF-CR tuvo por objetivo principal determinar las existencias, características y el estado de los recursos forestales del país como base para orientar el ordenamiento de las tierras forestales en la toma de decisiones para su manejo y administración. En este contexto, y en función de los resultados presentados en los capítulos precedentes es posible establecer las siguientes conclusiones:

1. De la superficie territorial total de Costa Rica, correspondiente a 5.122.028,4 ha, la superficie clasificada como forestal es de 3.866.895,8 ha (75,5%), la superficie no forestal es de 773.135,16 ha (15,1%) y la superficie no clasificada por la existencia de nubes o sombra de nubes es de 481.997,4 ha (9,4%). La superficie forestal está determinada en base a los 6 ecosistemas forestales definidos para el desarrollo del INF-CR.

2. Los tipos de bosques de mayor participación en cuanto a la superficie de los bosques de Costa Rica son el Bosque maduro y el Bosque secundario, que en conjunto representan el 64,38% de la superficie boscosa del país; la tercera superficie en importancia corresponde al uso Pasto con árboles, con un 31,54% de participación. Los usos Bosque de palmas naturales, Rodales de mangle y Plantaciones forestales representan en conjunto sólo el 4,09% de la superficie de interés.

3. El muestreo aplicado permite estimar, para los árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP del estrato Bosque maduro, valores medios de densidad de 469 árboles/ha, de DAP de 24,5 cm, de altura total de 13,7 m, de área basal de 32,3 m^2/ha, y existencias de volumen de 338,0 m^3/ha y de CO_2 de 447,4 ton/ha. Para este tipo de bosque, los mayores valores de CO_2 se encuentran en el componente arbóreo con 464,2 ton/ha, lo sigue el componente suelo con 411,9 ton/ha y, entre ambos, aportan un 84% del total

de CO_2 almacenado en este tipo de bosque. El menor aporte de CO_2 corresponde a los depósitos de hojarasca y maderas muertas con 6,02 ton/ha y 29,2 ton/ha respectivamente.

4. En el estrato Bosque secundario, para los árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP, se estiman valores de densidad de 415 árboles/ha, DAP de 21,2 cm, altura total de 11,9 m, área basal de 19,5 m^2/ha, y existencias de volumen de 159,2 m^3/ha y de CO_2 de 204,0 ton/ha. Los mayores valores de CO_2 se encuentran en el componente suelo con 389,8 ton/ha, seguido por el componente arbóreo con 219,9 ton/ha, entre ambos aportan un 89% del total. El menor aporte de CO_2 corresponde a los depósitos de hojarasca y maderas muertas con 4,6 ton/ha y 10,8 ton/ha respectivamente.

5. El muestreo aplicado permite estimar, para los árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP del estrato Pasto con árboles, valores medios de densidad de 72 árboles/ha, DAP de 26,4 cm, altura total de 9,1 m, área basal de 5,1 m^2/ha, y existencias de volumen de 34,0 m^3/ha y de CO_2 de 39,9 ton/ha. Los mayores valores de CO_2 se encuentran en el componente suelo con 398,2 ton/ha, seguido por el componente arbóreo con 45,3 ton/ha, entre ambos aportan un 89% del total. El menor aporte de CO_2 corresponde a los depósitos de hojarasca y raíces con 2,1 ton/ha y 12,2 ton/ha respectivamente.

6. En el estrato Bosque de palmas, para los árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP, se estiman valores medios de densidad de 468 árboles/ha, DAP de 24,6 cm, altura total de 12,8 m, área basal de 25,5 m^2/ha, y existencias de volumen de 191,1 m^3/ha y de CO_2 de 204,1 ton/ha. A nivel general en este tipo de bosque, los mayores valores de CO_2 se encuentran en el componente suelo con 415,2 ton/ha, seguido por las especies forestales (árboles mayores a 2 cm de DAP) con 214,6 ton/ha, y entre ambos aportan un 90% del CO_2 total. El menor aporte de CO_2 corresponde a los depósitos de hojarasca y maderas muertas con 5,5 ton/ha y 12,5 ton/ha respectivamente.

