

# **Modelo Productivo para el cultivo del árbol de caucho natural en la Orinoquía**

## **Zonas de escape y no escape al Mal Suramericano de las Hojas del Caucho**

### **CENICAUCHO**

Ibonne Aydee García Romero  
Andrés Ricardo Peraza Arias  
Yeimy Alexandra Pinzón Gutiérrez  
Oscar Eduardo Santacruz Saldaña

### **CORPOICA**

Alfonso Martínez G.  
Aníbal Tapiero  
Guillermo León  
Orlando Arguello  
Albert Gutiérrez  
Fernando García Rubio  
Carlos Enrique Castilla Campos

Cita bibliográfica: García Romero I. y Castilla C E. Ed. 2013. Modelo Productivo para el cultivo del árbol de caucho natural en la Orinoquía: Zonas de escape y no escape al Mal Suramericano de las Hojas del Caucho. Con colaboración técnica por CORPOICA de Alfonso Martínez G. Aníbal Tapiero Guillermo León Orlando Arguello Albert Gutiérrez Fernando García Rubio Carlos Enrique C; por CENICAUCHO de Ibonne Aydee García Romero Andrés Ricardo Peraza Arias Yeimy Alexandra Pinzón Gutiérrez Oscar Eduardo Santacruz Saldaña. MADR, CENICACHO CORPOICA. 181 pp. Versión 1

**CENICAUCHO-CORPOICA  
2013**

# Contenido

<b>Listado de figuras .....</b>	<b>6</b>
<b>Listado de tablas .....</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>1. CADENA PRODUCTIVA DE CAUCHO NATURAL Y SU INDUSTRIA .....</b>	<b>17</b>
1.1. Cadena regional de la Orinoquía .....	18
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA GEOGRÁFICA DE LA ORINOQUÍA ..</b>	<b>20</b>
2.1. Áreas de establecimiento en la región de la Orinoquía para el cultivo del caucho .....	21
<b>3. REQUERIMIENTOS PARA EL CULTIVO DEL CAUCHO .....</b>	<b>29</b>
<b>4. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA ESPECIE <i>Hevea brasiliensis</i>. .....</b>	<b>31</b>
<b>5. MATERIAL GENÉTICO.....</b>	<b>34</b>
5.1. Clones evaluados en la Orinoquía .....	36
5.1.1. Clones asiáticos.....	36
5.1.2. Clones americanos.....	38
5.2. Identificación del material vegetal .....	41
5.2.1. Isoenzimas .....	41
5.2.2. Microsatélites o (Secuencias cortas repetidas) .....	42
<b>6. ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE CAUCHO .....</b>	<b>44</b>
6.1. PRODUCCIÓN DE MATERIAL VEGETAL .....	46
6.1.1. La semilla .....	46
6.1.2. Germinador .....	47
6.1.3. Establecimiento del Vivero .....	49
6.1.4. Jardín clonal.....	55
6.1.5. Injertación .....	62
6.2. Plantación en sitio definitivo .....	68
6.2.1. Características físicas y químicas del suelo.....	68

6.2.2. Preparación del terreno .....	71
6.2.3. Establecimiento de la plantación .....	79
6.2.4. Mantenimiento .....	82
<b>7. SISTEMAS AGROFORESTALES .....</b>	<b>88</b>
7.1. SAF con caucho natural.....	88
7.2. Cultivos asociados al caucho natural .....	90
7.3. Establecimiento de SAF con caucho .....	91
7.4. Modelos SAF con caucho natural .....	92
<b>8. NUTRICIÓN .....</b>	<b>99</b>
8.1. Elementos minerales .....	100
8.1.1. Nitrógeno (N).....	100
8.1.2. Fosforo (P).....	100
8.1.3. Potasio (K).....	101
8.1.4. Calcio (Ca).....	102
8.1.5. Magnesio (Mg) .....	102
8.1.6. Azufre (S).....	103
8.1.7. Boro (B) .....	103
8.1.8. Cobre (Cu).....	104
8.1.9. Hierro (Fe).....	104
8.1.10. Manganeso (Mn) .....	105
8.1.11. Molibdeno (Mo).....	105
8.1.12. Zinc (Zn) .....	105
8.2. Análisis foliar .....	109
8.2.1. Muestreo y análisis .....	110
<b>9. MANEJO DE MALEZAS .....</b>	<b>113</b>
9.1. Etapas del cultivo y su manejo.....	113
9.2. Coberturas .....	117
<b>10. ENFERMEDADES MÁS IMPORTANTES DEL CULTIVO DEL CAUCHO NATURAL .....</b>	<b>122</b>

10.1. Enfermedades foliares.....	122
10.1.1. Mal suramericano de las hojas del caucho .....	123
10.1.2. Antracnosis .....	126
10.1.3. Costra negra .....	128
10.1.4. Mancha aerolada.....	129
10.1.5. Requema o caída tardía de las hojas por <i>Phytophthora</i> sp.	130
10.1.6. Mancha de <i>Corynespora</i> .....	132
.....	133
Figura 43. Foliolos con síntomas característicos de <i>Corynespora</i> <i>cassiicola</i> . .....	133
10.1.7. Perdigón .....	134
10.2. Enfermedades del tallo (fuste) .....	134
10.2.1. Chancro del injerto y de la corteza .....	134
10.2.2. Rosalina.....	135
10.3. Enfermedades de la raíz. ....	137
10.3.1. Pudrición blanca de la raíz.....	137
10.3.2. Pudrición parda de la raíz.....	138
10.3.3. Pudrición roja de la raíz .....	139
<b>11. ARTRÓPODOS PLAGA.....</b>	<b>142</b>
11.1. Gusano cachón.....	143
11.1.1. Prácticas de manejo para el gusano cachón.....	146
11.1.2. Monitoreo .....	155
11.2. Hormiga arriera.....	158
11.2.1. Prácticas de manejo para la Hormiga arriera .....	159
11.3. Comején o termita.....	163
11.3.1. Prácticas de manejo para termitas y comejenes.....	165
11.4. Chinche de encaje .....	165
11.4.1. Prácticas de manejo para la chinche de encaje .....	167
11.5. Artrópodos plaga de menor incidencia .....	168

<b>12. INTERACCIÓN DEL CULTIVO DE CAUCHO Y EL VENADO COLA BLANCA .....</b>	<b>171</b>
<b>13. SANGRÍA .....</b>	<b>172</b>
13.1. Inventario a plantación .....	172
13.2. Equipamiento.....	175
13.3. Preparación de los árboles .....	177
13.4. Trazado del panel .....	178
13.5. Apertura de paneles.....	179
13.6. Equipado del árbol.....	180
13.7. Operación.....	181
13.8. Sistemas de sangría.....	183
<b>14. POSCOSECHA (BENEFICIADO DEL LÁTEX) .....</b>	<b>190</b>
14.1. Látex del Hevea brasiliensis .....	190
14.2. Presentaciones de materia prima con caucho seco .....	192
14.3. Presentación de materia prima como látex.....	202
<b>15. SUBPRODUCTOS .....</b>	<b>204</b>
15.1. Madera .....	204
15.2. Semilla.....	210
<b>16. INDICADORES ECONOMICOS Y ANÁLISIS FINANCIERO ..</b>	<b>213</b>
16.1. Rendimientos y costos .....	214
16.2. Costos de producción .....	216
16.3 indicadores financieros.....	222
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>224</b>
<b>APÉNDICES.....</b>	<b>241</b>

## Listado de figuras

- Figura 1. Caracterización de zonas de escape para *M. ulei* en la Orinoquía Colombiana, basado en el estudio de Castañeda (1997)... 25
- Figura 2. Zonificación climática de áreas aptas para la producción de caucho en regiones donde predominan condiciones óptimas con temperatura de 18 a 32°C, y precipitación de 2.700 a 3.500 mm con base en las proyecciones WorldClim y DivaGis. .... 26
- Figura 3. Medias mensuales multianuales en mm (1965–2000) con base en las proyecciones WorldClim y DivaGis..... 28
- Figura 4. Medias mensuales multianuales (en verde precipitación entre 0 y 100 mm 1965–2000) con base en las proyecciones WorldClim y DivaGis<sup>6</sup>..... 28
- Figura 5. Fases de desarrollo foliar de la especie *Hevea brasiliensis* (basado en Hálle and Martin, 1968)..... 33
- Figura 6. Inflorescencias de la especie *Hevea brasiliensis*..... 33
- Figura 7. Evaluación de individuos del clon FX 3864, con el marcador tipo microsatélite SSRH 358 (García *et al.*, 2011), por electroforesis capilar. MP. Marcador de Peso molecular. Carriles 78 al 1027 individuos conformes al clon. Carriles 2384 y 2385 no conformes al clon..... 42
- Figura 8. . Cronograma de actividades para establecimiento de plantaciones de caucho natural en la Orinoquia. 1. Fertilización, 2. Control de enfermedades, 3. Riego, 4. Control de Cachón<sup>8</sup>..... 45
- Figura 9. A. Semilla del árbol de caucho natural dispuesta en el germinador (Cristancho y Silva, 2011). B. Semilla de caucho

germinada en estado apto para ser trasplantada a vivero (Aya et al., 2009).....	48
Figura 10. Viveros en tierra. Distribución de plántulas en módulo de 50 x 50 m (Aya et al., 2009).....	51
Figura 11. Vivero en bolsa (Cristancho y Silva, 2011).....	52
<i>Figura 12. Distribución de un jardín clonal para obtención de varetas verdes con marco de siembra de 1 x 2 m (Aya et al., 2009; Montoya et al., 2004a).</i> .....	58
Figura 13. Jardín Clonal con varetas con la longitud adecuada para la extracción de yemas (Aya et al., 2009).....	63
Figura 14. Medición del diámetro del portainjerto para injertación de yema marrón (Compagnon, 1998). .....	64
Figura 15. Ventana de injertación. A. Corte en patrón y excreción de látex. B. Apertura de la ventana por la parte superior (Compagnon, 1998). .....	65
Figura 16. Yemas. A. Extracción de yemas de la vareta B. Esquema de la placa de corteza para la extracción de yemas.....	65
Figura 17. Postura de la placa con yema madura en la ventana de injertación (Compagnon, 1998). .....	66
Figura 18. A. Encintado hacia abajo, asegurándose que la lengüeta cubra totalmente la placa (Compagnon, 1998). B. Injerto encintado (Martínez, 2007). .....	66
Figura 19. A. Corte y B. Desprendimiento de la lengüeta 15 a 20 días después de realizado el injerto (Compagnon, 1998). .....	67
Figura 20. Prueba de prendimiento A. Picadura en la que brota látex. B. Raspadura (Compagnon, 1998). .....	67
Figura 21. Terreno de difícil acceso para el manejo de la plantación (Tapiero, 2009). .....	72
Figura 22. Muestra de suelo tomada con pala (Saavedra, 2012). .....	73

Figura 23. Incorporación de los correctivos con un cincel. ....	76
Figura 24. Ahoyado para la siembra de caucho en sitio definitivo (Saavedra, 2012).....	78
Figura 25. Tipos de marcos de siembra para establecimiento de plantaciones de caucho natural. A. Cuadrado, B. Rectángulo, C. Tresbolillo. ....	79
Figura 26. A. Marco de siembra con trazado en doble surco. B. Marco de siembra con trazado individual.....	81
Figura 27. Proceso de deschupone en los primeros meses de establecida la plantación del caucho (Saavedra, 2012). ....	84
Figura 28. Forma de aplicación de fertilizantes dependiendo de la edad del árbol de caucho. ....	86
Figura 29. Arreglo de un cultivo agroforestal caucho-leguminosa. A. Primer ciclo. B. Segundo ciclo. ....	92
Figura 30. SAF caucho con cannavalia, soya y maíz. Ciclo maíz (Martínez y García, 2008).....	94
Figura 31. SAF caucho-plátano. ....	95
Figura 32. Esquema de SAF-caucho con especies de ciclo corto y perennes (Escobar, 2004). ....	97
Figura 33. Esquema del selector de arvenses. ....	115
Figura 34. <i>Mucuna bracteata</i> como cobertura del caucho. ....	119
Figura 35. A. Plantaciones de caucho con <i>Brachiaria</i> sp. B. Plantaciones de caucho sin cobertura. C. Plantaciones de caucho adultas con cobertura de maquenque y D. kudzú. ....	121
Figura 36. Árboles de cinco años de edad con muerte descendente a causa de ataques sucesivos de <i>M. ulei</i> <sup>27</sup> . ....	123
Figura 37. Foliolos deformados con lesiones esporuladas de <i>M. ulei</i> .124	
Figura 38. Hoja en estado D con lesiones estromáticas de <i>M. ulei</i> (textura de lija) <sup>27</sup> . ....	125

Figura 39. Antracnosis en foliolos estadio C y D, síntomas característicos de la enfermedad <sup>9</sup> .....	127
Figura 40. Foliolos en estadio D con signos y síntomas característicos de costra negra <sup>9</sup> .....	128
Figura 41. Foliolos en estadio D con signos y síntomas de mancha aerolada <sup>9</sup> . ....	130
Figura 42. Árbol afectado por <i>Phytophthora</i> sp <sup>9</sup> .: .....	131
Figura 43. Foliolos con síntomas característicos de <i>Corynespora cassicola</i> . ....	133
Figura 44. A. Pústulas de <i>B. theobromae</i> y B. Secamiento del tallo.	135
Figura 45. Signos y síntomas de rama atacada por <i>Corticium salmonicolor</i> . <a href="http://www.apsnet.org/publications/imageresources/Pages/IW000080.aspx">http://www.apsnet.org/publications/imageresources/Pages/IW000080.aspx</a> . ....	136
Figura 46. A. Micelio característico de <i>R. lignosus</i> y B. Carpóforos <a href="http://www.bridgestone.com/corporate/news/2012071001.html">http://www.bridgestone.com/corporate/news/2012071001.html</a> .....	138
Figura 47. Avispas parasitando <i>Erinnyis ello</i> A. <i>Trichogramma</i> sp. B. <i>Telenomus</i> sp. (León et al., 2010).....	148
Figura 48. Bolsas de papel con individuos de <i>Trichogramma</i> sp. para liberación en campo (León et al., 2010). ....	148
Figura 49. Sistema de anclaje para papeleta con <i>Trichogramma</i> sp.	149
Figura 50. A. Adulto de <i>Apantles</i> sp. (Porto y Milagres, 2008). B. Pupas de <i>C. congregata</i> sobre larva de <i>E. ello</i> (León et al., 2010). .....	150
Figura 51. Adulto de <i>Belvosia</i> sp. (Porto y Milagres, 2008). ....	150
Figura 52. Larva de <i>Erinnyis ello</i> afectada por <i>Baculovirus erinnyis</i> (León et al., 2010). ....	154
Figura 53. Esquema de defoliación .....	157

Figura 54. Árbol de caucho defoliado al 100% (León <i>et al.</i> , 2010)..	157
Figura 55. Esquema de medición del área ocupada por un hormiguero. .....	160
Figura 56. Estados de desarrollo de la chinche de encaje ( <i>Leptopharsa heveae</i> ). A. Huevos. B. Ninfa instar 4. C. Adulto (Fonseca, 2009). .....	166
Figura 57. Ejemplo de la distribución de la Chinche de encaje ( <i>Leptopharsa heveae</i> ) a partir de la metodología de muestreo. ....	168
Figura 58. Trazo de la primera directriz del panel de sangría (Martínez, 2007). .....	177
Figura 59. Trazado de la segunda directriz con ayuda de la cuerda.	178
Figura 60. A. Trazado del panel con la banderola. B. Trazado de las guías con la banderola C. Panel de sangría y guías debidamente trazadas (Martínez, 2007). .....	179
Figura 61. Apertura de panel sangría (Aguilar, 2012). .....	180
Figura 62. Apertura de panel hasta canaleta.....	180
Figura 63. Equipamiento del árbol de Hevea (Martínez, 2007). .....	181
Figura 64. Dirección del corte de rayado. ....	184
Figura 65. Tipos de corte en panel de sangría.....	185
Figura 66. Aplicación de Ethrel®.....	189
Figura 68. Pasos para la producción de caucho tipo crepe. A. Acopio, B. Primera crepadora, C. Segunda crepadora, D. Láminas tipo crepé obtenidas, F. Empacado y G. Almacenamiento (Montoya <i>et al.</i> , 2004b). .....	198
Figura 69. Esquema de proceso para la producción de láminas tipo crepe (adaptado de Montoya <i>et al.</i> , 2004b).....	199
Figura 70. Esquema de proceso para la producción del caucho granulado TSR 20 (Castiblanco <i>et al.</i> , 2011).....	200

## Listado de tablas

Tabla 1. Parámetros generales para la determinación de zonas de escape al SALB, de acuerdo con Ortolani et al., (1983). .....	22
Tabla 2. Parámetros usados por Castañeda (1997), para definir zonas de escape.....	24
Tabla 3. Características de los mapas usados por Castañeda (1997), para el estudio de la región de la Orinoquía. ....	24
Tabla 4. Características de las zonas de escape al patógeno <i>M. ulei</i> . ..	25
Tabla 5. Requisitos para el cultivo del caucho (Torres, 1999; Delabarre y Benigno, 1994).....	29
Tabla 6. Desarrollo del perímetro del tallo (cm) de clones asiáticos y americanos evaluados en La libertad Meta (Piedemonte) (Martínez y García, 2006). ....	36
Tabla 7. Altura de las plantas (cm) del clon FX 3864, provenientes de tres tipos de patrones <sup>10</sup> .....	54
Tabla 8. Textura del suelo en varios sitios del Piedemonte y la Altillanura colombiana (Martínez, 2007). ....	69
Tabla 9. Producción de materia seca (Kg/ha) de 7 clones de caucho a la edad de 2 años en comparación con plantaciones de Malasia y Brasil. (Martínez y García, 2006; Haag et al.,** 1982; Shorrocks,* 1965). ....	71
Tabla 10. Concentración de elementos mayores en diferentes partes de la planta en tres clones de caucho en Colombia y Malasia (*Martínez y García, 2006. **Shorrocks, 1965). ....	71
Tabla 11. Aplicación de 1,5 toneladas de cal dolomita/ha.....	77
Tabla 12. Ejemplo de esquema de fertilización general para el cultivo de caucho. Dos aplicaciones al año de abono 17-6-18-2 (nitrógeno total, fosforo asimilable, potasio soluble y magnesio y azufre disponible, respectivamente) (Rincón, 2012). ....	87

Tabla 13. Ejemplo de fertilización en arreglo agroforestal (Martínez, 2007). .....	87
Tabla 14. Hojas de caucho con síntomas de deficiencia por elemento nutricional.....	106
Tabla 15. Plantas de caucho en campo con síntomas de deficiencia por elemento nutricional.....	108
Tabla 16. Descripción de los factores que afectan la composición de los elementos minerales (Compagnon, 1998). .....	109
Tabla 17. Ubicación y cantidad de hojas destinadas para el muestro en el análisis foliar (Chacón, 2012; Compagnon, 1998). .....	111
Tabla 18. Concentraciones adecuadas de nutrientes en las hojas de caucho.....	111
Tabla 19. Formula base de fertilización para suelos oxisoles.....	112
Tabla 20. Resultados de análisis foliares. ....	112
Tabla 21. Labores para el manejo de malezas, previas al establecimiento del cultivo, según Martínez (2007). .....	116
Tabla 22. Leguminosas más utilizadas como coberturas en caucho natural y recomendaciones <sup>21</sup> . .....	120
Tabla 23. Manejo químico para las enfermedades más importantes del árbol del caucho (Rincón, 2012).....	139
Tabla 24. Estados de desarrollo de <i>Erinnyis ello</i> (Alarcón et al., 2012; León et al., 2010; Garzón, 2000; Bellotti et al., 1989). .....	144
Tabla 25. Principales diferencias entre los instares larvales de <i>Erinnyis ello</i> (Bellotti et al., 1989). .....	145
Tabla 26. Depredadores naturales de <i>E. ello</i> (León et al., 2010). .....	151
Tabla 27. Status de la población de <i>E. ello</i> , en relación al número de individuos por trampa (Da Silva et al., 2011). .....	156
Tabla 28. Diferencias de los principales géneros de hormigas asociados al cultivo del caucho (Vergara, 2005; Escobar et al., 2002). .....	158

Tabla 29. Categorías y prácticas de manejo de acuerdo al tamaño estimado de los hormigueros (Escobar et al., 2002). .....	160
Tabla 30. Características de las principales familias de termitas, en la Orinoquía (Garzón, 2000). .....	163
Tabla 31. Niveles de población de <i>Leptopharsa heveae</i> (Fonseca, 2009). .....	167
Tabla 32. Plagas de menor incidencia en el cultivo de caucho.....	169
Tabla 33. Categorías diamétricas para realizar inventario a plantación <sup>20</sup> . .....	174
Tabla 34. Periodos de descanso de rayado según edad y condiciones de la plantación.....	183
Tabla 35. Parámetros de rayado según sistema de sangría. ....	186
Tabla 36. Composición general del caucho natural. ....	191
Tabla 37. Especificaciones técnicas para cauchos granulados (ASTM, 2007). .....	201
Tabla 38. Propiedades físicas y mecánicas. ....	206
Tabla 39. Materia primas producidas a partir de las trozas de madera de caucho (Sandoval et al, 2004). .....	209
Tabla 40. Composición general de la semilla del caucho natural (Eka et al., 2010).....	211
Tabla 41. Parámetros químicos de la semilla del caucho natural (Eka et al., 2010).....	211
Tabla 42. Crecimiento del área (ha) de caucho natural en Colombia 2008-2012. ....	215
Tabla 43. Indicadores de área, producción y rendimiento del caucho natural en Colombia <sup>44</sup> .....	215
Tabla 44. Costos de producción para el año 1 <sup>44</sup> . ....	216
Tabla 44. Costos de producción para el año 2 <sup>44</sup> . ....	218
Tabla 44. Costos de producción para el año 3 <sup>44</sup> . ....	219

<i>Tabla 47.</i> Costos de producción para el año 6 <sup>44</sup> . .....	220
Tabla 48. Costos indirectos de producción. STN Caucho 2012.....	221
Tabla 49. Ingresos y costos estimados para una hectárea de caucho natural (caucho seco) durante 34 años. ....	222
Tabla 44. Indicadores financieros estimados para una hectárea de caucho natural (caucho seco) durante 34 años. ....	223

## **INTRODUCCIÓN**

El caucho natural es una materia prima actualmente empleada para la fabricación de 40.000 productos, incluyendo más de 400 dispositivos médicos (Cornish, 2001). La fuente comercial es la especie *Hevea brasiliensis* (árbol de caucho natural) que produce, con altos rendimientos, un polímero de elevado peso molecular (látex), característica indispensable para su aplicación industrial y rentabilidad económica del cultivo.

El árbol de caucho natural es originario del Amazonas y su cultivo se extiende a lo largo de la zona intertropical terrestre. Los datos más recientes en cuanto a área de caucho natural sembrada a nivel mundial, revelan que para el año 2010 se ocuparon 10,5 millones de hectáreas con este cultivo, de las cuales los países asiáticos reúnen el 70% de la superficie sembrada, representada en Indonesia, Tailandia y Malasia con el 35, 22 y 12%, respectivamente<sup>1</sup>.

En cuanto a producción de caucho natural para el año 2011 se alcanzó un total de 10,7 millones de toneladas, siendo Tailandia el mayor productor con un rendimiento del 35%, seguido de Indonesia con el 25% y Malasia con el 10%. Así mismo, el consumo mundial creció un 5% en el 2011 (10,6 millones de toneladas) concentrándose en China (35%) y Estados Unidos (9,6%)<sup>1</sup>.

En América Latina, Brasil es el principal productor de caucho natural con solo 170.000 ha sembradas, 150.000 ton/año de producción y una demanda anual de 350.000 ton<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Subsector Cauchero Mundial y Nacional. 2012.

En Colombia para el año 2012 se registra un total de 38.000 ha sembradas, que incluyen áreas en beneficio con una producción de 4.000 ton de caucho<sup>1</sup> y áreas establecidas recientemente. El incremento aproximado de 5.000 ha por año se sustenta en gran parte por el apoyo del estado, a través de incentivos como el Certificado de Incentivo Forestal-CIF, la Exención de Renta, el Incentivo de Asistencia Técnica – IAT y el Incentivo a la Capitalización Rural -ICR. Las zonas productoras del caucho se concentran en cinco regiones: Magdalena medio, Magdalena centro, Amazonia, el cordón cauchero cacaotero de Antioquia-Córdoba y Orinoquía, esta última ha sido la de mayor crecimiento de área establecida en los últimos años.

La limitante más importante del cultivo en América y responsable de la escasa área sembrada, es la enfermedad denominada Mal Suramericano de la hoja del caucho (SALB – *South American Leaf Blight*), causada por el hongo *Microcyclus ulei*. Hasta el momento la estrategia más efectiva para el control del patógeno, ha sido la siembra en zonas denominadas de escape a la enfermedad, en donde las condiciones ambientales no favorecen el desarrollo de epidemias. Sin embargo, se han generado alternativas técnicas para el manejo del cultivo en zonas consideradas de no escape.

Este modelo productivo está dirigido a todos los interesados en el sistema productivo del caucho en la Orinoquía colombiana, tanto para zonas de escape como de no escape al SALB y se fundamenta en las tecnologías desarrolladas en los últimos años en diferentes regiones caucheras a nivel mundial. Adicionalmente, este puede servir de base para modelos productivos de caucho en otras regiones del país.

# **1. CADENA PRODUCTIVA DE CAUCHO NATURAL Y SU INDUSTRIA**

La Cadena Productiva de Caucho Natural y su Industria, se creó a través de la firma del Acuerdo Sectorial de Competitividad realizado el 21 de noviembre del 2002, suscrito por representantes del sector público y privado del orden nacional. Como organismo consultivo de la cadena para la identificación y concertación de soluciones integradas, se estableció en este Acuerdo El Consejo Nacional del Caucho y su Industria con la resolución 312 del 2002 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) (Castellanos *et al.*, 2009), el cual fue reconocido como organización de la cadena de caucho natural y su industria por el MADR según resolución 175 del 2012.

La Cadena está integrada por productores, comercializadores, industriales, sectores académicos y de investigación y el Gobierno Nacional (Resolución 175 del 2012). A su vez El Consejo Nacional está integrado por: i) Representantes del sector público; MADR, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Departamento para la Prosperidad Social, representante de las entidades de investigación. ii) Representantes del sector privado; sector producción primaria agremiados en La Confederación Cauchera Colombiana (CCC), representante de la industria, Asociación Colombiana de Industriales del Caucho (ASOCOLCAUCHOS), representante de cada comité regional, otros representantes que ameriten hacer parte de la organización. iii) Presidente o Director de FINAGRO, Banco Agrario y SENA (Castellanos *et al.*, 2009).

La Cadena Productiva de Caucho Natural y su Industria tiene como objetivo fundamental, el desarrollo e impulso del plan de acción y compromisos definidos en el marco del Acuerdo Nacional de Competitividad, a través de la integración y participación de productores, transformadores, industriales, comercializadores, inversionistas nacionales y/o extranjeros; conduciendo al aumento de la productividad, competitividad y sostenibilidad del subsector heveícola nacional. Actualmente, las actividades desarrolladas en el marco de la cadena se gestionan por el Coordinador Nacional (funcionario del MADR), la Secretaría Técnica Nacional, algunas secretarías técnicas regionales (Meta, Tolima y Santander) y El Consejo Nacional de la cadena de caucho (Castellanos *et al.*, 2009).

Como representación del gremio de productores de material vegetal, cultivadores, agroindustriales e industriales se creó en junio de 2009 La Confederación Cauchera Colombiana, entidad que coordina la asistencia técnica nacional y entre otras funciones administra el Fondo de Fomento Cauchero, dirigido a fortalecer el subsector a nivel de capacitación, asistencia técnica, comercialización, competitividad e investigación. Adicionalmente, en agosto de 2011 se creó La Corporación Centro de Investigación en Caucho (CENICAUCHO) para promover la investigación y transferencia tecnológica, ya sea directamente o en colaboración con otras entidades.

## **1.1. Cadena regional de la Orinoquía**

Atendiendo a la política Nacional de impulso y fortalecimiento del sector rural como una estrategia de competitividad frente a la internacionalización de la economía; del Plan de Desarrollo Económico y

Social del departamento del Meta para el periodo 2012-2015, "JUNTOS CONSTRUYENDO SUEÑOS Y REALIDADES" a partir de la contribución a la transformación social y productiva del territorio a través de una cultura basada en la generación y apropiación del conocimiento y su socialización para la formación de un recurso humano calificado en ciencia, tecnología e innovación; del sector público y privado del departamento del Meta, donde se ubica la mayor área de cultivo del caucho natural debido a que cuenta las condiciones favorables para su siembra, se firmó desde el año 2008 el Acuerdo regional con el fin de fortalecer y dar continuidad al desarrollo y dinamismo de la cadena de caucho en la región (Gobernación del Meta, 2008, Gobernación del Meta - Ordenanza 776 - 2012-2015).

La cadena de la Orinoquía cuenta con una representación regional ante El Consejo Nacional de Caucho y opera a través de comités departamentales conformados por productores, secretarías departamentales, instituciones regionales de investigación, SENA, entre otros. El sector heveícola regional al año 2011 reportó alrededor de 14.000 ha establecidas, representadas en los departamentos de Vichada con cerca del 17% y Meta con el 80%, departamento que concentra el área total en explotación de la región, estimada en 850 ha con una producción promedio de 1,2 ton/ha/año<sup>1</sup>.

La elaboración del modelo productivo del cultivo del caucho natural en la Orinoquia Colombiana y su consulta por parte de técnicos, productores, inversionistas y público en general, permitirá planear y aplicar las mejores prácticas producto del conocimiento obtenido por los actores de la cadena productiva que contribuirán en el aumento de la eficiencia y la rentabilidad del proceso productivo.

## **2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA GEOGRÁFICA DE LA ORINOQUÍA**

La Cuenca del Orinoco, una de las más grandes del mundo, cubre territorios de Colombia y Venezuela, y comprende paisajes desde montañas, planicies de inundación hasta selvas tropicales en las tierras bajas. La cuenca del Orinoco en Colombia abarca cuatro grandes ecosistemas: el ecosistema de montaña, la Orinoquía bien drenada, la Orinoquía mal drenada y el ecosistema amazónico de transición (Rivera, 2005; Malagón, 1995).

El ecosistema de montaña comprende el extremo más oriental de la Cordillera de los Andes; conformado por el Macizo de Quetame y la zona de Piedemonte con sus abanicos y terrazas (Malagón, 1995). Esta región marca las variables climáticas de la región de la Orinoquía, al detener las masas de aire provenientes del Océano Atlántico y generar un clima monomodal dominante, caracterizado por una estacionalidad de la precipitación y una acentuada época seca desde finales de noviembre hasta los meses de marzo-abril y precipitaciones entre los 3.500 mm en el Piedemonte, hasta los 1.700 mm sobre Arauca (Malagón, 1995). La cuenca conformada principalmente por los ríos Meta, Arauca, Guayabero y Guaviare (Rivera, 2005), genera un promedio de 23.000 m<sup>3</sup>/s, que representa el 33,8% de la esorrentía total nacional.

En Colombia exceptuando el descenso gradual del paisaje de montaña hasta el Piedemonte, la altura de la cuenca es menor de 400 m, y con temperatura superiores a los 25°C sin sobrepasar los 28°C (Malagón, 1995).

La Orinoquía mal drenada se encuentra en los departamentos de Casanare y Arauca hacia el margen izquierdo del río Meta, que por estar por debajo del nivel de las aguas del mismo río, permanece inundado en buena parte del año (Martínez, 2007). Como unidades estructurales se encuentran las llanuras aluviales, terrazas altas planas o disectadas (cortadas por la erosión y movimientos tectónicos conformando valles irregulares) y parte del Piedemonte (Malagón, 1995).

La Orinoquía bien drenada se ubica desde Puerto López y toda la margen oriental del río Meta; departamento del Vichada, Guainía y Guaviare hasta el río Orinoco y el escudo Guayanés al oriente, la conforman las llanuras altas o Altillanura y sabanas disectadas (Martínez, 2007; Malagón, 1995).

El ecosistema amazónico de transición, se compone de un sistema de bosques húmedos, al margen del Escudo Guayanés y de la cuenca del río Inírida. Ocupa los departamentos de Guainía, Vichada, Vaupés, Guaviare y Caquetá, en los cuales la topografía se proyecta en un conjunto de mesetas y serranías como los cerros de Mavicure, las serranías de Tunahí, del Naquén, de la Lindosa y la sierra de la Macarena (Rivera, 2005; Malagón, 1995).

## **2.1. Áreas de establecimiento en la región de la Orinoquía para el cultivo del caucho**

Para el sistema productivo del caucho la selección del sitio de siembra, es un paso trascendental en la planeación del cultivo, considerando su largo periodo productivo y la susceptibilidad de las especie a problemas

fitosanitarios como el mal suramericano de las hojas del caucho o SALB causado por *Microcyclus ulei*; patógeno endógeno que limita la rentabilidad del cultivo y para evitar casos como el de Fordlandia en Brasil, donde *M. ulei* arrasó con cerca de 3.400 hectáreas de caucho, en 1934<sup>2</sup>. Esto obliga a los productores a evaluar y ejecutar diversas estrategias, como el uso de clones con resistencia genética o la identificación de zonas de escape al SALB, ubicando plantaciones en ecosistemas desfavorables para el desarrollo del patógeno durante los estados fenológicos receptivos de la planta, pero favorables para el crecimiento del caucho (Tapiero, 2011).

Como estrategia nacional para optimizar la siembra del caucho y su producción, el concepto de zona de escape nació en Brasil como una zonificación climática considerando el balance hídrico y la temperatura ambiente (Ortolani, 1998). Partiendo de valores de precipitación mensual y evapotranspiración (tabla 1), se determinaron áreas con una estación seca bien definida coincidente con el periodo de renovación de las hojas, en las cuales el patógeno no puede ocasionar daños que superan el nivel de umbral económico (Tapiero, 2011).

Tabla 1. Parámetros generales para la determinación de zonas de escape al SALB, de acuerdo con Ortolani et al., (1983).

Estacionalidad del clima	Factor de diagnóstico	Unidad	Calificación por factor		
			Óptimo	Moderado	Bajo
Estación seca	Precipitación <100mm	No. Meses	4-6	3-4	<3
	Precipitación <50mm	No. Meses	3-4	1-2	0-1

<sup>2</sup> Infante, A., 2006. La sorprendente historia del caucho natural. En: Memorias III Congreso internacional Cauchero (2012), Confederación Cauchera Colombiana -CCC, Sociedad de Agricultores de Colombia-SAC, Servicio Nacional de Aprendizaje-SENA, Ibagué.

	HR* Meses secos	%	<75	75-80	>80
	HR* Meses muy secos	%	<70	70-80	>80
	HR* <75%	No. Meses	2	1	0
<b>Déficit hídrico</b>	Evapotranspiración	mm	>200	100-200	<100

\*Humedad relativa

En Colombia el concepto de zona de escape se propuso inicialmente por Castañeda (1997), quien planteó una zonificación para el cultivo del caucho, determinando posibles zonas de exclusión y potencialmente aptas para el desarrollo del sistema productivo.

A partir de variables climáticas (tabla 2) y propiedades del suelo (tabla 3), se consideraron cuatro zonas en la Orinoquía: zona de escape con restricciones menores, zona de escape con restricciones mayores, zonas de no escape pero técnicamente aptas y zonas marginales distribuidas en los departamentos de Guaviare, Caquetá, Meta y Arauca. Sin embargo este estudio tiene limitaciones en su exactitud cómo se pudo evidenciar en el estudio de Martínez y García (2006), en el cual se evaluaron clones americanos y asiáticos, en plantaciones ubicadas en los departamentos de la Orinoquia contemplados en la zonificación realizada por Castañeda (1997). En este estudio se evidencio que en la vereda Cerritos en el municipio de San José del Guaviare, considerada zona de escape con riesgos manejables, mostró características propias de zonas consideradas de no escape, además los clones asiáticos presentaron una severidad al Mal suramericano de las hojas del caucho hasta de un 35%. Adicionalmente, en el año 2002 los clones PB 260 y RRIM 600 fueron defoliados dos veces por SALB y en el año 2012, el clon FX 3864 fue

seriamente afectado a causa de la alta presión del inóculo (comunicación personal)<sup>3</sup>.

Tabla 2. Parámetros usados por Castañeda (1997), para definir zonas de escape.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
<b>Humedad Relativa (HR)</b>	Inferior al 65%
<b>Deficiencia hídrica anual</b>	<300mm
<b>Temperatura media anual</b>	20°C
<b>Evapotranspiración potencial (ETP)</b>	900mm

Tabla 3. Características de los mapas usados por Castañeda (1997), para el estudio de la región de la Orinoquía.

<b>Zonas</b>	<b>No. de mapas</b>	<b>Escala</b>	<b>Ubicación</b>
<b>Sur</b>	1	1:500.000	Desde el río Vichada hasta el río Guaviare
<b>Piedemonte Llanero</b>	2	1:250.000	Piedemonte del departamento del Meta
<b>Norte</b>	1	1:250.000	Piedemonte de los departamentos de Casanare y Arauca

Las imprecisiones que se pudiesen presentar en el trabajo realizado por Castañeda (1997) con la realidad actual, se deben a la carencia de información climática que se deriva de una débil red de estaciones climáticas y la falta de continuidad en la toma de datos en el tiempo, ya que se requiere información de por lo menos 25 años consecutivos para la definición precisa de zonas de exclusión (figura 1).

<sup>3</sup> Dr. Alfonso Martínez Garnica, Corpoica-La Libertad, Villavicencio, Meta. amartinezg@corpoica.org.co

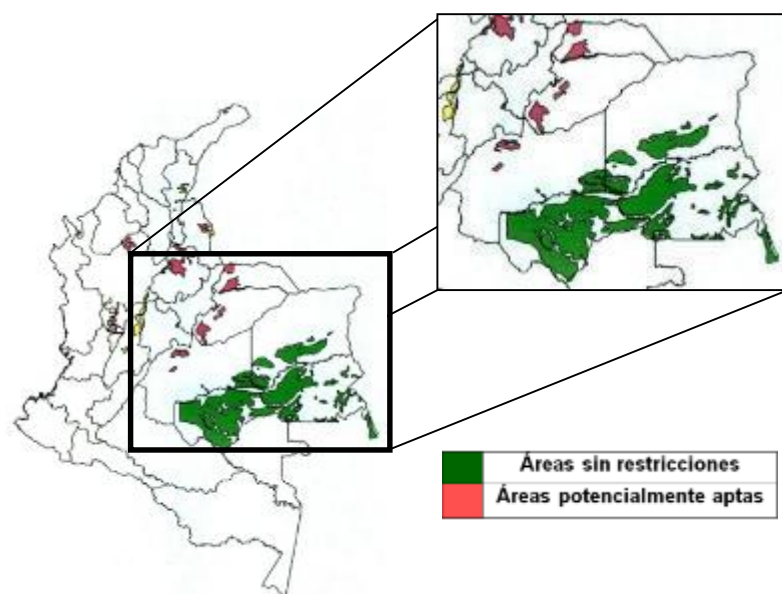


Figura 1. Caracterización de zonas de escape para *M. ulei* en la Orinoquia Colombiana, basado en el estudio de Castañeda (1997).

A partir de las proyecciones elaboradas por el proyecto World Clim, se realizó el ajuste de la resolución de mapas de aptitud climática para el cultivo del caucho (Tapiero, 2011), que en conjunto con las condiciones de suelos que caracterizan a zonas del Piedemonte y la Altillanura, permitieron establecer una escala entre 1 y 100 que abarca desde zonas marginales hasta excelentes por debajo de los 1.200 msnm (tabla 4) (figura 2) <sup>4</sup>.

Tabla 4. Características de las zonas de escape al patógeno *M. ulei*.

Zonas	Descripción de acuerdo con Castañeda (1997)	Escala proyecto World Clim
<b>De escape con restricciones menores</b>	Sectores con altas posibilidades de escape. Presentan 2 meses con HR $\leq$ 65%, ETP $\leq$ 900 mm al año y temperatura promedio de 25°C.	Excelente 81-100

<sup>4</sup> Tapiero, A.; Rodríguez, N.; Gutiérrez, A. 2009. Presentación oral: Redefinición de áreas para el establecimiento del caucho a partir de la información climática y ciclo vegetativo del cultivo. Barrancabermeja.

<b>De escape con restricciones mayores</b>	Sectores con buenas posibilidades de escape al patógeno son buenas, pero puede darse cierto grado de susceptibilidad en años especialmente húmedos HR entre 65% y 70% durante dos meses consecutivos, ETP entre 900 y 1.000 mm al año y una variación de las temperaturas entre 23 y 30°C.	Muy apto 61-80
<b>De no escape pero técnicamente aptas</b>	Sectores con altas posibilidades de ataque del patógeno aunque las condiciones agronómicas de suelo son aptas para el cultivo. Se encuentra HR entre el 70 y 75% durante dos meses consecutivos, la ETP entre 1.000 y 1.200 mm con temperaturas entre el 25 y 35°C.	Apto 41-60
<b>Marginales</b>	Regiones en donde no podría desarrollarse el cultivo, por limitantes edafológicas y climáticas con alta susceptibilidad a <i>M. ulei</i> , HR entre el 75 y 80%, ETP entre 1.200 y 1.400 mm al año con un promedio de temperatura <20°C.	Marginal 21-40 y Muy marginal 1-20

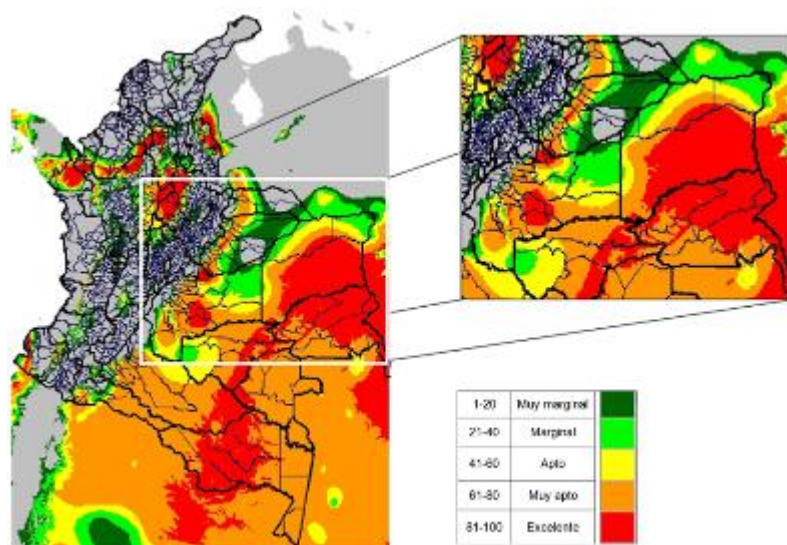


Figura 2. Zonificación climática de áreas aptas para la producción de caucho en regiones donde predominan condiciones óptimas con temperatura de 18 a 32°C, y precipitación de 2.700 a 3.500 mm con base en las proyecciones WorldClim y DivaGis<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Tapiero, A.; Rodríguez, N.; Gutiérrez, A. 2009. Presentación oral: Redefinición de áreas para el establecimiento del caucho a partir de la información climática y ciclo vegetativo del cultivo. Barrancabermeja.

El modelo de zona de escape para el cultivo del caucho, es una representación de un fenómeno dependiente de las variables de clima, fenología del árbol de caucho y biología del patógeno *M. ulei*, así como de sus interacciones. Por lo tanto, la ausencia de incidencia de la enfermedad en periodos cortos no es suficiente para identificar una determinada área como zona de escape; igualmente se debe considerar que las variaciones estacionales en el comportamiento del clima, el tipo de arreglo agronómico de las plantaciones y las coberturas asociadas del paisaje pueden promover el desarrollo del patógeno, al aumentar la provisión de inóculo y modificar la duración del periodo con condiciones favorables durante los estados de receptividad del huésped. Esta situación se incrementa cuando coexisten viveros y jardines clonales (Tapiero, 2011).

La determinación de zona de escape siguiendo esta aproximación se complementa sobreponiendo la ubicación del área geográfica de interés a las proyecciones de precipitación estacional identificadas mes a mes, de igual manera se determinaría la duración del periodo seco en cada caso (figura 3).

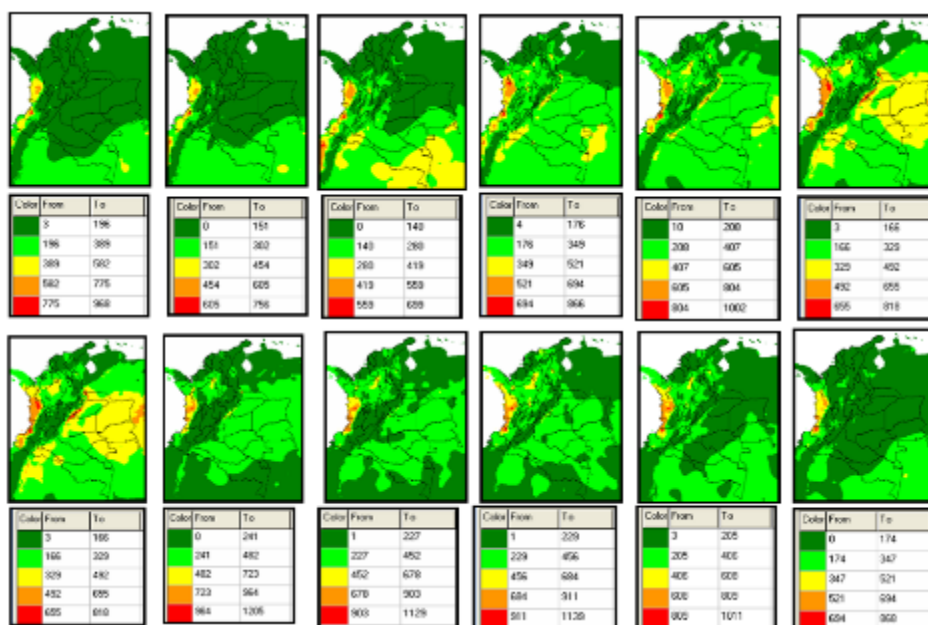


Figura 3. Medias mensuales multianuales en mm (1965–2000) con base en las proyecciones WorldClim y DivaGis<sup>6</sup>

En la figura 4 están representadas las áreas correspondientes a la estación seca en la Orinoquía.