7. En el estrato Plantación forestal, para los árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP, se estiman valores medios de densidad de 286 árboles/ha, DAP de 24,4 cm, altura total de 13,2 m, área basal de 10,9 m^2/ha y, existencias de volumen de 86,2 m^3/ha y de CO_2 de 94,7 ton/ha. Los mayores valores de CO_2 se encuentran en el componente suelo con 381,1 ton/ha, seguido por el componente arbóreo con 94,9 ton/ha, entre ambos aportan un 92% del total. El menor aporte de CO_2 corresponde a los depósitos de maderas muertas y hojarasca con 5,7 ton/ha y 7,5 ton/ha respectivamente.

8. El muestreo aplicado permite estimar, para los árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP del estrato Rodales de Mangle, valores medios de densidad de 338 árboles/ha, DAP de 19,7 cm, altura total de 12,8 m, área basal de 15,2 m^2/ha, y existencias de volumen de 131,7 m^3/ha y de CO_2 de 225,7 ton/ha. Los mayores valores de CO_2 se encuentran en el componente suelo con 415,8 ton/ha, seguido por el componente arbóreo con 233,9 ton/ha, entre ambos aportan un 86% del total. El menor aporte de CO_2 corresponde a los depósitos de hojarasca y maderas muertas con 0,8 ton/ha y 7,5 ton/ha respectivamente.

9. Considerando los árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP y el conjunto de todos los estratos definidos se estima un DAP medio de 24,3 cm (± 4,8%) para los bosques de Costa Rica. Los mayores diámetros se encuentran en el estrato Pasto con árboles influenciados por la menor densidad por hectárea que posee. Luego siguen el Bosque de palmas, Bosque maduro y las Plantaciones forestales. Los menores DAP se encuentran en el estrato Rodales de mangle.

10. Para los bosques de Costa Rica (todos los estratos en conjunto), considerando los árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP, se estima una altura total promedio de 12,0 m (± 3,8%). Las mayores alturas se encuentran en el estrato Bosque maduro y Plantación forestal, influenciado esto por la competencia por luz dada la mayor cantidad de árboles por hectárea que se encuentra en estos dos tipos de bosques. Las menores alturas se estiman en el estrato Pasto con árboles influenciado por el espacio entre árboles que favorece el incremento en DAP y copa principalmente.

11. Considerando los árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP y el conjunto de todos los estratos definidos se estima una área basal promedio de 20,2 m^2/ha (± 7,8%) para los bosques de Costa Rica. Los mayores valores en área basal se presentan en el estrato Bosque maduro (32,3 m^2/ha) y Bosque de palmas (25,5 m^2/ha). Los menores valores por hectárea se encuentran en el estrato Pasto con árboles y Plantación

forestal con 5,1 m^2/ha y 10,9 m^2/ha respectivamente, debido a la baja densidad que presenta el primero y a la densidad de plantación del segundo estrato.

12. Para los bosques de Costa Rica (todos los estratos en conjunto), considerando los árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP, se estima una biomasa promedio de 134,6 ton/ha (± 11,8%). La existencia de biomasa promedio es mayor en el estrato Bosque maduro con 244,0 ton/ha (65 ton/ha de error de muestreo) y le sigue el estrato Rodales de mangle con 123,1 ton/ha (83 ton/ha de error de muestreo). Los menores valores para esta variable se encuentran en los estratos Pasto con árboles y Plantación forestal, con 21,7 ton/ha y 51,7 ton/ha respectivamente. La biomasa total que aporta este componente de árboles mayores a 10 cm de DAP es de 522.698.993 toneladas.

13. El stock de CO_2 de los bosques de Costa Rica alcanza a 2.950.174.696 toneladas, estimación que tiene asociado un error de muestro del 6,1%, por lo que este stock oscila entre 2.771.536.308 y 3.128.813.084 toneladas. En términos de la incertidumbre asociada a las estimaciones por tipo de bosque, el máximo error de muestreo corresponde a un 13,9%, para el estrato Rodales de mangle y el mínimo error de muestreo corresponde a un 2,8%, para el estrato Pasto con árboles. Luego, el error de muestreo por estrato resultó menor al 15 % fijado como objetivo al inicio de la planificación del INF-CR.

14. El estrato Bosque maduro es el que posee la mayor cantidad de stock de CO_2 fijado con 1.605.409.870 toneladas (54%), seguido por el Bosque secundario con 639.872.834 toneladas (22%), se entiende que esto es reflejo de las existencias de biomasa que aportan estos bosque que son los de mayor superficie.