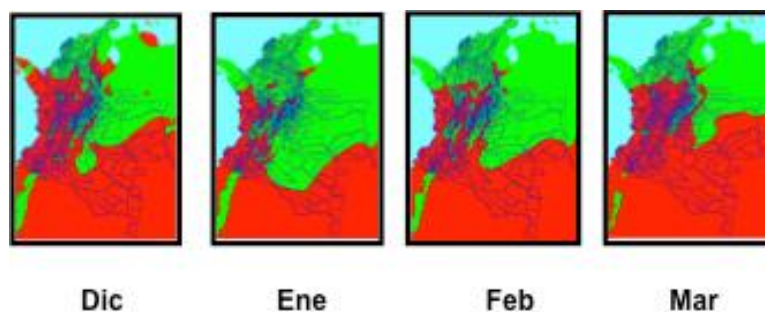


Figura 4. Medias mensuales multianuales (en verde precipitación entre 0 y 100 mm 1965–2000) con base en las proyecciones WorldClim y DivaGis<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Tapiero A.L. 2012. Principales enfermedades limitantes en el cultivo de caucho natural. En: Memorias III Congreso internacional Cauchero (2012), Confederación Cauchera Colombiana -CCC, Sociedad de Agricultores de Colombia–SAC, Servicio Nacional de Aprendizaje–SENA, Ibagué. Slides 32 – 35.

### 3. REQUERIMIENTOS PARA EL CULTIVO DEL CAUCHO

El hábitat natural del árbol del caucho se extiende entre los 24° norte hasta los 23° sur de latitud (Martínez, 2007), que refleja una amplia adaptabilidad de la especie. Sin embargo y adicional al concepto de zona de escape se han definido las condiciones agronómicas que optimizan el crecimiento y producción del caucho (tabla 5). Es necesario recordar que tanto el área de escape al SALB, como la falta de manejo del cultivo son en sí restricciones a una alta producción de látex que deben suplirse con un manejo agronómico adecuado, para alcanzar la producción esperada por el plan quinquenal de desarrollo heveícola colombiano, el cual estima que la producción nacional debe estar por encima de 1.4 ton/ha/año (SENA, 2006).

Tabla 5. Requisitos para el cultivo del caucho (Torres, 1999; Delabarre y Benigno, 1994)

Requisito de uso de la tierra			Calificación por factores		
Cualidad de la tierra	Factor de diagnóstico	Unidad	Óptimo	Con limitación	No óptimo
<b>Altitud</b>	Clima	Msnm	0-1200	1200-1500	>1500
<b>Régimen temperatura</b>	Temperatura media	°C	25-28	20-25	<20
				28-30	>30
<b>Régimen de vientos</b>	Velocidad viento	km/hora	0-10	10-12	>12
<b>Humedad disponible</b>	Precipitación anual	Mm	2000-3000	1500-2000	<1500
				3000-4000	>4000
	Distribución lluvias	días/años	125-150	-	-
	Humedad relativa	%	70-80	60-70	<60
				80-90	>90
<b>Luminosidad</b>	Brillo solar	horas/año	1650	-	-
<b>Topografía</b>	Pendiente	%	0-7	7-25	>25

		Pedregosidad	%	0-15	15-55	>55
<b>Fertilidad del suelo</b>	Disponibilidad de oxígeno en raíces	Drenaje del suelo	Clase*	4	3 5	1 y 2 6
	Disponibilidad de nutrientes	Reacción	pH	4,5-5,5	4,4-4,1 5,6-6,0	<4,1 >6,0
		N	%	>0,25	0,10-0,25	<0,10
		P	(ppm)	>30	15-30	<15
		K	(me/100g)	>0,30	0,15-0,30	<0,15
		Ca	(me/100g)	>6,0	3,0-6,0	<3,0
		Mg	(me/100g)	>1,0	0,4-1,0	<0,4
		Mn	(ppm)	>1,0	-	<1,0
		Fe	(ppm)	>4,5	2,5-4,5	<2,5
		B	(ppm)	>0,6	-	<6,0
		Mo	(ppm)	>0,1	-	< 0.1
		Zn	(ppm)	>1,0	0,5-1,0	<0,5
		Cu	(ppm)	>0,2	-	<0,2
		Capacidad de retención de nutrientes	M.O	%	3-4	2-3
	C.I.C		meq/100g suelo	20-30	10-20	5-10
	Textura		Clase**	4, 5 y 6	3 7, 8 y 9	1, 2 10, 11 y 12
	Condiciones de enraizamiento	Profundidad efectiva del suelo	cm	>150		<150
		Nivel freático	cm	>150		<150

M.O: Materia Orgánica

C.I.C: Capacidad de intercambio catiónico

\* CLASES DE DRENAJE: 1. Muy Pobremente drenado, 2. Pobremente drenado, 3. Imperfectamente drenado, 4. Moderadamente drenado, 5. Bien drenado, 6. Excesivamente drenado.

\*\* CLASES DE TEXTURA: 1. Arena ,2. Arenoso franco, 3. Franco arenoso, 4. Franco, 5. Franco arcillo areno, 6. Franco limoso, 7. Limoso, 8. Franco arcillo limoso, 9. Franco arcillo, 10. Arcilloso areno, 11. Arcilloso limo, 12. Arcilloso.

## **4. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA ESPECIE**

### ***Hevea brasiliensis.***

El árbol del caucho (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.) hacer parte del género *Hevea* Familia: Euphorbiaceae subfamilia: Crotonoideae tribu: Micrandreae subtribu: Heveinae (USDA GRIN, online data base),

Es nativo de Sur América donde crece naturalmente ocupando toda la cuenca amazónica, desde el norte de la cuenca superior del río Orinoco y las Guayanas hasta el estado de Mato Grosso en Brasil, cuenta con nueve especies reconocidas y corresponde a una planta monoica que se caracteriza por (Verheye, 2010; Compagnon, 1998):

- Flores pequeñas unisexuadas y en racimos, flores masculinas compuestas de glándulas en disco pequeñas libres o caducas, estambres en uno o dos vertidos, anteras sésiles, andróforo prolongado por encima de los estambres; mientras las flores femeninas cuentan con un ovario tricapelar, estigma sésil y bilobulado.
- Hojas largamente pedunculadas y trifoliadas con margen entero.
- Hábitos arbóreos y arbustivos, con producción de látex

La especie *Hevea brasiliensis*, es un árbol de crecimiento rápido que en estado silvestre puede alcanzar 40 m de altura (Verheye, 2010) y perdurar por cientos de años. Se diferencia de las otras especies que componen al género por presentar el desarrollo de capsulas de forma elipsoidal o globular nunca en punta, de sección redonda, pericarpio espeso o carnosos, con dehiscencia o apertura explosiva y hojas

caducifolias antes de la aparición de la inflorescencia (Compagnon, 1998).

Las raíces pueden alcanzar de 2 a 5 m de profundidad después de 3 años, con raíces secundarias que emergen de la raíz principal por debajo del cuello y pueden alcanzar hasta 10 m generando una red de raíces secundarias y pelos radicales que se concentra en las capas superiores del suelo (Verheye, 2010).

Los tallos son rectos y estrechos hacia la base con una corteza verde grisácea, con ciclos foliares sucesivos de hojas compuestas por tres foliolos dispuestos en el extremo de un peciolo largo (piso foliar). Cronológicamente el ciclo morfogénético que resulta en la formación de cada unidad de crecimiento se cumple en cuatro fases (figura 5) (Compagnon, 1998):

- **Fase A. Brotación.** La yema apical que está en reposo entra en división celular y morfogénesis (formación de primordios foliares y yemas axilares) este estadio dura en promedio nueve días.
- **Fase B. Crecimiento.** Elongación de los entrenudos con el desarrollo de hojas asimiladoras que presentan un color rojizo inicial y limbo reducido dispuesto verticalmente, posteriormente los limbos se vuelcan hacia abajo y se atenúa el color, en promedio esta fase dura once días.
- **Fase C. Maduración.** Los limbos siguen dirigidos hacia abajo pero con un crecimiento rápido, adquieren un color verde claro. Esta fase dura en promedio diez días, y en conjunto con la fase B conforman un periodo de alta susceptibilidad a enfermedades.

- **Fase D. Dormancia.** El inicio de esta fase se caracteriza por el endurecimiento y enderezamiento de los limbos. Este estadio dura en promedio 13 días.

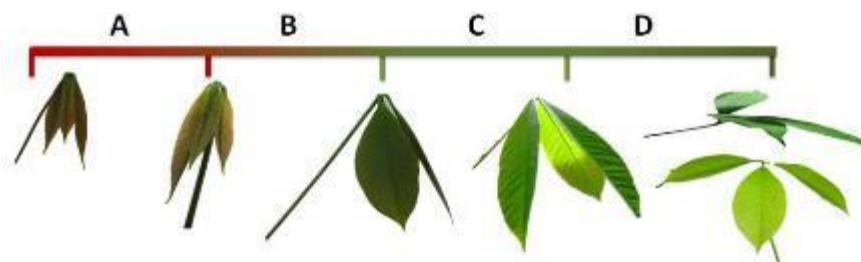


Figura 5. Fases de desarrollo foliar de la especie *Hevea brasiliensis* (basado en Hálle and Martin, 1968).

Las flores son pequeñas de color amarillo (figura 6), agrupadas en racimos axilares que nacen de la parte basal del nuevo brote y aparecen después de la caída de las hojas. En cada racimo se guarda una relación de 60 a 80 flores masculinas por cada flor femenina, las cuales se ubican en los extremos de las ramas principales y terminales. De la producción total de flores son pocas las que se convierten en frutos y de estos el 30 a 50% cae un mes después. Los frutos maduros están constituidos por una capsula trilocular, cada lóculo con una semilla ovalada con tegumento coriáceo, café brillante con un breve periodo de viabilidad y germinación hipogea (Verheye, 2010; Compagnon, 1998).

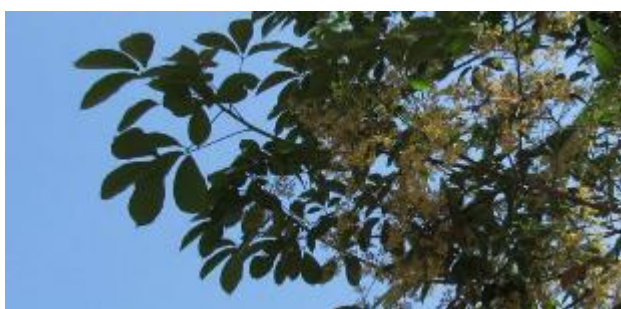


Figura 6. Inflorescencias de la especie *Hevea brasiliensis*.

## 5. MATERIAL GENÉTICO

A pesar que el caucho natural es una materia prima producida por más de 2.000 especies vegetales, la única comercialmente utilizada es la especie *Hevea brasiliensis*, conocida como árbol del caucho natural. El látex que produce está conformado por moléculas de caucho (poliisopreno) de elevado peso molecular, y su producción por hectárea permite que el cultivo tenga alta rentabilidad.

A nivel mundial y desarrollados por diferentes programas de mejoramiento genético, existen un gran número de clones disponible para zonas específicas. En general, por su lugar de origen, se pueden dividir en dos grupos: los clones asiáticos y los americanos. En Asia se destacan instituciones como: *Rubber Research Institute of Malasia* (RRIM), *Rubber Research Institute of India* (RRII), *Rubber Research Institute of Sir Lanka* (RRSL). La característica más importante de estos clones es la alta producción de látex, pero son muy susceptibles al SALB, por lo cual se recomiendan para zonas de escape a la enfermedad.

Los principales programas de mejoramiento genético de caucho americano son brasileros, se destacan las series IAN (Instituto Agronomico do Norte) y FX (cruzamientos entre clones de la Ford Motor Company con clones orientales) con resistencia a algunas razas de *M. ulei* (Goçalves *at al.*, 1997). Los clones de la serie SIAL del programa de mejora genética de la CEPLAC con resistencia a algunas enfermedades foliares y algunos con estructuras de copa ideales para el desarrollo de sistemas agroforestales con especies como el *Theobroma cacao* (Bonadie *et al.*, 2012). Otro programa de Brasil en convenio con el Centre de Cooperation Internationale en Recherche Agronomique pour le

Développement (CIRAD) de Francia y la Michelin, se ha enfocado en el desarrollo de clones con resistencia durable al SALB como son los clones de las series CDC y FDR (García *et al.*, 2004). Actualmente algunos de estos clones están siendo evaluados en la Amazonía colombiana (CDC 56, CDC 312, FDR 4575 y FDR 5597) en campos de observación a gran escala (Steriling y Rodríguez, 2012).

### **Características de interés del material genético para plantaciones comerciales**

Las principales características que debe presentar un clon de caucho natural en condiciones adecuadas de manejo corresponden a:

- Resistencia o tolerancia al SALB.
- Crecimiento rápido durante la etapa improductiva, que debe alcanzar una circunferencia a la altura del pecho o CAP (medidos a 1,20 m de altura) de 45 cm entre los años 5 y 7.
- Alta productividad, equivalente o superior a 1.340 ton/ha/año de caucho seco durante el ciclo del cultivo (promedio nacional calculado para 15 años de producción según SENA, 2006).
- Buena respuesta a la estimulación química, buena arquitectura del tronco y la copa, buen espesor y regeneración de la corteza y resistencia a la sangría seca (desaparición temprana de la producción de látex (Martínez *et al.*, 2006; SAA, 1999).

Adicionalmente, dependiendo de la zona en la que vaya a ser establecido el sistema productivo, se debe seleccionar material genético con resistencia a ruptura por el viento, buen comportamiento ante periodos

secos prolongados y algún tipo de resistencia a determinadas enfermedades y plagas (Martínez *et al.*, 2006; SAA, 1999).

Actualmente se encuentran disponibles para la región de la Orinoquía diferentes clones de caucho natural, cuyo desempeño ya ha sido evaluado. Dentro de estos se encuentran clones de las series IAN, FX, RRIM, AVROS, GT y PB.

## 5.1. Clones evaluados en la Orinoquía

### 5.1.1. Clones asiáticos

#### Clon RRIM 600

Uno de los clones más sembrados en Colombia. Árboles altos y de rápido crecimiento, puede verse afectado por el viento debido a la formación tardía de las ramas que presentan bifurcaciones gruesas. Presenta una copa estrecha y follaje con hojas pequeñas verdes claras. De acuerdo con Martínez y García (2006), este clon alcanzó un perímetro del tallo de 40 cm en 50 meses en campo experimental en el Piedemonte (tabla 6).

Tabla 6. Desarrollo del perímetro del tallo (cm) de clones asiáticos y americanos evaluados en La libertad Meta (Piedemonte) (Martínez y García, 2006).

CLON	20 meses	38 meses	50 meses
RRIM 600	15,87	23,6	40,5
GT 1	16	23,5	39
PB 260	14,04	19,6	38
FX 3864	15,87	24,6	41
IAN 873	15,24	20,5	40,5

Su producción inicial es media pero después aumenta y se mantiene hasta la senescencia, su látex es blanco siendo más adecuado para presentaciones de caucho seco, debido a que su baja estabilidad dificulta su concentración para presentaciones líquidas. Presenta tolerancia a la sangría seca excepto cuando se sobreestimula, es muy susceptible a *M. ulei* y a *Phytophthora* sp. (raya negra) (Gonçalves *et al.*, 2001).

En Malasia su producción media es de 1.540 kg/ha/año en sistema ½S d/2 (numeral 11.8) durante los primeros cinco años y en Costa de Marfil de 1.732 kg/ha/año en el sistema ½S d/3 6d/7 con cuatro estimulaciones anuales con Ethepon® (ácido 2-cloro etil fenólico o etefon) (Gonçalves *et al.*, 2001). En la Altillanura la producción reportada es de 1.800 kg/ha/año con un sistema ½S d/4 y estimulación con Ethepon® al 2,5% seis veces al año (Quesada *et al.*, 2009).

### **Clon GT1**

Árbol de tallo vertical que puede llegar a presentar irregularidades como estrías y torsiones alrededor del injerto por incompatibilidades. La apertura de la copa es tardía y variable, ya que algunos árboles no presentan ramas principales. Durante el periodo inmaduro las hojas son grandes verde-oscuras y brillantes, estas son más pequeñas cuando el árbol entra en la fase adulta. Los individuos son muy homogéneos entre si facilitando el beneficio (Gonçalves *et al.*, 2001). En campo experimental en el Piedemonte, alcanzó un perímetro del tallo de 39 cm en 50 meses (Martínez y García, 2006).

En Malasia presenta una producción media de 1.723 kg/ha/año en los diez primeros años. En Costa de Marfil la producción es de 1.728 kg/ha/año los primeros cinco años, en el estado de Sao Paulo fue de

1.810 kg/ha/año, todos en sistema ½S d/2 6d/7. En la Altillanura colombiana ha mostrado una producción de 1.640 kg/ha/año con un sistema ½S d/4, con estimulación de Ethepon® al 2.5% cinco veces al año (Quesada *et al.*, 2009).

Su producción tiende a disminuir en la senescencia, presenta resistencia a quiebra por el viento y presenta poca sangría seca a menos que se sobreestimule. Su látex es blanco y adecuado para todos los procesos manufacturados. Por su precocidad, rusticidad y cualidades agronómicas se recomendó a pequeños productores paulistas (Gonçalves *et al.*, 2001).

### **Clon PB 260**

Son árboles que presentan buena resistencia al viento y una baja tasa de crecimiento durante el periodo inmaduro, presentan una corteza fina. En Malasia han mostrado superioridad en producción con relación al RRIM 600. Clon altamente susceptible a *M. ulei* (Gonçalves *et al.*, 2001). En el Piedemonte alcanzó un perímetro del tallo de 38 cm en 50 meses en campo experimental. En la Orinoquía colombiana la producción reportada en un año comercial para este clon corresponde a 1.280 kg/ha/año, con un sistema de sangría ½S d/4 y estimulación con Ethepon® al 2,5%, 4 veces al año (Quesada *et al.*, 2009).

## **5.1.2. Clones americanos**

### **Clon FX 3864**

Es uno de los clones más sembrados en Colombia por su resistencia al SALB, aunque ya fue reportada su susceptibilidad a poblaciones del patógeno en la Altillanura colombiana (García *et al.*, 2011). De tallo recto

con un desarrollo vigoroso antes del inicio de la explotación. El espesor de la corteza es moderada con regeneración por encima del promedio. Su producción en los primeros años es media pero después aumenta, y presenta una reducción durante la senescencia (Gonçalves *et al.*, 2001). En el Piedemonte alcanzó un perímetro del tallo de 41 cm en 50 meses en campo experimental (tabla 6).

Bajo índice de sangría seca, resistencia a quebramiento por viento y ha presentado buena tolerancia al SALB en algunas regiones de Brasil. Su producción en plantaciones Paulistas de Brasil es de 1.400 kg/ha/año en un sistema 1/2S d/4 estimulado con 2,5% de Ethepon® (Gonçalves *et al.*, 2001).

### **Clon IAN 873**

Los árboles son altos y vigorosos, con el tallo vertical y rápido crecimiento. En el Piedemonte alcanzó un perímetro del tallo de 41 cm en 50 meses en campo experimental. Su producción es satisfactoria en los primeros años de sangría. Presenta alta producción a partir del tercer año.

En plantaciones comerciales de Malasia la producción corresponde a 1.505 kg/ha/año de caucho seco de los primeros cinco años de sangría. En Brasil es de 1.441 kg/ha/año, con sistema 1/2S d/2. En la Orinoquía se reporta la producción de 1.815 kg/ha/año en un sistema 1/2S d/4, con Ethepon® al 3,3% ocho veces al año, para un año comercial (Quesada *et al.*, 2009). Presenta una corteza de espesor regular y buena regeneración, bajo índice de sangría seca y quebramiento por viento. En algunas regiones de Brasil presenta buena tolerancia al SALB. En zonas

con déficit hídrico ha mostrado alta sensibilidad con una baja en la producción hasta de un 30% (Gonçalves *et al.*, 2001).

### **Campos clonales de observación**

Dentro de la heveicultura uno de los principios es buscar la diversificación del material vegetal para disminuir la alta probabilidad de incidencia a plagas y enfermedades, por lo cual se debe tener en cuenta siempre la inclusión de nuevos clones (Gonçalves *et al.*, 2001). En diferentes áreas de la Orinoquía se han dispuesto campos de observación a gran escala (CCGE) como el establecido por CONIF-CANAPRO MADR en Puerto Carreño<sup>7</sup> para evaluar nuevos materiales como: RRIM 703, PB 312, PB 314, PB 325, IRCA 41, PR 303 y PR 255 y campos experimentales establecidos por CORPOICA en las sedes de Carimagua, La libertad y San José del Guaviare donde se evalúan además de los clones descritos en la tabla 6, IAN 710 y AVROS 2037 (Martínez y García, 2006).

En los próximos años los resultados de estas evaluaciones que deben incluir como mínimo datos de producción del tercer año de sangría, permitirán la recomendación de nuevos clones. CCGE y CCPE con materiales brasileños del CIRAD y Michelin han sido y están siendo establecidos en la Orinoquía, adicionalmente a los del Piedemonte amazónico. Entre los materiales a evaluar se destacan: CDC 56, CDC 312, FDR 4575, FDR 5788, FDR 5597 y MDF 180 (comunicación personal<sup>8</sup>).

---

<sup>7</sup> Proyecto "Identificación y evaluación de clones adaptables de caucho (*Hevea brasiliensis*) a las condiciones de sitio en el municipio de Puerto Carreño, departamento del Vichada. Informe final 2011.

<sup>8</sup> Dr. Anibal Tapiero. CORPOICA seccional La libertad, km 17 vía Puerto López, [atapiero@corpoica.org.co](mailto:atapiero@corpoica.org.co)

## **5.2. Identificación del material vegetal**

La seguridad que el clon de caucho seleccionado por el productor es el que se escogió, es esencial en un cultivo cuya producción es a largo plazo. En Colombia existe regulación estricta para garantizar que la venta de materiales clonados posea las cualidades y características que el agricultor escogió. Para esto la compra de material vegetal de caucho se recomienda que el jardín comercial (Biofábrica), tenga su registro de certificación de acuerdo a la resolución ICA 4994 del 2012. Existen dos metodologías aprobadas para corroborar la identidad de los clones de caucho natural: las isoenzimas y los microsatelites. En la medida que otras técnicas faciliten y reduzcan el costo de la certificación serán consideradas para su utilización comercial.

### **5.2.1. Isoenzimas**

Este método permite la identificación de genotipos de una determinada especie por la técnica de electroforesis en geles de acrilamida o almidón, basada en la evaluación de enzimas que tienen la misma función pero diferencias en su estructura (Isoenzimas). Para el caso particular del caucho natural, el CIRAD desarrollo un protocolo para la identificación de clones de caucho natural, mediante el análisis simultáneo de trece Isoenzimas sobre geles de almidón. Para cada sistema enzimático hay un número determinado de posibles variantes en cada gen, obteniéndose un perfil de bandas en el gel característico de cada clon, sin embargo pueden presentarse diferencias asociadas muy frecuentemente a factores ambientales (Chevallier, 1988).

## 5.2.2. Microsatélites o (Secuencias cortas repetidas)

Son marcadores moleculares con pequeñas variaciones en las secuencias de ADN por eso se llaman altamente polimórficos y permiten identificar individuos de una misma especie que a simple vista son imposibles de diferenciar. Estos se pueden detectar mediante amplificación de ADN (múltiples copias del marcador) extraído de muestras de tejido por PCR (Reacción en cadena de la polimerasa) y posterior visualización por electroforesis en geles de acrilamida o sistemas automatizados (figura 7). Esta técnica tiene la ventaja de no sufrir variaciones relacionadas al medio ambiente y estado de desarrollo fenológico de la planta.

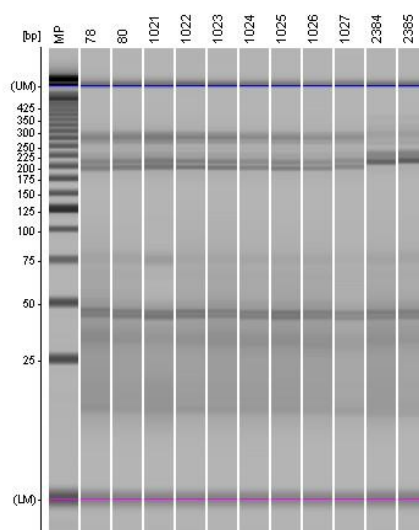


Figura 7. Evaluación de individuos del clon FX 3864, con el marcador tipo microsatélite SSRH 358 (García *et al.*, 2011), por electroforesis capilar. **MP.** Marcador de Peso molecular. Carriles **78** al **1027** individuos conformes al clon. Carriles **2384** y **2385** no conformes al clon<sup>9</sup>.

Actualmente en Colombia, se han propuesto diferentes marcadores de este tipo para discriminar 10 clones de caucho natural (GT 1, RRIM 600, PB 260, PB 235, IAN 710, FX 3864, GU 198, AVROS 1581 y AVROS 2037),

<sup>9</sup> Cortesía línea de investigación en caucho natural Instituto de Biotecnología, UNAL.

permitiendo generar una metodología que contribuye a la identificación y posible certificación de un jardines clonales y plantaciones (García *et al.*, 2011). En relación a la técnica de isoenzimas esta metodología permite la evaluación de un mayor número de individuos por muestreo (Aya *et al.*, 2009).

## **6. ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE CAUCHO**

Los procesos y prácticas de manejo tendientes al establecimiento de una plantación cauchera, deben planificarse para que coincidan con el inicio del periodo de lluvias, que en la Orinoquía corresponde a un régimen básicamente monomodal.

El cronograma de prácticas principales para el establecimiento de una plantación de 100 ha en la Orinoquía, ya sea una plantación o un proceso comunitario, donde es factible la producción de su propio material vegetal, se distribuye así:

- Teniendo en cuenta que los periodos de defoliación, refoliación, floración e inicio de la caída de semilla, se dan entre diciembre y agosto, en el mes de junio deben implementarse germinadores y viveros para que estén listos para la etapa de germinación y siembra en vivero.
- En el mes de octubre se inicia la aplicación de correctivos a los terrenos dispuestos para la siembra en sitio definitivo (encalado, manejo de malezas).
- El corte en jardines clonales para la obtención de yemas se realiza en octubre y a partir de este mes se inician las labores de fertilización, control de enfermedades, riego y control del gusano cachón.

- En febrero del año siguiente se realiza el proceso de injertación para dar inicio a la siembra en sitio definitivo a mediados de abril (figura 8)<sup>10</sup>.



Figura 8. . Cronograma de actividades para establecimiento de plantaciones de caucho natural en la Orinoquia. **1.** Fertilización, **2.** Control de enfermedades, **3.** Riego, **4.** Control de Cachón<sup>8</sup>.

El establecimiento del cultivo del caucho natural se inicia con la obtención del material vegetal, que por su proceso de propagación conlleva diferentes etapas correspondientes a: compra o selección de semilla, establecimiento de germinadores y vivero para la producción de portainjertos o patrones y el establecimiento de jardines clonales para la producción de varetas. La producción de material vegetal se puede implementar en núcleos productivos mayores a 100 has. En el caso de núcleos productivos de menor área o asociaciones de pequeños productores se recomienda evaluar el beneficio de producir materiales propios en relación a la compra del material vegetal a biofábricas certificadas (centro de producción para la obtención de material vegetal) según resolución 4994 de 2012 del ICA.

<sup>10</sup> Martínez, A. Octubre 2010. Algunas consideraciones técnicas para la implementación de cultivos de caucho en la Orinoquia. Corpoica. Presentación Oral.

## **6.1. PRODUCCIÓN DE MATERIAL VEGETAL**

### **6.1.1. La semilla**

La producción del fruto es anual y tarda cinco meses para completar su desarrollo, tiempo en el cual se presenta la deicencia permitiendo la liberación de las semillas mediante explosión de la cáscara. La semilla del caucho natural es recalcitrante y por tanto un poder germinativo muy limitado, que ocurre entre 8 a 20 días (Compagnon, 1998), es decir presenta alta susceptibilidad a la pérdida de agua disminuyendo su germinación del 97% al 9% después de ser expuesta al sol (Gonçalves *et al.*, 2001). Por estas razones se sugiere germinar la semilla lo más rápido posible. Sin embargo, de acuerdo con Gonçalves *et al.*, (2001) la semilla en buenas condiciones de almacenamiento puede durar hasta dos meses, mediante su embalaje en sacos de polietileno entre un volumen igual de aserrín con 10% de humedad.

La semilla seleccionada para siembra debe tener un color café brillante, se prefiere la semilla proveniente de árboles francos o de bloques con mezcla de clones que la semilla proveniente de bloques monoclonales (Gonçalves *et al.*, 2001) ya que por endogamia presentan una disminución drástica de su vigor, albinismo, más de 1 tallo por semilla, y la apertura del primer par de hojas muy bajo que no facilita la enjertación. Se debe descartar la semilla opaca que presente un color grisáceo.

Respecto al albinismo se ha encontrado que las semillas de clones asiáticos como Tjir y PB 86 producen entre el 16 y 18% de plantas

albinas, mientras que el clon americano IAN 873 produce tan solo el 1% (Martínez, 2007).

El peso de las semillas permite estimar el porcentaje de germinación de estas. Si un kilo corresponde de 150 a 170 semillas se obtendrá un porcentaje de germinación del 85%. Si se requiere adicionar más semillas hasta una cantidad entre 180 a 220 para alcanzar el kilo de peso, se obtendrá un 60% de germinación. Cuando el kilo se obtiene con un número de semillas entre 220 a 240 el porcentaje será inferior al 40% (Montoya *et al.*, 2004a). Sin embargo este método no tiene en cuenta el peso diferencial de las semillas de cada clon. Por esta razón el uso de semilla, comprada o recolectada, debe tener las mejores condiciones de manejo para lograr las metas deseadas.

### **6.1.2. Germinador**

Debe ubicarse lo más próximo a donde se establezca el vivero, cerca de fuentes de agua que faciliten el riego, antes de sembrar la semilla esta debe ser embebida por 48 h.

Cada era del germinador debe tener una longitud aproximada de 10 m de largo por 1 m de ancho, con una profundidad de mínimo 20 cm, para facilitar el desarrollo radicular. La separación entre eras debe ser 1 m para facilitar las labores (figura 9A). Para cada 5 kilos de semillas se necesita 1 metro cuadrado de germinador. El suelo o preferiblemente la mezcla de suelo con aserrín, viruta con arena, o arena con cascarilla de arroz quemada (previamente desinfectadas con 50 cm<sup>3</sup> de formol/5 galones de agua), debe quedar suelto y promover la retención de humedad. Las semillas se esparcen sobre el germinador y se distribuyen procurando que queden solas con la cicatriz hacia abajo para facilitar la

salida de la radícula, posteriormente las semillas se cubren con una capa de aserrín, que haya sido desinfectado. A pesar que la práctica de cubrir los germinadores con malla (número 75) está reportada, comercialmente no se está usando para evitar que la mojadura foliar promueva el desarrollo de enfermedades (comunicación personal)<sup>11</sup>. Se debe regar en la mañana y en la tarde por un mes cuidando de no destapar las semillas (Martínez *et al.*, 2007; Montoya *et al.*, 2004a)

La germinación se inicia a los ocho días pero algunas semillas pueden durar hasta un mes. Las plántulas deben ser sacadas con todo y testa para evitar la muerte, de esto depende un buen prendimiento (Montoya *et al.*, 2004a). El momento más adecuado para pasar la plántula a vivero es con un par de hojas maduras y cuya altura del suelo debe ser como mínimo 30 cm. En este momento se hace la primera selección. Si se trasplanta en estado de pata de araña se pueden pasar plantas albinas, deformes o con problemas de endogamia (figura 9B) (comunicación personal)<sup>9</sup>.

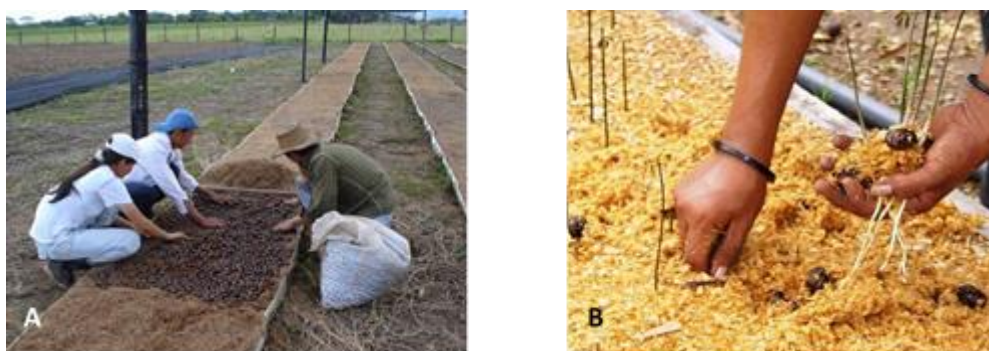


Figura 9. A. Semilla del árbol de caucho natural dispuesta en el germinador (Cristancho y Silva, 2011). B. Semilla de caucho germinada en estado apto para ser trasplantada a vivero (Aya *et al.*, 2009).

<sup>11</sup> Dr. Alfonso Martínez Garnica, Corpoica-La Libertad, Villavicencio, Meta. [amartinezg@corpoica.org.co](mailto:amartinezg@corpoica.org.co)

### **6.1.3. Establecimiento del vivero**

Se denomina vivero al área donde las semillas recién germinadas son trasplantadas para que se desarrollen hasta que alcancen las condiciones ideales y puedan ser injertadas o sembradas en plantación definitiva, estos pueden realizarse en tierra o en bolsa (Gonçalves *et al.*, 2001)

#### **Planificación**

La estructura del vivero debe ser planificada teniendo en cuenta lo establecido en el plan de ordenamiento territorial (POT) del municipio, las vías de acceso, la disponibilidad del espacio el cual debe ser suficiente para llevar a cabo los procesos de producción y distribución de plantas, el suministro de agua, posible riesgo de contaminación química y biológica y la presencia de hospederos de plagas que puedan afectar el vivero (Aya *et al.*, 2009). Adicionalmente debe ser ubicado lo más cerca posible al germinador para facilitar la labor de trasplante, puesto que la cercanía de estos dos sitios impide que las plántulas mueran por deshidratación, dando una mayor garantía de la calidad del material obtenido (Montoya *et al.*, 2004a).

#### **Vivero en tierra**

A pesar que esta es una práctica bien documentada en la literatura mundial, se advierte que en la Orinoquía la implementación de viveros en tierra ha conducido a retrasos como mínimo de un año y fracasos en la implementación de plantaciones. Su uso local ha sido discontinuado a favor de los viveros en bolsa (comunicación personal)<sup>9</sup>. Se describe la práctica como una alternativa posible.

Se debe escoger un área de topografía plana preferiblemente, el suelo debe ser arado a la mayor profundidad posible y bien desterronado para facilitar el desarrollo vigoroso del sistema radicular.

Los viveros se organizan por módulos de 50 x 50 m con una distancia de 2 m para obtener hasta cuatro en una hectárea. En cada módulo las plántulas se organizan en surcos dobles con una separación entre líneas de 30 cm y una distancia entre surcos de 70 cm, con plántulas dispuestas cada 25 cm (figura 10). Esta distribución permite la obtención de 20.000 plántulas/módulo, de las cuales se espera obtener por lo menos 10.000 stumps (plantas injertadas) para llevar a sitio definitivo (Montoya *et al.*, 2004a).

Para realizar la siembra se requiere de 4 a 8 cuerdas de una longitud de 50 m y una estaca en cada extremo. Una vara de 1 m marcada a los 30 y 70 cm y dos cuerdas de 50 m que se amarran a estacas clavadas en las esquinas del lote. Sobre el terreno se deben colocar las cuerdas de 50 m con estacas y las cuerdas que van amarradas paralelas al lote (figura 10). Estas cuerdas permiten guardar la dirección de la línea de ahoyado y por lo tanto de la línea de siembra, para que todos los surcos queden perfectamente rectos. El operario que hace los huecos utiliza un palo terminado en punta, abriendo los hoyos a lado y lado de la cuerda espaciados a 25 cm. Las cuerdas ubicadas a los lados permiten hacer los huecos iniciales de cada surco, siempre a la misma distancia del borde del terreno. Con la vara de 1 m se marca la distancia entre surcos y el ancho de la calle.

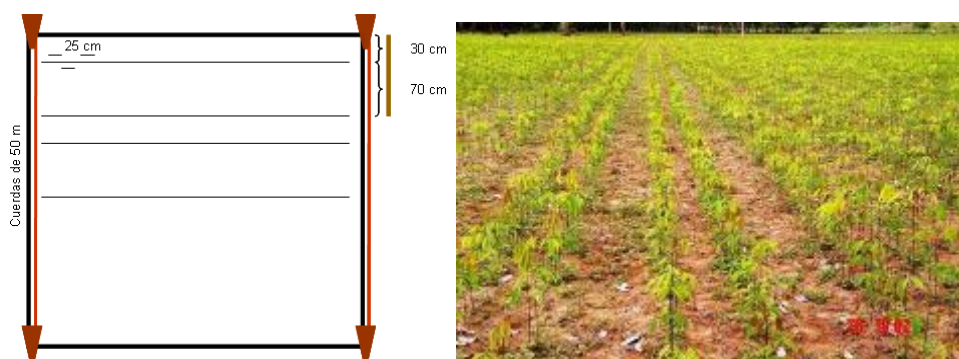


Figura 10. Viveros en tierra. Distribución de plántulas en módulo de 50 x 50 m (Aya et al., 2009).

Las labores de ahoyado y entresacado de plántulas desde el germinador, deben realizarse al mismo tiempo. Si el terreno está muy seco es aconsejable regar antes de ahoyar y de sembrar. Se aconseja el uso de recipientes plásticos para el transporte de las plántulas ya que los de aluminio se recalientan y las queman. Estas labores se deben realizar en las horas de la mañana entre 6:00 y 11:00 am o en horas de la tarde entre 2:00 y 5:00 pm (Montoya et al., 2004a).

Los viveros deben ser regados diariamente en horas de la mañana o de la tarde por 20 días y realizar el control de malezas de forma manual. Ochos días posteriores a la siembra se evalúa el porcentaje de sobrevivencia de las plántulas y se resiembra en el sitio donde estén muertas, con el fin de mantener las 80.000 plántulas/ha de vivero. Esta resiembra solo se hace una vez, posteriores resiembras no serán exitosas ya que las nuevas plántulas no alcanzarán el crecimiento de las otras y terminaran ahogadas (Montoya et al., 2004a).

### **Vivero en bolsa**

Si dentro de la plantación se cuenta con la capacidad de establecer un vivero, se recomienda realizarlo en bolsas, ya que se ha comprobado un

mayor porcentaje de sobrevivencia de plántulas injertadas para llevar a sitio definitivo y mayor homogeneidad en el desarrollo de las plantas, en comparación con los viveros establecidos directamente en tierra (Martínez *et al.*, 2007; Martínez *et al.*, 2006).

Para viveros en bolsa se cavan zanjas con aproximadamente 30 cm de profundidad y 30 cm de ancho, formando un canal donde serán acomodadas las bolsas (40 x 20 cm, pero pueden variar) en surco doble y en tres bolillo, la distancia entre dos surcos dobles debe ser de 1 m para facilitar la labor de injertación. Con este marco de siembra se obtiene una densidad de 120.000 bolsas/ha (figura 11).

Se recomienda utilizar bolsas de plástico negro no reciclado de calibre 4 con fuelle doble, con cuatro huecos a los lados y un hueco de 1 cm en el fondo de la bolsa para drenaje. El plástico debe tener tratamiento contra rayos UV con el fin de evitar un deterioro rápido (Martínez *et al.*, 2007). Como sustrato se pueden usar materiales como limo de río con 25% de arenas. O puede ser preparado mezclando 1/3 de arena, 1/3 de arcilla y 1/3 de lombricompost. Igual que para el vivero en tierra, las plántulas se entresacan del germinador en las horas de la mañana de 6 a 11 am y en las horas de la tarde de 2 a 5 pm (Martínez *et al.*, 2007).



Figura 11. Vivero en bolsa (Cristancho y Silva, 2011).

## **Fertilización de vivero**

El proceso de fertilización del vivero debe realizarse en función del análisis químico de suelo. Y las plántulas deben contar con una buena fertilización con el fin de tener un óptimo desarrollo para la realización de la injertación y su posterior trasplante en campo. No se deben escatimar esfuerzos para el óptimo desarrollo en esta fase del cultivo. Existen varios esquemas de fertilización para el vivero que corresponden a:

- Para viveros en tierra, un mes después del trasplante se aplica 100 g de urea por cada 5 m lineales, a los 60 días se puede aplicar una mezcla de 50 g de urea por 50 g de triple 15, con una distribución equitativa entre los surcos. A los 90 días se aplica una mezcla de 150 kg de triple 15 por 50 kg de elementos menores, y se aplican 100 g como se describió anteriormente. Finalmente a los 150 días se aplica nuevamente la mezcla de triple 15 y elementos menores antes de realizar la injertación. Es necesario tener en cuenta que antes de llevar a cabo las labores de fertilización se debe realizar el control de malezas (Montoya *et al.*, 2004a).
- Para viveros en bolsa, un mes después del trasplante a la bolsa se puede aplicar 5 g de abono cafetero (13-6-18-2), que adicionalmente contiene 1% de Boro y 0,5% de Zinc. La aplicación debe realizarse enterrando el fertilizante en el sustrato junto a las paredes de la bolsa evitando el contacto con la planta. Dos meses después del trasplante se puede aplicar 10 g de lombricompost y se alterna con fertilización química hasta el momento de la injertación (Martínez *et al.*, 2007).
- Se pueden aplicar fertilizantes líquidos o "drench" mediante el siguiente esquema: Después de un mes de trasplantadas las plantas

se debe aplicar a cada planta 50 cm<sup>3</sup> de una solución de urea 2,5% p/v (2,5 kg de urea en 100 l de agua). A las tres semanas siguientes aplicar 50 cm<sup>3</sup> de una solución de triple 15 6,25% p/v (6,25 kg de triple 15 en 100 l de agua), se repite el proceso cada seis semanas hasta la enjertación (Martínez *et al.*, 2007).

- Experimentalmente, otra alternativa disponible para mejorar el desarrollo de las plántulas, corresponde al uso combinado de múltiples microorganismos, que además de las micorrizas disponibles comercialmente, se cuenta con *Trichoderma* sp., bacterias acidolácticas, bacterias fijadoras de nitrógeno y promotores de crecimiento. De acuerdo con el estudio realizado por Martínez<sup>12</sup>, se genera una mejor respuesta en mezclas en comparación a su uso individual y/o la fertilización convencional, evaluando diferentes métodos de propagación de plántulas portainjerto (tabla 7).

Tabla 7. Altura de las plantas (cm) del clon FX 3864, provenientes de tres tipos de patrones<sup>10</sup>.

TRATAMIENTO	ALTURA DE PLANTA (cm)*		
	Patrón de semilla sexual	Patrón de explante	Patrón de rescate de embriones
<b>T1.</b> <i>Trichoderma</i> sp + bacterias acidolácticas + bacterias fijadoras de nitrógeno y promotoras de crecimiento + hongos formadores de micorrizas arbusculares.	78 a	81 a	21 a

<sup>12</sup> Alfonso Martínez. 2012. Programa de fertilización en la etapa de sostenimiento y aprovechamiento de plantas de caucho natural. REFOCOSTA y CI La Libertad. Presentación oral. Congreso Internacional Cauchero, Ibagué Colombia.

<b>T2.</b> <i>Trichoderma</i> sp + bacterias acidolácticas + bacterias fijadoras de nitrógeno y promotoras de crecimiento.	80 a	79 a	18 a
<b>T3.</b> Bacterias acidolácticas + bacterias fijadoras de nitrógeno y promotoras de crecimiento + hongos formadores de micorrizas arbusculares.	82 a	82 a	17 a
<b>T4.</b> <i>Bacillus subtilis</i>	68 b	65 b	20 a
<b>T5.</b> Hongos formadores de micorrizas arbusculares	67 b	66 b	18 a
<b>T6.</b> Testigo absoluto	69 b	66 b	21 a

\*Cantidades seguidas por letras iguales no difieren estadísticamente entre sí según prueba de Tukey (p: 0.05)

### **Riego en vivero**

Ya que el periodo de sequía en la Orinoquia coincide con el periodo de vivero y comprende desde la tercera semana de diciembre hasta marzo del año siguiente aproximadamente, con vientos moderados a fuertes se debe implementar un sistema de riego sencillo para mantener el terreno o las bolsas con una buena humedad y evitar la disminución del crecimiento durante la época seca. Una red de atomizadores móviles, que permite una instalación a menor costo puede resultar ineficiente por efecto del viento, por lo que se sugiere el uso de microaspersores directamente sobre las bolsas. Aplicación en horas de la tarde son preferibles para evitar evapotranspiración (Martínez, 2007; Compagnon, 1998).

#### **6.1.4. Jardín clonal**

El área de jardín clonal es un espacio reservado a plantas madres, preferiblemente certificadas (resolución ICA 4994 de 2012) para

garantizar el material deseado con buenas condiciones fitosanitarias, dado que a partir de estas se obtendrá la producción de varetas portayemas (segmentos de tallo que contienen yemas axilares), que serán utilizadas en el proceso de injertación con las plantas patrón (Aya *et al.*, 2009; Gonçalves *et al.*, 2001; SAA, 1999). (Martínez, 2007). Teniendo en cuenta que el establecimiento de un jardín clonal hace parte de la producción de material vegetal, se reitera que su implementación está sujeta al área del cultivo.

Las plantas seleccionadas para conformar un jardín clonal se deben elegir por su rendimiento, en relación con el crecimiento (vigor y altura), el estado fitosanitario principalmente en la copa (densidad foliar mayor al 80% con resistencia aparente al SALB) y alta producción sin sangría seca (Cuellar, 2011).

Los procesos de mantenimiento de los jardines clonales son intensos y costosos, y su abandono es una fuente de enfermedades a las plantaciones cercanas.

Existen dos clases de jardín clonal, uno para la producción de varetas verdes (yemas jóvenes de 2 a 6 meses no lignificada) y otro para la obtención de varetas marrón (yemas maduras de 8 a 14 meses de edad) (Compagnon, 1998). En la Orinoquía se ha impuesto la injertación en verde para poder unificar el material de siembra y por lo tanto tener plantaciones uniformes.

### **Establecimiento**

El establecimiento de un jardín clonal debe hacerse en el periodo que anteceda al establecimiento del vivero, de manera que exista un

abastecimiento previo de yemas para el proceso de injertación (SAA, 1999). Para jardín clonal destinado a proporcionar yemas verdes, la distancia entre plantas recomendada es de 2 m x 1 m para garantizar yemas vigorosas (comunicación personal)<sup>13</sup>, obteniéndose una densidad de siembra de 4.000 árboles/ha (Montoya *et al.*, 2004a) y para proporcionar yemas marrones se realiza un arreglo de 1,5 x 0,5 m entre plantas (Gonçalves *et al.*, 2001).

Las plantas del jardín clonal deben estar agrupadas por bloques debidamente identificadas y con la fecha de establecimiento. Debe tener un aislamiento perimetral que evite la contaminación por plagas desde los bloques de multiplicación intensiva, dejando una área libre de plantas de dos o cinco metros como mínimo (Aya *et al.*, 2009) (figura 12). El jardín clonal se puede establecer de tres maneras de acuerdo con Gonçalves *et al.*, (2001):

- A partir de stumps, un tocón con raíz proveniente de un injerto verde o marrón con raíz desnuda o con suelo en bolsa de polietileno, siendo el material obtenido en bolsa el más recomendado (ver numeral 4.1.3.).
- A través de la plantación en sitio definitivo de plantas provenientes de semillas con un injerto verde y luego de cinco o seis meses después de la injertación, es seguido de una zoca de la parte área del portainjerto.

---

<sup>13</sup> Dr. Alfonso Martínez Garnica, Corpoica-La Libertad, Villavicencio, Meta. [amartinezg@corpoica.org.co](mailto:amartinezg@corpoica.org.co)

- A partir de la transformación de un vivero en jardín clonal, extrayendo todas las plántulas injertadas, excepto las destinadas a conformar el jardín clonal, realizando el corte de la parte aérea de los portainjertos.

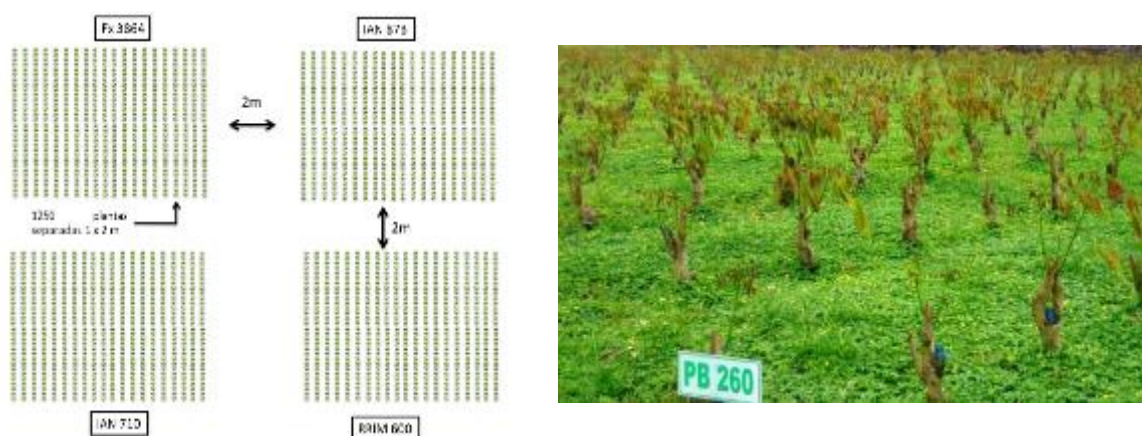


Figura 12. Distribución de un jardín clonal para obtención de varetas verdes con marco de siembra de 1 x 2 m (Aya et al., 2009; Montoya et al., 2004a).

Al establecer el jardín clonal se debe preparar el suelo tal como se hace con una plantación, teniendo en cuenta los siguientes parámetros: análisis de suelos, determinación de saturación de bases inicial, cálculo para llevar el suelo a 50% de saturación de bases, aplicación de cales sobre todo el terreno e incorporación, ahoyado, aplicación de roca fosfórica y siembra (ver numeral 4.2.2.).

- **Jardín clonal para producir varetas verdes:** Entre los 10 y 12 meses después de establecido el jardín clonal, se realiza la primera colecta y zoca con cortes en bisel, a una altura de 50 a 60 cm entre el tercer y cuarto lanzamiento foliar; en esta primera cosecha se obtienen varetas verdes que se utilizan inmediatamente para injertación. A partir de esta labor se desarrollan cuatro a cinco brotaciones laterales que deben ser colectadas por debajo del corte de

la primera zoca, proceso que se repite para obtener varetas verdes cada 10 semanas (SAA, 1999). Las varetas pueden ser conservadas por tres días, siempre y cuando sean colocadas en posición vertical en un recipiente que contenga de 2 a 3 cm de agua limpia (Gonçalves *et al.*, 2001). Si se siembran 1.250 plantas y se les hace un buen cuidado, durante el primer año proporcionarán de 1.250 a 2.000 m de vareta y cada metro de vareta proveerá de 8 a 10 yemas para injertación en verde.

- **Jardín clonal para producir varetas marrones:** Se realizan las podas en forma de bisel a 15 cm de la base de la vareta, dejando tres a cuatro yemas para posteriores rebrotes. En este tipo de jardín las plantas solamente deben producir una vareta en el primer año de vida, al segundo año después de la primera colecta, deben desarrollar dos varetas por planta y a partir del tercer año, cada planta puede producir hasta cuatro varetas vigorosas. Si se siembran 1.250 plantas y se les hace un buen cuidado, durante el primer año proporcionarán de 1.250 a 2.000 m de vareta y cada metro de vareta proveerá de 10 a 15 yemas para injertación en marrón.

A la herida infringida en la planta madre para obtención de yemas verdes o marrones, se le aplica una solución de fungicida o cicatrizante para evitar la entrada de hongos y se impermeabilizan con parafina los extremos de la vareta. Se deben cortar las varetas el mismo día en que se realizará la injertación, si el vivero se encuentra alejado del jardín clonal, el corte de las varetas se debe realizar en la tarde y hacer el injerto en la mañana del día siguiente (Montoya *et al.*, 2004; Gonçalves *et al.*, 2001).

Para el transporte de las varetas, se deben acondicionar en cajas de madera o cartón (150 cm x 50 cm), colocándolas de manera estratificada (formando pisos), separadas con papel, tamo o aserrín estéril; manteniendo una humedad abundante para evitar que el material muera durante el transporte (Montoya *et al.*, 2004a; Gonçalves *et al.*, 2001).

### **Mantenimiento**

Es importante llevar el registro de todas las prácticas que se realizan en el jardín clonal, desde de la fecha de establecimiento, el origen de las plantas madre y todas las medidas de manejo que se emplean. Se debe procurar el óptimo estado fitosanitario del material vegetal, en el caso de presentarse afectaciones se deben utilizar medidas similares a las determinas para el cultivo en sitio definitivo. El seguimiento y las prácticas correctas posibilitarán la obtención de material vegetal con parámetros deseables de calidad, que de acuerdo con Compagnon (1998) son los siguientes:

- Vigor y homogeneidad de los brotes.
- Yema que no esté prominente sobre la corteza para simplificar la operación de injertación.
- Despegue fácil de la corteza.

### **Riego**

El riego en jardín clonal es fundamental para que despeguen las yemas en el momento de la enjertación. Debe contemplarse el diseño y montaje de un sistema de riego en zonas con precipitaciones mensuales inferiores a 100 mm por más de tres meses como en la Orinoquía<sup>14</sup>. Se puede

---

<sup>14</sup> Guía ambiental para la producción de caucho natural. [http://www.minambiente.gov.co/documentos/DocumentosBiodiversidad/proyectos\\_norma/proyectos/111010\\_proy\\_guia\\_amb\\_caucho\\_151010.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/DocumentosBiodiversidad/proyectos_norma/proyectos/111010_proy_guia_amb_caucho_151010.pdf)

emplear para esta práctica riego por goteo, uso de aspersores y microaspersores.

### **Fertilización**

En un jardín clonal establecido, se debe realizar de acuerdo con los resultados de análisis foliar y de suelo. En general se debe considerar la aplicación de fertilizantes completos de acuerdo con el ritmo de explotación de las plantas madres, realizando los aportes nutricionales antes de la etapa de cosecha de las varetas y de acuerdo al tiempo de asimilación del producto, al igual que se debe procurar hacer aportes poco tiempo después de realizar podas severas como en el caso de la zoca (Compagnon, 1998). Eraso y Toro (2006) sugieren el uso fraccionado de Triple 15 a razón de 300 kg/ha y de refuerzos con fertilizantes que contengan alrededor de 8% de nitrógeno total, 5% de fósforo asimilable ( $P_2O_5$ ), 18% de calcio (CaO), además de magnesio, cobre, azufre, molibdeno, zinc y boro en una dosis de 1 kg/ha. Este último elemento es necesario para evitar la brotación de yemas, manteniendo la dominancia apical.

### **Podas**

En los jardines clonales se deben realizar tres tipos de podas<sup>15</sup>: brotación, formación y rejuvenecimiento, que se caracterizan por:

- **Brotación (deschuponado).** Consiste en la eliminación de brotes del patrón o portainjerto, para garantizar únicamente el desarrollo de brotes del clon injertado.

---

<sup>15</sup> ASOHECA, Coordinación Área Técnica, 2009. Ficha técnica para el establecimiento de jardines clonales de caucho natural. Informe mensual de actividades. <http://www.asoheca.org/imagenes/Fichastecnicas/> (consultado: noviembre de 2012)

- **Formación.** Consiste en la eliminación y control de brotes clonales, para la obtención de varetas bien distribuidas y vigorosas, considerando que se deben dejar localizadas en sitios estratégicos, por ejemplo, paralelos a la calle más ancha, para evitar su desgarramiento por parte de los trabajadores cuando ingresan al cultivo (Aya *et al.*, 2009).
- **Renovación de varetas.** Consiste en la eliminación de varetas viejas recortándolas a la menor altura posible, con el propósito de obtener varetas vigorosas, siempre y cuando se garantice tanto la brotación de yemas clonales como el despegue fácil de la corteza.

### **6.1.5. Injertación**

El injerto de ventana abierta, escudete o yema, se utiliza para multiplicación a gran escala tanto para varetas verdes como marrones; ya que utiliza poco material vegetativo y su ejecución es rápida con un alto porcentaje de prendimiento. Para su realización, se debe disponer de (Compagnon, 1998; Montoya *et al.*, 2004a):

- Una navaja de injertación afilada en su extremo, con una uña para facilitar el despegue de la corteza.
- Una piedra de afilar.
- Bayetilla o trapos limpios.
- Una caja de un tamaño medio que permita ser fácilmente transportada, para guardar las yemas que se obtienen.
- Cintas de injertación de plástico calibre 2 y de 2,5 cm de ancho u otro material para amarrar el injerto.

Antes de comenzar el proceso de injertación en masa, Montoya *et al.*, (2004), plantean realizar la prueba de desprendimiento, con el objetivo de conocer si las yemas están listas para ser injertadas, esto se realiza en el jardín clonal cuando las varetas han alcanzado una altura de 2,5 a 3 m (figura 13).



Figura 13. Jardín Clonal con varetas con la longitud adecuada para la extracción de yemas (Aya et al., 2009).

Esta prueba se realiza por debajo del primer foliolo y consiste en realizar una ventana con 5 cm de longitud por 1 cm de ancho. Posteriormente con la navaja de injertación se levanta levemente la corteza; si desprende con facilidad esta lista para hacer la injertación, si no levanta o se parte, la vareta no está en condiciones para realizar el proceso. Una vez comprobado el desprendimiento de la corteza se realiza el despeciado, cortando por la mitad los pecíolos de cada hoja. Se espera 15 días a que el resto del peciolo caiga (con el fin de no maltratar las yemas) y se lleva a cabo el proceso de injertación.

Al mismo tiempo en el vivero, se mide la circunferencia del tallo de la planta patrón a 7 cm del suelo (Eraso y Toro, 2006); en donde una planta destinada a injertación debe alcanzar un diámetro de 6 cm para el proceso con yemas marrón (figura 14), y de un 1 cm cuando se desean

injertar yemas verdes. Si se cumple esta condición en el 80% en las plantas porta-injerto, se puede proceder al proceso de injertación.



Figura 14. Medición del diámetro del portainjerto para injertación de yema marrón (Compagnon, 1998).

### **Proceso de injertación**

Para el proceso de injertación es muy importante tener en cuenta que el portainjerto, debe tener la misma edad que las yemas. Para el caso de yemas marrones la operación se puede iniciar, cuando el portainjerto tiene aproximadamente 10 meses de edad. Otras consideraciones a tener en cuenta se describen en el apéndice 1. El proceso de injertación consiste en los siguientes pasos (Eraso y Toro, 2006; Motoya *et al.*, 2004a; Compagnon, 1998):

- Marcación del surco de injertación en donde se consigne fecha, el patrón y el origen de las yemas.
- Recortar la corteza del portainjerto en tres de sus costados para despegar una lengüeta de corteza a 10 cm del suelo, de 8 cm de lado y 2,5 cm en la base, dejando su apertura de arriba hacia abajo o

viceversa. Este proceso se repite sobre unos 20 patrones con lo cual se permite el escurrimiento de látex y se obtiene un espacio de tiempo para obtener las yemas (figura 15).

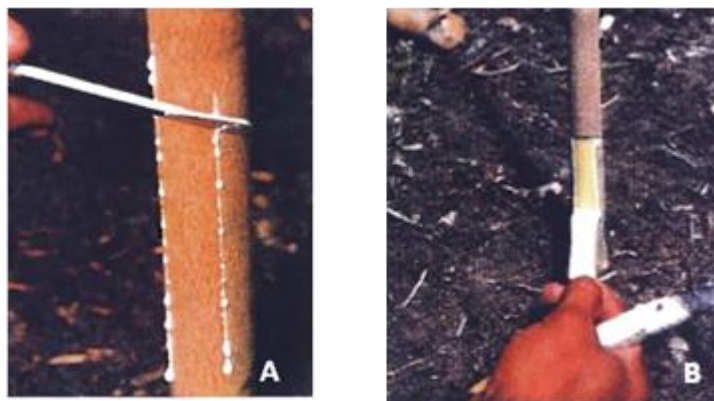


Figura 15. Ventana de injertación. A. Corte en patrón y excreción de látex. B. Apertura de la ventana por la parte superior (Compagnon, 1998).

- En la vareta se seleccionan las yemas sobresalientes, y su extracción se realiza recortando una placa en forma de rectángulo de 5 cm x 1,5 cm, con la punta de la navaja se levanta esta lengüeta. Para no invertir la posición de la yema al momento de la injertación, se realizan dos marcas en la parte superior formando una punta (figura 16).



Figura 16. Yemas. A. Extracción de yemas de la vareta B. Esquema de la placa de corteza para la extracción de yemas.

- Comenzando por el primer árbol al cual se le realizó los cortes; una vez escurra el látex, se limpia la zona de injertación quitando el látex

coagulado para posteriormente introducir entre la lengüeta levantada y el cambium del portainjerto una yema marrón, colocando las marcas en la parte superior de la zona de injertación (figura 17).



Figura 17. Postura de la placa con yema madura en la ventana de injertación (Compagnon, 1998).

- Se cierra la ventana colocando la lengüeta de corteza sobre la yema injertada y se amarra fuertemente con una cinta de injertación, de tal manera que el injerto quede protegido del agua de lluvia que puede escurrir a lo largo del tallo de la planta (figura 18).



Figura 18. A. Encintado hacia abajo, asegurándose que la lengüeta cubra totalmente la placa (Compagnon, 1998). B. Injerto encintado (Martínez, 2007).

- Aproximadamente a la tercera semana de realizada la injertación, se quita la cinta de injertación y se elimina la lengüeta (figura 19).

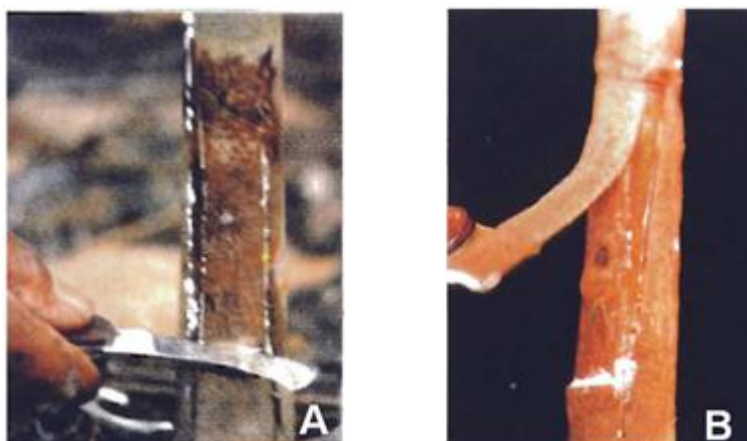


Figura 19. A. Corte y B. Desprendimiento de la lengüeta 15 a 20 días después de realizado el injerto (Compagnon, 1998).

- Se confirma si prendió el injerto; es decir si la yema continua viva, para esto se realiza una picadura en la placa por donde debe brotar látex o se raspa superficialmente, de manera que si se mantiene verde es un indicador de su buen estado (figura 20). Si no prendió la yema y es necesario realizar una nueva injertación, esta se puede realizar en la misma planta en el lado totalmente opuesto al injerto inicial.
- Si se tiene éxito en la injertación, se marca con una cinta las plantas injertadas.

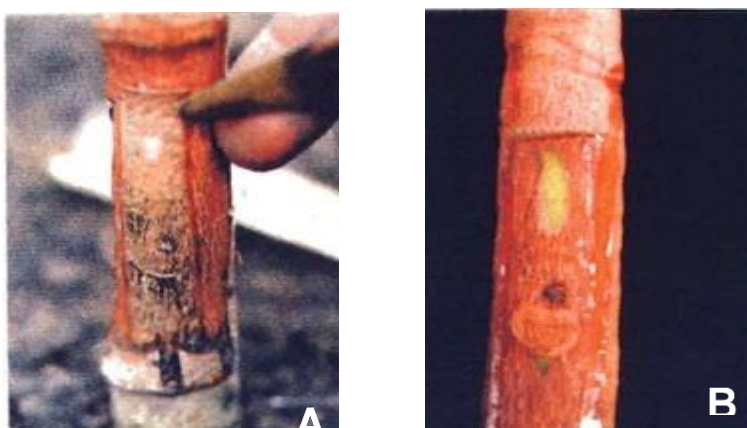


Figura 20. Prueba de prendimiento A. Picadura en la que brota látex. B. Raspadura (Compagnon, 1998).

El injerto que se realiza con yema verde se hace con un portainjerto muy joven, con una circunferencia de 1 cm, entre tres y cuatro meses después de la emergencia de la planta. A diferencia del injerto en marrón la lengüeta se quita por completo, se coloca en contacto la yema con el cambium del portainjerto y se amarra fuertemente con una cinta transparente que permita a la yema la exposición a la luz. La comprobación del prendimiento de la yema en verde, se realiza a los 15 días de realizado el proceso de injertación (Compagnon, 1998).

## **6.2. Plantación en sitio definitivo**

### **6.2.1. Características físicas y químicas del suelo**

Las características de los suelos de La Orinoquia han sido descritas en múltiples documentos nacionales e internacionales (FAO, 1964; Rippstein G, 2001; IGAC, 2004). Taxonómicamente son clasificados como Oxisoles y Ultisoles que hacen referencia a la condición dominante del complejo de los suelos ácidos: deficiencia de P y N, alta saturación de Al en niveles tóxicos a la mayoría de las plantas y por ende deficiencia de Mg, Ca y elementos secundarios y menores. Pero en general en el Piedemonte y la altillanura bien drenada a nivel topográfico son suelos que poseen características de drenaje de moderadamente bueno a excesivo, con características físicas favorables para el desarrollo de cultivos, una vez hayan sido solucionados los problemas de toxicidad de aluminio a los niveles requeridos por el caucho y aplicada la fertilizad química deficiente (Ver Tabla 5) (Rincón, 2012; Martínez, 2007; Compagnon, 1998).

Para su óptimo crecimiento el cultivo del caucho demanda ciertos requerimientos edáficos entre ellos buenas condiciones de aireación y drenaje, profundidad superior a un metro y nivel freático a 1,50 m. Por ser originario de la Amazonía presenta tolerancia a la acides moderada y esto le permite adaptarse a una amplia gama de suelos ácidos (pH entre 4,5 y 5,5) que incluye suelos, francos, franco-arenosos, franco-limosos, franco-arcillosos y franco-areno-arcillosos, con un contenido mínimo de 25% de arcilla, siendo el porcentaje ideal de 40 a 50%. En la Orinoquia, en general la tendencia es un gradiente del contenido de arcillas que va de mayor a menor en la medida que se va de occidente a oriente (Tabla 8) Martínez (2007), y sirve para ilustrar tendencias regionales cuando se esté planeando cultivos.

Pero por ser suelos muy intemperizados, una de las labores que se debe hacer es el uso de cinceles para romper el "sello" superficial que poseen (Amézquita et al, 2013) y al mismo tiempo se realizan la incorporación de enmiendas requeridas según la condición local y en donde además hay que planear las prácticas adecuadas de preparación del suelo que favorezcan la conservación y evitando la erosión del suelo.

Tabla 8. Textura del suelo en varios sitios del Piedemonte y la Altillanura colombiana (Martínez, 2007).

Localidad	Agregados del suelo		Clase Textural
	Arenas + Limos %	Arcillas %	
<b>CI La Libertad. Villavicencio (Meta)</b>	69,1	33,9	Franco-arcilloso arenoso
<b>EE Taluma. Puerto López (Meta)</b>	74,9	26,0	Franco-arcilloso arenoso
<b>Puerto Gaitán (Meta)</b>	76,9	23,2	Franco
<b>El Cimarrón. (La Primavera, Vichada)</b>	84,5	15,8	Franco
<b>EL Viento (Cumaribo, Vichada)</b>	80,5	19,5	Franco
<b>Marandúa (Puerto Carreño, Vichada)</b>	91,4	8,6	Franco-arenoso

De los ecosistemas de la Orinoquía, las zonas del Piedemonte y la Altillanura disponen de condiciones aptas para la siembra de caucho natural. Por el tipo de suelos el Piedemonte posee ventajas frente a la Altillanura, ya que sus suelos poseen textura franco-arcillosa en contraste con la Altillanura, donde se describe un suelo franco arenoso con menor porcentaje en la concentración de arcilla. Otros parámetros que otorgan beneficios a la zona del Piedemonte son la distribución de las lluvias y una mayor fertilidad natural. Mientras que en Piedemonte se registran lluvias periódicas en cantidades suficientes de marzo a mayo y altos contenidos de materia orgánica, Fósforo y Potasio; en la Altillanura únicamente en el mes de mayo las lluvias abastecen la producción agrícola y las proporciones de materia orgánica y minerales son inferiores a las de Piedemonte (exceptuando la concentración de Aluminio). En adición en la Altillanura se presentan vientos fuertes y calientes en época seca (Martínez, 2007).

Dichas condiciones pueden limitar o retardar el desarrollo y crecimiento de la planta del caucho en la Altillanura, con respecto al Piedemonte. Prueba de esto, es el estudio realizado por Martínez y García (2006), donde se establecieron los tiempos requeridos por siete clones de caucho sembrados en las zonas mencionadas, para alcanzar los parámetros que señalan el inicio del aprovechamiento del árbol, siendo de 54 meses para el Piedemonte y 96 para la Altillanura. Por otro lado, tanto la producción de biomasa seca de estos clones a los dos años de edad comparada con datos reportados en Malasia para el clon RRIM 501 y en Brasil para FX 3864 (tabla 9) ; como la composición nutricional de los clones IAN 710 y PB 260 (Colombia) y RRIM 501 (Malasia) (Shorrocks, 1965), muestran diferencias (tabla 10). Por esta razón, las tablas de análisis foliares deben ser propias para las condiciones de suelos y manejo de cada región.

Tabla 9. Producción de materia seca (Kg/ha) de 7 clones de caucho a la edad de 2 años en comparación con plantaciones de Malasia y Brasil. (Martínez y García, 2006; Haag et al.,\*\* 1982; Shorrocks,\* 1965).

Clon	Hojas	Ramas	Tallo principal	Raíz principal	Raíces secundarias	Total Kg/ha.
<b>RRIM 600</b>	278	183	1371	1012	381	3225
<b>IAN 873</b>	291	285	961	1054	402	1993
<b>AVROS 2037</b>	701	351	2750	1617	484	5902
<b>FX 3864</b>	394	198	2372	1145	198	4506
<b>PB 260</b>	431	393	1212	1211	412	3659
<b>IAN 710</b>	423	463	1675	1205	197	4162
<b>GT1</b>	490	253	1931	1344	413	4431
<b>Promedio</b>						3982
<b>RRIM 501 Malasia (*)</b>	912	2563	3101	1289	549	8414
<b>FX 3864 Brasil (**)</b>	1837		1037			2874

Tabla 10. Concentración de elementos mayores en diferentes partes de la planta en tres clones de caucho en Colombia y Malasia (\*Martínez y García, 2006. \*\*Shorrocks, 1965).

Nutriente	IAN 710*				PB 260*				RRIM 501**			
	Raíz	Tallo	Ramas	Hojas	Raíz	Tallo	Ramas	Hojas	Raíz	Tallo	Ramas	Hojas
<b>N%</b>	0,60	0,73	2,10	3,50	0,70	0,78	1,12	3,73	0,62	0,45	0,45	2,79
<b>P%</b>	0,05	0,06	0,29	0,20	0,06	0,08	0,12	0,26	0,09	0,05	0,05	0,18
<b>K%</b>	0,59	0,86	1,58	0,82	0,62	0,80	0,82	1,00	0,31	0,25	0,27	0,90
<b>Ca%</b>	0,17	0,40	0,53	0,51	0,18	0,38	0,54	0,60	0,15	0,12	0,09	0,24
<b>Mg%</b>	0,06	0,22	0,15	0,20	0,06	0,14	0,08	0,23	0,31	0,33	0,30	0,86

## 6.2.2. Preparación del terreno

### Selección del lote y análisis del suelo

En Colombia se han identificado áreas que cuentan con las condiciones adecuadas para la siembra del caucho, sin embargo, muchas plantaciones se establecen en terrenos desfavorables para la óptima

producción de la especie (condiciones climáticas y edáficas limitantes), en terrenos de difícil acceso para el manejo de la plantación (con pendientes hasta del 70% o altos porcentajes de pedregosidad) (figura 21) o en condiciones favorables para el desarrollo de patógenos (zonas de no escape al SALB). Ésta realidad muestra que la elección del terreno destinado a la plantación muchas veces está sujeto al área disponible, en cuyo caso debe conocerse tanto las consecuencias de no contar con los requerimientos y parámetros favorables para el cultivo, como las alternativas a aplicar para facilitar las labores de manejo y evitar o minimizar en lo posible cualquier pérdida económica (Rincón, 2012; Tapiero, 2011).



Figura 21. Terreno de difícil acceso para el manejo de la plantación (Tapiero, 2009)<sup>16</sup>.

Para evaluar si las propiedades del suelo seleccionado son convenientes y poder elaborar un plan de fertilización apropiado, es pertinente enviar muestras de suelo para su análisis. Un correcto muestreo, detallado en varios manuales para la toma de muestras (Osorio N.W., sin fecha;

---

<sup>16</sup> Tapiero, A.; Rodríguez, N.; Gutiérrez, A. 2009. Presentación oral: Redefinición de áreas para el establecimiento del caucho a partir de la información climática y ciclo vegetativo del cultivo. Barrancabermeja.

Rodríguez y et al, sin fecha) garantiza un sondeo del estado general del terreno, por tanto debe incluir alrededor de 20 submuestras por lote tomadas en zigzag a 20 cm de profundidad con barreno o pala, para esta última se corta en forma de "V" y se toma la parte central (figura 22), finalmente se mezclan para completar un kilo de suelo. Además de la completa identificación de la muestra, es necesario proporcionar información al laboratorio con respecto a la topografía, temperatura, precipitación y pedregosidad del lote, así como mencionar el último cultivo sembrado, las quemas, fertilizaciones realizadas y el cultivo que se pretende sembrar. (Rincón, 2012). Pero el muestro debe tener en cuenta que la muestra de suelo corresponda al mismo tipo de suelo y no necesariamente debe corresponder con un lote cuadrículado de manejo de la plantación. En el futuro esto garantizará que el manejo por sitio específico sea realizado correctamente.



Figura 22. Muestra de suelo tomada con pala (Saavedra, 2012).

### **Adecuación del lote**

Es pertinente que el terreno a sembrar este libre y se adapte a los requerimientos del cultivo del caucho. Por esta razón debe retirarse todo

aquello (árboles y arbustos) que impida el total despeje de la zona a sembrar, respetando la vegetación nativa según el requisito de la corporación ambiental correspondiente. Si el lote está cubierto por un cultivo permanente, es posible dejar algunos árboles que den sombra y no interfieran con los surcos del caucho hasta que este inicie su producción y si el lote es un potrero se trilla el terreno por sobrepastoreo. En los casos anteriores incluyendo terrenos con algún tipo de rastrojo como chaparros (*Curatella americana*), se debe limpiar el área y esparcir en el suelo los restos de las labores de limpieza, con un adecuado manejo de malezas. Esta práctica ayuda a atenuar la erosión y aparición temprana de plagas, conservar la humedad e incorporar materia orgánica y minerales.

Dependiendo de las características del lote elegido, es recomendable el montaje de estructuras anexas que beneficien el desarrollo y aprovechamiento de la plantación cauchera. Un ejemplo es el establecimiento de barreras vivas con limoncillo o limonaria y la construcción de terrazas, para evitar la erosión del suelo en los primeros años y facilitar las labores de cultivo respectivamente. Por otro lado en zonas planas o ligeramente onduladas con predisposición a vientos fuertes, se sugiere la instalación de barreras rompevientos con especies resistentes y de crecimiento rápido como eucaliptos, araucarias, casuarinas, swinglea, etc. (Rincón, 2012), o la conservación de bosque nativo que cumpla esta función y en adición promueva la biodiversidad del agroecosistema.

### **Encalado**

Como ya se mencionó, los suelos de la Orinoquia presentan limitaciones para el adecuado desarrollo de una plantación de caucho de cualquier

tamaño, entre ellos un alto contenido de aluminio y por ende un bajo contenido de bases intercambiables. Para solventar esta situación la aplicación de cal agrícola como enmienda al suelo, contribuye a disminuir los porcentajes de saturación de aluminio, reemplazando los cationes de hidrógeno y aluminio por calcio y magnesio. La saturación de bases (%) y la saturación de aluminio + hidrogeno (%) suman 100%. Naturalmente la saturación de bases de estos suelos está entre el 19 – 21%.

Iniciando con suelos de alto contenido de Al o bajo contenido de bases, el cultivo del caucho tiene un adecuado comportamiento agronómico en Oxisoles cuando se llega a una saturación de bases alrededor del 50% (Bataglia & Gonçalves, 1996; Dominguez, 1994).

Para llevar el suelo al 50% de saturación de bases se aplica la siguiente fórmula con los datos del análisis del suelo: se suman los contenidos de calcio, magnesio y potasio (en miliequivalentes) y se divide por la suma total de bases + la acidez intercambiable ( $H^+ \cdot Al$  en miliequivalentes), expresada en porcentaje (Martínez 2007):

$$S_{Bi} = [(Ca + Mg + K) / (Ac.i + Ca + Mg + K)] \times 100$$

Luego, la cantidad de correctivo a aplicar, expresado en toneladas/ha., se determina de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de cal a aplicar (t/ha)} = [(S_{Bf} - S_{Bi}) / PRNT] \times CIC$$

Donde:

S<sub>Bf</sub>: Saturación de bases final o deseada (50%, por ejemplo)

S<sub>Bi</sub>: Saturación de bases inicial (%)

PRNT: Poder Relativo de Neutralización Total del correctivo (%) que debe estar impreso en el empaque del correctivo.

CIC: Capacidad de intercambio catiónico del suelo.

Los correctivos se deben aplicar entre octubre y noviembre del año anterior en el cual se va a sembrar la plantación y/o lote de caucho, con el objeto de que el correctivo actúe en el suelo, cuando existe suficiente cantidad de humedad en el suelo para poder incorporar la cal con un cincel fijo, después de incorporar la gramínea nativa con una rastra. Esta incorporación favorece el contenido de materia orgánica, la acumulación de agua en el suelo, profundiza los contenidos de cal, la distribución de los elementos nutritivos, la penetración de las raíces y no afecta el tamaño de los agregados. Al mismo tiempo rompe el "sello" que tienen estos suelos dejando una superficie rugosa que previene la erosión y facilita la penetración del agua en las capas más profundas del suelo (figura 23). De lo contrario, la pluviosidad se pierde en forma de escorrentía superficial a los drenajes naturales de las sabanas (Amezquita E. 2013).



Figura 23. Incorporación de los correctivos con un cincel<sup>17</sup>.

---

<sup>17</sup> Foto Cortesía Finca Cassandra. 2007.

Un ejemplo del efecto de la aplicación de correctivos (cal dolomita) sobre los cationes del suelo de acuerdo con las fórmulas antes descritas, se puede apreciar en la tabla 11.

Tabla 11. Aplicación de 1,5 toneladas de cal dolomita/ha<sup>18</sup>.

<b>% de Saturación</b>	<b>Situación inicial</b>	<b>4 meses después de aplicación</b>	<b>Cambio</b>
<b>Bases</b>	20,3	62,5	+42,2
<b>Al</b>	56,0	24,0	-32,0
<b>Ca</b>	14,0	44,5	+30,5
<b>Mg</b>	4,0	14,7	+10,7
<b>K</b>	2,0	2,0	-
<b>Acidez intercambiable</b>	2,2	0,9	-1,3

Vale la pena anotar, que una vez se aplican las enmiendas correctivas al suelo los posteriores análisis del suelo solo servirán para monitorear las cantidades de calcio, aluminio y magnesio. Otros elementos nutricionales del suelo solo se podrán monitorear con los análisis foliares.

Cuando más alto es el valor de saturación de bases inicial, menor será la necesidad de aplicación de correctivos, este es el caso de los suelos del Piedemonte (Martínez, 2007).

### **Trazado y ahoyado**

Preparado el terreno sigue una etapa de planificación en la que se traza la posición de los surcos y demás estructuras anexas dentro del lote, este debe tener su respectiva ficha de archivo donde se registra el historial del terreno plantado. La ubicación de los surcos depende de la topografía del lote, si es plano los surcos se ubican de oriente a occidente para

<sup>18</sup> Finca Kassandra, Puerto López, Meta.

captar más luz y si el terreno cuenta con más del 10% de pendiente los surcos se sitúan de acuerdo a las curvas de nivel o a través de la pendiente, para proteger el suelo de la erosión. Por otro lado, si el área a sembrar presenta altos porcentajes de pedregosidad y se hace difícil su despeje, se recomienda diseñar un trazado dependiente de los espacios libres o de menor pedregosidad (figura 21).

El proceso de ahoyado que indican la posición de cada planta de caucho se hacen al inicio de la temporada de lluvias, cada hoyo deben conservar las dimensiones de 40 cm de diámetro por 60 cm de profundidad (figura 24), si el suelo es arcilloso es recomendable repicar alrededor del hoyo para soltar el suelo circundante. Esta operación puede hacerse manual o mecánicamente con un taladro que bien puede instalarse detrás de un tractor, o ser accionado por un motor cargado por dos personas (Rincón, 2012; Compagnon, 1998).



Figura 24. Ahoyado para la siembra de caucho en sitio definitivo (Saavedra, 2012).

### 6.2.3. Establecimiento de la plantación

La elección tanto del marco de siembra (distribución de los árboles sobre la superficie), como de la densidad de los árboles en la plantación condiciona su nivel de producción individual y colectiva, que se refleja en los resultados económicos del cultivo. Por una parte, se debe garantizar que cada árbol disponga de un área de terreno suficiente para un desarrollo vegetativo óptimo, y por otra se debe tomar en cuenta la productividad por unidad de superficie que incrementa con la densidad de árboles por hectárea. Del equilibrio entre estos parámetros dependen características del cultivo como crecimiento, producción, mantenimiento y situación sanitaria, así como las interacciones entre estos factores (Compagnon, 1998).

Los marcos de siembra pueden diseñarse de tres formas, dependiendo de las características del suelo, facilitándose su aplicación en terrenos planos o con pendientes leves: plantación en rectángulo, en cuadrado y en tresbolillo (figura 25). Las estructuras cuadrada y tresbolillo requieren de mayor número de trazos lineales en el lote, sin embargo son las que permiten una mejor distribución en cuanto a superficie explotable de cada árbol (Compagnon, 1998).



Figura 25. Tipos de marcos de siembra para establecimiento de plantaciones de caucho natural. A. Cuadrado, B. Rectángulo, C. Tresbolillo.

La densidad de la plantación depende del marco de siembra escogido, considerándose rentables en plantaciones industriales densidades iniciales de 500 a 560 árboles, que disminuyen debido a pérdidas naturales, accidentales o selectivas de los árboles de caucho durante su etapa de desarrollo, finalizando con densidades de 400 a 450 árboles por hectárea en periodo productivo. Para conseguir esta densidad en terrenos en los que se planeó un diseño de siembra con doble surco, se sugiere que en 250 m lineales se siembren 100 árboles separados entre ellos a 2,5 m, se trace el surco doble con una separación de 3,0 m y se conserve un ancho de 13 m entre las calles.

En caso de plantaciones con trazado individual, la distancia entre cada planta y cada calle se calcula en 7 m y 2,8 m, respectivamente (figura 26 A y B). Finalmente para establecer un cultivo de caucho en arreglo agroforestal se traza un diseño a surcos dobles con las plantas dispuestas en triángulo o tresbolillo, para que haya una mejor distribución de las copas.

Estas distancias no están establecidas, pueden variar según criterio del agricultor quien decide el diseño de su trazado dependiendo de sus objetivos, necesidades y condiciones del terreno.

En pequeñas plantaciones se aceptan densidades hasta de 630 árboles, que aunque representan más árboles por hectárea pueden restringir el espacio entre los árboles, acarreando riesgos tales como competencia entre árboles para el crecimiento y propagación de enfermedades (Rincón, 2012; Martínez y García, 2008; Compagnon, 1998).



Figura 26. A. Marco de siembra con trazado en doble surco. B. Marco de siembra con trazado individual.

Diseñado el trazado del cultivo y preparado el terreno para su, se procede al trasplante de los stumps que deben tener brotes hasta de 2 cm y de uno o dos lanzamientos maduros para ser llevados a campo. Así como el ahoyado este proceso debe planificarse de tal manera que se pueda realizar al inicio del periodo de lluvias (marzo-abril y septiembre-octubre). Es aconsejable sembrar por lotes de un mismo clon. Esta etapa tiene dos variantes:

- **Stump a raíz desnuda:** antes de la siembra del stump es posible estimular la salida de raíces, dejándolas embebidas en alguna sustancia de crecimiento como es el caso del ácido alfa natalenacético - ANA (comercialmente conocido como Hormonagro 1), durante unos cuarenta minutos. Para estimular el crecimiento de las raíces durante el desarrollo de la planta se hace una mezcla con el suelo extraído en el proceso de ahoyado, 300 g de roca fosfórica y 500 g de fertilizante orgánico que puede ser humus, con la cual se va cubriendo el hueco después de instalado el stump, la mezcla debe aprisionarse para que no queden cámaras de aire que se llenen de agua y pudran el stump.

- **Stump en bolsas:** en este paso se retira cuidadosamente la bolsa cortando su base y a un lado con el fin de introducir su contenido en el hueco preparado. Hay que tener precaución para no dañar los lanzamientos en los procesos de transporte y siembra. Para evitar posteriores problemas fitosanitarios o de volcamiento se recomienda pasar el material a sitio definitivo antes de que se deforme la raíz y no cortarla. El manejo de fertilización es similar al que se le da al stump a raíz desnuda.

En ambos casos al situar el stump dentro del hoyo es recomendable que la base del injerto quede a nivel del suelo, ya que siembras superficiales pueden causar un tipo de anomalía denominada "pata de elefante" que consiste en la afloración sobre el suelo de la parte injertada del árbol. Se debe ser cuidadoso de no dejar la zona radicular fuera del suelo, de lo contrario no hay prendimiento. La forma de orientar los injertos varía de acuerdo al tipo de terreno, si es plano deben ubicarse sobre el surco y en el caso de presentar pendientes se sitúan hacia abajo (Rincón, 2012; Martínez, 2007; SAA, 1999; Compagnon, 1998).

#### **6.2.4. Mantenimiento**

La siembra en sitio definitivo debe seguir una serie de recomendaciones y prácticas que permiten garantizar un buen desarrollo y productividad durante el ciclo del cultivo. Algunas de ellas según Rincón (2012), Martínez (2007) y Compagnon (1998) son:

##### **Coberturas**

Esta práctica consiste en cubrir el suelo alrededor de la planta sembrada con hojarasca y arvenses para conservar la humedad, evitar la erosión,

aportar materia orgánica y evitar que patógenos del suelo entren en contacto con el injerto debido a salpicaduras producidas por la precipitación.

### **Riego y drenaje**

El cultivo de caucho demanda precipitaciones de 2.000 a 3.000 mm al año y suelos bien drenados, no cumplir dichas condiciones limitan su desarrollo, por esta razón se debe planear la siembra en sitio definitivo en zonas que cumplan con los requerimientos para evitar prácticas de riego y drenaje que son inviables para este sistema productivo. Por eso en pequeñas áreas es preferible escoger terrenos sin problemas de drenaje y en áreas de mayor tamaño la selección del terreno debe prever no utilizar áreas mal drenadas que demanden infraestructura adicional.. Las condiciones ideales para el cultivo del caucho están discutidas en el Capítulo 2, Tabla 5 (Delabarre y Benigno, 1994; Torres, 1999).

En algunas ocasiones el periodo de lluvia en el que se inicia la siembra en sitio definitivo o el periodo seco puede alargarse y estas variaciones pueden comprometer el prendimiento de los stumps, por tanto debe hacerse riego en caso de ser necesario. Una alternativa disponible son los hidroretenedores de agua (Hidrokeeper®), que tras el suministro de agua absorben y mantienen reservas hídricas durante largos periodos de sequía. En este caso se recomienda seguir las especificaciones de los fabricantes del producto. Sin embargo la práctica más recomendada es la siembra temprana para evitar riesgos climáticos.

### **Deschuponadas**

Es necesario eliminar los chupones (brotes producidos por un portainjerto) que salen del patrón de siembra para estimular el brotamiento y desarrollo de la yema del injerto. La frecuencia de deschupone varia con el desarrollo de la planta siendo necesario realizar esta práctica cada quince días durante los primeros seis meses, cada mes hasta el primer año y cada bimestre en adelante hasta que sea requerido. En caso de salir varios brotes del injerto se selecciona el mejor ubicado y más vigoroso, y se eliminan los demás (figura 27).



Figura 27. Proceso de deschupone en los primeros meses de establecida la plantación del caucho (Saavedra, 2012).

### **Poda de mantenimiento**

Se realiza especialmente en los primeros años de edad, durante este tiempo se eliminan las yemas laterales que generalmente brotan después de la labor de fertilización. Esta labor se debe realizar cada dos meses como mínimo para que estas ramas secundarias sean eliminadas en estado no lignificado y no aparezcan por debajo de 2,50 m de altura del tallo. Otra forma de corregir dicho problema es aplicando boro en la fórmula de fertilización ya que este elemento mineral evita que se pierda la dominancia apical. Esta práctica se realiza con el fin de desarrollar un

tronco fuerte y liso, ya que este tramo es la parte productiva de la planta que perdurará por 30 años como mínimo. Cuando el árbol ramifica a la altura mencionada, se deja a libre crecimiento, en el caso que la planta sobrepase los tres metros sin ramificar, es necesario inducir la ramificación, para lo cual se cortan o amarran las hojas de la copa, conformando una copa con 5 ramas laterales distribuidas en cruz y a diferente altura a lo largo del tallo principal. En ningún caso se debe cortar la yema terminal.

### **Poda de formación**

Se realiza de ocho a nueve meses después del trasplante a campo a partir de los 2,50 m de altura, con el objetivo de inducir un engrosamiento rápido del tronco principal y por consiguiente acelerar el periodo de extracción del látex. Esta poda es opcional, pero si se realiza debe hacerse de la mejor manera, ya que su mala práctica puede acarrear impactos negativos en el árbol de caucho. La poda de formación puede realizarse de dos formas, una cortando las hojas maduras a nivel de pecíolo del último lanzamiento y la otra amarrando el último lanzamiento maduro por los pecíolos para permitir la germinación de yemas laterales y evitar que todas las ramas salgan de un solo punto, ocasionando el desgaje de éste por peso.

Para cualquiera de las podas se recomienda la aplicación de pastas cicatrizantes, con el fin de evitar el ataque de patógenos en las áreas cortadas.