15. En términos de cada uno de los sumideros de CO_2 evaluados en el INF-CR, si no se considera el aporte de CO_2 del suelo, el mayor stock de CO_2 está dado por los Árboles iguales o mayores a 10 cm de DAP, que representan un 68,6% del CO_2 total, seguido de los componentes Raíces (19,3%) y Maderas muertas (7,5%). Cuando se incorpora en el análisis como sumidero el Suelo (a 30 cm de profundidad), este componente por sí sólo representa el 52,7% del CO_2 total, seguido de los Árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP (32,5%).

16. Respecto a la variabilidad asociada a las estimaciones realizadas por cada tipo de bosque, el stock total de CO_2 para el estrato Bosque de palmas fluctúa entre 30,2 millones de toneladas y 36,4 millones de toneladas, para Bosque maduro entre 1.460,9 millones de toneladas y 1.750,0 millones de toneladas, para el estrato Bosque secundario entre 684,2 millones de toneladas y 595,5 millones de toneladas, para Pasto con árboles entre 689,1 millones de toneladas y 622,5 millones de toneladas, para Plantación forestal entre 36,0 millones de toneladas y 41,2 millones de toneladas y para el estrato Rodales de mangle fluctúa entre 23,4 millones de toneladas y 30,9 millones de toneladas.

17. De acuerdo a todos los índices de biodiversidad calculados con la información resultante del INF-CR, considerando los árboles mayores o iguales a 2 cm de DAP (Unidad Muestral Primaria y Unidad Muestral Secundaria), los estratos Bosque maduro y Bosque secundario presentan la mayor diversidad de especies, con presencia de 893 y 904 especies distintas respectivamente. El siguiente estrato con mayor diversidad es Pasto con árboles, el cual presenta 166 especies distintas. Los estratos Bosque de Palmas (98 especies distintas), Plantaciones Forestales (39 especies distintas) y Rodales de Mangle (17 especies distintas) presentan diversidad Media a Baja, debido a que predominan sólo algunas especies, y el resto tiene escasa presencia, lo que los hace menos diversos.

18. En el INF-CR se detectaron 11 especies en peligro de extinción y 7 de las 11 están en decreto ejecutivo 25.700 MINAE 1997, las 4 restantes aún no se incorporan a algún decreto. De las 18 especies consideradas en estas categorías de conservación en la legislación de Costa Rica; estas están presentes principalmente en los estratos Bosque secundario y Plantación forestal. Existen 2 especies catalogadas en peligro y 20 especies en la categoría de vulnerables, presentes principalmente en los estratos Bosque maduro y Bosque secundario. Las especies caracterizadas como amenazadas encontradas fueron 16, presentes principalmente en Bosque de palmas y Bosque maduro.

19. Si se agrupa el territorio nacional con bosque de Costa Rica en dos categorías de conservación, se tiene que el stock de CO_2 total (componentes arbóreo y suelo) es de 998,8 millones de toneladas para las áreas bajo algún régimen de protección, correspondiente a un 39% de total; es decir, poco más de

un tercio del carbono fijado por los usos forestales del suelo, lo capturan los bosques en las áreas de conservación o protegidas. En las áreas forestales no protegidas se fijan 1.561,1 millones de toneladas de CO_2, aportando las especies arbóreas un 52% y el suelo un 68% de este stock.

20. Dentro de las áreas protegidas, la mayor captura de CO_2 está en los Parques Nacionales con 224,6 millones de toneladas en el componente arbóreo y 208,3 millones de toneladas de CO_2 en el componente suelo, constituyendo el 43% del total de CO_2 dentro de las áreas protegidas. En las Reservas Indígenas se fijan alrededor de 98,6 millones de toneladas CO_2 para el componente arbóreo y 107,9 millones de toneladas en el componente de suelo. Entre las áreas protegidas Parques Nacionales y Reservas Indígenas se tiene una captura de CO_2 total de 639,4 millones de toneladas, correspondiente a un 64% del CO_2 de las áreas protegidas y a un 25% del CO_2 total estimado para los bosques de Costa Rica.

21. Respecto al stock de CO_2 de los componentes arbóreo y suelo en los bosques, analizando el conjunto de todos los tipos de bosques, se evidencia un nulo efecto de la exposición, pero si hay una tendencia a mayor stock en la medida que la inclinación del terreno es menor y que la altitud también es menor. Las existencias de CO_2 en relación a la altitud o elevación se concentran principalmente en las altitudes menores o igual a 1.500 msnm, y solo el 15% del CO_2 capturado se encuentra en altitudes superiores a 1.500 msnm. Para el componente arbóreo, la existencia de CO_2 es mayor en la pendiente menor (0 - 15%), influenciado este resultado principalmente por la superficie ya que en este rango el valor unitario es el más bajo de todos, con solo 189 ton/ha. Respecto del componente suelo, también se presenta la mayor existencia en el rango menor (0 - 15%), pero a diferencia del componente arbóreo los valores unitarios son similares en todos los rangos.

22. Las mayores existencias de carbono se encuentran en los Suelos arcillosos de alta y baja actividad, tanto para componente arbóreo como para componente de suelo. Los valores unitarios de CO_2 no presentan grandes diferencias entre los distintos tipos de suelo en el componente arbóreo, variando entre un mínimo de 201 ton/ha para los Humedales y un máximo de 282 ton/ha para los Suelos volcánicos. En el componente de suelo se observa algunas diferencias en los valores entre los distintos tipos de suelo con un mínimo de 374 ton/ha para Suelos orgánicos y un máximo de 417 ton/ha en los Humedales.

23. Al analizar los stocks de carbono según las zonas de vida de Holdridge se determina que en las zonas de vida Bosque húmedo tropical premontano, Bosque muy húmedo tropical y Bosque húmedo tropical se encuentra el 60% de las existencias totales de carbono. Para el componente arbóreo la zona de vida Bosque muy húmedo tropical tiene un stock de CO_2 de 226,6 millones de toneladas, la zona de vida Bosque muy húmedo premontano 177,9 millones de toneladas y la zona de vida Bosque húmedo tropical 165,1 millones de toneladas. Para el componente suelo, la mayor cantidad de CO_2 se encuentra en las zonas de vida Bosque muy húmedo premontano (325,4 millones de toneladas), Bosque húmedo tropical (325,5 millones de toneladas), y la zona de vida Bosque muy húmedo tropical (315,7 millones de toneladas).

24. En los estratos Bosque maduro y Bosque secundario se encontró la mayor cantidad de regeneración, con 5.747 plantas/ha y 6.229 plantas/ha respectivamente. Contrariamente, son los Bosques de palmas los que presentan la menor regeneración, con tan sólo 1.179 plantas/ha. Por su parte, el estrato Rodales de mangle presenta un promedio de 3.820 plantas/ha regenerándose. El promedio de la densidad de la regeneración para el INF-CR es de 3.868 plantas/ha, con un error de muestreo de 15,3%; al interpretar este último dato es necesario tener presente que para los tipos de bosques Plantación forestal y Pastos con árboles no se realizó la evaluación del componente regeneración.

25. De acuerdo a los índices de biodiversidad, son también los estratos Bosque secundario y Bosque maduro los que presentan la mayor diversidad de especies regenerándose (212 y 155 especies distintas, respectivamente). En la situación inversa se encuentran los estratos Bosque de palmas y Rodales de mangle, para los cuales los índices establecen que la biodiversidad de la regeneración es baja (9 y 6 especies distintas, respectivamente). Al considerar todos los estratos en su conjunto, se tiene que para los bosques de Costa Rica se estima que se encuentran en situación de regeneración 340 especies distintas de árboles.

26. Respecto a la densidad promedio de plantas regenerándose (plantas/ha), independiente del tipo de bosque que se analice, se evidencia un nulo efecto de la exposición del terreno, la tendencia a mayor regeneración en la medida que la inclinación del terreno es mayor y también la tendencia a una mayor densidad de la regeneración cuando la altitud sobre el nivel del mar es mayor.

27. Los suelos Arcillosos de baja actividad es en los cuales existe una mayor densidad de la regeneración (4.846 plantas/ha), mientras que en los suelos denominados Suelos orgánicos es donde esta densidad es menor (3.242 plantas/ha). En tanto que al analizar la regeneración en relación a las zonas de vida de Holdridge, la mayor regeneración está en el Bosque pluvial subalpino (6.878 plantas/ha) y la menor en el Bosque húmedo premontano (3.022 plantas/ha).

28. Si se agrupa el territorio nacional con bosque de Costa Rica en dos categorías de conservación se tiene que la regeneración es mayor en las áreas boscosas protegidas (4.012 plantas/ha) que en las áreas boscosas sin ningún régimen de protección (3.491 plantas/ha). Dentro de las áreas protegidas, la mayor densidad de regeneración se da en las categorías de Área de Conservación Reserva Forestal (5.549 plantas/ha) y Parque Nacional (4.769 plantas/ha), en tanto que los menores niveles de regeneración están dados para Refugio de Vida Silvestre (3.302 plantas/ha) y Otras categorías de conservación (2.081 plantas/ha).