### **Fertilización**

En Colombia la fertilización para árboles establecidos es poco común ya que se asume fertilidad natural de los suelos. En los casos en los que se

aplica dicha práctica, se recomienda que se base en análisis a nivel foliar y de suelos, que deben realizarse mínimo cada dos años con el fin de detectar las deficiencias que pueda presentar el cultivo, y determinar tanto los productos como las dosis a aplicar para enmendar las insuficiencias, optimizando el desarrollo y producción del cultivo.

Según Rincón (2012) la primera fertilización se realiza cuatro meses después de la siembra y a partir de esta se repite cada 6 meses al inicio de las lluvias (marzo y septiembre). La forma de aplicación depende de la edad de la planta, en su primer año el abono se coloca a 30 cm de la planta en forma de corona si el terreno es plano, o en forma de media luna en la parte superior del plato si el terreno es pendiente; hasta los 4 años a 60 cm de distancia de la planta y después de los 4 años en bandas paralelas a ambos lados del surco (figura 28).

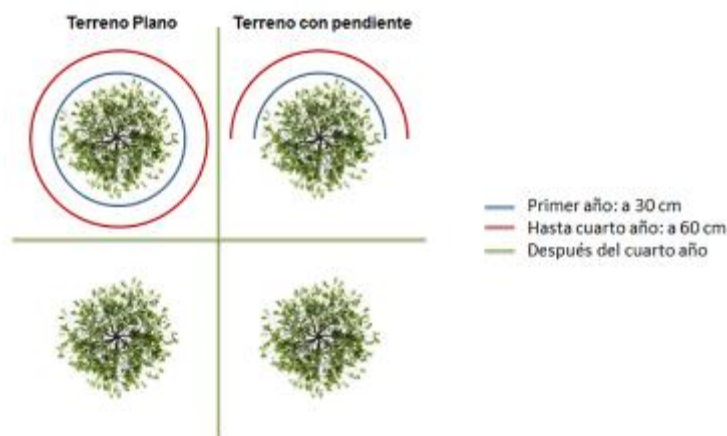


Figura 28. Forma de aplicación de fertilizantes dependiendo de la edad del árbol de caucho.

La deficiencia de materia orgánica se puede remediar reforzando la fertilización química, con la aplicación anual de 1 a 2 kg de abono orgánico por planta.

En la tabla 12 se muestra un ejemplo de esquema de fertilización que solventa las necesidades generales de un cultivo de caucho (Rincón, 2012) y en la tabla 13 se describe un ejemplo de fertilización en arreglo agroforestal con cultivos anuales (Martínez, 2007), sin embargo se reitera la necesidad de los análisis que establecen las necesidades particulares del terreno plantado.

Tabla 12. Ejemplo de esquema de fertilización general para el cultivo de caucho. Dos aplicaciones al año de abono 17-6-18-2 (nitrógeno total, fósforo asimilable, potasio soluble y magnesio y azufre disponible, respectivamente) (Rincón, 2012).

<b>Edad</b>	<b>Años</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Abono 17-6-18-2</b>	g/planta	200	225	250	275	300	325

Tabla 13. Ejemplo de fertilización en arreglo agroforestal (Martínez, 2007).

<b>Compuesto</b>	<b>g/planta</b>
<b>Urea</b>	75
<b>Cloruro de potasio</b>	70
<b>Óxido de magnesio</b>	45
<b>Superfosfato triple</b>	40
<b>Boro agrícola</b>	5
<b>Sulfato de Zinc</b>	5

## **7. SISTEMAS AGROFORESTALES**

De acuerdo con el concepto unificado por investigadores del Centro Internacional para la Investigación en agroforestería (ICRAF), la agroforestería se define como un sistema dinámico que busca el manejo de los recursos naturales, a través de la integración simultánea o secuencial de cultivos forestales, transitorios, perennes y/o animales, sobre la misma unidad de tierra. Este sistema tiene como propósito la diversificación y sostenimiento de la producción para aumentar los beneficios ambientales, económicos y sociales de los agricultores (Martínez, 2007).

Para la aplicación de la agroforestería se requiere el diseño de un conjunto de estrategias denominadas Sistemas Agroforestales (SAF). Estos tienen por objetivo tratar de simular interacciones que se dan naturalmente en sistemas no modificados por el hombre, para restablecer funciones que contribuyan a mitigar el impacto causado por los cultivos, permitan el aprovechamiento de nutrientes y mejoren el rendimiento continuo del terreno a explotar, creando una opción viable para el uso sostenible de la tierra (Bonadie *et al.*, 2012).

### **7.1. SAF con caucho natural**

La adopción de SAF con el cultivo del caucho ha sido bastante reportada, pues es de gran interés para los productores el acortamiento del tiempo para llegar al punto de equilibrio económico, debido a la prolongada etapa improductiva de este cultivo.

Los modelos que se describirán más adelante muestran la eficiencia de la aplicación de SAF en caucho, con la siembra de cultivos de ciclo corto, semi-perennes y perennes, en contraste con el establecimiento de un monocultivo. El éxito de la asociación del caucho con otras especies, se da gracias a la estimulación de interacciones que aportan mutuos beneficios entre cultivos. Por ejemplo, el caucho puede servir a otras especies como barrera de protección física, sombrero y mecanismo de conservación de lluvias que disminuye la lixiviación; en retribución las especies asociadas permiten la optimización de la nutrición vegetal y prevención de la propagación de plagas y enfermedades limitantes del cultivo del caucho. Este tipo de asociación puede variar, fijando nuevas funciones dentro del sistema (Bonadie *et al.*, 2012).

Con respecto a las zonas productoras de la Orinoquía colombiana, diferentes SAF aplicados, indican que el crecimiento del árbol de caucho en el Piedemonte es superior que en la Altillanura. Este hecho puede ser explicado por las condiciones climáticas y de suelo propias de cada zona y por el tipo de manejo que se dé al sistema (Martínez y García, 2008).

La implementación de SAF trae ventajas al sistema finca, aumentando su rendimiento. Entre ellos se destacan para el cultivo de caucho (Bonadie *et al.*, 2012; Martínez y García, 2006):

- Aumento en la agrobiodiversidad al asociarse en tiempo y espacio varias especies vegetales con el caucho.
- Mayor reciclaje de nutrientes y aprovechamiento residual de los fertilizantes exógenos, mejorando la estructura del suelo y sus condiciones químicas.
- Aumento en el valor del carbono atmosférico capturado.

- Mayor resistencia a condiciones de precipitación.
- Al asociar varias especies vegetales se facilita el manejo de plagas y enfermedades del caucho.
- Incremento de los ingresos por unidad de área y flujo de caja permanente durante la etapa improductiva del caucho, gracias a la complementariedad de los ingresos procedentes de varios productos.
- Se llega al punto de equilibrio económico más rápido, en comparación con un monocultivo.
- Uso más racional y diversificado de los factores: espacio, luz y mano de obra.

## **7.2. Cultivos asociados al caucho natural**

La elección de las especies vegetales que establecerán una interacción con el cultivo de caucho depende de: las condiciones de la zona a plantar, la demanda del producto a introducir, la cultura agrícola de la región, la disponibilidad de infraestructura para la explotación del cultivo y la capacidad económica, necesidades y expectativas del productor.

Adicional a los anteriores parámetros, en la selección del cultivo a asociar se deben evitar especies cuyas características puedan limitar el cultivo del caucho, entre ellas, aquellas que: sean altamente extractivas de nutrientes del suelo, tengan susceptibilidad a plagas y enfermedades que puedan aumentar los daños como resultado de la asociación, presenten plagas en común con el árbol del caucho, posean un efecto alelopático o coincidan con los periodos de máxima exigencia del caucho. Un ejemplo es la yuca, este tubérculo además de afectar el normal crecimiento del caucho, por extraer un equivalente a 300 kg/ha de potasio por cosecha,

comparte con este la susceptibilidad al ataque del gusano cachón (Martínez, 2007).

### **7.3. Establecimiento de SAF con caucho**

Es recomendable que el terreno dispuesto para el establecimiento de un SAF, además de las características ya descritas para un monocultivo heveícola, esté restringido de quemas y de equipos que compacten el suelo.

Elegido el cultivo para la asociación con caucho se recomiendan realizar, en lo posible, la siembra del caucho en el sentido este-oeste, con el fin de permitir la entrada de luz a las especies asociadas por periodos más prolongados, con lo cual se favorece su producción. Los cultivos aliados se establecen en las calles de 13 m que dividen los surcos dobles del caucho, en un marco de siembra en tresbolillo.

La distancia entre el cultivo y la línea de caucho se aumentará en proporción a la edad del árbol, pues se debe evitar cualquier efecto desfavorable a la raíz, producto de las labores de mantenimiento e incursión de maquinaria agrícola o de la competencia por nutrientes de las especies en crecimiento. Estudios radiculares de los árboles de caucho para los oxysoles de los Llanos orientales, recomiendan iniciar con una distancia corta de aproximadamente 50 cm, ampliándose en el segundo ciclo de cultivo a 80 cm y así sucesivamente (figura 29).

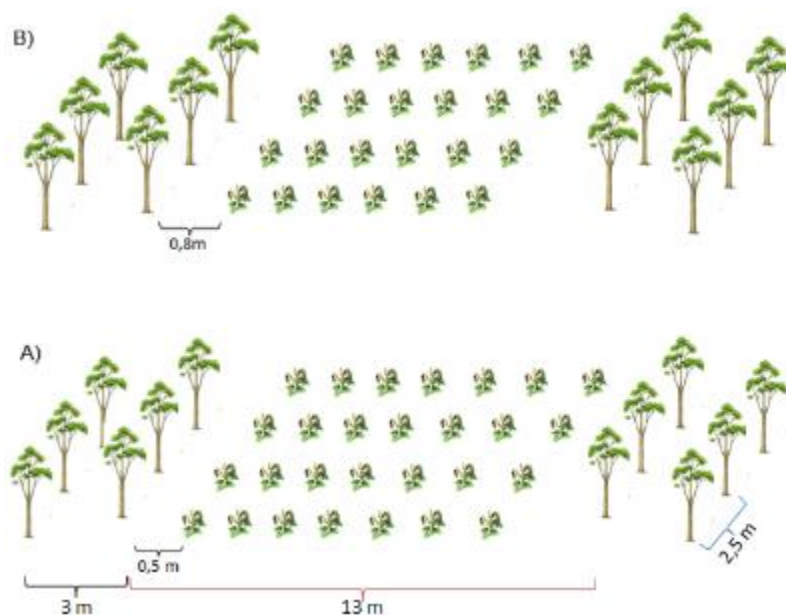


Figura 29. Arreglo de un cultivo agroforestal caucho-leguminosa. A. Primer ciclo. B. Segundo ciclo.

En cuanto al mantenimiento de los cultivos agroforestales, en los primeros años tanto el cultivo de caucho como sus asociados se fertilizan de manera individual y direccionada a cada cultivo; el fertilizante se aplica de acuerdo a lo descrito para el monocultivo. El esquema para manejo de malezas y control de plagas y enfermedades, debe trazarse de acuerdo a los requerimientos particulares del agroforestal, paralelamente prácticas de conservación del suelo como la construcción de terrazas, canales de infiltración y el uso de coberturas (ver tabla 12) (Bonadie *et al.*, 2012, Martínez, 2007).

## 7.4. Modelos SAF con caucho natural

### Granos básicos como maíz, arroz y soya

Este es un modelo apto para el caso del Piedemonte, en donde existe la infraestructura, maquinaria y mercados que permiten la explotación de

estos productos. Una forma recomendada para implantar este esquema, con soya por ejemplo, es sembrar 53 kg/ha de semilla mezclada con 750 g de *Rhizobium*, la fertilización y manejo se realizará dependiendo del análisis de suelos (Bonadie *et al.*, 2012).

### **Cultivos de ciclo corto**

Es una práctica ampliamente difundida, entre los cultivos utilizados se destacan: frijol, frijol caupí, sorgo, maní, patilla y jengibre. Su uso ha mostrado resultados favorables sin comprometer el desarrollo del caucho. La soya es una leguminosa que presenta tolerancia a la sequía y buen retorno económico, sobresaliendo como una de las mejores opciones para cultivar entre las líneas del caucho. Los ingresos generados por este intercultivo costean los gastos de los dos primeros años del caucho (Bonadie *et al.*; 2012).

### **Cultivos forrajeros**

Se introducen con destino a la producción de ensilaje, en aquellas regiones donde predomina la actividad ganadera. Esta alternativa ofrece una fuente de alimentación favorable en época seca para el ganado, sin embargo, el ganado no debe alimentarse directamente, ya que se pueden causar daños a la a las raíces superficiales del árbol del caucho (Bonadie *et al.*, 2012).

Las condiciones ecológicas locales de los vegones del río Cravo sur en el municipio de Yopal son favorables para la aplicación de este modelo produciendo hasta 30 ton de forraje verde, sembrando en el primer semestre maíz CORPOICA H-108 para la producción de grano, y maíz variedad regional "Carare" para la producción de forraje en el segundo semestre (Martínez, 2007).

### **Cannavalia, soya, maíz**

Este modelo fue implementado en el centro de investigaciones La libertad-CORPOICA, y se fundamenta en la asociación del caucho con cultivos anuales de leguminosas y gramíneas, alternándose secuencialmente su siembra para cortar ciclos de malezas, plagas e insectos. El esquema del agroforestal se constituyó como sigue:

En la etapa inicial se estableció asociación con leguminosas, primer semestre cannavalia, segundo y tercer semestre soya; seguidamente, ciclos de maíz CORPOICAH-108 fueron introducidos en el cuarto y quinto semestre. Para finalizar se repitió la siembra de cannavalia en el sexto semestre y maíz CORPOICAH-108 en el octavo, terminando con una distancia de 3,50 m entre el cultivo de caucho y la línea de cultivos asociados (figura 30).



Figura 30. SAF caucho con cannavalia, soya y maíz. Ciclo maíz (Martínez y García, 2008).

Los resultados arrojados por este arreglo agroforestal revelan que al sexto semestre después de haber sido establecido, los ingresos de los cultivos asociados superan los costos totales, lo que muestra una aceleración en el tiempo requerido para alcanzar el punto de equilibrio económico, comparado con un sistema en monocultivo de caucho, que

tarda 5 años después de haber comenzado la producción del caucho para llegar al punto de equilibrio económico (Martínez y García, 2006).

### **Plátano**

Se realiza después del cuarto año de implantado el caucho, con el fin de aprovechar la penumbra producida por el caucho para reducir la severidad de la sigatoka negra (Martínez, 2007) (figura 31).



Figura 31. SAF caucho-plátano<sup>19</sup>.

### **Plátano-cacao**

Este modelo se establece inicialmente con la siembra de banano en sincronía con el caucho, como sombrío provisional del cacao, lo que contribuye a mejorar el ingreso de dinero a partir del mes dieciocho. Se recomienda para productores de economía campesina de Casanare. Actualmente se evalúa este sistema en el Magdalena medio (Bonadie *et al.*, 2012, Martínez, 2007).

### **Cacao**

El modelo cacao-caucho ha sido aplicado en Bahía Brasil, en donde esta opción de SAF se convierte en una opción viable, para promover el

---

<sup>19</sup> Cortesía Confederación Cauchera Colombiana.

desarrollo sostenible en varios municipios de la región cacaotera, afectados por la enfermedad llamada “escoba de bruja” (*Moniliophthora perniciosa*). Las exigencias edafoclimáticas del cacao se acoplan a los requerimientos del caucho, y la distribución de los sistemas radicales invadiendo el área sembrada hace posible el mejor aprovechamiento de los fertilizantes. De este modo, al fertilizar el cacao los nutrientes que se pierden por lixiviación pueden ser recuperados por el caucho, ya que sus raíces se encuentran entrelazadas y debajo de las raíces del cacao.

Este modelo ha sido adaptado de varias formas:

- SAF de cacao bajo bosques de caucho tradicional: consiste en la siembra de cacao bajo la sombra preexistente del caucho, cuando se realiza de forma correcta permite producciones de cacao concordantes con las obtenidas en monocultivo, siendo posible el aumento de la densidad y por ende la producción.
- SAF con siembra simultánea de cacao y caucho: permite obtener beneficios tales como alcanzar una densidad poblacional equivalente al monocultivo, facilitar las prácticas de manejo y favorecer interacciones biológicas que se reflejan en una gran rentabilidad. Experimentos realizados en Brasil han mostrado que la siembra simultánea de caucho en líneas dobles de cacao, permite un mayor crecimiento del caucho (Bonadie *et al.*, 2012).

### **Cultivos de ciclo corto con perennes**

Este SAF puede asociarse simultánea o secuencialmente. Fue evaluado en clones de caucho en el departamento de Caquetá bajo dos escenarios tecnológicos, uno con la asociación de especies maderables, leguminosas y frutales, partiendo de un área que se encontraba en rastrojo y otro a partir del enriquecimiento de un monocultivo adulto de caucho con

frutales nativos y leguminosas arbustivas. Los resultados indicaron que en el primer caso en una evaluación inicial a los 2,5 años de establecimiento, se obtuvieron beneficios biofísicos (incremento en la concentración de materia orgánica, disponibilidad de nutrientes, intercambio catiónico, contenido de humedad, entre otros) y económicos; mientras en el segundo escenario se incrementó la producción de látex (Zuluaga y Escobar, 2001).

Este arreglo requiere un diseño en tres bolillo a doble surco con calles de 9 m, en cuyo centro (4,5 m) se siembran la línea de especies maderables con una distancia de 7 m entre cada árbol maderable. A 2 m a lado y lado de esta línea central se establecen los frutales con distancia de 3 m entre plantas y finalmente, separando los frutales del caucho se siembra una línea de leguminosas arbustivas con una distancia de 2 m entre plantas (figura 32) (Escobar, 2004).

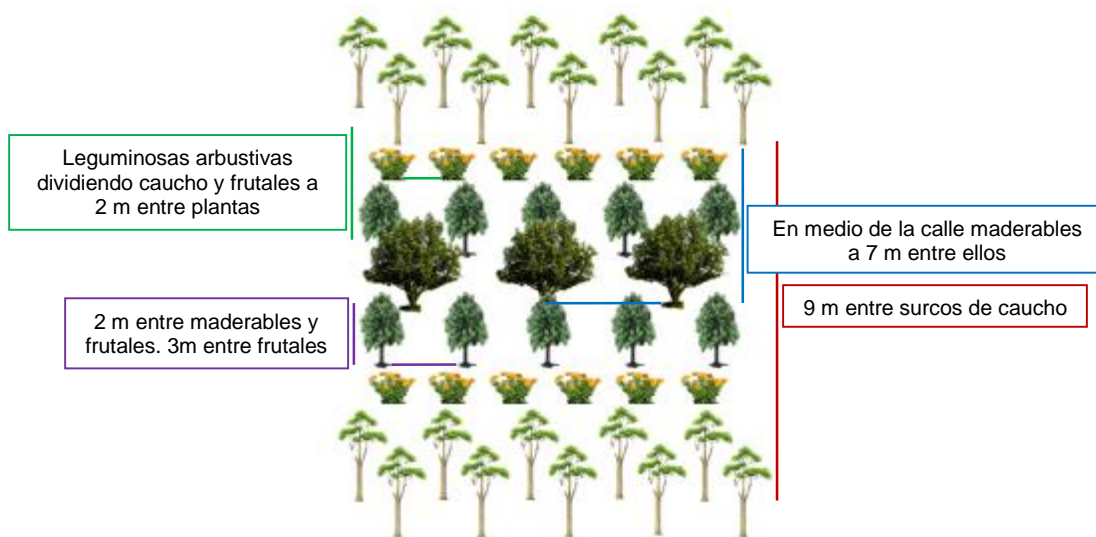


Figura 32. Esquema de SAF-caucho con especies de ciclo corto y perennes (Escobar, 2004).

### **Especies tradicionales**

En adición se tiene registro del empleo de algunas especies tradicionales como piña, cucurbitáceas y citronela (Bonadie *et al.*, 2012, Martínez, 2007).

## **8. NUTRICIÓN**

Como todas las plantas, el cultivo de caucho requiere de elementos minerales esenciales para su crecimiento, que obtiene principalmente del suelo en forma natural o agregado como fertilizantes, y que transportados por el sistema de vascular desde las raíces hasta las hojas, se transforman mediante procesos como la fotosíntesis, en sustancias necesarias para el funcionamiento de las células (Compagnon, 1998). Los síntomas de deficiencias nutricionales se evidencian en las hojas según su edad, dependiendo del estado de los elementos, así los minerales denominados inmóviles aparecen inicialmente en hojas jóvenes y los móviles en las hojas maduras debido a su translocación a las hojas jóvenes (Taiz, 2010). Del suelo adquiere principalmente 13 nutrientes que se clasifican como: elementos mayores (N, P y K), los que se requieren en mayores cantidades; secundarios (Ca, Mg y S) y menores (B, Cu y Zn) principalmente en suelos ácidos.

Estos nutrientes son esenciales y sin importar la cantidad necesitada, la insuficiencia o el desbalance de la concentración de un único elemento puede inducir síntomas visuales en las hojas como decoloración, necrosis marginales, deformación, menor desarrollo y defoliación y causar un crecimiento lento, baja producción y menor capacidad de resistir el ataque de patógenos (Compagnon, 1998). A partir de los estudios realizados por Shorrocks (1964), sobre plantas jóvenes sembradas en medios artificiales, se conocen de manera detallada los síntomas de la ausencia de nutrientes individuales.

En un sistema productivo, cuando se presentan síntomas de deficiencias ya han producido efectos desfavorables sobre el crecimiento y la

producción (Compagnon, 1998). Los síntomas de deficiencias observados en cultivos bajo condiciones controladas, son una referencia para los observados en campo, ya que estos últimos pueden sufrir de una o más deficiencias y/o toxicidades.

## **8.1. Elementos minerales**

### **8.1.1. Nitrógeno (N)**

Elemento móvil. Necesario para el crecimiento y producción de árbol, hace parte de las proteínas y de la clorofila (Chacón, 2012). Es exportado en cantidades altas con la extracción del látex y la cosecha que sale del árbol de caucho. En ausencia de este elemento se produce la disminución de tamaño de la planta como del número de hojas y una clorosis general.

En plantas jóvenes las hojas son verde pálido a verde amarillento y se vuelven totalmente amarillas en deficiencias severas. Estos síntomas aparecen con mayor frecuencia en hojas totalmente expuestas a la luz solar, y menor proporción en hojas expuestas a la sombra del dosel. Por ser móvil, aparece primero en las hojas viejas. En el caso de deficiencias muy agudas, también se desarrollan los síntomas en las hojas nuevas. En plantas adultas se puede presentar la reducción de tamaño de los pisos foliares superiores más recientes (tablas 14 y 15) (Reis y Silva, 2008; Compagnon, 1998). Su metabolismo está relacionado directamente con el Potasio (Reis y Silva, 2008).

### **8.1.2. Fosforo (P)**

Elemento móvil. Esencial en la división celular, indispensable y la fotosíntesis, en el desarrollo de los tejidos y en los procesos que

interviene en la síntesis y polimerización del látex (Reis y Silva, 2008; Escobar, 2004; Compagnon, 1998).

Los síntomas son fácilmente observables en hojas viejas de plantas jóvenes y se componen del bronceamiento desde la parte apical de la hoja, extendiéndose hacia la mitad de la misma; tomando un aspecto de quemado y entorchado, similar a las hojas antes de la abscisión, con la diferencia que en esta etapa las hojas presenta colores amarillos y morados (tablas 14 y 15) (Reis y Silva, 2008; Compagnon, 1998).

### **8.1.3. Potasio (K)**

Elemento móvil. A diferencia de los otros macronutrientes, no hace parte de moléculas o estructuras orgánicas, pero interviene en la síntesis de proteínas y carbohidratos (Reis y Silva, 2008). El síntoma característico de la deficiencia es el desarrollo de clorosis en el borde seguida por una necrosis margina y en los ápice en las hojas maduras. Los síntomas surgen en las hojas de los pisos foliares más bajos o más viejos de la planta especialmente cuando se expone al a luz solar Se diferencia de la deficiencia de magnesio por la inexistencia de una configuración semejante a una espina de pescado (tablas 14 y 15) (Reis y Silva, 2008; Compagnon, 1998).

Cuando las necesidades deficiencias de K y N se manifiestan simultáneamente, el aporte conjunto de los dos implica una respuesta más elevada en la producción que el aporte de uno solo de los elementos. Para el clon FX 3864 esta relación es la más limitante en la producción a nivel foliar, mientras que la baja concentración de K es limitante para RRIM 600 (Chacón, 2012).

Existe un antagonismo con Mg ya que al presentarse altos contenidos de este elemento, se afecta paralelamente el espesor de la corteza, la densidad y el tamaño de los vasos laticíferos, lo que genera limitaciones en el sangrado; causando efectos negativos en la producción (Escobar, 2004; Compagnon, 1998).

#### **8.1.4. Calcio (Ca)**

Elemento inmóvil. Hace parte de la estructura de la madera. En suelos ácidos predominantes en la Orinoquía dominados por excesos de aluminio, su deficiencia está bien documentada. Se manifiesta por el desarrollo de necrosis de coloración blanca o castaño claro en el ápice y en los bordes de las hojas, principalmente de los pisos foliares superiores más nuevos (tabla 14), con un posible deterioro de la extremidad del tallo, muerte de la yema terminal y disminución considerable en el tamaño de la hoja (tabla 15) (Reis y Silva, 2008; Compagnon, 1998). Cuando los suelos se encalan en exceso de Ca provoca carencias en Fe y Mg.

Dependiendo el lugar de origen del clon los requerimientos de Ca pueden variar. En el caso de RRIM 600 de origen asiático, contenidos elevados de Ca, se asocian a altas producciones, mientras que con el clon americano FX 3864 altas concentraciones de Ca, pueden disminuir la producción (Chacón, 2012).

#### **8.1.5. Magnesio (Mg)**

Elemento móvil. La deficiencia causa la reducción del tamaño de las hojas y una clorosis intervenal (espacio entre las nervaduras centrales y laterales), que se desarrolla desde los bordes hacia el interior de la hoja

formando un diseño semejante a una espina de pescado en hojas maduras (tabla 14). Estos síntomas se presentan en los pisos foliares inferiores, pero aparecen con mayor frecuencia en las hojas más expuestas a la radiación solar (tabla 15). Si la deficiencia es aguda, el amarillamiento se torna severo y se produce la necrosis intervenal (Reis y Silva, 2008; Compagnon, 1998).

#### **8.1.6. Azufre (S)**

El síntoma de deficiencia de S se caracteriza por un amarillamiento gradual y uniforme de la hoja; que inicialmente se presenta en los pisos foliares superiores más resientes, se asemeja a la deficiencia por N, pero con desarrollo posterior de una quemazón en la punta, reduciendo el área foliar (tabla 14) (Reis y Silva, 2008). La aplicación de pequeñas cantidades de S y Cu en el clon RRIM 600 pueden afectar el equilibrio del balance de nutrientes, incidiendo negativamente en el rendimiento de este clon (Chacón, 2012).

#### **8.1.7. Boro (B)**

La primer señal de deficiencia de B, ocurre en los pisos foliares más nuevos y superiores de la planta. Las hojas se vuelven distorsionadas, reducen su tamaño, se vuelven quebradizas y ocasionalmente las nervaduras pueden parecer más largas de lo normal, pero no pierden su color (tablas 14 y 15). Cuando la deficiencia es severa el meristemo apical puede morir y los axilares pueden desarrollarse cerca del ápice del tallo (Reis y Silva, 2008; Compagnon, 1998).

### **8.1.8. Cobre (Cu)**

El cobre es indispensable en el proceso de respiración y en la fotosíntesis. Las plantas con exceso presentan un menor sistema radicular y sus hojas pueden mostrar un principio de clorosis semejante a la causada por la falta de Fe. En el látex se encuentra dos a tres veces más Cu que Mn, contrario a lo que se puede encontrar en el follaje (Reis y Silva, 2008; Compagnon, 1998).

Los síntomas de deficiencia de Cu se observan primero en las hojas más nuevas; se caracterizan por un marchitamiento de la punta de la hoja y en muchos de los bordes se desarrolla un quemado de color café claro, que muchas veces se extiende por debajo de la lámina promoviendo la defoliación precoz (tablas 14 y 15). El desarrollo de brotes laterales se presenta en casos de deficiencia severa (Reis y Silva, 2008; Compagnon, 1998).

### **8.1.9. Hierro (Fe)**

El Fe es esencial para la síntesis de clorofila y la deficiencia se puede presentar porque este elemento no se encuentra en formas asimilables para la planta, debido a la interacción antagónica con otros elementos como el Mn, la deficiencia de K, altos contenidos de P y al exceso de horas luz (Reis y Silva, 2008; Compagnon, 1998).

La deficiencia de Fe causa la disminución del tamaño de los cloroplastos, lo que se manifiesta en una clorosis generalizada que inicia en las hojas nuevas de los pisos foliares superiores. Al aumentar la severidad de la

deficiencia, se reduce el tamaño de las hojas y asumen una coloración amarilla a blanca (tabla 14) (Reis y Silva, 2008; Compagnon, 1998).

#### **8.1.10. Manganeso (Mn)**

La deficiencia causa disminución de la eficacia del proceso de fotosíntesis por el mal funcionamiento de los cloroplastos, lo cual genera los síntomas de aclaramiento global y el amarillamiento uniforme del limbo de las hojas, con tejidos de color verde que bordean las nervaduras principales y secundarias.

Se desarrolla inicialmente en las hojas de las regiones media e inferior y a medida que aumenta la severidad de la deficiencia, los pisos foliares superiores pueden afectarse, igualmente las hojas se tornan progresivamente más amarillas con nervaduras más evidentes (tabla 14) (Reis y Silva, 2008; Compagnon, 1998).

#### **8.1.11. Molibdeno (Mo)**

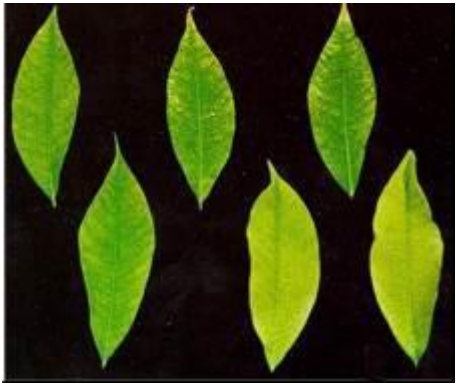



Las plantas deficientes, se caracterizan por altas concentraciones de carbohidratos solubles, ácido ascórbico, algunos aminoácidos y la acumulación de nitrato en las hojas. La sintomatología se ubica a la altura media de los pisos foliares inferiores y se caracteriza por una quemazón de color café claro alrededor de los bordes de la hoja, principalmente en la región apical (tabla 14) (Reis y Silva, 2008).

#### **8.1.12. Zinc (Zn)**

Los síntomas de deficiencia de Zn se observan principalmente en los pisos foliares superiores, caracterizados por el desarrollo de una lámina foliar más angosta en relación a su longitud y entorchamiento, con o sin bordes

ondulados. Puede presentarse además una clorosis generalizada que afecta la viabilidad del meristemo apical, promoviendo el desarrollo de meristemos axilares en casos severos de deficiencia (tablas 14 y 15) (Reis y Silva, 2008).

Tabla 14. Hojas de caucho con síntomas de deficiencia por elemento nutricional.

<b>Elementos móviles</b>	<b>Elementos inmóviles</b>
<b>Nitrógeno (N)</b>	<b>Calcio (Ca)</b>
	
<b>Fosforo (P)</b>	<b>Azufre (S)</b>
	
<b>Potasio (K)</b>	<b>Boro (B)</b>



**Magnesio (Mg)**



**Cobre (Cu)**



**Molibdeno (Mo)**



**Hierro (Fe)**









**Zinc (Zn)**



**Manganeso (Mn)**



Tabla 15. Plantas de caucho en campo con síntomas de deficiencia por elemento nutricional<sup>20</sup>.

<b>Elementos móviles</b>	<b>Elementos inmóviles</b>
<b>Nitrógeno (N)</b>	<b>Calcio (Ca)</b>
	
<b>Fosforo (P)</b>	<b>Boro (B)</b>
	
<b>Potasio (K)</b>	<b>Cobre (Cu)</b>
	
<b>Magnesio (Mg)</b>	<b>Zinc (Zn)</b>

<sup>20</sup> Fotos cortesía Alfonso Martínez Garnica.



## 8.2. Análisis foliar

La composición de elementos minerales de las hojas de las plantas de caucho, es sensible a diversos factores (tabla 16), como el estado de fertilidad de suelo; razón por la cual, el diagnóstico de tejidos foliares permite apreciar los niveles de concentración de los elementos minerales, sustentando un mecanismo de vigilancia que permite evitar consecuencias derivadas de las deficiencias nutricionales, en el crecimiento y la producción de las plantas de caucho (Compagnon, 1998).

Tabla 16. Descripción de los factores que afectan la composición de los elementos minerales (Compagnon, 1998).

<p><b>La posición de la hoja</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El contenido de N, P, K en plantas jóvenes es relativamente más elevado en hojas del primer piso foliar comparadas con las del segundo piso, siguiendo este comportamiento con los siguientes ciclos foliares.</li> <li>• Las diferencias del contenido de Ca varían del más elevado, en el último piso foliar, a niveles bajos en el primer piso foliar.</li> <li>• Para los árboles adultos, las diferencias se manifiestan para las hojas que tienen la misma posición en las ramas, ya sea que estén expuestas a pleno sol o se encuentre a la sombra de la corona.</li> <li>• Las hojas que estén a plena luz presentan en general contenidos más elevados de N, P, K, Mg y bajos de Ca.</li> </ul>
--------------------------------------	---

<p><b>El material vegetal</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada clon presenta una composición particular de sus tejidos como de sus hojas, principalmente se encuentran variaciones de K, N, Mg.</li> <li>• La concentración de los minerales depende igualmente del vigor que le aporta el portainjerto a la planta.</li> </ul>
<p><b>La edad de las hojas</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los contenidos de N, K, P disminuyen progresivamente, hasta los diez meses de edad, mientras que los contenidos de Ca y Mn aumentan.</li> </ul>

### **8.2.1. Muestreo y análisis**

Además de las consideraciones descritas en la tabla 16, el muestreo debe corresponder a 10 árboles/ha, los cuales deben ubicarse en parcelas homogéneas, caracterizadas por contener árboles del mismo clon, plantados en el mismo año, en lo posible en la misma unidad de suelo y bajo el mismo manejo agronómico. Esta actividad debe hacer en horas de la mañana, evitando realizarse durante y después de periodos de lluvias.

De acuerdo a la edad de la planta, varia el número y ubicación de las hojas destinadas para el muestreo (tabla 17) (Compagnon, 1998), las cuales deben estar en la misma edad, en pleno desarrollo y presentar su máxima actividad fotosintética.

Una vez recolectadas las hojas, para enviarlas al laboratorio se preparan quitando los peciolas, lavándolas con agua, envolviéndolas en papel kraft y secándolas entre 60-80°C. Las muestras se empacan y se etiquetan con la información necesaria (edad de la planta, clon y fecha de recolección).

Tabla 17. Ubicación y cantidad de hojas destinadas para el muestro en el análisis foliar (Chacón, 2012; Compagnon, 1998).

<b>Plantas jóvenes</b>	No ramificado	Se toman dos hojas maduras del último o penúltimo piso foliar.
	Ramificado	Se toman de tres a cuatro hojas maduras del último o penúltimo piso foliar de la rama más baja, que se encuentren preferiblemente a la sombra
<b>Plantas adultas</b>	Se obtienen 3 a 4 hojas de ramas inferiores de pisos foliares situados a la sombra de la corona.	

El análisis de los resultados, se puede realizar de acuerdo a los niveles de referencia los valores establecidos por Pushparajah y Ten (1972)<sup>21</sup> (tabla 18).

Tabla 18. Concentraciones adecuadas de nutrientes en las hojas de caucho.

<b>Nutriente</b>	<b>Nivel del nutrientes</b>			
	<b>Bajó</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>	<b>Muy alto</b>
<b>N (%)</b>	< 3,3	3,31-3,70	3,71-3,90	>3,91
<b>5P (%)</b>	< 0,19	0,20-0,25	0,26-0,28	>0,28
<b>K (%)</b>	<1,35	1,35-1,65	1,65-1,85	>1,90
<b>Mg (%)</b>	< 0,2	0,20-0,25	0,26-0,30	>0,3
<b>Mn (ppm)</b>	< 45	45-150	151-300	> 300

Los resultados que se obtengan a partir de los análisis foliares de plantaciones de caucho ubicados en la Orinoquía, se pueden comparar con el comportamiento de los nutrientes en plantas de caucho, según un estudio presentado por Martínez (2012)<sup>22</sup>, en donde se ejecutó un

<sup>21</sup> Pushparajah E. Tan Kim T. 1972. Factors influencing leaf nutrient levels in rubber. En: Proceedings of the R.R.I.M. Malaya Planters Conference, Kuala Lumpur. Rubber Research Institute of Malaya, Kuala Lumpur, pp. 140-154. Citado por: Chacón E. 2012. Obtención de la norma de diagnóstico y recomendación integral (DRIS) para el cultivo de caucho (*Hevea brasiliensis*) en la Altillanura Colombiana. Maestría tesis, Universidad Nacional de Colombia.

<sup>22</sup> Martínez A., 2012. Programa de fertilización en la etapa de sostenimiento y aprovechamiento de plantas de caucho natural, En: Memorias III Congreso internacional Cauchero, Confederación

programa de fertilización (tabla 19) para cuatro clones, en suelos definidos como oxisoles, durante 13 años (tabla 20).

Tabla 19. Formula base de fertilización para suelos oxisoles.

Fuente	Cantidad (g)
Urea	60
Cloruro de Potasio	60
Superfosfato triple	30*
Oxido de Magnesio	10**
Boro Agrícola	2***
Sulfato de Cobre	5****
Sulfato de Zinc	5

\*A la siembra se aplican 500 gr de roca fosfórica/plántula para garantizar un buen sistema radicular antes de la época seca. No utilizar el difosfato amónico (DAP) ya que genera antagonismos con la absorción de zinc en especial en el clon FX 3864.

\*\* A pesar de que se aplica en el correctivo hay necesidad de aplicarlo por competencia catiónica con el calcio.

\*\*\* Peligro de imtoxicacion si se aplican mayores cantidades. Si se aplica tetraborato de sodio pentahidratado (20-22% de B) se aplica la mitad de la dosis.

\*\*\*\*Su costo ha impedido aplicarlo en forma regular. Es necesario conseguir otra fuente más barata.

Tabla 20. Resultados de análisis foliares.

CLON	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	B
<b>FX 3864</b>	3,65	0,3	1,37	1,43	0,23	0,23	13	47	49
<b>IAN 710</b>	3,73	0,29	0,97	1,54	0,39	0,22	15	27	53
<b>PB 260</b>	4,19	0,33	1,53	1,12	0,3	0,33	13	41	63
<b>RRIM 600</b>	4,22	0,39	1,53	1,42	0,25	0,35	14	19	53

## **9. MANEJO DE MALEZAS**

El manejo de malezas en el cultivo del caucho implica labores durante todas las etapas, dado que la interacción entre malezas y el cultivo del caucho, crea relaciones de competencia por agua, luz, espacio y nutrientes principalmente en los estados jóvenes del cultivo; además algunas especies son hospederos alternos de insectos plagas y de agentes patógenos causantes de enfermedades (Martínez, 2007; Compagnon, 1998).

De acuerdo con Martínez (2007), en la Altillanura el manejo de malezas es relativamente simple, debido a que en la mayoría del área apta para las plantas del caucho, tienen como cobertura especies de plantas que conforman la sabana nativa, y en menor proporción cobertura vegetal dominada por las gramíneas; como las referentes al género *Brachiaria*. Paralelamente en el Piedemonte se debe considerar que esta zona presenta una mayor pluviosidad, lo que puede facilitar el establecimiento de sistemas agroforestales.

### **9.1. Etapas del cultivo y su manejo**

Se pueden considerar tres periodos para el manejo de malezas en relación al desarrollo del cultivo de caucho: propagación, pre-establecimiento y plantación; donde se realizan prácticas como la desyerba manual, el manejo de coberturas, cultivos asociados y la aplicación de herbicidas. El uso de estas prácticas dependerá de factores como: la edad de los árboles de caucho, la topografía del terreno y la densidad, distribución y especies de malezas.

## **Propagación**

El manejo de malezas en jardines clónales y vivero, consiste principalmente en el desyerbe manual o mecánico, acompañado de herbicidas que actúen por contacto preferiblemente. La aplicación de herbicidas se debe realizar únicamente cuando los controles culturales no sean suficientes y la corteza de la planta este marrón, teniendo en cuenta el tipo de maleza presente y su porcentaje de cobertura.

El control químico se puede realizar con un selector de arvenses si se hacen aplicaciones localizadas (Rivera, 1994), si la aplicación es total (plato y calle) se deben hacer aspersiones usando pantallas y boquillas anti-deriva, con una correcta calibración. De acuerdo con Escobar (2004) se puede considerar como umbral de acción, cuando en un área aproximada de 1 m<sup>2</sup> alrededor de una planta de caucho, las malezas ocupen los dos tercios del área evaluada.

El selector de arvenses es una herramienta desarrollada por el Centro Nacional de Investigación de Café-CENICAFÉ (Rivera, 1994), con el objetivo de permitir el establecimiento de arvenses nobles o malezas de interferencia baja, haciendo uso racional y eficiente de herbicidas sistémicos post-emergentes de forma selectiva, sobre las especies de malezas.

El equipo se construye con tubería de PVC de  $\frac{3}{4}$  de pulga de diámetro formando una "T", con perforaciones en el brazo horizontal que permiten la aplicación de herbicida con un flujo de 450 cm<sup>3</sup>/h (figura 33) (Rivera, 2000).

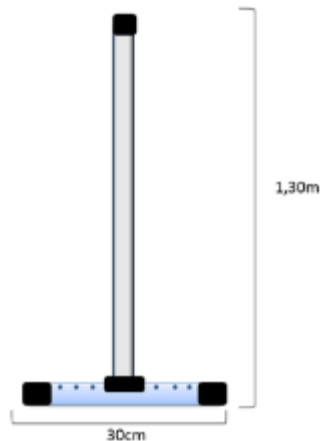


Figura 33. Esquema del selector de arvenses.

### **Pre-establecimiento**

De acuerdo con Martínez (2007) el manejo de arvenses en el pre-establecimiento de la plantación en sitio definitivo, consiste en realizar una serie de pasos previos, que depende de las malezas presentes y del sistema de cultivo que se vaya a implementar; ya sea monocultivo o agroforestal (tabla 21).

### **Plantación**

En la etapa de plantación el manejo de malezas consiste de la limpieza de calles y plateos, de manera que faciliten la realización de otras labores como la fertilización al igual que el manejo fitosanitario. La labor de plateo puede ser mecánica con el uso de guadañas o machete, cortando las malezas a alturas menores a los 10 cm (Escobar, 2004), cuidando de no causar heridas a las plantas de caucho y acompañada o no de la aplicación de herbicidas, después de que las plantas de caucho tenga más de tres pisos foliares, para evitar posibles intoxicaciones.

Al igual que en la etapa de propagación, la aplicación de herbicidas debe ser parte de un manejo integrado dependiente de la incidencia de las

especies de malezas, con una dosis adecuada y debe realizarse por medio de un selector de arvenses o aspersiones. Dentro de los herbicidas más usados se encuentra Glifosato, Gramoxone, Finale, Diuron<sup>23</sup>, con dosis/ha que se encuentran alrededor de 2 l/ha. Conviene considerar que cualquiera de las estrategias nombradas, debe favorecer el desarrollo de malezas nobles que no afecten el árbol y protejan al suelo de la erosión (Escobar, 2004).

En plantas jóvenes la labor de plateo se realiza en círculos de 1 m de diámetro y debido al crecimiento del árbol y de su copa esta zona se amplía, hasta que la plantación llegue a su estado adulto y se cierren las copas, provocando que la sombra proyectada disminuya el crecimiento de malezas, principalmente de las gramíneas; lo cual ocurre a partir del sexto año (Martínez, 2007).

Tabla 21. Labores para el manejo de malezas, previas al establecimiento del cultivo, según Martínez (2007).

<b>Sistema de cultivo</b>	<b><i>Brachiaria</i> sp.</b>	<b>Sabana Nativa</b>
<b>Monocultivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se elimina usando Glifosato.</li> <li>• En rebrote de semillas, se realizan aplicaciones de glifosato en los parches que se presenten.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se planea establecer el cultivo al iniciar el periodo de lluvias, se hace un control de malezas inicial con una rastra a finales del año anterior, antes de que finalice el periodo de lluvias, cuando el suelo se encuentra a capacidad de campo.</li> <li>• Inmediatamente después se pueden realizar las enmiendas al suelo. Lo</li> </ul>

<sup>23</sup> ASOHECA, Coordinación Área Técnica, 2009. Ficha técnica para el manejo de plantaciones en periodo improductivo. Informe mensual de actividades. <http://www.asoheca.org/imagenes/Fichastecnicas/> (consultado: noviembre de 2012)

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se establece una cobertura</li> </ul>	<p>anterior hace que las arvenses rebroten, creando una cobertura viva que protege el suelo durante el verano.</p>
<b>Agroforestal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realizan los controles de acuerdo a la especie de interés asociada y a las especies de malezas.</li> <li>• Se establece una cobertura en las calles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antes de comenzar el trazo y siembra de las plantas de caucho, los cultivos asociados, prácticas agroforestales o el uso de coberturas en monocultivo, se hace un pase con la desbrozadora, una vez seco el material, se incorpora al suelo.</li> <li>• Si las malezas persisten en el sitio de siembra, se puede hacer un plateo con herbicida y posteriormente se siembra la planta de caucho.</li> </ul>

## 9.2. Coberturas

El uso de coberturas es multipropósito para las plantaciones de caucho en todas las etapas del cultivo en sitio definitivo. Su uso principal es servir como una herramienta efectiva para reducir el desarrollo de coberturas previas y/o malezas, como la sabana nativa y pasturas introducidas principalmente del género *Brachiaria* sp.; y la infestación de arvenses en plantaciones jóvenes de caucho que pueden ser hospederos de plagas y enfermedades, además de competir efectivamente con el desarrollo del árbol del caucho. Las coberturas vivas también contribuyen de forma directa a la conservación del suelo, aumentando su fertilidad mediante la incorporación de la abundante biomasa producida, reciclando e incorporando nutrientes, promoviendo la macrofauna y controlando la erosión.

Para establecer efectivamente las leguminosas usadas como cobertura se les debe aportar un manejo nutricional suplementario al del cultivo del caucho que consiste en la aplicación por hectárea de: 110 kg de superfosfato triple-SFT o su equivalente de roca fosfórica, 80 kg de KCl y 200 kg de sulfato de magnesio (Toledo y Schultze-Kraft, 1982). El SFT y el sulfato de magnesio se aplican al fondo del surco y el KCl se debe fraccionar un mes y tres meses después de la siembra para evitar la competencia entre ellos. El mantenimiento anual se realiza con 150 kilos de roca fosfórica/año/ha como mínimo, aplicada al voleo. Generalmente no se usan inoculaciones de *Rhizobium* sp. al momento de la siembra, ya que las poblaciones nativas son capaces de producir una abundante cantidad de nódulos efectivos.

El resultado de una cobertura bien establecida y permanente es un aumento del contenido de materia orgánica, la mejora en las propiedades físicas del suelo y ahorros significativos en el uso de herbicidas o desyerbas mecánicas. Las plantas usadas son generalmente leguminosas de diferentes tipos de crecimiento, que además de no ser hospederos alternativos de patógenos que pudiesen afectar al caucho, deben cumplir con los siguientes requisitos (Compagnon, 1998):

- Rápida y eficaz ocupación de la superficie del suelo al establecimiento.
- Persistencia a largo plazo
- Resistencia al tráfico
- Facilidad de manejo.
- Sistema radicular que permita un buen anclaje del suelo pero sin que este interfiera por competencia con el sistema radicular de las plantas de hevea.
- Aportar nutrientes al suelo

- Persistencia con bajos requerimientos de luz o resistencia a la sombra que le permita crecer después del cierre de las copas durante los más de 30 años de etapa productiva del caucho
- No ser hospederos de plagas y o inóculo de enfermedades.

A partir del año 2008 se ha venido introduciendo la *Mucuna bracteata* (figura 34). Su origen es la India, se caracteriza por una alta producción anual de biomasa (8-10 ton/ha en comparación con 2-3 ton/ha del kudzú), tolerancia a la sombra y fácil establecimiento; pero no florece en el trópico bajo por lo que la semilla debe ser importada.



Figura 34. *Mucuna bracteata* como cobertura del caucho<sup>24</sup>.

Las leguminosas más utilizadas en la Orinoquía (tabla 22) son el kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides*), el maquenque (*Desmondium heterocarpun CIAT 13651*) el maní forrajero (*Arachis pintoi*), la mucuna (*Mucuna bracteata*) y las Centrocemas que presentan buen comportamiento bajo sombra y persistencia (Martínez, 2007; Pérez *et al.*, 2002; comunicación personal<sup>25</sup>). En la figura 35 se observan plantaciones con diferentes tipos de coberturas y sin cobertura.

<sup>24</sup> Foto cortesía Finca El Encanto. 2012.

<sup>25</sup> Dr. Alfonso Martínez Garnica, Corpoica-La Libertad, Villavicencio, Meta. [amartinezg@corpoica.org.co](mailto:amartinezg@corpoica.org.co)

Tabla 22. Leguminosas más utilizadas como coberturas en caucho natural y recomendaciones<sup>21</sup>.

<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Kudzu</b> 2-3 kg/ha	<i>Pueraria phaseoloides</i>	Invasora voluble. Fácil propagación. Bajo costo de semilla. Muy eficiente como cobertura vegetal. Aporta materia orgánica al suelo.	Tiende a enredarse en los troncos de los árboles, estrangulándolos. Se afecta por estrés hídrico en los veranos largos, se reseca. Peligro de incendio.
<b>Mucuna</b> 550 plantas/ha	<i>Mucuna bracteata</i>	Invasora voluble. Fácil propagación. Aporta materia orgánica. Tolera muy bien la sequía. Tolera sombra.	Por ser cobertura de muy rápido crecimiento, requiere de un manejo de control muy riguroso, para que no afecte el desarrollo del caucho por ser enredadera.
<b>Maquenque</b> 1-2 kg/ha	<i>Desmodium heterocarpum</i> CIAT 13651	Invasora rastrera no voluble. Fácil propagación. Bajo costo. Muy eficiente como cobertura vegetal. Aporta materia orgánica al suelo. Alta producción de semilla.	Puede ser albergue de algunos géneros de nematodos. En algunos sitios muere rápidamente la planta pero se regenera por sus propias semillas.
<b>Centrocema</b> 2-3 kg/ha	<i>Centrosema molle</i> y/o <i>macrocarpum</i>	Invasora voluble. Fácil propagación. Aporta materia orgánica. Tolera muy bien la sequía y la sombra. De fácil manejo.	Tiende a enredarse en los troncos de los árboles. Afectada por crisomélidos.
<b>Maní forrajero</b>	<i>Arachis pintoi</i>	Invasora rastrera no voluble. Fácil propagación. Porte bajo. Aporta materia orgánica. Tolerancia media a la sequía. Tolera sombra	Baja tolerancia a la sequía. Bajo aporte de materia orgánica.



Figura 35. A. Plantaciones de caucho con *Brachiaria* sp. B. Plantaciones de caucho sin cobertura. C. Plantaciones de caucho adultas con cobertura de maquenque y D. kudzú<sup>26</sup>.

---

<sup>26</sup> Fotos cortesía Finca Mavalle. 2012

## **10. ENFERMEDADES MÁS IMPORTANTES DEL CULTIVO DEL CAUCHO NATURAL**

Se han identificado alrededor de cuarenta enfermedades que afectan los cultivos comerciales del caucho natural, sin embargo solo alrededor de doce son de importancia económica. Estas son causadas principalmente por hongos y oomicetes y pueden ser agrupadas de acuerdo con el órgano del árbol que infectan y colonizan inicialmente. De esta forma se reconocen enfermedades de la raíz, foliares, de las inflorescencias y frutos y del tallo y panel de sangría.

### **10.1. Enfermedades foliares**

Son las enfermedades más importantes descritas afectando los cultivos de caucho en Centro y Suramérica. Una de ellas ha sido la causa principal de la baja cobertura con área sembrada de caucho natural en la zona tropical del continente americano, con relación a la de los países asiáticos y es denominada mal suramericano de la hoja del caucho o SALB (por sus siglas en inglés: *South American Leaf Blight*).

De acuerdo con Castro (2011), en la Altillanura de la cuenca del Orinoco colombiana, se reportan tres enfermedades foliares de mayor importancia afectando los cultivos. Estas son: antracnosis, con incidencia de hasta 90% en hojas jóvenes en los clones FX 3864 y RRIM 600 y de 6 al 11% en hojas maduras, respectivamente. La incidencia de esta enfermedad se ubica siempre por encima a la de las otras dos: SALB y costra negra.

### 10.1.1. Mal suramericano de las hojas del caucho

Esta enfermedad es causada por el hongo ascomyceto *Microcyclus ulei* actualmente incluido dentro de la familia *Mycosphaerella* (Montoya *et al.*, 2008), es considerada una de las cinco enfermedades más agresivas en cultivos comerciales (García *et al.*, 2006). El patógeno solo infecta especies del género *Hevea* y es endémico de Centro y Suramérica. Causa defoliaciones sucesivas de los árboles hasta causar muerte descendente en clones muy susceptibles (figura 36), afectaciones menores pueden llegar a causar pérdidas de hasta del 50% en la producción de látex (García *et al.*, 2006; Chee, 1986).



Figura 36. Árboles de cinco años de edad con muerte descendente a causa de ataques sucesivos de *M. ulei*<sup>27</sup>.

La ocurrencia de epidemias depende de condiciones de humedad relativa superiores al 85%, con formación de películas de agua sobre folíolos en estadios B (entre 4 y 9 días, coloración pardo-rojo) o C (10 a 15 días) al menos por 6 horas a 24°C principalmente en horas de la mañana, durante gran parte del año.

El principal síntoma de la enfermedad corresponde a infecciones causadas por el estado asexual del hongo denominada *Fusicladium heveae*. Hojas en estadio B de su desarrollo presentan lesiones de color gris oscuro en donde se observa bastante esporulación del hongo. La infección genera deformación de limbos y caída de las hojas. Cuando los folíolos son afectados durante el estadio C de su desarrollo, la deformación en los limbos es menor y los folíolos permanecen adheridos al peciolo. En el envés de los folíolos se forman lesiones de hasta 2 cm de diámetro de color gris o verde olivo con un aspecto aterciopelado, en donde se observan los signos de la enfermedad consistentes en conidias sobre conidióforos (figura 37). En el haz de la lesión se genera una mancha clorótica translúcida, que con el endurecimiento de las hojas modifica la apariencia aterciopelada del tejido tornándose café (Compagnon, 1998).



Figura 37. Folíolos deformados con lesiones esporuladas de *M. ulei*<sup>27</sup>.

Con el desarrollo de la hojas hacia su estadio D y aproximadamente un mes a partir de la infección se observa la formación de estructuras estromáticas (ascosporos) de varios milímetros de diámetro en el haz, los cuales se tornan masivos y duros al tacto (conocida como textura de

---

<sup>27</sup> Foto Cortesía Ibonne Aydee García.

lija) (figura 38). Estos síntomas prevalecen en los folíolos maduros hasta su caída natural durante la etapa de senescencia (Goçalves *et al.*, 2001).



Figura 38. Hoja en estado D con lesiones estromáticas de *M. ulei* (textura de lija)<sup>27</sup>.

El manejo de la enfermedad depende de si se cuenta o no con materiales provistos de resistencia genética al SALB, el tamaño de la plantación y el área geográfica donde se propone ubicar el cultivo. En América es aconsejable restringir la siembra a zonas denominadas de escape (numeral 1.1), en las cuales las condiciones climáticas no favorecen el desarrollo de epidemias durante la etapa donde predominan la mayor cantidad de tejidos en estado receptivo en la planta (re-foliación). De cualquier manera es apropiado utilizar la mayor diversidad de material genético disponible para la zona. Se recomienda disponer de por lo menos 3 clones en plantaciones de hasta 5 ha, 4 de entre 6–20 ha, 5 de 21–60 ha y así sucesivamente hasta 10 clones en plantaciones mayores a 400 ha (Gonçalves *et al.*, 1991).

El uso de clones con resistencia genética a la enfermedad se encuentra comprometido, en virtud del incremento del área sembrada y la relativa variabilidad fisiológica de *M. ulei* documentada por diversos autores recientemente en diferentes regiones (Montoya *et al.*, 2008). Otra estrategia potencial involucra el uso de hongos hiperparásitos como

*Dycima pulvinata* (Tapiero, 2011), sin embargo aún no se encuentran formulaciones comerciales y la extensión de su área endémica se encuentra comprometida por la escasa tradición de cultivo en la mayoría de los núcleos productivos. El manejo químico permite controlar la enfermedad a nivel de jardín clonal, vivero y la fase de establecimiento, pero se hace demasiado costoso a nivel de plantación (tabla 19).

También se sugiere disminuir la densidad de siembra en plantaciones ubicadas en zonas de no escape, con el fin de mejorar la circulación del aire y permitir así el secamiento de la humedad por lluvia o rocío. Adicionalmente, se debe complementar el manejo agronómico con una adecuada fertilización durante la vida útil del árbol, para de esta manera cooperar con el mantenimiento de plantas vigorosas y menos susceptibles a la infección por los patógenos (Rincón, 2012).

### **10.1.2. Antracnosis**

La antracnosis en caucho es causada por diferentes especies del hongo ascomyceto *Colletotrichum* spp., las principales corresponden a especies de los complejos *C. gloeosporioides*, *C. boninense* y *C. acutatum* (Damm et al., 2012). Se caracteriza por la aparición de lesiones en las hojas y su posterior caída, muerte de las inflorescencias y secamiento de la yema terminal. Los primeros síntomas se manifiestan en folíolos jóvenes en viveros, jardines clonales y plantaciones durante el periodo de refoliación. Inicialmente se observan lesiones de color marrón rojizas que en condiciones propicias coalescen dañando áreas grandes de los folíolos y causando su deformación (figura 39). A nivel de peciolo y ramas se observan lesiones oscuras con aspecto necrosado y formación de

depresiones. Los ataques severos causan defoliación y muerte descendente de la rama.



Figura 39. Antracnosis en foliolos estadio C y D, síntomas característicos de la enfermedad<sup>9</sup>.

En condiciones de alta pluviosidad en todas las lesiones se observa gran producción de esporas de color salmón, muy característico de la enfermedad. Las condiciones ambientales que favorecen la enfermedad corresponden a temperaturas alrededor de los 21°C, humedad relativa del 90% y periodos lluviosos. La diseminación del patógeno ocurre principalmente por efecto de la lluvia (Gonçalves, 2001).

El control debe ser efectuado preventivamente en vivero y en jardín clonal, con fungicidas a base de cobre (tabla 23). Estudios realizados en Malasia han demostrado la alta susceptibilidad de clones como RRIM 600, RRIM 701, PB 86 y GT 1 y una mayor resistencia de clones como RRIM 501, PR 107, TJIR 1 y RRIM 6628.

La antracnosis también puede presentarse en el panel de sangría como lesiones secas y deprimidas con forma elíptica, localizadas por encima del corte de sangría. También se reporta la presencia de tejidos encharcados

y de coloración oscuras en la región cambial, acompañado de estrías longitudinales. Para el control se recomienda hacer pincelamientos o pulverizaciones con suspensiones de fungicidas como Clorotalonil, Clorotalonil + Tiofanato metílico y Benomil (tabla 23) aplicados semanalmente (Furtado, 2008), teniendo en cuenta que la dosis aumenta para la especie *C.acutatum* (Jayasingue and THPS, 1998).

### **10.1.3. Costra negra**

Esta enfermedad es causada por el complejo de hongos *Phyllachora hubieri* y *Rosenscheldiella* sp. y considerada la primera enfermedad del caucho natural identificada en la Amazonía, con mayor incidencia sobre árboles nativos. Afecta foliolos maduros y en ataques severos causa defoliamiento precoz. En la fase abaxial de los foliolos se observan placas circulares negras, masivas o en círculos concéntricos constituidas por estromas de los hongos. En la fase adaxial en la parte correspondiente a cada costra se observan manchas cloróticas (figura 40). Cuando se presenta invasión por otros hongos como *Colletotrichum* spp. y *Fusarium* sp. surgen áreas necróticas en torno a las costras en ambas fases foliares (Furtado, 2008).



Figura 40. Foliolos en estadio D con signos y síntomas característicos de costra negra<sup>9</sup>.

El control de *P. huberi* y *Rosensecheldellia* se da naturalmente por hiperparásitos como *Cylindrosporium* sp. y *Dycima pulvinata* respectivamente. El uso de Trimedifon reduce la incidencia de la enfermedad (tabla 23).

#### **10.1.4. Mancha aerolada**

Es causada por el hongo basidiomycota *Thanateporus cucumeris* estado perfecto de *Rhizoctonia solani*. La infección inicialmente se observa en los foliolos en estadios B y C, donde se observan gotas de látex en la parte abaxial, las cuales se coagulan y oxidan tomando una apariencia oscura y oleosa. Después de una semana la zona inicial de la infección es rodeada por un halo clorótico, con micelio de aspecto blanquecino. En foliolos maduros se observan grandes manchas cloróticas alternadas con manchas necróticas en areolas (figura 41) (Furtado, 2008).

Las condiciones climáticas favorables corresponden a humedades relativas altas y temperaturas entre 20 y 25°C, condiciones frecuentes durante los periodos lluviosos. En los periodos de menor pluviosidad la incidencia se ve ampliamente reducida. Algunos materiales presentan resistencia moderada a esta enfermedad como IAN 6158, PA 31, CNSAM 7807 y IAN 6486, sin embargo estos materiales presentan una baja productividad (Goncalves *et al.*, 2001). Se recomienda el empleo de fungicidas en jardines clonales y vivero, se requiere un número grande de pulverizaciones ya que se aplican en época lluviosa. Los fungicidas más eficientes son los cúpricos (tabla 23).



Figura 41. Foliolos en estadio D con signos y síntomas de mancha aerolada<sup>9</sup>.

#### **10.1.5. Requema o caída tardía de las hojas por *Phytophthora* sp.**

Es causada por diferentes especies del oomycete *Phytophthora* como *P. capsici*, *P. palmivora* y *P. citrophthora*, que pueden afectar todos los órganos de la planta, causando requema y caída anormal de las hojas, pudrición de frutos y chancros en el panel de sangría (raya negra) y basal en el injerto en plántulas de vivero.

*Phytophthora* puede afectar plantas en vivero, jardín clonal y plantío definitivo. Las lesiones inician en las brotaciones nuevas hasta de dos semanas de edad, a partir del vástago hasta la base de los pecíolos y las láminas foliares, se pueden observar lesiones acuosas con exudación de látex conllevando a la deshidratación de las brotaciones. Se genera epinastia de los foliolos enrollamiento y necrosamiento, con apariencia de ser quemadas por el fuego (figura 42). En condiciones favorables ocurre secamiento de los punteros y se extiende a las ramificaciones hasta el tronco, alcanzando la corteza y ocasionando una exudación intensa de látex. La caída anormal de las hojas solo ocurre en plantaciones adultas en periodos de mucha lluvia. En el caso del chancro

del injerto ocurre un anillamiento del tejido infectado y muerte de la parte aérea.

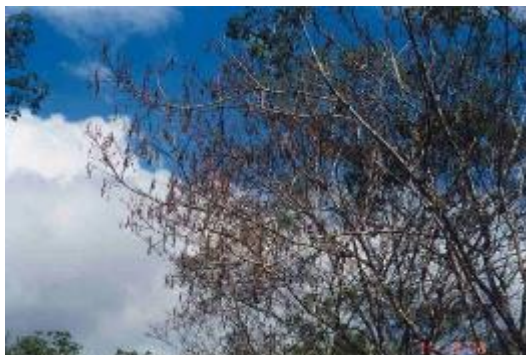


Figura 42. Árbol afectado por *Phytophthora* sp<sup>9</sup>.

La enfermedad es favorecida por condiciones de alta humedad relativa, temperaturas medias y continuidad del periodo lluvioso por varios días. Los síntomas desaparecen totalmente durante los periodos más secos del año (Furtado, 2008). En viveros y jardines clonales se recomiendan pulverizaciones semanales en épocas lluviosas y quincenales en época seca, alternando fungicidas a base de Matalaxyl y Oxido cuproso (tabla 23).

La enfermedad conocida como raya negra del panel de sangría es atribuida a *P. palmivora*. Sus primeros síntomas corresponden a rayas verticales oscuras en el panel recientemente cortado. En un estado más avanzado, las rayas de la corteza se convierten en fisuras, que cuando coalescen forman grandes heridas que pueden dejar el árbol sin corteza sobre varias decenas de centímetros cuadrados. El árbol puede volverse inadecuado para la explotación, debido a que las heridas impiden una regeneración uniforme de la corteza, dependiendo de su extensión y la multiplicidad de ciclos de infección.

Durante la explotación se deben tomar diversas precauciones para evitar el ataque del patógeno, se recomienda cuidar la calidad del rayado (adecuada profundidad y ausencia de heridas), tomar medidas para evitar la contaminación de una zona a otra e incluso de un árbol a otro (desinfección del equipo de rayado), no practicar aperturas o cambios de panel en períodos húmedos. En las regiones y en los clones más expuestos, se sugiere suspender la sangría en las épocas más críticas (Compagnon, 1998).

En panel de sangría se recomienda pincelamiento preventivo con productos a base de Metalaxyl + Mancozeb, no se deben aplicar productos a base de Cu, ya que alteran las características del látex (Furtado, 2008).

#### **10.1.6. Mancha de *Corynespora***

Es causada por el hongo imperfecto *Corynespora cassiicola*, este es necrotrófico que produce la toxina llamada casicolina. Se ha considerado causante de pérdidas de hasta 20% de la producción de Asia y África. Se presenta a nivel de vivero, jardín clonal y plantación definitiva. Los síntomas en vivero y jardín clonal corresponden a manchas antrógenas de 1 a 8 mm de diámetro, cada mancha de la hoja muestra una coloración blanco/translucido con apariencia apergaminada en el centro, rodeada al margen por un anillo café y un halo amarillo (Jacob, 2006), finalmente resulta en la perforación del foliolo a causa de la desintegración del centro de la lesión.

En hojas jóvenes se observa el secamiento de las puntas y en casos de afección severa se observa secamiento de toda la lámina foliar (figura

43). Durante periodos secos es común la defoliación de las hojas superiores jóvenes y el secado de la porción terminal de las plantas afectadas. Defoliaciones consecutivas conllevan al retraso en el desarrollo de las plantas. Esta enfermedad se presenta inmediatamente después de la refoliación pero puede persistir incluso durante las etapas de desarrollo sucesivas, cuando las epidemias se ven favorecidas por periodos secos (Jacob, 2006).

En árboles adultos inicialmente se observan los mismos síntomas descritos en jardines clonales y vivero. El síntoma típico que se describe como lesiones con la apariencia de vías férreas o patrón de espina de pescado es único para los clones RRIC 103, RRIC 52, RRIM 600, IAN 873, 725 y serie RRIM (plántulas en viveros).

El manejo mediante productos de síntesis química es eficiente (tabla 23), como también con Benzothiadiazole-BTH (inductor de resistencia sistémica adquirida), el cual ha mostrado buenos resultados para el control de antracnosis y oidio. Su uso en combinación con fungicidas aumenta la eficacia (Jacob, 2006).



Figura 43. Foliolos con síntomas característicos de *Corynespora cassiicola*<sup>28</sup>.

---

<sup>28</sup> Foto Cortesía CENICAUCHO

### **10.1.7. Perdigón**

También denominada mancha ojo de pájaro, es causada por el hongo *Drescherella heveae*. Se ha reportado en todas las regiones donde el caucho es cultivado, sin embargo solo en Asia esta enfermedad tiene importancia económica.

Las hojas más susceptibles corresponden a los estadios B y C, su principal síntoma corresponde a numerosas manchas pequeñas con márgenes cafés y centro blanco con textura apergaminada (Compagnon, 1998). Rara vez causa defoliaciones, aunque ataques severos pueden conllevar al retardo del crecimiento vegetal, muerte descendente, muerte de árboles maduros y ocasionar la reducción en la producción del látex en plantaciones adultas (Jaimes y Rojas, 2011).

## **10.2. Enfermedades del tallo (fuste)**

### **10.2.1. Chancro del injerto y de la corteza**

Es causada por el hongo *Lasiodiplodia theobromae* (*Botrydiploidia theobromae*), es un parásito débil y oportunista. No posee capacidad de penetración por lo cual aprovecha la formación de lesiones como cortes en la corteza para la injertación o aquellos provocados por los deshierbes y la escaldadura de los tejidos jóvenes por incidencia del calor refractado cuando entran en contacto con el suelo.

Los síntomas aparecen lentamente, en la región de la lesión se observa la formación de pústulas (figura 44A), que se inician como un oscurecimiento de la corteza la cual muere lentamente ocasionando secamiento (figura 44B) y desprendimiento fácil de la corteza que puede

afectar grandes porciones del tronco, finalmente a causa del anillamiento puede ocasionar la muerte de la planta. En plantas sanas inoculadas se verificó que el patógeno avanza internamente por el tejido cambial, encontrándose estrías ennegrecidas a 25 cm de longitud a partir del sitio de inoculación (SAA, 1999).



Figura 44. A. Pústulas de *B. theobromae* y *B.* Secamiento del tallo<sup>29</sup>.

El control se inicia con el cuidado de manutención de las plantas, evitando lesiones. En la parte local donde se presenten cortes y lesiones se debe proceder a pincelar con cobre oleoso o pasta fungicida (SAA, 1999).

### 10.2.2. Rosalina

También denominada mal rosado o llaga estrellada, es causada por el hongo *Corticium salmonicolor* que afecta a un gran número de especies y sus esporas son diseminadas por el viento y la lluvia. En general la infección da inicio por las axilas de las ramas, posteriormente se observa un revestimiento rosado en el área de la lesión correspondiente a estructuras del hongo (figura 45). Finalmente ocurre un anillamiento de la corteza ocasionando la muerte de las ramas (SAA, 1999). *C. salmonicolor* es favorecido por condiciones de alta pluviosidad y requiere

---

<sup>29</sup> Foto Cortesía Rubber Research Institute of Vietnam. Pha *et al.*

luz; su aparición es nociva sobre todo entre 3 a 7 años, antes del cierre de las copas. Debido a que la mayor parte de la corona o incluso la totalidad se pierde, los árboles quedan raquíticos y en general no alcanzan la fase de explotación (compagnon, 1998). Para el manejo son eficientes el Tridemorf y Clarotalonil.



Figura 45. Signos y síntomas de rama atacada por *Corticium salmonicolor*. <http://www.apsnet.org/publications/imageresources/Pages/IW000080.aspx>.

### **10.2.3. Mal del machete**

Esta enfermedad es causada por el hongo *Ceratosystis fimbriata* y se presenta en las regiones donde el ambiente es constantemente húmedo, principalmente en las partes bajas de las plantaciones con mantenimiento deficiente.

El hongo solo afecta la corteza recientemente rayada, los primeros síntomas de la infección se caracterizan por pequeñas manchas de colores que aparecen por encima del corte, posteriormente se ennegrecen y se recubren de un moho gris-blancuzco.

Los puntos atacados se unen formando una banda continua, paralela al corte, en la cual el tejido de la corteza se destruye totalmente por

podrición. La madera es afectada superficialmente, lo cual permite controlar la enfermedad con bastante facilidad mediante aplicación de fungicidas con brocha o por pulverización (tabla 23). Las medidas para controlar o evitar esta enfermedad son iguales que para la raya negra (calidad del rayado, desinfección de cuchillas, etc.), con un adecuado manejo de malezas (Compagnon, 1998).

### **10.3. Enfermedades de la raíz.**

Son las enfermedades más graves del árbol del caucho y de otras especies arbóreas, sin embargo no son frecuentes en cultivos de Centro y Suramérica.

#### **10.3.1. Pudrición blanca de la raíz**

Es causada por el hongo basidiomycota *Rigidoporus lignosus*. Que crece inicialmente en la superficie de las raíces formando redes de hifas o rizomas de color blanco (figura 46A), los cuales posteriormente penetran el tejido macerándolo y provocando una pudrición que se propaga en todos los sentidos, generando el síntoma característico de la flacidez de la raíz. Exteriormente se observa un amarillamiento general de las hojas, y frecuentemente una floración y fructificación anormales. La destrucción de la raíz pivotante o de otras raíces importantes conlleva al debilitamiento del anclaje del árbol, causando su volcamiento. En la etapa más avanzada, se desarrollan carpóforos a nivel del cuello de la raíz en árboles caídos y en ocasiones en árboles aún vivos. Estos carpóforos se caracterizan por su coloración vistosa café-anaranjada sobre un fondo claro (figura 46B) (Compagnon, 1998).



Figura 46. **A.** Micelio característico de *R. lignosus* y **B.** Carpóforos  
<http://www.bridgestone.com/corporate/news/2012071001.html>

La prevención inicialmente, consiste en eliminar al máximo raíces que son fuentes potenciales de infección, antes de que sean plantadas; especialmente cuando existen antecedentes de la enfermedad. Después de establecida la plantación, se debe detectar lo más rápido posible árboles infectados y tratar de proteger los que están en la vecindad, el tratamiento con fungicidas es bastante eficaz (tabla 23).

### **10.3.2. Pudrición parda de la raíz**

Es causada por el hongo *Phellinus noxius*. Cuando las raíces son infectadas son recubiertas de una costra café rojiza que se forma a partir de una sustancia musilaginosa que secreta el micelio, esta permite la aglutinación de partículas terrosas y de granos de arena.

En las primeras etapas, la madera de las raíces enfermas presenta manchas cafés y todavía es consistente. Posteriormente, la madera se vuelve alveolada y llena de capas de micelio de color café fuerte a negro; finalmente esta se desmorona fácilmente. La formación de carpóforos no es frecuente, cuando se presentan son pequeños y de color café oscuro (Compagnon, 1995).

La propagación se produce en el suelo por rizomorfos, al contacto con las raíces y esporas que infectan fácilmente las ramas o tallos rotos o heridos, luego el hongo penetra en la profundidad para alcanzar las raíces. Al igual que para otras enfermedades de pudrición, los árboles enfermos se reconocen por el amarillamiento y la caída de hojas en árboles aislados. Los tratamientos se efectúan con un fungicida adecuado (tabla 23).

### 10.3.3. Pudrición roja de la raíz

Es causada por *Gmodenna pseudoferreum*, las raíces infectadas se cubren de un revestimiento de micelio laminar rojo o café rojizo, al cual se adhieren partículas de suelo. El color es visible solamente después del lavado de la lesión. Las láminas miceliares presentan ondas de crecimiento blanco cremoso. Las hojas de un árbol infectado se amarillan y caen; después el árbol muere (Compagnon, 1998).

Este patógeno presenta un crecimiento lento y se encuentra en árboles adultos. Los daños que puede provocar son mucho menos frecuentes e importantes que los causados por *Fomes lignosus*, no obstante esta enfermedad tiene cierta importancia en Malasia. El principio de su tratamiento y prevención son los mismos que para la pudrición blanca (Compagnon, 1998).

Tabla 23. Manejo químico para las enfermedades más importantes del árbol del caucho (Rincón, 2012).

	Fungicidas	Dosis	Observaciones
--	------------	-------	---------------

Enfermedad (patógenos)/ Localización anatómica	Nombre técnico (Principio activo)	Nombre comercial	g/100 l de agua	
<b>Mal Suramericano de la hoja (<i>Microcyclus ulei</i>)/hoja</b>	Benomil	Benlate y Benomol	50	Pulverizaciones en vivero y jardín clonal: semanales en periodo lluvioso y quincenales en periodo seco. En caucho adulto: pulverizaciones durante el refoliamiento después que los folíolos alcancen la madurez.
	Carbendazin	Bavistin, Delsene o Verosal	90	
	Tiofanato metílico	Cercobin	100	
	Mancozeb	Dithane, Fungineb y Manzate D	320; 0,6 kg/ha	
	Triademifon	Bayleton	15,0; 0,75 kg/ha	
	Triadimenol	Bayfidan	7,5; 0,075 l/ha	
	Triforine	Saprol	28,5; 0,228 l/ha	
	Propiconazol	Tilt	7,5; 0,075 l/ha	
	Clorotalonil	Bravonil, Daconil, Funginil y Isatalonil	31,5; 0,9 kg/ha	
	Fenarimol	Rubigan	2,4; 0,072 l/ha	
<b>Requema o caída tardía (<i>Phytophthora</i> spp.)/hoja</b>	Metalaxil-oxido cuproso	Ridoxil	70; 0,56 kg/ha	Pulverizaciones en vivero y jardín clonal: semanales en periodo lluvioso y quincenales en periodo seco. En caucho adulto: pulverizaciones durante el refoliamiento después que los folíolos alcancen la madurez.
	Metalaxyl-Mancozeb	Ridomil-Mancozeb	58	
	Dodine	Venturool	71,5; 0,56 kg/ha	
	Cymoxanil-Maneb+Zinco	Curzate M+Zinco	1,224 kg/ha	
	Cupricos	**	2 kg/ha	
	Metalaxyl-Mancozeb+Dodine	Ridomil-Mancozeb+Venturool	0,193 kg/ha 0,325 kg/ha	
	Cymoxanil-Maneb+Zinco+Dodine	Curzate+Zinco+Venturool	0,408 kg/ha + 0,325 kg/ha	
<b>Mancha aerolada (<i>Thanatephorus cucumeris</i>)/hoja</b>	Triadimenol	Bayfidan	15	Pulverizaciones en vivero y jardín clonal: semanales en periodo lluvioso y quincenales en periodo seco.
	Cúpricos	**	150	

<b>Antracnosis (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>) /hoja</b>	Cúpricos	**	150	Pulverizaciones semanales en vivero y jardín clonal en épocas post-injertación.
	Clorotalonil	Daconil	150	Pulverizaciones semanales en vivero y jardín clonal.
<b>Costra negra (<i>Phyllacora huberi</i>)/hoja</b>	Cúpricos	**	1-3 kg/ha	Pulverizaciones en vivero y jardín clonal: semanales en el periodo lluvioso y quincenales en el periodo seco.
	Benomil	Benlate y Benomol	75	
<b>Mancha de coynespora (<i>Corynespora cassicola</i>)/ hoja</b>	Benomil	Benlate y Benomol	75	Pulverizaciones semanales en jardín clonal y vivero.
<b>Ojo de pájaro, perdigón (<i>Dreslera heveae</i>, <i>Helminthosporium heveae</i>)/hoja</b>	Clorotalonil	Daconil	31,5	Pulverizaciones semanales en jardín clonal y vivero.
<b>Antracnosis del panel (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>) /fuste</b>	Clorotalonil	Daconil	250	Aplicado semanalmente en toda la superficie del panel. En paneles muy afectados se recomienda detener la actividad de sangría, raspar las lesiones y aplicar los fungicidas citados, mezclados con aceite vegetal.
	Clorotalonil+Ti ofanato metílico	Daconil + Cercobin	250	
<b>Raya negra o chancro estriado (<i>Phytophthora spp.</i>)/fuste</b>	Metalaxyl-Mancozeb	Ridomil-Mancozeb	380	Pulverizaciones o pincelado del panel cada cuatro días en periodo lluvioso y ocho días en periodo seco. En áreas de alta incidencia cada dos días sin importar el clima.
	Cymoxanil-Maneb+zinco	Curzate M+zinco	640	
	Dodine	Venturrol	650	
	Captan	Captan SC	1440	Quincenalmente en periodo lluvioso y mensualmente en periodo seco.
<b>Moho ceniciento (<i>Ceratocystis fimbriata</i>)/fuste</b>	Benomil	Benlate		Pulverizaciones o pincelado del panel cada ocho días, intercalando los tres
	Tiofanato metílico	Cercobin		
	Carbendazin	Bavistin, Delsene o Derosal		

	Tiabendazol	Tecto		primeros fungicidas con los dos últimos.
	Dodine	Venturrol		
<b>Rosalina (<i>Corticium salmonicolor</i>)/ fuste</b>	Tridemorph	Calixin	***	Después de remover los tejidos lesionados, aplicar el producto al 2% en látex concentrado con brocha en la parte infectada en un radio de 30 cm.
<b>Muerte descendente chancro del injerto (<i>Lasiodiplodia theobromae</i>)/ fuste y hoja</b>	Cúpricos	**	150	Semanalmente en vivero y en jardín clonal. Quincenalmente en plantios jóvenes. En el fuste, remover el tejido lesionado y aplicar el producto.
	Captan	Captan SC	240	
<b>Pudrición roja (<i>Ganoderma Philippi</i>)/raíz</b>	Tridemorph	Calixin	***	Mezclar el 10% del producto con 5% de kerosene. Pincelar las raíces afectadas
<b>Pudrición parda (<i>Phelinux noxius</i>)/raíz</b>				
<b>Pudrición blanca (<i>Rigidoporus lignosus</i>)/raíz</b>	PNCB (pentacloronitrobenzeno)	****	***	Mezclar 20% del producto el cual debe tener PCB al 75% con 5% de Kerosene. Pincelar raíces.

\* Las dosis en kg/ha son para caucho adulto

\*\* Oxiclorato, Cupravit, Fungicobre 50, cobre azul entre otros

\*\*\* Adicionar adherente (Agral 90, Ag-bem, entre otros), en la base de 0,5 ml para cada litro de mezcla fungicida/agua

\*\*\*\*Bentacol 75 PM, Brassicol 75PM, PCNB 75 BASF, PCNB 75% Fertiplan B, entre otros.

Para recomendaciones generales sobre el manejo de cualquier enfermedad y el adecuado uso de pesticidas ver apéndice 2 y 3, respectivamente.

## 11. ARTRÓPODOS PLAGA

En la región de la Orinoquía, gracias a las condiciones ambientales que propician el desarrollo y sobrevivencia de las poblaciones asociadas al cultivo de caucho, existen diferentes organismos que dado su comportamiento y necesidades biológicas, ocasionan daños en los tejidos de las plantas de caucho, lo que promueve la disminución de la rentabilidad de la explotación (Garzón, 2000). Dentro de la entomofauna asociada al cultivo del caucho, son pocas las especies que se consideran que tienen la capacidad de causar daño económico al cultivo (Escobar, 2004). Es así que en la región de la Orinoquía se considera que las especies gusano cachón (*Erinnys ello*), hormiga arriera (género *Atta*) y las termita o comején (*Coptotermes curvignathus*, *Coptotermes testaceus*), son las que demandan mayor atención en las plantaciones.

Existen otras especies que se caracterizan por ejercer una menor presión sobre las plantaciones de caucho, pero adquieren cada vez mayor importancia por el aumento de área plantada (Castellanos *et al.*, 2009). Este es el caso de la chinche de encaje (*Leptopharsa hevea*), el gusano peludo (*Premolis semirufa*), el piojo blanco (*Pinnaspis* sp.), y algunas especies de ácaros. A continuación se presenta una breve descripción y las prácticas de manejo de las especies de insectos plaga, importantes para el cultivo del caucho.

### **11.1. Gusano cachón**

El gusano cachón *Erinnys ello* (L.) (Lepidoptera: Sphingidae), es una especie polífaga que ha sido reportada en plantas de interés económico como: yuca, tomate, tabaco, algodón y papaya (Bellotti *et al.*, 1989). En Colombia, es la principal plaga del cultivo del caucho, dada su alta capacidad de consumo, que en presencia de poblaciones altas, pueden

defoliar completamente las plantas del caucho (León *et al.*, 2010) en viveros, jardines clónales y plantaciones (Alarcón *et al.*, 2012). La voracidad de la larva es tal, que llega a consumir hasta 1.000 cm<sup>2</sup> de superficie foliar, 75% de los cuales son consumidos durante el último instar o estado de desarrollo larval (Garzón, 2000). Su ciclo de vida comprende desde huevo hasta el estado adulto con una duración de 32 a 49 días, de acuerdo a las condiciones ambientales (Bellotti *et al.*, 1989) (tabla 24).

El ataque sucede especialmente en época seca, cuando los enemigos naturales de la plaga se encuentran en menor cantidad, o cuando en las cercanías, hay presencia de cultivos de yuca (Martínez, 2007) y casi siempre inicia en las hojas jóvenes avanzado de arriba hacia abajo, dejando solo la nervadura central, o en algunos casos únicamente el pecíolo (Garzón, 2000). Las larvas de *E. ello* se caracterizan por presentar una estructura que se asemeja un cuerno en el último segmento abdominal, por el cual se les da el nombre común de "gusano cachón" (León *et al.*, 2010). Esta estructura permite determinar en campo, el instar o estado de desarrollo de las larvas; atributo importante que soporta el manejo acertado de las poblaciones de *E. Ello*. Durante el proceso de desarrollo se observan otros cambios como el tamaño de la cabeza (capsula cefálica), la definición de los segmentos del cuerpo (tabla 25) y variabilidad de coloración; que posiblemente se deriva de factores como la aglomeración de larvas en la planta, la calidad del alimento consumido y las condiciones climáticas (Bellotti *et al.*, 1989).

Tabla 24. Estados de desarrollo de *Erinnyis ello* (Alarcón *et al.*, 2012; León *et al.*, 2010; Garzón, 2000; Bellotti *et al.*, 1989).




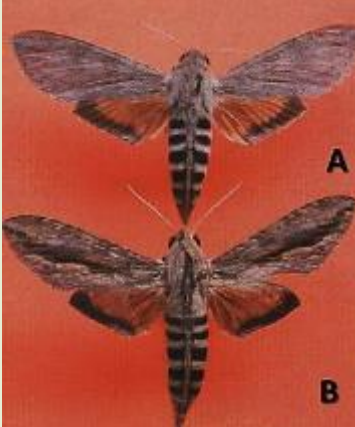
<b>Huevo</b>	Mide en promedio 2,8 mm de diámetro, superficie lisa y brillante, con un período de incubación de 3 días, inicialmente presentan un color verde claro, que se torna amarillo, cuando está próximo a eclosionar. Se encuentran por lo general en el haz de las hojas más jóvenes de manera individual, usualmente de dos a tres huevos.	
<b>Larva</b>	Tiene tres pares de patas torácicas, cuatro pares de pseudopatas abdominales y un par anal o telson. Presentan coloraciones como: negro, rojo, verde y amarillo, marrones o gris oscuro <sup>30</sup> .	
<b>Pre-pupa y pupa</b>	Después de los cinco instares larvales, la larva baja al suelo y forma una cámara, en la cual pasa al estado de pre-pupa que dura aproximadamente dos días, durante los cuales no consume alimento y su movilidad se reduce para desarrollar la pupa de color marrón oscuro, que puede medir hasta 55 mm de largo, estado en el cual dura entre 15 y 26 días.	
<b>Adulto</b>	Es una polilla nocturna, de 40 a 45 mm de largo, con una expansión alar de 70 a 90 mm, siendo las hembras, por lo general, más grandes que los machos, los cuales presentan alas anteriores de color gris con una mancha marrón oscura desde la base hasta el ápice del ala. Las alas posteriores de los dos géneros tienen coloración anaranjada con una franja negra en la zona marginal. El abdomen es de color gris con seis bandas negras transversales, las antenas son más cortas que su cuerpo. <b>A.</b> Hembra. <b>B.</b> Macho.	

Tabla 25. Principales diferencias entre los instares larvales de *Erinnyis ello* (Bellotti et al., 1989).

Instar	Tamaño (mm)	Cápsula cefálica (mm)	Placa torácica	División segmentos del cuerpo	Cuerno caudal	Detalle
--------	-------------	-----------------------	----------------	-------------------------------	---------------	---------

<sup>30</sup> Cortesía: Andrés Peraza Ingeniero Agrónomo

<b>I</b>	4-10	0,8	No visible	No definida	Largo fino y de diámetro uniforme de pigmentación negra	
<b>II</b>	11-16	1,3	No visible	Notoria en la parte media	Largo y fino, pero diámetro más amplio en la base, en donde disminuye la pigmentación negra	
<b>III</b>	17-23	2,1	Visible	Bien definida en todo el cuerpo	Largo y en forma de cono, color crema claro	
<b>IV</b>	30-48	3,1	Notoria	Definida	Largo y grueso, imperfecto en la parte superior, de color crema claro	
<b>V</b>	50-120	5,1	Notoria	Definida	Grueso y truncado	

### 11.1.1. Prácticas de manejo para el gusano cachón

Existen una serie de prácticas que deben ser usadas dentro de un plan de manejo integral, que para el caso de *E. ello* se enfocan en los estados de huevo, larva y pupa, dado que presentan la mayor susceptibilidad (Sepúlveda, 2012; León *et al.*, 2010; Garzón, 2000; Bellotti *et al.*, 1989).

#### Manejo cultural

Se basa en la eliminación de las malezas tanto en calles como en la zona de plateo, especialmente de plantas de la familia *Euphorbiaceae* (miembros de la misma familia de *Hevea brasiliensis*), presentes en la

plantación o en sus alrededores, las cuales sirven de hospedero de la plaga. (Alarcón *et al.*, 2012; Sepúlveda, 2012).

También se considera la recolección manual de larvas y huevos, como una práctica aconsejable para plantaciones jóvenes, jardines clonales, viveros y cuando el nivel poblacional de *E. ello* es bajo. En el caso de las larvas que alcanzan el estado de pupa, se puede remover el suelo para extraerlas; lo que ayudará a disminuir la futura población de adultos (Bellotti *et al.*, 1989).

### **Manejo etológico**

Consiste en el uso de trampas de luz negra que funcionan atrayendo y atrapando a individuos en estado adulto, durante el vuelo, aprovechando su hábito nocturno (Alarcón *et al.*, 2012; Bellotti *et al.*, 1989), razón por la cual se deben usar entre las 5 pm y las 10 am (Sepúlveda, 2012).

### **Manejo biológico**

La mejor alternativa para el control de las poblaciones del gusano cachón es el manejo biológico, dado que existen 35 especies entre organismos parásitos, depredadores y patógenos (Alarcón *et al.*, 2012).

Los principales parasitoides de huevos, son las microavispa del género *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), que se caracterizan por tener ojos rojos, una longitud de 0,03 mm, cuerpo amarillo con algunas partes más oscuras y *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae) avispa de 0,07 mm de longitud, de color negro, tórax abultado, antenas negras segmentadas y alas transparentes (figura 47) (León *et al.*, 2010).

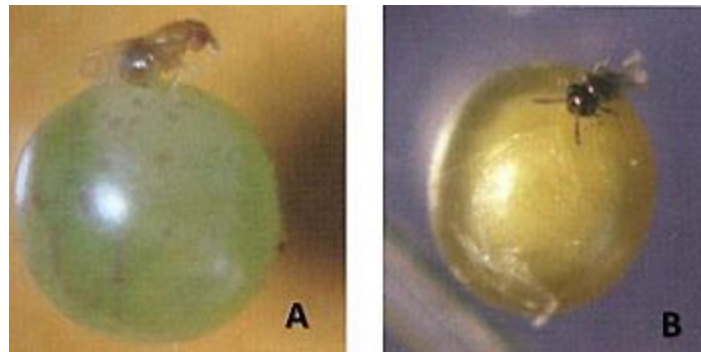


Figura 47. Avispas parasitando *Erinnyis ello* **A.** *Trichogramma* sp. **B.** *Telenomus* sp. (León *et al.*, 2010).