29. En cuanto a plantas herbáceas presentes en los bosques, para los estratos Bosque secundario y Bosque maduro es donde existe una mayor cantidad de individuos, con 139.882 ind/ha y 90.667 ind/ha, respectivamente. Los Bosques de palmas y Rodales de mangle tienen la menor cantidad de individuos de plantas herbáceas, con 40.000 ind/ha y 54.000 ind/ha. El promedio de la densidad para el INF-CR es de 71.851 individuos por unidad de superficie, con un error de muestreo de 26%; al interpretar este último dato es necesario tener presente que para los tipos de bosques Plantación forestal y Pastos con árboles no se realizó la evaluación del componente herbáceo.

30. De acuerdo a los índices de biodiversidad, son también los estratos Bosque secundario y Bosque maduro para los que se estima la mayor diversidad de especies herbáceas presentes en los bosques (234 y 136 especies distintas, respectivamente). En tanto los estratos Bosque de palmas y Rodales de mangle, los índices establecen que la biodiversidad de las especies herbáceas es baja (31 y 9 especies distintas, respectivamente). Al considerar todos los tipos de bosques en su conjunto se tiene que, para los estratos en los que se evaluó la presencia de herbáceas, existen 339 especies distintas de plantas vasculares herbáceas en los bosques de Costa Rica.

31. Respecto a la densidad promedio de plantas herbáceas presentes en los bosques, analizando el conjunto de todos los tipos de bosques, se evidencia una menor cantidad de herbáceas por unidad de superficie en la exposición Este, la tendencia a mayor densidad de herbáceas en la medida que la inclinación del terreno es mayor y un aumento de la cantidad de plantas herbáceas en la medida que la altitud sobre el nivel del mar se incrementa para elevaciones por debajo de los 1.000 msnm, ya que a esa altitud se alcanza el máximo de densidad de plantas herbáceas y posteriormente estas comienzan a disminuir en cuanto a su densidad conforme se avanza a elevaciones mayores.

32. Al igual que en el caso de la regeneración, son los suelos Arcillosos de baja actividad es en los cuales existe una mayor densidad de plantas herbáceas (88.474 individuos/ha) y en los Suelos volcánicos es donde esta densidad es menor (60.521 individuos/ha). En tanto que al analizar la densidad de especies herbáceas en relación a las zonas de vida de Holdridge, la mayor densidad de especies herbáceas está en el Bosque pluvial premontano (117.974 individuos/ha) y la menor en el Bosque húmedo montano bajo (49.995 individuos/ha).

33. Si se agrupa el territorio nacional con bosque de Costa Rica en las mismas dos categorías de conservación que se analizaron para la regeneración, se tiene que la densidad de especies herbáceas es levemente mayor (3,45%) en las áreas boscosas protegidas (73.023 individuos/ha) que en las áreas boscosas sin ningún régimen de protección (60.440 individuos/ha); situación similar a la establecida para la regeneración arbórea. Dentro de las áreas protegidas, se evidencia que la mayor densidad de especies herbáceas presentes en los bosques de Costa Rica se da en la categoría Reserva Indígena

(169.723 individuos/ha) en la cual existe más del doble de individuos por unidad de superficie que en la categoría Refugio Nacional que es la que le precede. Los menores niveles de especies herbáceas están dados para Humedales (41.756 individuos/ha) y Refugio de Vida Silvestre (50.278 individuos/ha).

34. Finalmente, el desarrollo del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica (INF-CR) permitió cuantificar y caracterizar las existencias de los recursos forestales en el país, siendo este un insumo fundamental para establecer la línea base para la implementación del Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) en el marco de la Estrategia REDD+ Nacional. Así como también, la información recabada y las múltiples combinaciones posibles que puede realizarse con ella, son pieza clave para la toma de decisiones para el manejo sustentable de los bosques de Costa Rica.


50m
Nikon
Forestry Pro
Hultafors
Fl 15m
Diameter
¡ADVERTENCIA!



Ubicación de Unidades Muestrales

cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Publicado por la

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

CCAD
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

minae

SINAC
SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN
COSTA RICA