Las avispas se comercializan por pulgadas cuadradas (in<sup>2</sup>) en diferentes presentaciones. León *et al.*, (2010), describen el uso de pequeñas bolsas de papel (figura 48) que se distribuyen en el campo uniformemente, cuando se encuentran huevos de *E. ello* en las hojas más jóvenes de la plantación.



Figura 48. Bolsas de papel con individuos de *Trichogramma* sp. para liberación en campo (León *et al.*, 2010).

En plantas jóvenes con una altura menor de tres metros se cuelgan las bolsas de papel de las ramas. En árboles de una altura mayor de 10 m se debe garantizar que las avispas de *Trichogramma* sp. lleguen a los pisos foliares, donde se encuentran los huevos de *E. ello*, creando un sistema para lanzar y anclar a la copa del árbol que consiste en dos ramas

amarradas a 20cm entre sí, con la bolsa de papel amarrada a la cuerda que une las ramas (figura 49).

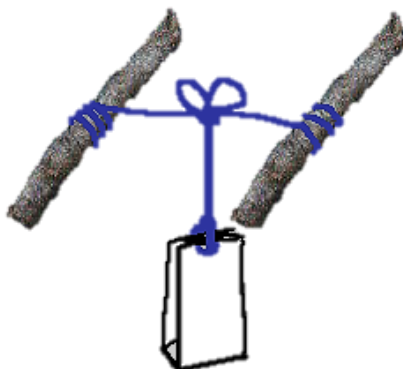


Figura 49. Sistema de anclaje para papeleta con *Trichogramma* sp.

La densidad recomendada para una plantación de árboles de caucho, se encuentra entre 50 a 100 in<sup>2</sup>/ha (Alarcón *et al.*, 2012). Por lo tanto, si se considera que dentro de cada bolsa existen 2,5 in<sup>2</sup>, para una densidad de 50 in<sup>2</sup>/ha, se necesita distribuir 20 bolsas de papel (León *et al.*, 2010).

Para el estado larval, se cuenta con especies de la familia Braconidae como *Apanteles congregatus*, *A. americanus* (Bellotti *et al.*, 1989) y *Cotesia congregata* (León *et al.*, 2010) que actúan como parasitoides sobre las larvas de *E. ello*. Las avispas del género *Apantles*, al igual que *C. congregata*, ovipositan dentro de la larva de *E. ello*, entre 300 a 500 huevos, que se desarrollan dentro de la larva plaga hasta la eclosión, donde después de 16 días para el género *Apantles* y de 10 días para *C. congregata*, las larvas emergen del gusano que sirve como hospedero. Una vez fuera, las larvas se aglomeran formando un tejido de aspecto algodonoso, donde se desarrolla el estado de pupa, del cual pasados 6 días en promedio, emerge el estado adulto en cada uno de estos miembros de la familia Braconidae. (León *et al.*, 2010; Bellotti *et al.*, 1989) (figura 50).



Figura 50. **A.** Adulto de *Apantles* sp. (Porto y Milagres, 2008). **B.** Pupas de *C. congregata* sobre larva de *E. ello* (León *et al.*, 2010).

Otros parasitoides son las moscas del género *Belvosia* sp. (Diptera: Tachinidae) (figura 51), un parasitoides que actúa colocando sus huevos sobre el gusano cachón; donde nacen las larvas que posteriormente penetran la larva plaga para desarrollarse en su interior, permitiendo que el hospedero alcance el estado de pupa, del cual después emergen de 1 a 3 adultos por cada larva de *E. ello* parasitada (León *et al.*, 2010).



Figura 51. Adulto de *Belvosia* sp. (Porto y Milagres, 2008).

Además de los insectos parasitoides, se conoce actualmente algunos depredadores naturales de las larvas y pupas de *E. ello*, que involucran insectos y aves (tabla 26), los cuales son una alternativa que promueve la disminución en los costos de manejo para el gusano cachón. Pero la efectividad de estos enemigos naturales está sujeta a disponibilidad de hábitats donde puedan obtener los recursos necesarios para su







subsistencia. Esto plantea la diversificación de los sistemas productivos de caucho, buscando el aumento de la riqueza de plantas por medio de policultivos, como los sistemas agroforestales. Al mismo tiempo, implica el cuidado y la conservación de áreas con amplia biodiversidad, por medio de corredores ecológicos que promuevan y faciliten el desplazamiento de la fauna benéfica (Rincón, 2006).

El gusano cachón, también es afectado por entomopatógenos como las bacterias de la especie *Bacillus thuringiensis*, que ataca el estado de larva, principalmente en los dos primeros instares (León *et al.*, 2010). Los síntomas que genera *B. thuringiensis*, consisten en una septicemia generalizada, causando la muerte del individuo. A medida que avanza la infección, el cuerpo de la larva toma una consistencia blanda, con abultamientos y por lo general al morir, queda colgando del telson, en cualquier parte de la planta. La dosis recomendada es de 3 a 4 g de producto comercial por cada litro de agua, para una aplicación anual, lo que equivale a un rango de 600 a 800 g/ha de producto comercial (Alarcón *et al.*, 2012; Garzón, 2000).

Las ventajas de usar *B. thuringiensis* son: bajo costo de producción, baja contaminación ambiental, control de la plaga superior al 90%, fácil aplicación, alto poder de dispersión y selectividad, ya que no afecta a los enemigos naturales del gusano cachón si se usa correctamente (Alarcón *et al.*, 2012).

Tabla 26. Depredadores naturales de *E. ello* (León *et al.*, 2010).

<b>Insectos</b>
-----------------

<b>Hymenoptera: Vespidae</b>	<i>Polistes canadensis</i> <sup>31</sup>	Conocida como avispa chinata, 2,5 cm de longitud, de color café rojizo, el adulto se alimenta de larvas pequeñas al igual que sus crías.	
	<i>Polybia liliácea</i> . <sup>32</sup>	Mide 1,5 cm, cuerpo negro con líneas amarillas en tórax y abdomen. Se alimenta de larvas pequeñas.	
	<i>Polybia sericea</i> . <sup>33</sup>	Mide 1,7 cm, cabeza, abdomen y alas negras, tórax y patas de color café rojizo. Se alimenta de larvas pequeñas.	
<b>Hemiptera: Reduviidae</b>	<i>Montina sp.</i>	Depredador importante en los Llanos Orientales en jardines clonales, viveros y plantación. Mide 3 cm de longitud, color anaranjado y abdomen ancho de color negro a gris.	
	<i>Zelus sp.</i>	Se alimenta de larvas pequeñas, 25 mm de longitud, cabeza elongada, aparato bucal corto y curvo, antenas largas y abdomen ancho.	
<b>Mantodea: Mantidae</b>	<i>Mantis sp.</i> <sup>34</sup>	Gracias a sus patas apresoras y su agilidad es un buen depredador ocasional.	

Fuente de Imágenes:

<sup>31</sup> [http://www.vespidae.be/Polistinae/Polistes\\_canadensis.htm](http://www.vespidae.be/Polistinae/Polistes_canadensis.htm)

<sup>32</sup> [http://www.vespidae.be/Polistinae/Polybia\\_liliacea.htm](http://www.vespidae.be/Polistinae/Polybia_liliacea.htm)

<sup>33</sup> [http://www.vespidae.be/Polistinae/Polybia\\_sericea.htm](http://www.vespidae.be/Polistinae/Polybia_sericea.htm)

<sup>34</sup> Medellín, C, Salazar J. 2011. Notas sobre mántidos colombianos con énfasis en la subfamilia Vatinae (insecta). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas* [online], vol.15, n.1. 134-149 p. <http://www.scielo.org.co>

<b>Neuroptera: Chrysopidae</b>	<i>Chrysopa</i> sp.	Depredador ocasional consume huevos y larvas.	
<b>Coleoptera: Carabidae</b>	<i>Calosoma</i> sp.	Consumo larvas y pupas en el suelo. 25 a 30 mm de longitud.	
<b>Aves</b>			
<b><i>Icterus nigrogularis</i></b> <sup>35</sup>	Conocida como Toche, tiene alas, cabeza y cola de color negro el resto es de color amarillo. Consume larvas.		
<b><i>Crotophaga ani</i></b> <sup>36</sup>	Jiriguelo, completamente negro, consume larvas cuando se presentan poblaciones de <i>E. ello</i> elevadas		
<b><i>Polyborus</i><sup>37</sup> <i>plancus</i></b>	Caracara o carraco, consume larvas y pupas en el suelo, tiene cuello blanco y pico naranja.		

De acuerdo con León *et al.*, (2010), el virus de la granulosis nuclear *Baculovirus erinnyis*, controla las poblaciones de *E. ello* principalmente en el estado de larva; que al ser infectadas, presentan síntomas iniciales como inapetencia, pérdida de movimiento y decoloración. Posteriormente las larvas pierden turgencia corporal, mueren y quedan colgando del

<sup>35</sup> <sup>28</sup>Cortesía: Andrés Peraza Ingeniero Agrónomo

<sup>37</sup>Uribe C. 2003. Los Colores del Aire - Aves de Colombia y del Tropicó Americano <http://www.colarte.com/colarte/foto.asp?idfoto=212166>

telson (figura 52). Luego de la muerte, el virus se disemina por el cultivo, al romperse los restos de las larvas de *E. ello*, lo que puede producir una epizootia (epidemia), logrando un efecto que perdura hasta 15 días después de la aplicación, disminuyendo casi al 100% la población plaga.



Figura 52. Larva de *Erinnyis ello* afectada por *Baculovirus erinnyis* (León *et al.*, 2010).

El baculovirus se puede obtener recolectando larvas con síntomas, con las cuales se prepara una mezcla de 1 ml de agua por cada gramo de larva recolectada. Luego de licuar y filtrar la mezcla, considerando que no queden partículas, se almacena en refrigeración para su posterior uso. La dosis recomendada es de 4 ml de solución por 20 l de agua, si se aplica con bomba de espalda en plantaciones de máximo 2 m de altura. Para plantaciones de mayor altura, se puede aplicar con una pulverizadora de largo alcance una dosis de 50 ml de solución de Baculovirus por cada 250 l de agua.

La aplicación del entomopatógenos está sujeta a la correcta calibración de los equipos y se debe realizar en las primeras horas de la mañana o finalizando la tarde (León *et al.*, 2010).

## **Manejo químico**

Se utilizan insecticidas con ingredientes activos como Carbaril, Monocrotofos, Diazinon y Deltametrina, con dosis de acuerdo a la formulación del producto comercial (Sepúlveda, 2012). El uso de plaguicidas químicos, solo se aconseja para poblaciones que no se han logrado mantener por debajo del nivel de daño económico, con las metodologías de manejo descritas anteriormente. Esto se debe a que la aplicación de insecticidas, cuando los niveles de infestación son bajos, genera un desequilibrio en el agroecosistema al afectar los enemigos naturales de la especie plaga y la reducción de la rentabilidad del sistema productivo (Bellotti *et al.*, 1989).

### **11.1.2. Monitoreo**

La sincronización de las diferentes estrategias de manejo como el uso de pesticidas o la liberación de parasitoides y depredadores, se debe sustentar en el conocimiento de la dinámica de las poblaciones de *E. ello*. Esta información se logra por medio de la constante vigilancia o monitoreo de los estados de larva y adulto.

Los adultos de *E. ello* tienen una fuerte atracción por la luz, situación que permite el uso efectivo de trampas de luz como un mecanismo de control. Igualmente esta alternativa de manejo, permite realizar un monitoreo de las poblaciones en intervalos de quince días o menos, para lo cual se realiza el conteo de individuos capturados por trampa, logrando estimar la densidad y distribución de la población del insecto plaga en relación a la plantación (tabla 27) (Da silva *et al.*, 2011).

Tabla 27. Status de la población de *E. ello*, en relación al número de individuos por trampa (Da Silva et al., 2011).

<b>Situación</b>	<b>Individuos por trampa</b>
<b>Normal</b>	Menos de 5
<b>Alerta</b>	De 5 a 100
<b>Inspección</b>	De 100 a 3.000, se debe inspeccionar los focos donde se encuentren las larvas
<b>Epidemia</b>	Más de 3.000 se debe controlar las larvas donde se encuentren

Al conocer las poblaciones de adultos se puede calcular la posible cantidad de huevos, teniendo en cuenta que una hembra puede colocar 1.850 huevos durante su vida adulta (Alarcón et al., 2012; Bellotti et al., 1989).

El monitoreo de larvas, es una práctica necesaria para la toma de decisiones sobre las metodologías que se deben implementar para el manejo del gusano cachón. Da Silva et al., (2011), proponen el uso de parcelas donde se realice el conteo del número de insectos, lo que permitirá estimar la densidad de la plaga en el área evaluada y extrapolar a toda la plantación. Las áreas de evaluación deben tener condiciones homogéneas de microclima, prácticas de manejo, clon, tipo de suelo y otras características, que garanticen, el comportamiento similar de los individuos plaga. Para realizar el muestreo se seleccionan de 9 a 20 árboles por parcela de acuerdo a las condiciones presentes en la plantación. Se pueden considerar dos indicadores para estimar la población: el número de larvas/100hojas ó el porcentaje de defoliación.

El indicador del número de larvas/100 hojas, consiste en tomar como unidad de muestra un árbol; se selecciona una rama del tercio superior, en la cual se cuenta el número de larvas y hojas por rama para luego

calcular el indicador. El resultado es la densidad poblacional, que se compara con el umbral de acción de 8 larvas/100hojas.

El porcentaje de defoliación se determina por medio de la observación, clasificando los árboles evaluados, en clases de defoliación: 0, 30, 70 y 100% (figura 53 y 54), al final se calcula el promedio de defoliación por parcela y se compara con el umbral de acción que es igual al 30% de defoliación.

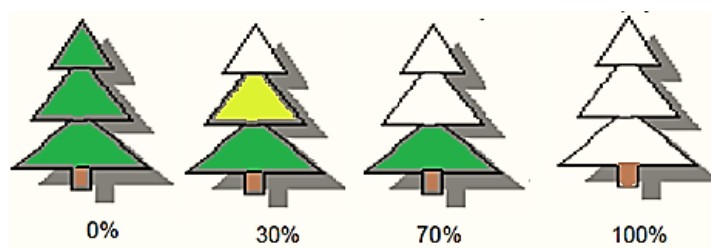


Figura 53. Esquema de defoliación<sup>38</sup>



Figura 54. Árbol de caucho defoliado al 100% (León *et al.*, 2010).


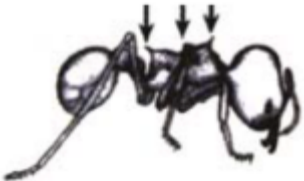
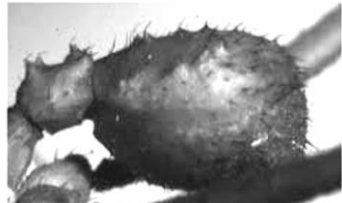

---

<sup>38</sup> Zanetti R, Notas de Aula de Ent 115 Manejo integrado de plagas em Florestais, Citado por: Da silva *et al.*, 2011.

## 11.2. Hormiga arriera

En Colombia, las hormigas arrieras o cortadoras de hojas, se constituyen en una de las principales plagas de varios cultivos, dentro de los que se encuentra el caucho. Son un complejo de especies, que pertenecen esencialmente a los géneros *Atta* y *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) (tabla 28), y se presentan en zonas de clima medio y cálido del país (Rincón, 2012; Garzón 2000).

Tabla 28. Diferencias de los principales géneros de hormigas asociados al cultivo del caucho (Vergara, 2005; Escobar et al., 2002).

Género	Características	Detalle
<b><i>Atta</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hormigas grandes, de color oscuro.</li> <li>• Hormigueros con entradas y salidas visibles al igual que los caminos de acceso, muy profundos y extensos en área, poblaciones abundantes.</li> <li>• Causa daños en diferentes cultivos como frutales, café, forestales, yuca y maíz.</li> <li>• Tres pares de espinas, abdomen liso con pelos largos.</li> </ul>	 
<b><i>Acromyrmex</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individuos de menor tamaño de color más claro.</li> <li>• Hormigueros más pequeños y poco profundos (máximo 2 m), son poco visibles y con poblaciones bajas. Los orificios de entrada son los mismos de salida.</li> <li>• No presenta casta de soldados.</li> <li>• Este género es menos agresivo y por lo general es más frecuente en pastos y ornamentales.</li> <li>• Cuatro a cinco pares de espinas, abdomen con muchas protuberancias.</li> </ul>	 

El daño que ocasiona la hormiga se debe a la defoliación de la planta, disminuyendo la actividad fotosintética. Los cortes son semicirculares y en ataques severos también cortan las yemas. La hormiga transporta los trozos de folios hacia las cámaras de almacenamiento de los hormigueros, donde se convierten en el sustrato para la reproducción del hongo *Rhizites gongylophoral*, que es su fuente de alimentación (Alarcón *et al.*, 2012; Garzón, 2000). El ciclo de vida de las hormigas arrieras dura entre 64 a 91 días, desde huevo (25 días), larva (25 a 52 días) hasta ninfa (14 días).

En viveros y en plantaciones de caucho recién establecidas el ataque se ubica sobre las hojas jóvenes y los cogollos. Cuando aumenta la severidad también se ubican en las hojas maduras (Garzón, 2000).

### **11.2.1. Prácticas de manejo para la Hormiga arriera**

Para el manejo de hormigueros, la primera estrategia es localizar y zonificar los hormigueros con el objetivo de hacerle seguimiento y manejo (Escobar *et al.*, 2002).

Luego de ubicados los hormigueros se debe realizar la medición. Para esto se toma como puntos de referencia las entradas o salidas más alejadas tanto a lo ancho como a lo largo y se mide la longitud entre estas, con lo cual se obtiene el área estimada del hormiguero al multiplicar estas magnitudes (figura 55). El conocimiento del área permite estimar el tamaño de del hormiguero y definir el tipo de prácticas de manejo que se puede establecer (tabla 29) (Escobar *et al.*, 2002).

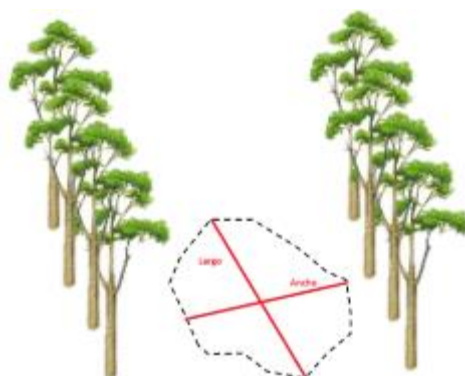


Figura 55. Esquema de medición del área ocupada por un hormiguero.

Tabla 29. Categorías y prácticas de manejo de acuerdo al tamaño estimado de los hormigueros (Escobar et al., 2002).

<b>Categoría</b>	<b>Tamaño (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Prácticas de manejo</b>
<b>Grande</b>	Mayor a 100	Manejo químico, uso de cebos químicos y artesanales a base de hongos
<b>Mediano</b>	De 5 a 100	Cebos químicos y artesanales
<b>Pequeño</b>	Menor 5	Manejo mecánico

### **Manejo mecánico**

Consiste en la destrucción de las bocas de los hormigueros, y la eliminación de la reina, dado que mientras exista, el hormiguero tiene la capacidad de soportar la presión que se pueda ejercer con cualquier otro método de control (Garzón 2000). Para el género *Atta* se programa el manejo para las primeras fases de desarrollo (alrededor de los tres primeros meses), antes de la ocurrencia de los vuelos nupciales o periodo de apareamiento que coincide con el inicio del periodo de lluvia (Alarcón et al., 2012; Sepúlveda, 2012; Escobar et al., 2002), mientras que para el género *Acromyrmex* se puede realizar la labor en cualquier momento.

### **Manejo Cultural**

Consiste en el establecimiento de cultivos trampa que sean tóxicos o fácilmente forrajeados como: la higuera (*Ricinus comunis*), el ajonjolí (*Sesamum indicum*), Canavalia (*Canavalia ensiformis*) y la batata (*Ipomoea batata*), que desvían el ataque de la plaga del cultivo principal (Sepúlveda, 2012; Escobar *et al.*, 2002). Estas se establecen alrededor de los cultivos que están siendo atacados por las hormigas (Alarcón *et al.*, 2012).

### **Manejo biológico**

Dentro de los principales depredadores se encuentran las aves que ejercen una excelente opción de control, ya que durante el vuelo nupcial, estos depredadores capturan al 90% de las hembras disminuyendo la posibilidad de formación de nuevos nidos. Razón por lo cual se deben proteger aves presentes en la zona, cuidando los refugios y las zonas de alimentación (Alarcón *et al.*, 2012).

Se pueden usar hongos como *Bauveria bassiana* y *Metarrizium anisopliae*, que parasitan el hongo que cultivan las hormigas arrieras, con lo cual se disminuye el nivel de daño en el cultivo; pero a causa de la baja actividad del control, es necesario hacer nuevas aplicaciones, en promedio 7 semanas después de la primera aplicación (Escobar *et al.*, 2002).

También se usan en los hormigueros recién establecidos cebos tóxicos artesanales, que se elaboran usando 1 kg de *Trichoderma harziarum* (Alarcón *et al.*, 2012) o *Trichoderma lignorum* en mezcla con 5 kg de avena en hojuelas y 1 l de jugo de naranja. La dosis que se utiliza es de 20 a 30 g de cebo/m<sup>2</sup> de hormiguero (Escobar *et al.*, 2002).

Los cebos se deben colocar en las hojas de plantas que rondan los caminos que siguen las hormigas a 20 cm de las entradas activas del hormiguero y no directamente sobre el suelo; protegidos de la radiación solar, en las horas de mayor actividad de las hormigas y en días sin amenaza de lluvias (Escobar *et al.*, 2002).

Por la acción lenta que caracteriza el uso de los cebos a base de *Trichoderma*, se debe realizar el seguimiento de la actividad de forrajeo de las hormigas, a partir de la segunda semana después de la aplicación. Si la actividad de forrajeo aumenta, se pueden hacer nuevas aplicaciones entre la quinta y sexta semana después de la primera aplicación, en un sitio diferente (Escobar *et al.*, 2002).

### **Manejo químico**

Los productos químicos se aplican directamente sobre los nidos, en polvos secos, líquidos termonebulizables o mediante cebos, siendo los ingredientes activos más utilizados Clorpirifos, Pirimifos metil o Fenitotrion (Escobar *et al.*, 2002; Garzón, 2000).

El uso de cebos granulados o peletizados, a diferencia de la aplicación del polvo seco presentan una mayor duración y afectación debido a que las hormigas lo transportan hacia la zona del hormiguero y dentro de este. Los cebos constan de la sustancia atrayente que en general es la pulpa seca de la naranja y del ingrediente activo (Sulfuramidas, Fipronil o Clorpirifos) que actúa por ingestión. La dosis oscila entre 8 y 10 g/m<sup>2</sup> en una única aplicación, de manera distribuida en las zonas próximas y no sobre los caminos y entradas al hormiguero. Si es necesario una nueva aplicación debido a inconvenientes como la inactivación por las lluvias o

exceso de humedad en el suelo, se debe aplicar entre los 60 a 90 días después de la última aplicación (Alarcón *et al.*, 2012; Escobar *et al.*, 2002; Garzón, 2000).

En hormigueros grandes el control químico se realiza por medio de un termonebulizador (Sepúlveda, 2012). Este sistema es altamente eficiente al producir la atomización por medio del calor, de un insecticida disuelto en aceite (con ingrediente activo Cipermetrina o Clorpirifos), lo que genera un humo que permite llegar a las cámaras del hormiguero, causando la muerte de los individuos por ingestión y contacto (Escobar *et al.*, 2002). Este sistema necesita para su operación, de una cuadrilla de fumigación con la indumentaria necesaria, que le brinde la mayor protección frente a la toxicidad del plaguicida.

### 11.3. Comején o termita

La diversidad y abundancia de las termitas son sensibles a la edad del cultivo, características de suelo y régimen climático. Es así que en el cultivo del caucho se asocian 10 especies de termitas pertenecientes a las familias Termitidae, Rhinotermitidae (Hernández *et al.*, 2010) y Kalotermitidae (Garzón, 2000), las cuales se caracterizan por presentar diferentes aspectos biológicos y de comportamiento (tabla 30).

Tabla 30. Características de las principales familias de termitas, en la Orinoquía (Garzón, 2000).

Familia	Características
<b>Kalotermitidae</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pequeñas colonias compuestas por poblaciones de cien individuos o menos</li> <li>• Viven encima del suelo</li> <li>• No tienen casta de obreras, que son sustituidas por larvas de la casta reproductora</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectan tejidos sanos de las plantas, adyacentes a sitios afectados por heridas</li> <li>• Forman las colonias en la región media del tronco generando cavidades</li> </ul>
<b>Rhinotermitidae</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termitas de hábitos subterráneos, que se comunican con las fuentes de alimento por medio de túneles o galerías, y cámaras localizadas en el suelo o en la corteza de los árboles</li> <li>• Penetran la planta hospedera usualmente por las raíces y se hospedan en los sitios con señales de podredumbre o en la corteza expuesta</li> <li>• Dentro de esta familia se encuentra el género <i>Coptotermes</i>, donde se agrupan las especies plagas de caucho a nivel mundial</li> </ul>
<b>Termitidae</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son las termitas más desarrolladas y con el mayor número de especies, compuestas de castas bien definidas por reproductoras y estériles, dentro del suelo y aéreas en los árboles</li> <li>• Las obreras y soldados presentan polimorfismos que permiten la identificación de las especies</li> </ul>

En un estudio realizado por Hernández *et al.*, (2010) se observó que en general, la abundancia de termitas se incrementa a medida que se desarrolla el cultivo, en donde predominan especies xilófagas en cultivos desarrollados, a diferencia de cultivos jóvenes donde prevalecen las termitas consumidoras de suelo y hojarasca.

De acuerdo con León *et al.*, (2009), las termitas causan daños secundarios y no son las principales causantes de mortalidad en la etapa de establecimiento del cultivo. La afectación en esta etapa se relaciona principalmente con malas prácticas de manejo como el corte de la raíz del stump y la eliminación de raíces secundarias en el trasplante; que causan heridas que facilitan el desarrollo de patógenos y el posterior ataque de las termitas. Este es el caso de las especies pertenecientes al género *Heterotermes* que conforman el género de mayor presencia en todas las etapas de desarrollo del cultivo del caucho en la región de la Orinoquía, y quienes dentro de sus hábitos de alimentación prefieren

alimentarse de materiales o maderas en descomposición y no de plantas sanas.

### **11.3.1. Prácticas de manejo para termitas y comejenes**

El manejo de las termitas se centra en la prevención, al realizar el adecuado desarrollo de las labores en la etapa de vivero, desde el inicio del manejo de la semilla hasta la siembra en sitio definitivo descritas en el capítulo 6. Con esto se logra disminuir la incidencia de los daños secundarios que pueden causar las termitas.

En todas las fases del cultivo se debe procurar mantener la limpieza y el cuidado, por medio de la recolección de las ramas y tallos secos que generen focos de posibles ataques, en lotes donde exista presencia de los insectos (León *et al.*, 2009).

Se pueden implementar controles con *Bauveria bassiana* sobre los nidos y el uso de insecticidas con ingrediente activo Fipronil sobre los stumps en la etapa de vivero. En sitios de siembra que se establezca la presencia de termitas por medio de monitoreo, se puede usar una de estas alternativas de acuerdo a la formulación del producto comercial.

### **11.4. Chinche de encaje**

La chinche de encaje, *Leptopharsa heveae* (Heteroptera: Tingidae), es una especie, que se caracteriza por desarrollar su ciclo de vida, principalmente en el envés de la hoja de las plantas de caucho (Alves *et al.*, 2003).

Su efecto en el cultivo del caucho inicia cuando las hembras ovipositan sus huevos en el mesófilo de las hojas con un promedio de postura diaria de 28 huevos y un periodo de incubación de 12 días, continuando con la reducción del área fotosintética por su hábito de alimentación y su excreción, durante el desarrollo de cinco instares ninfales (en promedio de 10 días) y posteriormente en el estado adulto (Cividanes, *et al.*, 2004a; Alves *et al.*, 2003) (figura 56).

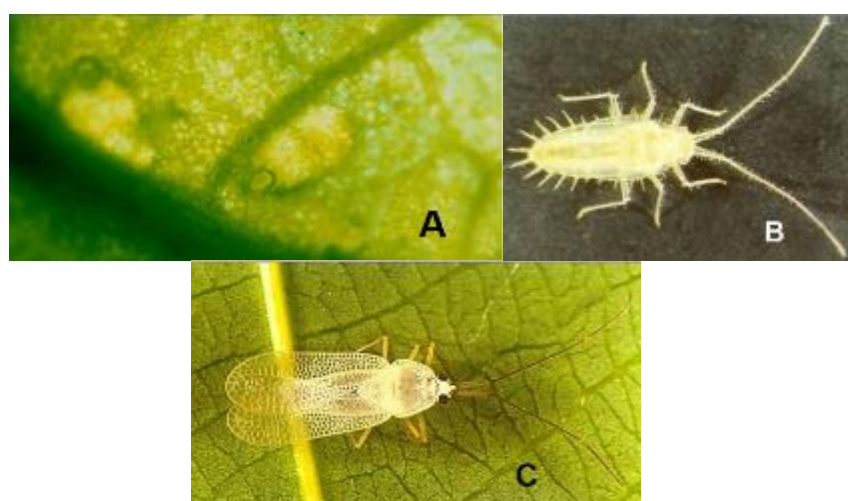


Figura 56. Estados de desarrollo de la chinche de encaje (*Leptopharsa heveae*). **A.** Huevos. **B.** Ninfa instar 4. **C.** Adulto (Fonseca, 2009).

El debilitamiento de la planta, dificulta además el desprendimiento de la corteza; acción que afecta a las plantas en jardines clonales y en el proceso de sangrado (Garzón, 2000). Además las marcas de alimentación aumentan la susceptibilidad a patógenos como *M. ulei* (Alves *et al.*, 2003).





*L. heveae* fue descrita en 1953, como una especie originaria de Brasil. En Colombia, Garzón (2000), define al chinche de encaje como una especie originaria de la Amazonia donde vive endémicamente en cauchales nativos y es considerada como una de las plagas más graves de este

cultivo. Además cuenta con el potencial de aumentar su población y distribución hacia la región de la Orinoquía, debido a la expansión del cultivo del caucho.

### 11.4.1. Prácticas de manejo para la chinche de encaje

El monitoreo de la chinche de encaje se efectúa de acuerdo a la propuesta de Cividanes *et al.*, (2004b), realizando un muestreo sistémico estratificado, tomando cinco hojas de la parte interna y cinco de la parte externa en cada tercio. Esto se realiza en 10 árboles por surco seleccionados al azar desde los bordes hacia el centro del cultivo, con lo cual se define el nivel de población (número de estados/hoja) en cada planta (Fonseca, 2009) (tabla 31).

Tabla 31. Niveles de población de *Leptopharsa heveae* (Fonseca, 2009).

Categoría	Insectos/hoja	
<b>Ningún insecto (0)</b>	0	
<b>Bajo (B)</b>	1 a 2	
<b>Medio (M)</b>	3 a 4	
<b>Alto (A)</b>	5 o más	

Con esta metodología se pueden definir focos y dirigir las prácticas de control, de manera más efectiva hacia las zonas que presenten niveles de población de media a alta (figura 57).

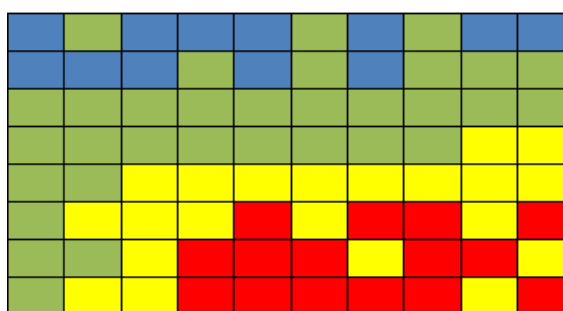


Figura 57. Ejemplo de la distribución de la Chinche de encaje (*Leptopharsa heveae*) a partir de la metodología de muestreo.

Se ha sugerido el uso de entomopatógenos como *Sporotrix insectorum* y *Beauveria* como controladores biológicos; que de acuerdo con Garzón (2000), *S. insectorum* en plantaciones de Brasil es el mejor producto biológico, ya que logra niveles de control superiores al 70% después de dos meses de realizada la aplicación. También recomienda el uso de productos sintéticos como Dipel o Monocrotofos a 0,4 l/ha y Diafentiuron 0,5 kg/ha. Para la aplicación entre líneas y en los bordes, de acuerdo al monitoreo se debe tener en cuenta la densidad de la copa y la altura de la planta que si es mayor a 5 m implica el uso termonebulizadores (CCC, 2010).

### 11.5. Artrópodos plaga de menor incidencia

Existen otras especies que pueden afectar la producción del caucho natural, con menor incidencia que las especies nombradas en los numerales anteriores, pero que deben ser consideradas en el sistema productivo como el caso del gusano peludo y las escamas, para los cuales se resumen en la tabla 32, la descripción y los métodos de manejo de acuerdo a lo reportado por Garzón (2000) y Rincón (2012).

Tabla 32. Plagas de menor incidencia en el cultivo de caucho.

Plaga	Descripción	Prácticas de manejo
<b>Gusano peludo</b>	<p><i>Premolis semirufa</i> (Lepidoptera: Arctidae). En nuestro país se encontró en el departamento de Caquetá, sobre plantas en crecimiento. Se sitúa generalmente en el envés de la hoja y se alimenta haciendo cortes de forma regular en las nervaduras de las hojas adultas.</p> <p>Las larvas se caracterizan por presentar una cobertura urticante conformada de pelos cortos de color café y cuatro áreas de pelos más largos que sobresalen. Los capullos también se caracterizan por poseer pelos.</p>	<p>En general el manejo es similar al del gusano cachón.</p> <p>El control mecánico de la plaga consiste en la recolección y destrucción (sin tocarlo con las manos) de las larvas y capullos. Se localizan en plantas jóvenes en ramas y hojas. En plantas adultas en la región del panel o tazas.</p>
<b>Piojo blanco o escama lamiosa</b>	<p><i>Pinnaspis</i> sp. (Hemiptera: Diaspididae). Esta escama de color blanco se localiza esporádicamente en cauchos jóvenes de viveros y plantación. En poblaciones grandes estos insectos forman colonias en las hojas bajas de la planta, donde se alimentan por la succión continua de la savia causando deformaciones, atraso en el desarrollo, costras en la corteza y muerte descendente en tallos y ramas.</p>	<p>El control químico se puede hacer con aplicaciones de insecticidas como Dimetoato, Acefacto o Malathion.</p>
<b>Ácaros</b>	<p>Dentro de las especies más conocidas se tienen: <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (ácaro blanco), <i>Eutetranychus banksi</i>, <i>Oligonychus</i> sp. (ácaros verdes), <i>Tetranychus</i> sp. (ácaros rojos) (Acarina: Tetranychidae y Tarsonemidae).</p> <p>El ácaro blanco, se presenta en viveros y jardines clonales, se sitúa por el envés de la hoja a lo largo de las nervaduras. Los cogollos de las plantas afectadas se encrespan y las hojas muy pequeñas caen. En plantaciones ubicadas en la Amazonia colombiana se han encontrado asociados con el amarillamiento de los árboles y produciendo áreas necróticas en las hojas.</p>	<p>En ataques severos se recomienda aplicar acaricidas como Propargite o Tetradifón.</p>

<p><b>Coleopteros: Scarabeidae</b></p>	<p>Larvas de cucarrones que con frecuencia atacan las raíces de plantas jóvenes de caucho o las que se usan como cubierta. Es el caso de <i>Euetheola bidentata</i>, que en el departamento de Caquetá se presenta periódicamente causando daños en pastos y otros cultivos.</p>	<p>Se recomienda el control de la larva de este cucarrón con una buena preparación del terreno y la incorporación de insecticidas granulados al suelo.</p>
<p><b>Coleopteros. Scolytidae</b>  (Pasadores de tronco)</p>	<p>Este insecto clasificado como <i>Xyleborus</i> spp., está ampliamente difundido en el país y es reconocido en las zonas caucheras y cacaoteras del mundo. Los adultos perforan la corteza, llegan al leño sacando deyecciones de aserrín, síntoma característico de la plaga. Posteriormente el árbol se marchita y muere debido al hongo <i>Ceratocystis fimbriata</i>, del cual <i>Xyleborus</i> es vector.</p>	<p>El control recomendado se basa en cortar, retirar y quemar las ramas y troncos con presencia del insecto, cicatrizando las heridas que se causen al leño durante las podas.</p>

Para recomendaciones generales sobre el manejo de cualquier plaga y el adecuado uso de pesticidas ver apéndice 2 y 3, respectivamente.

## **12. INTERACCIÓN DEL CULTIVO DE CAUCHO Y EL VENADO COLA BLANCA**

De acuerdo con Martínez (2007), existen problemas en la Orinoquía con el venado de cola blanca, *Odocoileus virginianus* (Zimmermann, 1780), dado que este mamífero, puede lograr afectar hasta el 10% de todo el ciclo productivo. En plantas jóvenes el venado ramonea la planta de caucho, haciendo que se pierda la dominancia apical; esto se corrige mediante podas, mientras en plantas adultas con tallos lignificados, los machos de esta especie afilan sus cornamentas con el tronco, eliminando la totalidad de la corteza aproximadamente a 50 cm sobre la zona de injertación, debilitando la planta, esto se corrige permitiendo la formación de un chupón.

No se conoce un método eficiente y amigable que evite la interferencia del venado de cola blanca con el cultivo de caucho. Por lo tanto el camino para disminuir la interferencia puede dirigirse a la correcta planeación y establecimiento de áreas de cultivo que permitan desarrollar corredores biológicos, que de acuerdo a Rincón (2006), permiten la conectividad entre las zonas protegidas y áreas con diversidad importante con el fin de contrarrestar la fragmentación de hábitats, convirtiéndose en lugares adecuados para el tránsito de la fauna y flora.

## **13. SANGRÍA**

El aprovechamiento del árbol del caucho natural difiere sustancialmente de los demás cultivos, ya que no se recolectan sus frutos ni partes de la planta sino el látex contenido en la red de vasos laticíferos comunicados entre sí. La obtención se logra mediante el rayado, que se realiza por incisiones en la corteza del árbol las cuales se repiten a lo largo del año, con una frecuencia que hace parte de las características del sistema de rayado (Compagon, 1998).

La sangría debe realizarse conforme a la siguiente metodología, adaptada de los trabajos de Bernardes (1995)<sup>39</sup>. Normalmente comienza entre los seis y ocho años después de la siembra, siempre y cuando el manejo se haya realizado de manera técnica, y el perímetro del tronco a 1,20 m de altura se encuentre entre 45 a 50 cm.

### **13.1. Inventario a plantación**

Proceso de identificación en plantación que permite obtener los rangos diamétricos o de circunferencia que tienen los árboles de la plantación, de acuerdo a la densidad real del cultivo. Dentro de las características que deben tenerse en cuenta al momento de realizar el inventario están las siguientes:

- CAP (Circunferencia a la Altura del Pecho): entre 45 y 50 cm
- Espesor de corteza: 6–7 mm

---

<sup>39</sup> ASOHECA, Coordinación Área Técnica, 2009. Ficha técnica de sangría y recolección del caucho natural. Informe mensual de actividades, código: FPS-08. <http://www.asoheca.org/imagenes/Fichastecnicas/> (consultado: noviembre de 2012)

- Altura comercial
- Observaciones generales
- Georefenciación
- Plano de ubicación de las líneas de siembra

De igual manera se deben tener los antecedentes generales del cultivo para obtener criterios de evaluación como:

- Año de siembra
- Tipo de clon
- Cantidad y tipo de mantenimientos realizados por año
- Interpretación de análisis de suelos por año
- Características de los compuestos edáficos de síntesis química utilizados
- Características topográficas
- Accidentes geográficos
- Vías de acceso

A continuación se relaciona la información que se debe tomar en campo, de acuerdo al procedimiento propuesto por la Asociación de Reforestadores y Cultivadores de Caucho del Caquetá–ASOHECA, para realizar el inventario a plantación:

### **Elementos utilizados**

- Pintura roja (spray o líquida)
- Brocha de una pulgada
- Formato de inventario que permita la recolección de información arriba señalada
- Elemento de medición de longitud (metro)

## Metodología

- Marcar a una altura de 2 m el árbol número uno del primer surco, así cada diez árboles.
- Medir el perímetro a 1,20 m de altura de cada árbol y registrarlo de acuerdo a la categoría diamétrica (Tabla 33).
- Se debe registrar cualquier anomalía que el árbol presente como particiones por el viento, enfermedades, plagas, desordenes fisiológicos entre otros.

Tabla 33. Categorías diamétricas para realizar inventario a plantación<sup>20</sup>.

<b>Categoría diamétrica</b>	<b>CAP</b>
<b>I</b>	Menor de 35 cm
<b>II</b>	De 35-39,9 cm
<b>III</b>	De 40 a 44,9 cm
<b>IV</b>	De 45 a 49,9 cm
<b>V</b>	Mayor de 50 cm

- El orden de toma de datos debe direccionarse en sentido a la disposición de los surcos en campo, realizando el conteo continuo, señalando con una flecha la orientación, marcando el primer y último árbol de cada surco.
- Elaborar un plano de la plantación en donde se ubique entre otros: coordenadas, cercas, construcciones, accidentes topográficos, fuentes de agua, límites, surcos de plantas, árboles numerando cada diez.

## Selección de árboles para inicio de etapa de aprovechamiento

El árbol de caucho Hevea se puede comenzar a aprovechar cuando el tronco alcance como mínimo 45 cm de circunferencia, a la altura de 1,20 m de altura del suelo y un espesor de corteza de 7 mm (Categoría diamétrica IV).

El inventario a plantación indica cuantos árboles y en qué porcentaje están aptos para entrar en sangría. La decisión de iniciar el aprovechamiento depende de la cantidad de árboles por hectárea que reúnan los requisitos mínimos, se considera que cuando el 50% de los troncos clasifican dentro de las medidas exigidas, se puede iniciar un aprovechamiento rentable.

Para economías de pequeña escala ejemplo campesinos con unidades de producción mayores o iguales a 5 ha, la densidad real de producción de árboles por hectárea puede alcanzar un 30% puesto que genera un ingreso básico que es rentable de acuerdo a su economía.

## **13.2. Equipamiento**

Cada nuevo productor de caucho debe disponer de herramienta y equipo mínimo y adecuado para iniciar el aprovechamiento. A continuación se describen los elementos indispensables:

- Una cuerda de 1,50 m de longitud de fique o poliéster: se debe hacer un nudo en la mitad para facilitar la división de los paneles.
- Cuchilla de sangría: es la herramienta más importante no solo al inicio del aprovechamiento, si no a lo largo de la vida útil del árbol. Debe ser de buen material (acero templado) y mantenerse bien afilada para facilitar su utilización, evitar daños y consumos excesivos de corteza.
- Banderola: La banderola consta de una lámina o latón flexible, en forma romboidal de 62,5 cm de base y 14-16 cm de ancho, con agujeros guía para el trazado del panel y una regla de madera de 1,20 m de longitud. Se construye con la lámina de aluminio pegada a una regla de madera y sirve para marcar la dirección e inclinación del corte

de sangría. Debe tener una inclinación entre 33-35 grados con relación a la horizontal.

- Punzón marcador: Se utiliza para marcar sobre la corteza del árbol la figura de la banderola.
- Canaletas: Son generalmente de lámina de zinc liso (calibre 30), se coloca inclinada aproximadamente a 10 o 20 cm (de acuerdo a las condiciones eólicas de la zona) del canal de escurrimiento de látex, para facilitar la caída de este dentro de la taza. Debe tener una parte aguda, que se inserta en la corteza del árbol, sin llegar hasta la madera.
- Tazas de recolección de látex: las hay de diferentes materiales y formas, lo más importante es que tengan una capacidad no inferior a 500 cm<sup>3</sup>. En esta se colecta el látex que emana del canal de sangría. Por comodidad e higiene se recomienda el uso de tazas de plástico.
- Soportes de alambres: Tienen como finalidad sostener la taza; se aconseja el calibre 10 y una longitud de 1,40 m. En promedio 1 kg de alambre alcanza para equipar 12 árboles. Los soportes se cortan de acuerdo con la circunferencia de las tazas, ayudándose para ello de un tronco de madera cilíndrico, con la dimensión de los recipientes. La forma en que debe ir el alambre adherido al tronco es en espiral. Bajo este método se reduce el impacto del alambre sobre el tronco una vez continúe su ciclo de crecimiento.
- Lija de agua N° 110: Le permite al operario mantener la cuchilla de sangría completamente afilada.
- Calibrador de espesor de corteza y cinta métrica

### **13.3. Preparación de los árboles**

#### **División del tronco en paneles de sangría**

Consiste en trazar en cada fuste seleccionado, dos líneas verticales opuestas diametralmente (directrices), de manera que éste quede dividido en 2 partes iguales.

La primera directriz se traza con la ayuda de la regla de madera que hace parte de la banderola y el punzón, deberá quedar marcada y direccionada hacia la calle donde se coloca la taza recolectora.

La línea trazada se marca con la cuchilla de sangría, teniendo la precaución de no profundizar la incisión para evitar el daño mecánico de la estructura interna del árbol (cambium), el cual puede causar atrofiamiento y deformaciones sobre la corteza interna donde se encuentra ubicado el sistema laticífero (figura 58).



Figura 58. Trazo de la primera directriz del panel de sangría (Martínez, 2007).

Terminada esta operación se toma la cuerda que lleva 2 nudos en los extremos y uno en el centro que la divide en 2 partes iguales. A

continuación se apoya la cuerda en el tronco colocando el nudo del centro sobre la primera línea trazada, se abraza el árbol con los extremos de la cuerda de manera que queden juntos y con una mano se ajustan hacia el lado opuesto de la línea trazada (Figura 59).



Figura 59. Trazado de la segunda directriz con ayuda de la cuerda.

Se debe tener cuidado, de que el nudo del centro no se corra de la primera directriz trazada (figura 59) y finalmente se marca con un punto el sitio de unión de la cuerda sobre el tallo.

La anterior operación se realiza en la parte alta del tallo y en la parte baja cerca de la base del injerto (cuello de la raíz), consiguiendo así 2 puntos unidos por una línea marcada con la regla de la banderola.

### **13.4. Trazado del panel**

La regla de madera de la banderola se coloca contra el árbol sobre la primera directriz apoyando con la pierna izquierda, el extremo inferior de la regla cerca del cuello de la raíz. Con la lámina de zinc liso se rodea el tronco de derecha a izquierda y se procede a marcar con el punzón las líneas de dirección en inclinación de sangría (figura 60A).

Después de haber calcado sobre la base del tronco la figura que tiene la banderola, se termina de trazar uniendo los diferentes puntos para formar líneas (figura 60 B y C).

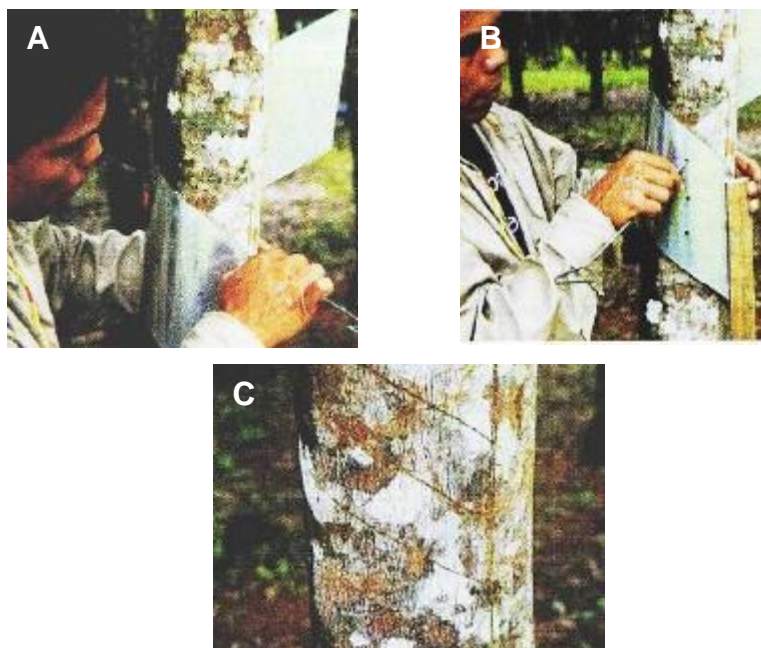


Figura 60. **A.** Trazado del panel con la banderola. **B.** Trazado de las guías con la banderola **C.** Panel de sangría y guías debidamente trazadas (Martínez, 2007).

### **13.5. Apertura de paneles**

Se realiza pasando varias veces la cuchilla de sangría 1 cm por encima de la línea, que limita la altura del panel, desbastando suavemente la corteza, hasta llegar a los tejidos interiores que están ubicados entre la corteza interna y el cambium, donde se encuentran ubicados los vasos conductores del látex (vasos laticíferos) (figura 61).

El desgaste inicial de corteza debe permitir el encaje perfecto de la cuchilla de sangría sobre el nuevo corte, para facilitar la labor de rayado.

La incisión debe realizarse con precisión para no causar daño mecánico de la estructura que tiene como función generar tejido, el cual regula el crecimiento.



Figura 61. Apertura de panel sangría (Aguilar, 2012).

Al final del corte inicial y con ayuda de la cuchilla se realiza un pequeño canal (15 a 20 cm de largo) vertical en dirección al suelo, para facilitar el escurrimiento del látex hacia la canaleta y posteriormente a la taza (figura 62).



Figura 62. Apertura de panel hasta canaleta<sup>40</sup>.

### **13.6. Equipado del árbol**

Realizada la actividad de apertura de panel se inicia con el equipado del árbol, el cual consiste en colocar la canaleta entre 10 y 20 cm abajo del

---

<sup>40</sup> Cortesía Adonias Castro

corte en el extremo inferior derecho, al final del canal de escurrimiento. Se deberá tener precaución en no profundizar el anclaje de la canaleta para evitar daños en las estructuras internas de la madera. Posterior al proceso se coloca el alambre a una distancia de 10 a 20 cm debajo de la canaleta, realizando un espiral al alambre, con la finalidad que se estire a medida que el árbol crece diametralmente. Las puntas del alambre deben quedar en posición vertical (figura 63).



Figura 63. Equipamiento del árbol de Hevea (Martínez, 2007).

## 13.7. Operación

### **Aspectos generales sobre sangría del caucho natural**

La sangría del caucho natural, es una de las prácticas más importantes dentro de la etapa de aprovechamiento, pues determina la vida útil del cultivo y producción y es la responsable del 50% de los costos totales del caucho producido.

Cuando se hace la primera apertura del panel debe ser amplia y poco profunda sin escurrimiento de látex, el cual debe fluir al realizar cuatro a cinco rayados. La producción de los primeros rayados es mínima y se caracteriza ser viscoso, amarillento y se coagula rápidamente. Después de 10 a 15 rayados, el látex fluye fácilmente y se dirá que "el árbol de

caucho responde al rayado". En regiones donde tradicionalmente no se cultiva el caucho, se han encontrado diferentes problemas en la etapa de aprovechamiento, como daños en el panel de sangría, lo cual indica la necesidad de capacitar al personal dedicado al manejo del cultivo.

### **Recomendaciones sobre sangría**

Árboles que presenten signos de disturbios fisiológicos, defoliación o en recuperación de ramas quebradas o afectadas por problemas fitosanitarios (plagas o enfermedades con alta incidencia y severidad), no deben considerarse como aptas para entrar en sangría. En esos casos se debe aguardar hasta su completa recuperación. Sangría en árboles jóvenes provoca un sensible atraso en las plantas, afectando principalmente la regeneración de la corteza, debido a la precocidad de los tejidos que se afectan en el corte. Un número reducido de plantas aptas por hectárea acarrea grandes desplazamientos del sangrador, dificultando la recolección y aumentando los costos de producción.

### **Horario de sangría**

La sangría debe iniciarse en las horas de la mañana, preferiblemente antes de la salida del sol, cuando las plantas han estado en proceso de respiración y no han iniciado el proceso de fotosíntesis. La presión interna es mayor en fase de respiración y menor cuando comienza a ascender el agua capilar desde la raíz, para atender la demanda de la fotosíntesis. En respiración los vasos están sobre presionados (14 Atmósferas), forzando al látex a escurrir cuando se rompen con la labor de sangría. En la medida que avanza el día, normalmente aumenta la transpiración de las plantas ocasionando reducción en la producción.

Sangrías atrasadas en razón a las lluvias matinales, deben ser realizadas en las horas de la tarde, porque las condiciones atmosféricas, permiten una buena producción de látex.

### **Descanso anual**

El periodo de descanso puede ser de 1 o 2 meses dependiendo de la edad de la plantación, condiciones climáticas y periodo de defoliación-refoliación. En los primeros cuatro años de sangría, se debe dar dos meses de descanso a los árboles. Del quinto al octavo año, se debe dar apenas un mes de descanso y, del noveno en adelante, solamente se debe parar cuando decrece la producción (no es rentable económicamente) o cuando hay un problema fitosanitario grave que pueda causar defoliación prematura. En periodo senil de la planta no se debe parar la sangría (tabla 34).

Tabla 34. Periodos de descanso de rayado según edad y condiciones de la plantación.

<b>Años de sangría</b>	<b>Meses de sangría por año</b>	<b>Inicio del descanso</b>	<b>Observaciones</b>
1-4	10	Refoliamiento	Enero-febrero
5-8	11	Refoliamiento	Febrero
9 o más	12	Sin descanso	Solo por problemas fitosanitarios

## **13.8. Sistemas de sangría**

### **Sistema de aprovechamiento propuesto**

Los rayadores en tiempos lluvioso siempre deben llevar consigo un poco de ácido fórmico o ácido acético y si hay riesgo de lluvia, adicionar

algunas gotas en cada taza para coagular el látex; el resto de árboles los puede rayar más tarde o después del mediodía. El rayado se puede suspender unos 20 días durante el periodo más lluvioso.

Generalmente la mayor producción de látex se obtiene al final del invierno, cuando hay una mayor cantidad de agua almacenada en el suelo.

### **Dirección del corte**

Normalmente el corte se hace en sentido descendente o de panel bajo y de izquierda a derecha; sin embargo en árboles que presentan protuberancias por daños mecánicos sobre la corteza, la sangría puede ser de panel alto o ascendente, consiguiendo un incremento en la producción y posibilitando una recuperación de la corteza del panel bajo (figura 64).

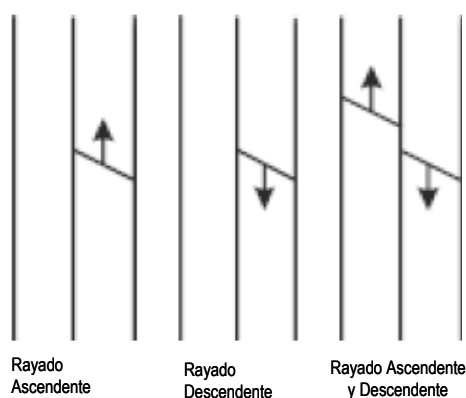


Figura 64. Dirección del corte de rayado.

### **Tipo y tamaño de corte**

Son cuatro los tipos de corte más utilizados (figura 65):

- Corte en espiral, representado con una S
- Media espiral, representado con  $S/2 = \frac{1}{2}S$  (único utilizado en Colombia)

- En V
- Microcortes, siempre menores de 5 cm, cuya representación es Mc.

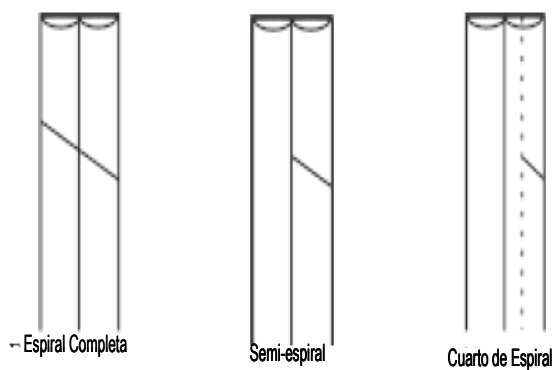


Figura 65. Tipos de corte en panel de sangría.

El tamaño estará siempre relacionado con el perímetro del tronco, puede utilizarse la totalidad del mismo, o una fracción.

Los cortes más largos al principio proporcionan mayores producciones, sin embargo a largo plazo se disminuye la producción, se aumenta el consumo de corteza y proliferan los problemas sanitarios en el panel. Es por esto que el corte en espiral (S) completa no es conveniente utilizarla. Los cortes en media espiral (S/2) son los más utilizados en sangría descendente. En sangría de panel alto o ascendente se puede trabajar bien con  $S/4 = \frac{1}{4} S$  o  $S/3$ .

.

### **Frecuencia de sangría**

La frecuencia es el intervalo entre dos sangrías, se indica en días así:

- $d/2$  significa una sangría cada dos días (se sangra un día y se descansa otro), 3 sangrías a la semana, 12 en el mes y 144-150 por año.
- $d/7$  una sangría hecha cada siete días.
- $6 d/7$  en siete días, se sangra durante seis días, descansando el

domingo.

- 5 d/7 en siete días, se sangra cinco días, descansando sábado y domingo.
- d/2 6 d/7. se sangra en días alternos durante seis días a la semana, descansando el domingo. En este caso el sangrador tiene dos lotes de sangría (conjunto de árboles que puede trabajar en un día, también se le llama tarea). En un día sangra la tarea A y al otro sangra la tarea B, conforme a la tabla 35:

Tabla 35. Parámetros de rayado según sistema de sangría.

Frecuencia de sangría	Consumo de corteza por sangría (mm)	No. De rayados/año	Consumo de corteza/año (cm)
½ S d/2 6 d/7	1,2-1,3	150	18-20
½ S d/3 6 d/7	1,3-1,4	100	13-14
½ S d/4 6 d/7	1,4-1,6	90	13-14
½ S d/5 6 d/7	1,6-1,8	70	11-13
½ S d/6 6 d/7	1,8-2,0	60	11-12

- Las frecuencias en d/3 y d/4 son las más utilizadas a nivel mundial pues permiten un mejor uso de la mano de obra, se mantiene la producción, el consumo de corteza es menor y permite la utilización de la estimulación química de los árboles.
- Las sangrías d/5 y d/6 son empleadas en plantaciones industriales con áreas efectivas iguales o superiores a 1.000 ha, con la finalidad de maximizar el recurso humano para la realización de esta actividad.

### **Sangrías alternas**

El cambio anual de panel de sangría, al lado opuesto a partir del tercer año de sangría, normalmente favorece el crecimiento de las plantas y mantiene los niveles altos de producción. Experiencias recientes, han

demostrado un aumento entre 20 y 30% de la producción, utilizando el sistema alterno.

### **Operación de sangría**

La ejecución de la sangría, aparte del equipo básico requiere de una buena capacitación y entrenamiento en escuelas de sangría (a cargo del SENA). La operación debe realizarse a primera hora de la mañana y se debe dejar un tiempo de escurrimiento y de recolección no inferior a 2 h.

### **Inclinación del corte**

El látex en los vasos laticíferos dentro de la corteza de los árboles corre en espiral desde la base hasta la parte alta del tallo, en un ángulo hacia la derecha que varía de 3 a 5 grados desde la vertical. Por esto un corte descendente desde el lado izquierdo al lado derecho debe seccionar el mayor número de vasos laticíferos, siendo importante para que haya un buen escurrimiento por la canal del corte.

La inclinación puede ser de 35 grados para las plantas jóvenes, y de 33 grados para plantas con edad avanzada y con corteza más gruesa. Para sangría ascendente, la inclinación varía entre 45 y 50 grados, para evitar demasiado escurrimiento por el panel de sangría.

### **Estimulación química**

La estimulación tiene por objeto prolongar el flujo del látex después del rayado, al evitar la rápida coagulación sobre la incisión, por lo cual se puede mejorar la productividad del cultivo.

Para ello, se realiza la aplicación del producto Ethrel® o Ethepon®, cuyo principio activo es el ácido 2 cloro-etil fenólico o etefon, que induce la liberación de etileno en el sistema laticífero estimulando de esta manera

el árbol (Martínez, 2007)

El efecto fisiológico de la estimulación consiste en la modificación del pH y la permeabilidad celular de los vasos laticíferos, generando un retardo en su taponamiento al inhibir la acción coagulante de ciertos compuestos presentes en el látex. Otras de las ventajas de la estimulación son: reducción en el consumo de corteza por el menor número de rayados que se practican a cada árbol, prolongación de la vida útil del árbol, menor incidencia y severidad de enfermedades del panel, reducción de los gastos de control fitosanitario y un mejor manejo del panel de rayado.

La metodología de aplicación de la estimulación y el número de estimulaciones adecuadas dependen de cada árbol, del tipo de clon, la edad, el metabolismo y azúcares disponibles. La aplicación del estimulante sobre el panel del árbol debe hacerse de 2 a 3 días antes del rayado, para esta se recomienda usar un cepillo de dientes, además se requiere de una paleta para mantener una constante agitación de la mezcla estimulante (figura 66). Es recomendable calibrar la aplicación para que la cantidad de mezcla estimulante sea la correcta según la edad del árbol y evitar con ello la sobre dosificación o la sub dosificación. Se debe preparar únicamente la solución a aplicar en el mismo día y nunca hacerlo en recipientes mecánicos (corrosivo). La solución al 2,5% para estimular 500 árboles, se prepara diluyendo 52 cm<sup>3</sup> de Ethrel® en 948 cm<sup>3</sup> de agua y la solución al 5% con 104 cm<sup>3</sup> de Ethrel® en 896 cm<sup>3</sup> de agua.



Figura 66. Aplicación de Ethrel®<sup>41</sup>.

### **Frecuencia de estimulación para los clones más sembrados en la Altillanura**

Se recomienda comenzar la estimulación en el segundo año de sangría una vez haya pasado la época seca. En el caso de clones brasileños de las series IAN y FX, que son de alta estimulación se ha encontrado un buen aumento en la producción utilizando un sistema en  $\frac{1}{2}S$ , d/3 con seis estimulaciones al año con Ethrel® al 2,5%. Después del tercer año de sangría hasta el año 11, se pueden aplicar hasta ocho estimulaciones anuales. En el caso del clon RRIM 600 en un sistema de sangría  $\frac{1}{2}S$  d/3, para el segundo año se realizan tres estimulaciones, a partir del tercer año hasta el 11 se pueden aplicar seis estimulaciones anuales, después de este año se pueden realizar hasta 11 estimulaciones anuales (Martínez, 2007, Montoya *et al.*, 2004).

---

<sup>41</sup>Foto Cortesía Instituto de Biotecnología Universidad Nacional de Colombia

## **14. POSCOSECHA (BENEFICIADO DEL LÁTEX)**

### **14.1. Látex del *Hevea brasiliensis***

El látex es el citoplasma de las células laticíferas, se considera una suspensión coloidal de color blanco o crema que contiene las partículas de caucho (*cis*-1,4-poliisopreno) en un porcentaje entre el 25 y 45% del volumen total, y de un 90% del peso seco (Compagnon, 1998). Además de agua y caucho presenta otros componentes como proteínas, azúcares, malato, citrato y elementos como Mg, Ca, Cu y P entre otros (Jacob *et al.*, 1993). Presenta una densidad entre 0,973 y 0,979; resultante de los pesos específicos del suero (1,02) y las partículas de caucho en suspensión (0,91). Es de carácter neutro con un pH entre 7,0 y 7,2, pero cuando se expone al aire por tiempos de 12 a 24 horas, su pH baja hasta un valor de cinco presentándose la coagulación espontánea (Compagnon 1998).

#### **Contenido de caucho seco o DRC (*Dry rubber content*)**

El valor del látex depende directamente del DRC que corresponde al contenido en caucho seco después de su separación del látex. Es la fase dispersa del látex separada del suero por el método convencional de coagulación seguido de la separación, el lavado, prensado y secado del coagulo. La composición general del caucho seco se describe en la tabla 36. El DRC en el látex varía entre el 25 y 45% según el origen clonal, la edad de los cultivos, las condiciones climáticas, el ciclo vegetativo y las modalidades de la sangría en cuanto a intensidad, estimulación y tipo del corte (Compagnon, 1998).

Tabla 36. Composición general del caucho natural<sup>42</sup>.

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Hidrocarburo caucho	93-96
Impurezas	0,001-0,3
Cenizas	0,2-1,5
Agua	0,1-0,5
Proteínas	1-3
Material orgánico	2-3

La determinación del DRC es un procedimiento normalizado que requiere laboratorio y equipos especializados cuyos resultados demandan tiempo. Por ello, a través del cálculo del TSC (*Total solid content*) o contenido de sólidos totales, se relaciona el DRC mediante tablas de equivalencia. Las tablas de equivalencia empleadas en Costa de Marfil por el IRCA (*Institut de Recherches sur Le Caoutchouc*) muestran que las diferencias entre DRC y TSC varían entre 1,7 y 3,9. De manera práctica, los productores de caucho asumen que la diferencia es de 3 puntos o del 10% por debajo del valor del TSC. (Rincón 1985, Compagnon 1998). A continuación se describe la metodología establecida por (Montoya *et al.*, 2004c) para la estimación de contenido de sólidos totales.

### **Metodología para la estimación del TSC**

1. Pesar una caja petri con tapa, limpia y seca. (A).
2. Remover la tapa y adicionar 2,5 ml de la muestra, previamente adecuada, con la micropipeta y distribuir la muestra sobre el fondo de la caja de manera uniforme, agitando con la mano.
3. Pesar la caja de petri con muestra. (B)
4. Llevar la caja completa y con muestra al secador durante 2 h a una temperatura de 100°C.

<sup>42</sup> ASOHECA, Coordinación Área Técnica, 2009. Ficha técnica de sangría y recolección del caucho natural. Informe mensual de actividades, código: FPS-08. <http://www.asoheca.org/imagenes/Fichastecnicas/> (consultado: noviembre de 2012).

5. Retirar la caja del secador, llevar a desecar durante media hora y pesar. (C).
6. Repetir el secado hasta que el peso de la muestra no cambie en 1 mg o menos.
7. Estimar el contenido de sólidos totales a partir de la relación mostrada abajo.

Cálculos:

$$\% \text{ Sólidos Totales} = \frac{(C - A)}{(B - A)} \times 100$$

### **Beneficiado del látex**

El término “Beneficiado de Látex/Caucho” se refiere a todas las operaciones necesarias que permiten la transformación del látex extraído del árbol o de los diferentes productos de su coagulación obtenidos en plantación, con el propósito de obtener una materia prima utilizable por el transformador o manufacturero. El tipo de beneficio del látex extraído en campo depende del total de hectáreas en aprovechamiento y de los requerimientos de la industria principalmente. De manera general, se pueden obtener las siguientes presentaciones: en forma de lámina seca, lamina tipo crepe, lámina ahumada y caucho granulado técnicamente especificado, látex preservado, látex centrifugado y látex cremado.

## **14.2. Presentaciones de materia prima con caucho seco**

### **Lámina seca**

Este tipo de presentación es generalmente obtenido de plantaciones pequeñas donde se requiere poca infraestructura con relación a los

demás procesos de beneficio. Otra alternativa para el pequeño productor es la comercialización directa del coagulo (por coagulación espontánea), almacenada en un sitio con sombrero y posterior transporte a planta de beneficio en canastillas plásticas.

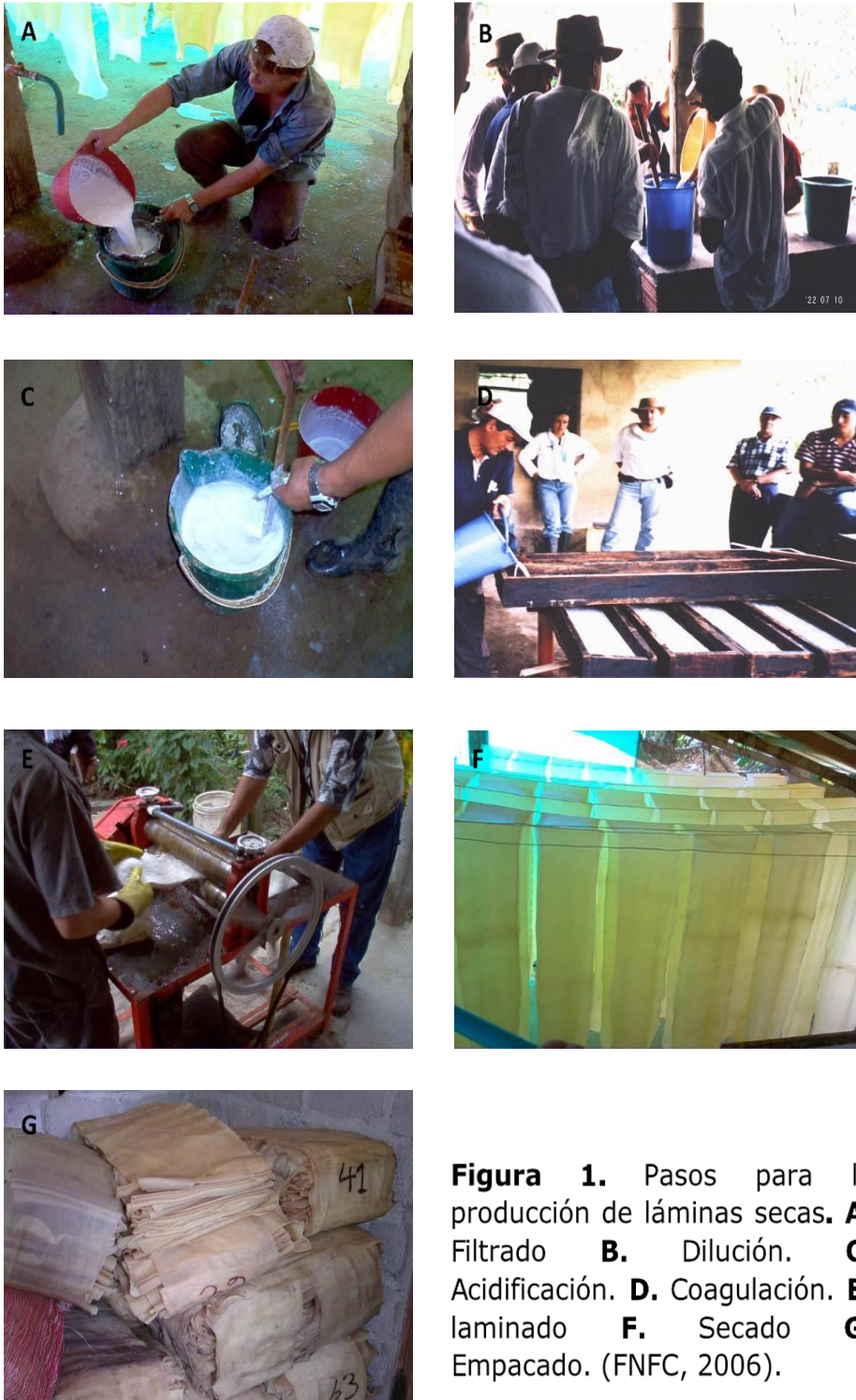
Proceso de beneficio de lámina seca (CCC, 2012; FNFC, 2006) (figura 67):

- **Recolección del látex.** Se recoge el látex después de 5 h de haber realizado el rayado en un recipiente con capacidad de cinco galones, siguiendo el mismo recorrido que en el proceso de sangría. Dos semanas después de una estimulación se pueden realizar dos recolecciones al día.
- **Filtrado.** Con el fin de retirar impurezas que puedan alterar la calidad del caucho en su terminado final, el látex se debe pasar por un filtro de plástico para separar los pre-coágulos, insectos, flores, hojas y trozos de corteza que hayan caído en las tazas.
- **Dilución.** Se realiza con el propósito de llevar el contenido de caucho a una concentración constante. Consiste en aplicar agua al látex en cantidades que varían según las condiciones climáticas de la región y el estado del árbol. En los meses soleados y lluviosos se diluye con un volumen de agua mezclando bien, con el fin de disminuir el porcentaje de sólidos de látex del 30 al 15% y facilitar la coagulación. En los meses más lluviosos se agrega medio volumen de agua y en la época seca, dos volúmenes de agua.
- **Acidificación.** Se realiza con el fin de reagrupar las partículas dispersas de látex, haciendo que su pH descienda de un estado básico a un estado más ácido. Para ello, se agrega 1 cm de ácido fórmico al 90% de concentración, por cada dos litros de la dilución (agua más látex) con la ayuda de una jeringa. Se requiere mezclar bien para

tener homogeneidad y de esta forma obtener un coagulo blando fácil de laminar.

- **Coagulación.** Se vierten 12 l de la dilución acidificada en una canoa o gavera de 1,50 m de longitud, 20 cm de ancho y 10 cm de altura y se deja en reposo por 24 h con el fin de que alcance la maduración.
- **Laminado.** Es el procedimiento mecánico que se realiza para obtener láminas de caucho con un espesor de 1,5 a 2 mm, y mínimo contenido de agua. Para ello, se requiere pasar de 7 a 8 veces entre los dos cilindros de la maquina laminadora el látex coagulado para obtener laminas con un 30% de humedad. Estas láminas una vez terminadas se deben lavar con agua para retirar al máximo el contenido de ácido. También se puede adaptar una flauta que vierta agua directamente a la lámina mientras se realiza el proceso de laminado. Una máquina laminadora está conformada por dos cilindros de 60 cm de longitud por 10 cm de diámetro los cuales se encuentran empotrados en dos soportes o cureñas, accionados por una polea a través de un juego de piñones.
- **Secado.** Una vez terminado el proceso de laminado, las láminas obtenidas son dispuestas para su secado a la sombra en guadas o en dos alambres gruesos separados de 10 a 12 cm, para permitir que el aire circule en medio de las láminas y de ésta forma obtener un secado uniforme y más rápido, evitando el crecimiento de hongos que disminuyen la calidad del producto. Este proceso dura aproximadamente 15 días obteniéndose láminas con una humedad aproximada del 5%.
- **Empacado.** Después de obtener las láminas bien secas éstas son seleccionadas según su calidad y empacadas en balas de 40 kg, donde deberán cubrirse con plástico de polietileno transparente, con el

propósito de proteger las láminas del agua, humedad, hongos y tierra durante el almacenamiento y transporte.



**Figura 1.** Pasos para la producción de láminas secas. **A.** Filtrado **B.** Dilución. **C.** Acidificación. **D.** Coagulación. **E.** laminado **F.** Secado **G.** Empacado. (FNFC, 2006).

## **Caucho ripio**

Los fondos de taza resultantes de la coagulación espontánea del látex que sigue escurriendo posterior a la recolección del látex, se recogen (ripeo) y empaican en sacos de fique o polipropileno el día anterior a la sangría del lote y se secan a la sombra en camillas con fondo de malla, con el fin de tener buena circulación del aire (CCC, 2012).

Antes del rayado se remueven las cintillas (descintado), se recolectan en bolsas plásticas y se llevan al secadero. Los fondos de taza y cintillas secas se empaican en costales para su comercialización. El ripio o cauchos secundarios corresponden del 15 al 25% de la producción de caucho seco (CCC, 2012).

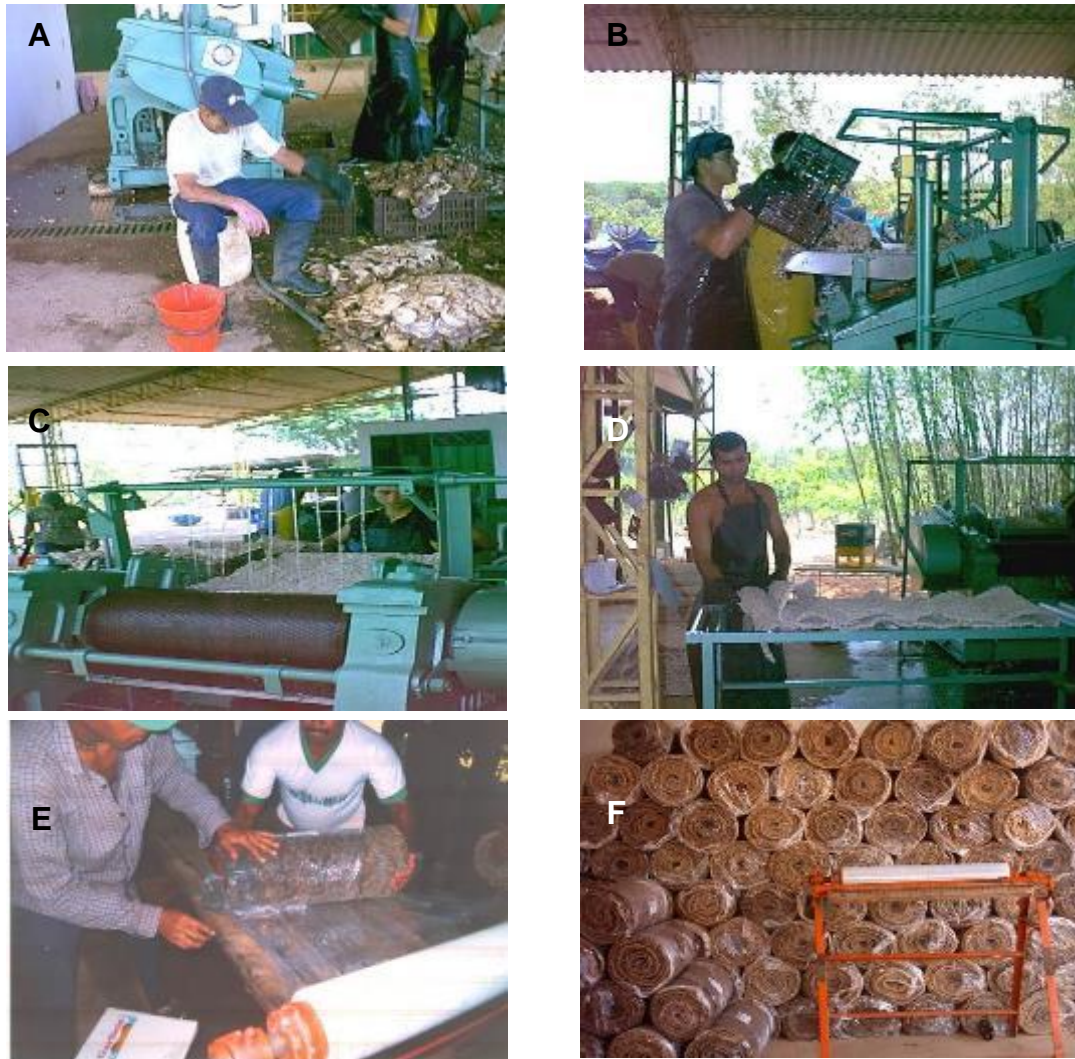
## **Láminas de caucho tipo crepe**

Son denominadas láminas tipo crepe por la textura final que presentan después de ser pasadas por una crepadora (laminadora provista de rodillos labrados que giran en sentido contrario y a diferente velocidad, accionada por un motor). Esta presentación se sugiere para núcleos productivos entre 200 y 400 ha e implica la construcción de una planta de beneficio de mediana capacidad. Pasos para la obtención de caucho tipo crepe (CCC, 2012; figura 68 y 69):

- **Recolección de coágulos en campo.** El trabajo con coágulos frescos requiere de la adición de ácido fórmico al 5% a la taza 3 h después de haber iniciado el rayado, luego son recolectados al día siguiente para su beneficio (presentan una textura blanda). Si se deja coagular el látex de manera espontánea dentro de las tazas, los coágulos se recolectan el día anterior a la próxima rayada. Estos se pueden acumular a la sombra en un sitio de acopio y posteriormente ser

transportados al beneficiadero en forma periódica. Estos coágulos son más duros a causa de la pérdida de humedad. La cintilla se recoge antes del rayado, se empaca en bolsas plásticas y se lleva al lugar de acopio.

- **Remojo de los coágulos.** Si los coágulos llevan varios días acumulados, tan pronto llegan a la planta se vierten en un tanque con agua con el propósito de hidratarlos y extraer residuos orgánicos, como insectos, flores, hojas, tierra y trozos de corteza.
- **Crepado.** Es el proceso que consiste en pasar los coágulos y la cintilla por dos o más maquinas crepadoras, bajo una lluvia de agua. Los coágulos son desgarrados y posteriormente mezclados hasta formar una lámina de 6 cm de espesor. Con el fin de tener láminas más delgadas cuyo secado es más rápido es posible incorporar en la línea de proceso una tercera crepadora.
- **Secado.** Las láminas tipo crepe son dispuestas verticalmente en soportes metálicos o de guadua, distanciadas unas de otras con el fin de permitir el paso del flujo de aire en los secadores artesanales.
- **Empacado.** Después de obtener las láminas secas éstas son seleccionadas según su calidad y empacadas en rollos cubiertos con plástico de polietileno transparente, con el propósito de proteger las láminas del agua, humedad, hongos y tierra durante el almacenamiento y transporte.



**Figura 67.** Pasos para la producción de caucho tipo crepe. **A.** Acopio, **B.** Primera crepadora, **C.** Segunda crepadora, **D.** Láminas tipo crepé obtenidas, **F.** Empacado y **G.** Almacenamiento (Montoya *et al.*, 2004b).

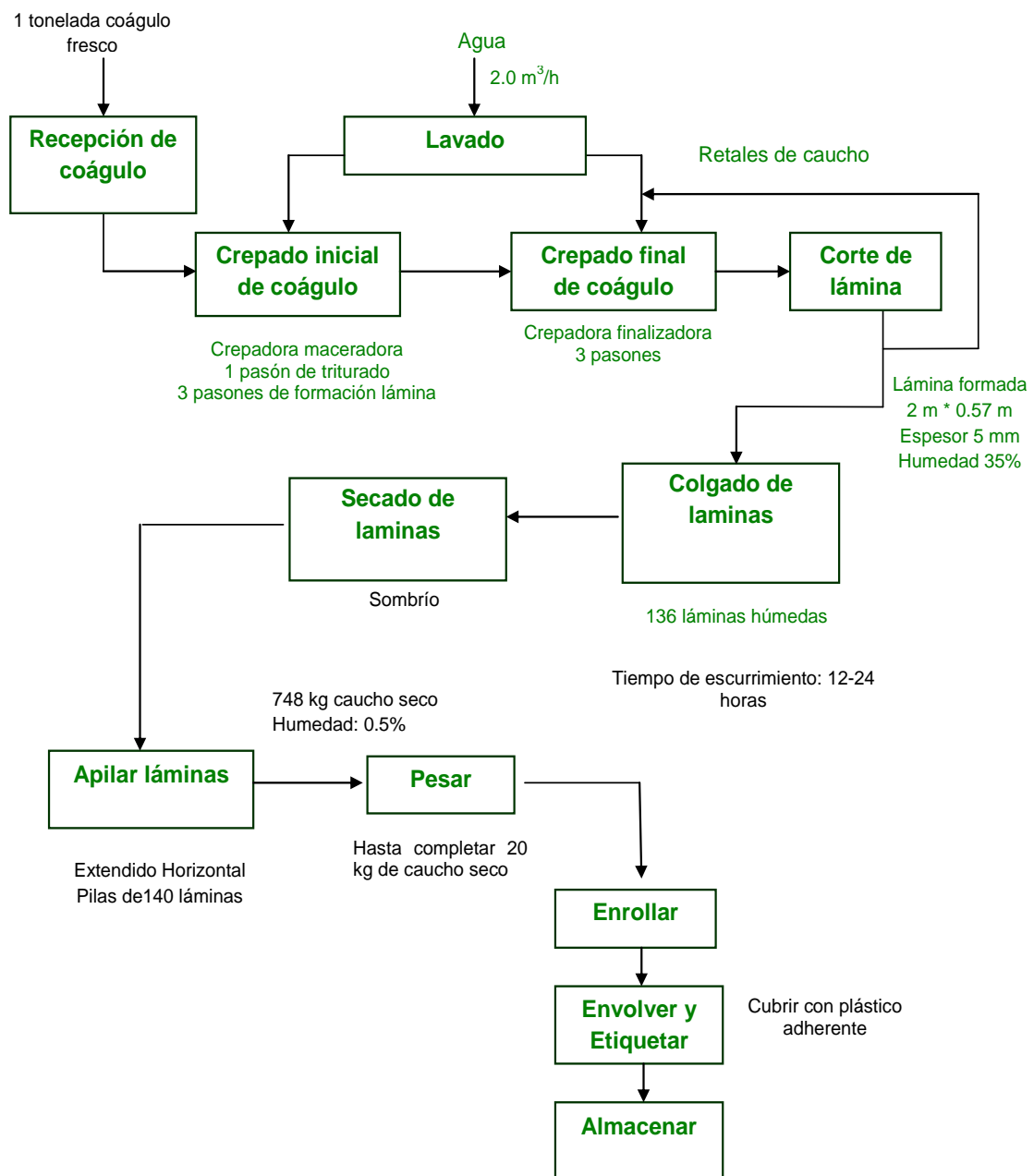


Figura 68. Esquema de proceso para la producción de láminas tipo crepe (adaptado de Montoya *et al.*, 2004b).

### Caucho granulado técnicamente especificado

Los cauchos granulados técnicamente especificados son obtenidos generalmente de núcleos heveícolas con áreas no inferiores 2.000 ha,

debido a la capacidad de las plantas de beneficio. Plantas de beneficio de mediana capacidad producen alrededor de 200 ton mensuales.

Pasos generales para la obtención de cauchos granulados (CCC, 2012) (figura 70):

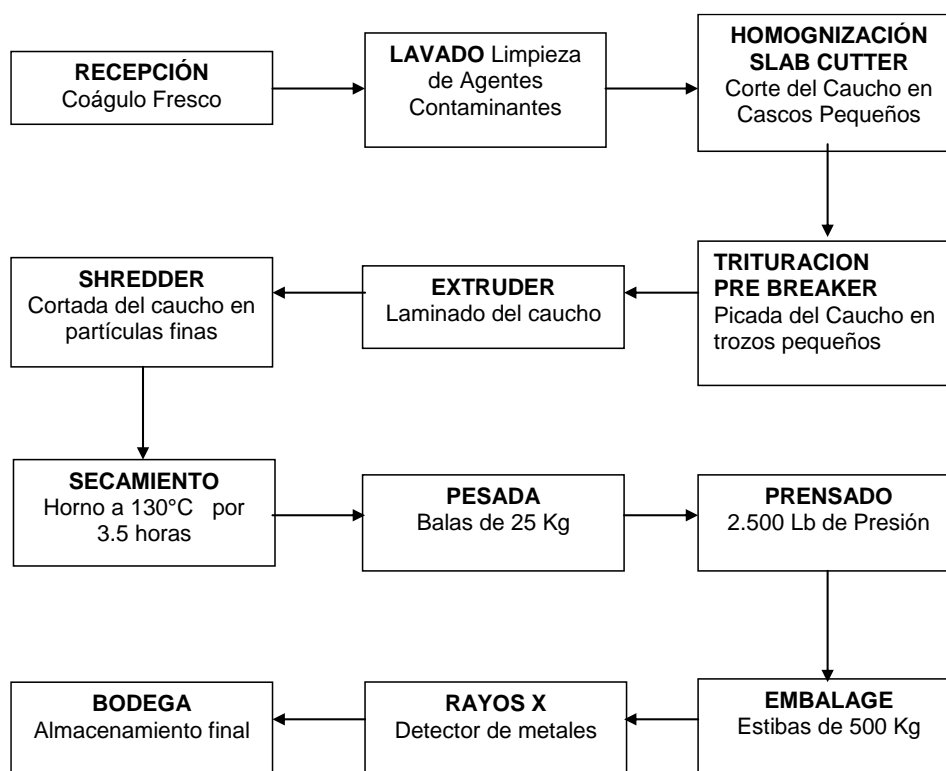


Figura 69. Esquema de proceso para la producción del caucho granulado TSR 20 (Castiblanco *et al.*, 2011).

- **Látex coagulado y/o coágulos de campo.** Se procede de la misma manera que para la obtención de láminas hasta llegar a coágulo. En planta de beneficio, se parte en trozos que se vuelcan en un molino de martillos o molino de cuchillos, en el cual se transforman en gránulos para llenar el carro de secado. Luego se transporta sobre rieles a un túnel de secado con variaciones de temperatura de 90 a 110°C, siendo un poco más baja al inicio del proceso.

- **Pesaje.** Se efectúa una vez a terminado el secado y enfriamiento de los gránulos en pacas de 33,3 kg.
- **Prensado.** El caucho debe prensarse a temperaturas por debajo de 60°C. Esta operación tiene como objetivo reducir el volumen y aglomerar los gránulos para dar una mejor presentación. Se realiza a través de una prensa hidráulica de 100 ton entre 30 y 60 s, se conforman balas de 68 x 34 x 17 cm.
- **Empacado.** Las balas se empaican en bolsas plásticas de 3 x 10 centésimos de mm de espesor de 95 x 35 x 18 cm.

Dentro de los cauchos granulados técnicamente especificados se encuentran, el TSR 5, 10 y 20 este último requerido principalmente para la industria llantera, la figura 70 muestra los pasos generales para la obtención de caucho TSR 20, la tabla 37 muestra las especificaciones de acuerdo a la norma ASTM (2007).

Tabla 37. Especificaciones técnicas para cauchos granulados (ASTM, 2007).

Propiedad	TSR 5	TSR 10	TSR 20
Impurezas (tamiz 45 $\mu$ m, %máximo)	0,050	0,10	0,20
Cenizas ,% máximo	0,60	0,75	1,00
Material volátil	0,60	0,60	0,60
Plasticidad inicial mínima	30	30	30
Índice de retención de plasticidad mínimo	60	50	40

### Lamina ahumada

Este tipo de materia prima no se obtiene en el país, sin embargo es importante describir su proceso de beneficio teniendo en cuenta que es una materia prima demandada por la industria llantera. De manera general el proceso en campo inicia con la recolección del látex en recipientes o pimpinas con una capacidad de 60 l. El látex en campo es

preservado a través de la adición en cada recipiente antes de la recolección de una mezcla a base de hidróxido de amonio. Dispuesta en planta, la materia prima es homogenizada en tanques para luego ser mezclada con agua hasta obtener un 16% de DRC. Una vez obtenida la concentración de DRC al 16% la mezcla látex-agua es coagulada a través de la adición de 120 l de ácido acético al 6% para un volumen de 800 l con reposo de 16 h. El látex coagulado es llevado a los tanques adecuados con serpentinas metálicas para formación de la lámina. Con el propósito de extraer el agua de la lámina formada, esta es pasada entre dos cilindros para la formación de láminas de 3 mm (Castiblanco *et al.*, 2011).

El proceso de obtención de las láminas es de aproximadamente 8 h y el tiempo de secado de 6 días. El tiempo de secado inicia con temperatura ambiente y aumenta de manera progresiva hasta 70°C, con un requerimiento de 3 m<sup>3</sup> de madera de eucalipto por tonelada procesada. Las láminas son colgadas en varillas de bambú o guadua, un vez secas estas son prensadas y embaladas en pacas de 25 kg (Castiblanco *et al.*, 2011).

### **14.3. Presentación de materia prima como látex**

#### **Látex centrifugado**

La realización de este tipo de beneficio se recomienda para volúmenes producto de áreas de plantación no inferiores a 100 ha, debido al valor de la inversión de la planta de beneficio. Pasos generales para la obtención de látex centrifugado (CCC, 2012):

- **Rayado.** Al realizar la sangría se debe adicionar en la taza 2 cm<sup>3</sup> de amoniaco diluido al 3% o 6 a 8 gotas de sulfito de sodio al 5%, con el fin de retrasar el proceso de coagulación del látex.
- **Recolección.** Una vez recolectado el látex se debe estabilizar subiendo su pH a 10,2. Se agrega 1 l de amoniaco por cada 40 l de látex, antes de verterlo a la centrifuga.
- **Filtrado.** El látex se pasa por un filtro de plástico para separar los pre-coágulos y retirar impurezas como, insectos, flores, hojas y trozos de corteza que hayan caído en las tazas.
- **Centrifugado.** Se realiza con una centrifuga, que separa la parte sólida del suero hasta una concentración mínima del 60%.
- **Empacado.** Se vierte el látex centrifugado en canecas plásticas de 200 l, se le adiciona 2 l de amoniaco como anticoagulante y 500 g de boráx como preservante, para evitar su descomposición por microorganismos.

### **Látex cremado**

Consiste en separar la parte sólida del látex que presenta una densidad de 0,906 frente a una densidad de 1,02 del suero, a través de la adición de químicos. Este sistema se adapta a plantaciones pequeñas (CCC, 2012).

- **Cremado.** Se adiciona al látex amoniaco al 1,75% en fase acuosa (17,5 cm<sup>3</sup> por litro de látex), adicionalmente alginato de amonio al 0,25% (2,5 cm<sup>3</sup> por litro de látex) y se deja en reposo 8 semanas para su maduración.
- **Empacado.** Una vez separadas las dos fases, se elimina el agua por decantación, se recoge el látex cremado al 60% como mínimo y se procede igual que con el látex centrifugado.

## **15. SUBPRODUCTOS**

El subproducto más importante del cultivo del caucho corresponde a su madera, la cual es clasificada dentro de las maderas duras livianas (Compagnon, 1998), presentando múltiples aplicaciones. El segundo subproducto es la semilla, sin embargo en los próximos años toda la semilla obtenida será utilizada para el establecimiento de nuevos cultivos en las diferentes regiones del país, principalmente en la Orinoquía.

### **15.1. Madera**

Actualmente la madera de los troncos de caucho (*Hevea brasiliensis*) se utiliza como materia prima para la elaboración de diferentes productos de distinta calidad, sustituyendo otras maderas procedentes de los bosques naturales (Sandoval *et al.*, 2004; Killmann y Hong, 2000). La madera se obtiene de las plantaciones agrícolas en proceso de renovación después de 25 o 30 años, al disminuir la producción de látex (Compagnon, 1998). Es una madera poco costosa y puede ser utilizada para la fabricación de muebles, revestimiento de suelos, tableros y construcción en interiores (Killmann y Hong, 2000).

Tailandia y Malasia son considerados países líderes en la industria de la madera. Se estima que alrededor del 80% de sus exportaciones de muebles y productos derivados de la madera corresponden a madera de caucho (Sandoval, 2004). En el caso de Malasia se ha estimado que solo el 5% del volumen de madera de los árboles de caucho sobre la base de una recuperación de madera aserrada del 25 al 45 por ciento, se han convertido en productos de madera, mientras que el resto ha

permanecido en las plantaciones o se ha quemado. En este país los pequeños productores de menos de 10 ha suministran madera de menor calidad, principalmente porque prestan menos atención a la ordenación de plantaciones y a la adopción de prácticas adecuadas de sangrado. Solo el 18% de las piezas de cauchos cosechadas en pequeñas plantaciones, se encontraron adecuadas para el aserradero (Killmann y Hong, 2000). Por lo tanto, la mayoría de madera utilizada industrialmente proviene de plantaciones grandes donde las trozas son de mayor calidad y el costo de la tala y el transporte es mucho menor (Killmann y Hong, 2000).

A partir de los años noventa, Malasia habiendo solucionado los problemas de aplicaciones de la madera y con el fin de asegurar un buen suministro de esta, inicio un programa de mejoramiento genético con el fin de obtener clones con doble propósito, alta producción de látex y madera de calidad para aplicaciones industriales (Killmann y Hong, 2000). Dentro de los clones desarrollados se encuentran los denominados de la serie 2.000 que presentan rendimientos de 2,5 ton/ha/año de látex y 600 m<sup>3</sup> de trozas de madera por ha. Su ciclo de producción de látex en óptimas condiciones de cultivo comienza a los cinco años y a los quince son cortados para la producción de madera (Sandoval *et al.*, 2004).

De acuerdo con los estudios realizados por Sandoval *et al.*, (2004), quienes a partir de la experiencia de Malasia y Tailandia plantean diferentes escenarios para el cultivo del caucho en Colombia, presentan como sistemas más rentables plantaciones doble propósito (látex y madera) en monocultivo o SAF con otros maderables y frutales, que sistemas de producción en monocultivo únicamente destinados a producción de látex. Adicionalmente estiman que de acuerdo con las

plantaciones existentes en Colombia y su edad se tendría una producción de madera de 6.631 m<sup>3</sup> por año y de 16.152 m<sup>3</sup> hasta el 2018.

### **Características**

La madera de caucho fresca aserrada se caracteriza por una fibra bastante recta, de color blanco a crema, a veces rosáceo que al secarse se torna amarillenta y el duramen o corazón no se distingue de la albura. Los poros son grandes y dispersos, radial y tangencialmente aparecen como líneas marrones. La madera de caucho reciente tiene un contenido inicial de humedad del 60 al 80% (tabla 38) y tiende a desarrollar defectos de secado como curvatura, alabeo, arqueado e interrupción de la actividad vegetativa, particularmente en el duramen del centro del tronco (Killmann y Hong, 2000). El secado al aire oscila entre los 40 y 80 días dependiendo de las dimensiones de las piezas, obteniendo una densidad que varía de 560 a 650 kg/m<sup>3</sup> de acuerdo a: los clones, la edad, la estación y el manejo de la plantación. El sistema de secado artificial más recomendable es el de vapor recalentado (Bobadilla *et al.*, 1999).

Tabla 38. Propiedades físicas y mecánicas.

<b>Propiedad</b>	<b>Madera de caucho (con un 15% de humedad)</b>
Densidad	460-650 kg/m <sup>3</sup>
Módulo de ruptura	66 N/mm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	9.240 N/mm <sup>2</sup>
Compresión paralela a la fibra	32 N/mm <sup>2</sup>
Compresión perpendicular a la fibra	5 N/mm <sup>2</sup>
Esfuerzo de corte	11 N/mm <sup>2</sup>
Dureza (Janka)	4.350 N

El rayado inadecuado como es el caso de atravesar el cambium, puede originar manchas de color negro en los anillos de crecimiento debido a los hongos y sedimentos introducidos, adicionalmente se propicia la

formación de callo, los cuales se consideran un defecto de la madera (Killmann y Hong, 2000).

Es una madera no duradera, atacada frecuentemente por hongos e insectos a causa de su contenido de azúcares libres (1 a 2,3%) y almidón (7,5 a 10,2%) (Killmann y Hong, 2000). En Asia se utilizan principalmente tres productos para su preservación: pentaclorofenoles (PCP), sales de arsénico-cobre-cromo (CCA) y soluciones de boro-ácido bórico (Compagnon, 1998).

Esta madera no genera desgaste en las herramientas debido a su baja dureza, presenta buen comportamiento al momento de clavar o atornillar, permite buenos acabados al momento de lijar y es fácil de teñir para dar la apariencia de cedro, cerezo o roble (Obregón, 2004; Bobadilla *et al.*, 1999).

### **Corte, aserrío y tratamiento de la madera del caucho**

Para la producción de madera del árbol del caucho destinada a aplicaciones industriales se requiere de cuatro pasos, los cuales son muy similares al procesamiento de otros maderables (Sandoval *et al.*, 2004). Sin embargo, existen algunos elementos específicos que se han perfeccionado con años de investigación realizada principalmente en Malasia, enfocada especialmente al secado y la preservación. Estos pasos corresponden a:

- **Corte de trozas.** Se hace una preselección de diferentes partes del árbol y se realiza el corte del fuste, además de las ramas utilizables industrialmente en porciones transportables (trozas). Estas se cortan con mayor eficiencia con motosierra a ras de suelo, no se recomienda

el corte de las trozas en bloques ya que el desperdicio de madera aumenta. Tampoco se requiere retirar la corteza del árbol porque puede ser usada en la producción de aglomerados. La tabla 39 resume los productos básicos obtenidos a partir de diferentes tamaños de trozas.

- **Transporte.** Las trozas se separan en campo y se transportan directamente a la industria, debe realizarse inmediatamente o con cinco días como periodo máximo entre el corte en campo, el aserrío y tratamiento en las industrias procesadoras. Si por alguna razón el transporte se demora más tiempo, se hace necesario rociar la madera con una mezcla de borax/ácido bórico (boron) con el fin de evitar el ataque principalmente de hongos.
- **Aserrío.** Las trozas de madera de caucho se asierran utilizando la misma maquinaria normalmente empleada para otras maderas, desde sierras sinfín hasta maquinaria más eficiente como la Woodmizer. La limitación del corte de la madera del caucho se debe principalmente a su deformación al secarla, cuando se cortan piezas de gran tamaño generando desperdicios, a diferencia de piezas más pequeñas con las que se pueden obtener productos sólidos y estables. Por esta razón los tableros de madera maciza son un producto tradicional en la industria de la madera del caucho, utilizada posteriormente para la producción de muebles.
- **Tratamiento y secado.** Una vez aserrada la madera debe ser tratada con sustancias químicas para evitar la biodegradación. Para una protección temporal las piezas pueden ser sumergidas en boron y para hacerla permanente se requiere de la impregnación del boron bajo presión, mediante el uso de cámaras de inmunización donde son cargadas las piezas. Una vez aplicado el boron las piezas se pasan a hornos de secado, en los cuales se aumenta progresivamente la

temperatura (desde 40,5 hasta 76,4 °C) y se disminuye la humedad (desde 85% a 30%). Piezas de 5 cm de espesor se secan entre 10 y 12 días. Las deformaciones como pandeo y combadura se reducen mediante el aserrío de piezas relativamente pequeñas y el uso de cargas de 250 kg/m<sup>2</sup> sobre la madera apilada para secado. La madera seca debe contener entre 8 y 12% de humedad. Las piezas secas se deben organizar en forma de cubos y cubrir con plástico u otro elemento que evite la rápida reabsorción de aire.

Tabla 39. Materia primas producidas a partir de las trozas de madera de caucho (Sandoval et al, 2004).

<b>Tipo de material</b>	<b>Diámetro (cm)</b>	<b>Producto básico producido</b>
Ramas y troncos pequeños	5 a 10 cm	Tableros de partículas
Troncos intermedios	10 a 15 cm	Tableros MDF ( <i>Medium Density Fiberboard</i> )
Troncos principales	15 a 30 cm	Madera aserrada y tableros de madera maciza tipo Finger joint
Troncos grandes	Superiores a 40 cm	Preferentemente para producir piezas especiales de madera aserrada para fabricación de muebles y contrachapados

### **Aplicaciones industriales**

La madera de caucho es utilizada principalmente para la producción de tableros de madera maciza y listones. La producción de tableros se realiza utilizando el proceso llamado *Finger jointing* que consiste en la unión y pegado de pequeñas tablas aserradas para formar listones que a su vez se pegan y conforman tableros de madera maciza (Sandoval et al., 2004).

Estos productos son la materia prima para la producción de muebles y molduras. Sin embargo, alrededor del 65% de la madera aserrada, especialmente las piezas más grandes no se laminan sino que se pulen y se utilizan directamente en la producción de muebles y la producción de otros artículos (Sandoval *et al.*, 2004).

De acuerdo con Salleh (1984), se encuentran alrededor de 61 productos diferentes de madera de caucho. Sus usos más importantes son: la fabricación de muebles y sus partes, tableros de madera (tableros de partículas, tableros pegados con cemento y yeso, y tableros de fibras de densidad media), pisos interiores, recubrimientos, escaleras, productos de uso en la cocina y artículos innovadores, así como en forma de madera aserrada para usos generales y como combustible (Killmann y Hong, 2000). Se usa muy poco para construcciones exteriores por su baja durabilidad con relación a otras maderas (Killmann y Hong, 2000).

## **15.2. Semilla**

Se ha determinado que la semilla producida por los cultivos comerciales de caucho natural es muy superior a la usada para el establecimiento de nuevas plantaciones (Compagnon, 1998). En países como Malasia se estima que una hectárea produce entre 800-1.200 kg de semilla por año (Eka *et al.*, 2010). Por lo cual se le han buscado aplicaciones a este subproducto. De acuerdo a los componentes de la semilla descritos en las tablas 40 y 41 se ha encontrado su potencial uso para comida de animales e incluso del hombre, adicionalmente como biocombustible (Eka *et al.*, 2010). Sin embargo, hay que tener en cuenta que la extracción de la semilla del cultivo implica un desbalance en el reciclaje de nutrientes,

por lo cual al dejarla se promueve el mantenimiento de las buenas condiciones del suelo.

Tabla 40. Composición general de la semilla del caucho natural (Eka et al., 2010).

<b>Componente</b>	<b>Valor</b>
Humedad	3,99 ± 0,01
Proteínas g/100g	17,41 ± 0,01
Grasas g/100g	68,53 ± 0,04
Cenizas g/100g	3,08 ± 0,01
Carbohidratos totales (diferencia)	6,99

Tabla 41. Parámetros químicos de la semilla del caucho natural (Eka et al., 2010).

<b>Componente</b>	<b>Valor</b>
Minerales	
Ca, mg/g	$(850 \pm 40) \times 10^{-3}$
Fe, mg/g	$(10 \pm 0) \times 10^{-3}$
Mg, mg/g	9,29 ± 0,15
Ácidos grasos libres	4,11 ± 0,08
Yodo	28,07 ± 1,23
Peróxido, mEq/kg	18,91 ± 0,71
Valor de saponificación, mg KOH/g de aceite	13,46 ± 6,51
Ácido cianhídrico mg/Kg	186,00 ± 4,62
Potencial combustible H <sub>u</sub> (kJ/kg)	585,41 ± 3,73

### **Semilla como alimento**

La harina y la torta de semilla por su contenido alto en proteínas, han sido utilizadas en porcentajes hasta del 40% en alimento para el ganado, ovejas y pollos, previo tratamiento térmico y de almacenamiento con el

fin de reducir el ácido cianhídrico presente en la semilla (tabla 41) (Eka *et al.*, 2010).

Para la detoxificación de la semilla se recomiendan diferentes alternativas como es el almacenamiento mínimo por cuatro meses, tratamiento térmico a 350°C por 15 min, el remojo en agua caliente o en una solución de cenizas al 2.5% (Eka *et al.*, 2010).

### **Semilla para producción de biodiesel**

El porcentaje de aceite extraído de la semilla de caucho natural corresponde aproximadamente al 68,53% (tabla 40), comparable con el porcentaje de aceite del fruto de la palma aceitera (45-50%), constituyéndose en una fuente promisoría de biodiesel. El estudio de composición de aceite ha permitido establecer que la semilla es rica en aceites insaturados comparable con la soya, adicionalmente se ha encontrado que el éster metílico es similar al presente en el Diesel (Eka *et al.*, 2010).

## **16. INDICADORES ECONOMICOS Y ANÁLISIS FINANCIERO**

Colombia según Castañeda (1997), cuenta con cerca de 900.000 ha aptas para el establecimiento de plantaciones de caucho natural. En Colombia se registraron al año 2014 52.600 hectáreas, distribuidas principalmente en 5 núcleos: Magdalena centro (Santander), Magdalena Medio (Caldas y Cundinamarca), Cordón cauchero-cacaotero (Antioquia y Córdoba), Amazonía (Putumayo, Caquetá y Guaviare) y Orinoquía (Meta y Vichada).

Para el año 2020 de acuerdo con información de organizaciones regionales se proyecta un área total de caucho natural en Colombia de 70.000 hectáreas con una productividad promedio de 1,5 ton/ha/año. Se había previsto que para el año 2015 se cubra la demanda interna (17.000 ton/año). Pero la producción en el 2014 fue igual a 4.600 (CCC, 2014). Por esto aún se importa el 70% del caucho que se consume proveniente principalmente de Guatemala y los países del sureste asiático, Se prevé que para el año 2017 sea cubierto el déficit nacional y se generen excedente exportables a los principales países consumidores como Estados Unidos, China e incluso Brasil, Canadá o Venezuela. Sobre los precios nacionales del caucho en las diferentes presentaciones que maneja el sector nacional se han registrado caídas desde el 2012, situación paralela a la tendencia de los precios internacionales.

En el mundo, según reporte de la International Rubber Study Group, para junio de 2014 existían 12.456.200 hectáreas de caucho natural, una producción al 2014 de 12.400.300 toneladas con una tasa de crecimiento de 2,5% respecto al año 2014 y un consumo de 11.397.300 toneladas

(IRSG, 2013). El principal país en área establecida es Indonesia con el 30% del área total mundial, seguido de Tailandia con el 23% y China que ya se posiciona como el tercer país con área establecida en el mundo. En total, los países asiáticos representan el 90% del área total mundial. Sin embargo, en producción, Tailandia supera en cerca de un 1.000.000 de toneladas a Indonesia y se posiciona como el primer país productor de caucho natural en el mundo. En América Latina, Brasil es el mayor productor de caucho natural con 178.500 toneladas, que representa el 1,3 de la producción mundial, seguido de Guatemala con 93.600 toneladas correspondiente al 0,8 de la producción mundial.

## **16.1. Rendimientos y costos**

El período de aprovechamiento inicia alrededor del sexto año. La productividad para el primer año de aprovechamiento se sitúa sobre 450 Kg de caucho seco/ha y es creciente hasta el año 10-11 cuando se estabiliza, y decae después del año 25 al 30, resultando más conveniente por costos la extracción de madera del árbol que de látex. La productividad depende del tipo de clon establecido; para el caso de clones americanos se tiene un promedio en plena producción de 1,5 Kg de caucho seco/ha/año. Para el caso de clones asiáticos, se reportan productividades promedio en plena producción de 1,8 a 2,0 kg de caucho seco/ha/año.

Para el año 2011 se reportaron 33.720 ha distribuidas en cinco regiones; Amazonia, Magdalena medio, Magdalena centro, el cordón cauchero cacaotero de Antioquia y Córdoba y Orinoquía, siendo ésta última donde se ha observado el mayor crecimiento de área establecida en los últimos

años (tabla 42). En la tabla 43 se relacionan los principales indicadores que registran el comportamiento del caucho natural en Colombia.

Tabla 42. Crecimiento del área (ha) de caucho natural en Colombia 2008-2012<sup>43</sup>.

Departamento	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Meta</b>	3.750	6.860	9.998	11.498	12.500
<b>Santander</b>	4.603	5.021	5.611	5.911	6.500
<b>Caquetá</b>	3.881	4.102	4.310	4.810	5.100
<b>Antioquia</b>	1.899	2.577	2.577	2.827	3.100
<b>Córdoba</b>	1.318	1.732	1.732	1.832	2000
<b>Caldas</b>	968	1.155	1.385	1.585	1.650
<b>Guaviare</b>	403	484	844	894	1.100
<b>Cundinamarca</b>	721	789	834	884	920
<b>Vichada</b>	250	318	347	1.500	2.500
<b>Otros</b>	1.209	1.933	2.280	1.979	2.630
<b>Total</b>	<b>18.462</b>	<b>24.971</b>	<b>29.918</b>	<b>33.720</b>	<b>38.000</b>

Tabla 43. Indicadores de área, producción y rendimiento del caucho natural en Colombia<sup>44</sup>.

Departamento	Área (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha/año)
<b>Antioquia</b>	2.827	270	1,4
<b>Caldas</b>	1.585	200	1,4
<b>Caquetá</b>	4.810	1.420	1,4
<b>Cauca</b>	125	11	1,4
<b>Córdoba</b>	1.832	0	0
<b>Cundinamarca</b>	884	50	1,4
<b>Guaviare</b>	894	50	1,4
<b>Meta</b>	11.498	820	1,7
<b>Putumayo</b>	436	25	1,4
<b>Santander</b>	5911	376	1,5
<b>Tolima</b>	179	50	1,4
<b>Vichada</b>	1.500	0	0
<b>Otros</b>	1239	100	1,4
<b>Total</b>	<b>33.720</b>	<b>3.372</b>	<b>1,4</b>

<sup>43</sup>OCP – Organización de Cadena Productiva. Caucho 2012.

El cultivo del caucho natural presenta rentabilidades cercanas al 20% en zonas de escape al hongo *M. ulei* y se constituye además, como actividad rentable y lícita en zonas donde se ejecutan proyectos de desarrollo alternativo (sustitución de cultivos ilícitos). Se constituye además como una especie protectora-productora de captura de Carbono. Este cultivo cuenta con incentivos como el Certificado de Incentivo Forestal-CIF, la Exención de Renta, el Incentivo de Asistencia Técnica - IAT (vía crédito) y el Incentivo a la Capitalización Rural ICR.

Cada 4 ha generan un empleo directo permanente y cada 3 ha generan al pequeño productor ingresos al menos de 3 salarios mínimos legales mensuales.

## 16.2. Costos de producción

### Costos directos

Hace referencia a los elementos que de forma directa se utilizan en el proceso de producción tales como material vegetal, enmiendas, fertilizantes y abonos, insecticidas, fungicidas, herbicidas, herramientas, equipos, mano de obra entre otros (tablas 44, 45, 46 y 47).

Tabla 44. Costos de producción para el año 1<sup>44</sup>.

Concepto	Año 1			
	Unidad	valor unitario Pesos	Cantidad	Valor total Pesos
<b>MANO DE OBRA</b>				
<b>Establecimiento</b>				
Preparación terreno Mecanizado una de cincel y dos de rastra	Ha	340.000	1	340.000
Preparación estacas	Jornal	30.000	1	30.000
Trazado y estacado	Jornal	30.000	2	60.000

Ahoyado	Jornal	30.000	2	60.000
Aplicación correctivos en el hoyo	Jornal	30.000	2	60.000
Transporte y distribución Interno	Jornal	30.000	2	60.000
Siembra caucho	Jornal	30.000	2	60.000
Resiembra	Jornal	30.000	1	30.000
Cercas y caminos	Jornal	30.000	2	60.000
Cercado 200 m para 1 ha	Und.	1.420.000	1	710.000
<b>Mantenimiento</b>				
Plateo	Jornal	30.000	4	120.000
Plateo Químico	Jornal	30.000	2	60.000
Control de Malezas mecánico	Jornal	30.000	1	30.000
Fertilización	Jornal	30.000	3	90.000
Deschupona y poda	Jornal	30.000	2	60.000
Control Fitosanitario	Jornal	30.000	2	60.000
<b>Subtotal</b>			<b>30</b>	<b>1.890.000</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>				
<b>Equipos</b>				
Palín	Und.	15.000	0	1.500
Azadón	Und.	15.000	0	1.500
Lima y Machete	Und.	20.000	0	2.000
Paladraga	Und.	35.000	0	3.500
Tijera podadora	Und.	45.000	0	4.500
Guadañadora	Glob	1.200.000	0	60.000
Fumigadora	Und.	235.000	0	11.750
<b>Subtotal</b>				<b>84.750</b>
<b>INSUMOS</b>				
Plántulas	Und.	4.500	510	2.295.000
Plántulas resiembra	Und.	4.500	51	229.500
Abono simple (Urea ) 50 kg	Bulto	70.000	2	140.000
DAP (Fosfato Diamonico) 50 kg	Bulto	86.500	2	173.000
KCl (Cloruro de Potasio) 50 kg	Bulto	86.000	1	86.000
Abono Compuesto (Abotek) 50 kg	Bulto	70.000	2	140.000
Materia Orgánico 50 kg	Bulto	50.000	2	100.000
Fertilizante liquido (Aminoquin)	Litro	23.000	1	23.000
Micorrizas bulto 50 kg	Bulto	45.000	1	45.000
Insecticida (Regent) 250cm <sup>3</sup>	Und	40.000	1	40.000
Insecticida ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	Litro	55.000	1	55.000
Waxal tapa negra (fertilizante)	Litro	26.500	1	26.500
Fungicida Amistar 40 gr y Mancozeb kg	Und	30.000	1	30.000

Herbicidas (Glifosato) Roundup	gl	50.000	1	50.000
Semilla de cobertura Desmodium	kg	55.000	1	55.000
Disponibilidad de P (Roca Fosfórica)	Bulto	16.000	40	640.000
Cal	Bulto	12.000	40	480.000
<b>Subtotal</b>				<b>4.608.000</b>
Transporte material vegetal	Und	300	510	153.000
Transporte de insumos	Ton	70.000	3	210.000
<b>Subtotal transporte</b>				<b>363.000</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>6.945.750</b>
<b>TOTAL /ha</b>				<b>6.945.750</b>

Tabla 45. Costos de producción para el año 2<sup>44</sup>.

Concepto	Año 2			
	Unidad	Cantidad	Valor unitario Pesos	Valor total Pesos
<b>MANO DE OBRA</b>				
<b>Mantenimiento</b>				
Consev. cercas y caminos	Jornal	1	30.000	30.000
Plateo	Jornal	8	30.000	240.000
Plateo Químico	Jornal	2	30.000	60.000
Control de Malezas mecánico	Jornal	1	30.000	30.000
Fertilización	Jornal	3	30.000	90.000
Deschupona y poda	Jornal	6	30.000	180.000
Control Fitosanitario	Jornal	4	30.000	120.000
<b>Subtotal</b>		<b>25</b>	<b>180.000</b>	<b>750.000</b>
<b>EQUIPO HERRAMIENTAS</b>				
<b>Equipos</b>				
Palinc	Und.	0,1	15.000	1.500
Azadón	Und.	0,1	15.000	1.500
Lima y Machete	Und.	0,1	20.000	2.000
Paladruga	Und.	0,1	35.000	3.500
Tijera podadora	Und.	0,1	45.000	4.500
Guadañadora	Und.	0,05	1.200.000	60.000
Fumigadora	Und.	0,05	235.000	11.750

<b>Subtotal</b>				<b>84.750</b>
<b>INSUMOS</b>				
Abono Compuesto (Abotek) 50 kg	Bulto	1	70.000	70.000
Fertilizante liquido (Aminoquin)	Litro	1	23.000	23.000
Insecticida (Regent) 250cm <sup>3</sup>	Und.	1	40.000	40.000
Insecticida ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	Litro	1	55.000	55.000
Fungicida Amistar 40 gr y Mancozeb kg	Und.	1	30.000	30.000
Herbicidas (Glifosato) Roundup	Gl	1	50.000	50.000
<b>Subtotal</b>				<b>268.000</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>1.102.750</b>

Tabla 46. Costos de producción para el año 3<sup>44</sup>.

Concepto	Año 3, año 4, año 5			
	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
<b>MANO DE OBRA</b>				
<b>MANTENIMIENTO</b>				
Consev. cercas y caminos	Jornal	1	30.000	30.000
Plateo	Jornal	8	30.000	240.000
Plateo Químico	Jornal	2	30.000	
Control de Malezas mecánico	Jornal	1	30.000	30.000
Fertilización	Jornal	3	30.000	90.000
Deschupona y poda	Jornal	6	30.000	180.000
Control Fitosanitario	Jornal	4	30.000	120.000
<b>Subtotal</b>		25		<b>690.000</b>
<b>EQUIPO HERRAMIENTAS</b>				
<b>Equipos</b>				
Palín	Und.	0,1	15.000	1.500
Azadón	Und.	0,1	15.000	1.500
Lima y Machete	Und.	0,1	20.000	2.000
Paladraga	Und.	0,1	35.000	3.500
Tijera podadora	Und.	0,1	45.000	4.500
Guadañadora	Und.	0,05	1.200.000	60.000
Fumigadora	Und.	0,05	235.000	11.750
<b>Subtotal</b>				<b>84.750</b>
<b>INSUMOS</b>				
Abono Compuesto (Abotek) 50 kg	Bulto	1	70.000	70.000

Fertilizante liquido (Aminoquin)	Litro	1	23.000	23.000
Insecticida (Regent) 250cm <sup>3</sup>	Und	1	40.000	40.000
Insecticida ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	Litro	1	55.000	55.000
Fungicida Amistar 40 gr y Mancozeb kg	Und	1	30.000	30.000
Herbicidas (Glifosato) Roundup	Gl	1	50.000	50.000
<b>Subtotal</b>				<b>268.000</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>1.042.750</b>

Tabla 47. Costos de producción para el año 6<sup>44</sup>.

Concepto	Año 6			
	Unidad	Cantidad	Valor unitario Pesos	Valor total Pesos
<b>MANO DE OBRA</b>				
<b>MANTENIMIENTO</b>				
Consev. cercas y caminos	Jornal	1	30.000	30.000
Plateo	Jornal	8	30.000	240.000
Plateo Químico	Jornal	2	30.000	
Control de Malezas mecánico	Jornal	1	30.000	30.000
Fertilización	Jornal	3	30.000	90.000
Deschupona y poda	Jornal	6	30.000	180.000
Control Fitosanitario	Jornal	4	30.000	120.000
<b>Subtotal</b>		25		<b>690.000</b>
<b>EQUIPO HERRAMIENTAS</b>				
<b>Equipos</b>				
Palín	Und.	0,1	15.000	1.500
Azadón	Und.	0,1	15.000	1.500
Lima y Machete	Und.	0,1	20.000	2.000
Paladraga	Und.	0,1	35.000	3.500
Tijera podadora	Und.	0,1	45.000	4.500
Guadañadora	Und.	0,05	1.200.000	60.000
Fumigadora	Und.	0,05	235.000	11.750
<b>Subtotal</b>				<b>84.750</b>
<b>INSUMOS</b>				
Abono Compuesto (Abotek) 50 kg	Bulto	1	70.000	70.000
Fertilizante liquido (Aminoquin)	Litro	1	23.000	23.000
Insecticida (Regent) 250cm <sup>3</sup>	Und.	1	40.000	40.000
Insecticida ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	Litro	1	55.000	55.000

Fungicida Amistar 40 gr y Mancozeb kg	Und.	1	30.000	30.000
Herbicidas (Glifosato) Roundup	Gl	1	50.000	50.000
<b>Subtotal</b>		<b>6</b>		<b>268.000</b>
Prep.Soportes collares canaletes	Und.	2	30.000	60.000
Trazado y apertura de paneles	Und.	5	30.000	150.000
Equipamiento árboles	Und.	2	30.000	60.000
<b>Subtotal</b>		<b>9</b>		<b>270.000</b>
<b>Insumos</b>				
Acido Coagulante	Und.	1	10.000	10.000
Metros, banderola, regla	Und.	0,5	16.000	8.000
Cuchilla de sangría	Und.	1	20.000	20.000
Soportes, canaletas, tazas	Und.	500	1.208	604.000
Piedras de afilar				20.000
<b>Subtotal</b>				<b>662.000</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>1.890.000</b>

### Costos indirectos

Son aquellos gastos que no pueden identificarse de manera directa en la unidad de materia prima (caucho natural) producido, tales como asistencia técnica, administración, servicios públicos, transporte entre otros (tabla 48).

Tabla 48. Costos indirectos de producción. STN Caucho 2012<sup>44</sup>

Concepto	Total (\$)	Ha/año
Costo de la tierra	80.000	1,51
Asistencia técnica	200.000	2,87
Estudio de suelos	100.000	1,44
Administración	280.000	4,03
Servicios públicos	100.000	1,44
Costo de oportunidad del capital	350.000	5,03
Transporte	350.000	5,03
Imprevistos	350.000	5,03
<b>Total</b>	<b>1.810.000</b>	<b>26,38</b>

<sup>44</sup> STN- Secretaría Técnica Nacional Caucho. 2012

El cálculo se realizó para una densidad de siembra de 510 árboles/ha en monocultivo. Valor del jornal; \$30.000.

### 16.3 indicadores financieros

La relación Beneficio-Costo (RBC) y el valor presente neto (VPN) se calcularon de acuerdo con la metodología establecida por Álvarez, (2001), teniendo en cuenta una TIR del 20% anual, tomando los costos iniciales (tablas 44 a la 48) y los ingresos estimados de la producción de caucho seco por una hectárea<sup>45</sup> en un ciclo total de 34 años (tabla 49).

La tabla 49 muestra los primeros años de la etapa improductiva, en donde no se reciben ingresos en el caso de un sistema en monocultivo. La producción se inicia entre el sexto y octavo año, con un punto de equilibrio entre el noveno y 10 año y alcanzando una producción estable hasta el año 30, en el cual producción decrece.

Tabla 49. Ingresos y costos estimados para una hectárea de caucho natural (caucho seco) durante 34 años.

<b>Año</b>	<b>Producción (kg)</b>	<b>Ingreso (\$)</b>	<b>Costo(\$)</b>	<b>Ganancia(\$)</b>
<b>0</b>	0	0	8.756.000	0
<b>1</b>	0	0	2.812.000	0
<b>2</b>	0	0	2.810.430	0
<b>3</b>	0	0	2.810.430	0
<b>4</b>	0	0	2.810.430	0
<b>5</b>	0	0	3.700.000	0
<b>6</b>	740	4.178.928	2.849.000	1.329.928
<b>7</b>	1300	7.341.360	5.005.000	2.336.360
<b>8</b>	1500	8.470.800	5.775.000	2.695.800
<b>9</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960

<sup>45</sup> ASOHECA, Coordinación Área Técnica, 2009. Ficha técnica trabajos preliminares al establecimiento de plantaciones-estudio de factibilidad de proyecto-estudio de pre-inversión. <http://www.asoheca.org/imagenes/Fichastecnicas/> (consultado: noviembre de 2012)

<b>10</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960
<b>11</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960
<b>12</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960
<b>13</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960
<b>14</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960
<b>15</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960
<b>16</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960
<b>17</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960
<b>18</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960
<b>19</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960
<b>20</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960
<b>21</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960
<b>22</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960
<b>23</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960
<b>24</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960
<b>25</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960
<b>26</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960
<b>27</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960
<b>28</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960
<b>29</b>	1800	10.164.960	6.930.000	3.234.960
<b>30</b>	1300	7.341.360	5.005.000	2.336.360
<b>31</b>	900	5.082.480	3.465.000	1.617.480
<b>32</b>	900	5.082.480	3.465.000	1.617.480
<b>33</b>	900	5.082.480	3.465.000	1.617.480
<b>34</b>	500	2.823.600	1.925.000	898.600

Tabla 50. Indicadores financieros estimados para una hectárea de caucho natural (caucho seco) durante 34 años.

<b>Valor Presente Ingresos (VPI)</b>	<b>56.067.371</b>
<b>Valor Presente Costos (VPC)</b>	34.412.563
<b>Relación Costo Beneficio</b>	1,6
<b>Valor Presente Neto (VPN)</b>	21.654.808
<b>Tasa Interna de Retorno (TIR)</b>	20%

El valor de 1,6 del RBC >1 muestra que los ingresos obtenidos están por encima de los costos y permite recomendar la inversión en este sistema productivo (tabla 50).

## **BIBLIOGRAFIA**

Aguilar, L. M. 2012. Evaluación de tres sistemas de sangría en dos clones de *Hevea brasiliensis* (Willd. Ex ADR. de Juss) Muell. Agr., en la empresa Mavalle S.A ubicada en la Altillanura colombiana. Universidad Unillanos, Villavicencio (Meta). Trabajo de grado.

Alarcón, J., Jiménez, A., Galindo, J., Álvarez, J. 2012. Manejo Integrado de plagas enfermedades en el cultivo del caucho (*Hevea brasiliensis*), Medidas para la temporada invernal. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-MADR, Instituto Colombiano Agropecuario-ICA, PROCAUCHO, 32p.

Álvarez, P. C. 2001. Evaluación económica de alternativas de inversión, con aplicación en el sector agropecuario. Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira. Primera edición, 113p.

Alves, R., F. Da Silva, E., De Sousa, M., K., Santos, M., Pereira, A., Pereira E., Vilela N. y Icumá I. 2003. Controle biológico do percevejo-de-renda da seringueira com o uso de micoinseticida formulado em óleo emulsionável / Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 22p.

Amezquita E. 2013. Propiedades físicas de los suelos de los Llanos Orientales y sus requerimientos de labranza. En Sistemas agropastoriles: Un enfoque integrado para el manejo sostenible de Oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia. Eds: Edgar Amézquita, Idupulapati M. Rao, Mariela Rivera, Irlanda I. Corrales y Jaime H. Bernal. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) de Colombia ; Corporación Colombiana de Investigación

Agropecuaria (Corpoica), 2013. 288 p. -- (Documento de Trabajo CIAT No. 223)

Angel, R. 2005. Uso Adecuado y eficaz de productos para la protección de cultivos. SENA-ANDI, 233p.

ASTM. 2007. Designation: D2227-96 Standard Specification for Natural Rubber (NR) Technical grades.

Aya, A. B., Jiménez, J. A., García I. A., González S. M., Aristizabal F. A. y Santacruz, O. E. 2009. Guía técnica para la producción, certificación y distribución de material de propagación de caucho natural (*Hevea sp.*). IBUN-MADR-ICA, 24p.

Bataglia, O.C. & Gonçalves, P. de S. 1996. Seringueira. In: Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo (van Raij, B., ed). Instituto Agrônomo, Fundação IAC, Campinas, Boletim Técnico No. 100, 243p.

Bellotti, A., Arias B., Reyes J. 1989. Manejo integrado de *Erinnyis ello* (L) (gusano cachón de la yuca). Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, 62p.

Bernardes, M. S. 1995. Sistemas de exploração precoce de seringueira cultivar RRIM 600 no Planalto Ocidental do Estado de São Paulo. Universidade de São Paulo-USP, Brasil. Teses de Doutorado.

Bobadilla, I. y García, F. 1999. La madera del caucho. AITIM, 13-15.

Bonadie, J. M., Monteiro, W. R., Castro, A., Martínez, A., Jaimes Y. S. y Rojas, J. 2012. Sistemas agroforestales en caucho el caso de Brasil y Colombia.

Corpoica-MADR-Procaucho S.A.-CEPLAC. Produmedios. Bucarmanga, Colombia, 93p.

Castañeda, A. 1997. Zonas aptas para el cultivo del caucho en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y La Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal-CONIF. Serie 39, Bogotá, Colombia, 66p.

Castellanos, O., Fonseca, S. y Barón, M. 2009. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de caucho natural y su industria en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Proyecto Transición de la Agricultura, Universidad Nacional de Colombia, Grupo de investigación y desarrollo en gestión, productividad y competitividad. BioGestión, Bogotá, Colombia, 208p.

Castiblanco, L. M., Rodríguez, C. R., Medina, R., Santacruz, O. E. y Suárez, D. F. 2011. Informe gira de técnicos colombianos en el proceso de aprovechamiento y beneficio de caucho natural en zonas de escape en plantaciones de San José de Rio Preto-Brasil. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-MADR.

Castro, O. 2011. Caracterización de los patosistemas foliares de importancia económica en caucho (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg) en la Altillanura estructural plana del Meta (Colombia). Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 74p.

CCC, Confederación Cauchera Colombiana. 2010. Manejo Integrado de Plagas – MIP de caucho natural. <http://www.confederacioncaucheracolombiana.com.co>

CCC, Confederación Cauchera Colombiana. 2012. Producción de caucho natural con estándares para la industria cauchera colombiana. Convenio No 00095 de 2012 SENA–SAC. Irepronet eu. Bogotá, Colombia, 48p.

Chacón, E. 2012. Obtención de la norma de diagnóstico y recomendación integral (DRIS) para el cultivo de caucho (*Hevea brasiliensis*) en la Altillanura Colombiana. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Chee, K. H. and Holliday, P. 1986. South american leaf bight of rubber. IRRDB. 13, MRRDB Monographs, 50p.

Chevallier, M. H. 1988. Genetic variability of *Hevea brasiliensis* germplasm using isozyme markers. J. Nat. Rubber Res, 3,42-53.

Cividanes, F., Fonseca, F. y Monteiro Dos Santos, T. 2004b. Distribuição de *Leptopharsa heveae* em seringal no Estado de São Paulo Pesq. agropec. bras., Brasília, 39(10),105-1056.

Cividanes, F.; Fonseca F. y Galli J. 2004a. Biología de *Leptopharsa heveae* Drake & Poor (Heteroptera: Tingidae) e a Relação de suas Exigências Térmicas com a Flutuação Populacional em Seringueira, Ecology, Behavior And Bionomics. Neotropical Entomology, 33(6),685-690.

Compagnon, P. 1998. El Caucho natural, biología-cultivo-producción. Consejo Mexicano del Hule y CIRAD-CMH. México, D.F., 695p.

Cornish, K. (2001). Similarities and differences in rubber biochemistry among plant species. *Phytochemistry*, 57,1123-1134.

Cristancho, X. y Silva, J. C. 2011. Manual ambiental para la producción de caucho natural. Convenio 0086 de 2011 SENA-SAC-CCC. Repronet eu, Bogotá, Colombia, 95p.

Cuellar, S., Rodríguez, A. y Hernando, C. 2011. Nuevos clones de caucho natural para la Amazonia colombiana: énfasis en la resistencia al mal suramericano de las hojas (*Microcyclus ulei*). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas–Sinchi. Bogotá, Colombia.

Da Silva, A., Taynah, A., Lima, J., Mourão K. y Teixeira R. 2011. Mandarová (*Erinnys ello*) da seringueira. Universidade Federal Rural da Amazônia. Instituto de Ciências Agrárias (ICA) Curso: Engenharia Florestal, 33p.

Damm, U., Cannon, P. F., Woudenberg, J. H. C., Johnston, P.R., Weir, B. S., Tan, Y. P., Shivas, R. G. and Crous, P. W. 2012. The *Colletotrichum boninense* species complex. *Studies Mycol. Holanda*. 73,1-36.

Delabarre, M. and Benigno, D. 1994. Rubber: A Pectoral Technical Guide for Smallholders. CIRAD–CP. 153p.

Domingues, F.A. 1994. Nutrição mineral e crescimento de seringais em início de exploração no Estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 59p

Eka, H. D., Tajul, A. and Wan, N. W. A. 2010. Potential use of Malaysian rubber (*Hevea brasiliensis*) seed as food, feed and biofuel. *International Food Research Journal*, 17,527-534.

Eraso, H. y Toro C. (2006). Manual técnico del cultivo de caucho (*Hevea brasiliensis*). Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria-PRONATTA, 43p. <http://hdl.handle.net/123456789/526>

Escobar, C. 2004. El cultivo del caucho (*Hevea brasiliensis* Muell.) con enfoque agroforestal, cartilla divulgativa, CORPOICA-PRONATTA, Florencia, Caquetá-Colombia, 34p.

Escobar, R., García, F., Rentería, N. y Neita, J. 2002. Manejo y Control de hormiga arriera (*Atta* spp y *Acromyrmex* spp) en sistemas de producción de Importancia económica en el departamento del Choco. Universidad Tecnológica del Choco, Programa nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, 21p.

FNFC, Fondo Nacional de Fomento Cauchero. 2006. Cartilla promocional del cultivo de caucho natural. MADR. Bogotá D.C., Colombia, 50p.

Fonseca, F. 2009. Plagas de caucho, monitoreo control e perspectiva futuro, En: Memorias Encuentro Internacional del Caucho. USAID, ACCION SOCIAL,

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Confederación Cauchera Colombiana, Bucaramanga.

Furtado, E. 2008. Doencas das Folhas e do caule da seringueira En: Alvarenga A. y Santana do Carmo C. Seringueira EPAMIG. Vicosa, Brasil, 893p.

García, D., Mattos, C. R. R., Goncalves, P. d. S. and Le Guen, V. 2004. Selection of rubber clones for resistance to south american leaf blight and latex yield in the germoplasm of the Michelin plantation of Bahia (Brazil). Journal Rubber Research, 7,188-198.

García, I. A.; González, S. M.; Montoya, C. D. and Aristizabal F. A. 2011. Identification in silico of SSR markers for genotyping Hevea sp. clone gardens in Colombia. Agronomía Colombiana, 29(3),359-366.

García, I., Aristizábal, F. y Montoya, D. 2006. Revisión sobre el hongo *Microcyclus ulei*, agente causal del Mal suramericano de las hojas del caucho. Revista Colombiana de Biotecnología, 8(2),50-59.

Garzón, F. 2000. Principales enfermedades y plagas en el cultivo de caucho *Hevea brasiliensis* (Wild. Ex. Adr. De Juss) Muel. Arg., con énfasis en la amazonia Colombiana. SINCHI-PLANTE. Produmedios, 63p.

Gobernación del Meta. 2008. Cadenas productivas del Meta: Acuerdos regionales de competitividad: carne bovina, cacao, chocolate, láctea, caucho natural. Villavicencio, Meta,143p.

Gobernación del Meta. 2012. "Juntos construyendo sueños y realidades" la honorable asamblea departamental del Meta. Plan de Desarrollo Económico y Social del departamento del Meta para el periodo 2012-2015. ORDENANZA No.776 de 2012

Gonçalves, P. de S., Bataglia, O. C., Ortolini, A. A. y Fonseca, F. de S. 2001. Manual de heveicultura para o estado de São Paulo. Serie Tecnológica APTA. Boletín técnico 189, Instituto Agronômico (IAC). Campinas, 76p.

Gonçalves, P. de S., Cardoso, M., Boaventura, M. A. M., Colombo, C. A. y Ortolini, A. A. 1991. Clones de Hévea: influência dos fatores ambientais na produção e recomendação para o plantio Boletim Técnico N 138. Instituto Agronômico Campinas, 32p.

Gonçalves, P. de S., Ortolini, A. A. y Cardoso, M. 1997. Melhoramiento genético da seringueira uma revisão. Instituto Agronômico (IAC), documento 54.Campinas, 55p.

Haag, H. P., Dechen, A. R., Sarruge, J. R., Guerrini, I. A., Weber, H., Tenório, Z. 1982. Nutrição mineral da seringueira. Marcha de absorção de nutrientes. Fundação Cargill, Campinas, SP, Brasil. 23p.

Hallé, F. and Martin R. 1968. Etude de la croissance rythmique chez l'hévéa (*Hevea brasiliensis* Mu"ll.-Arg. Euphorbiacées-Crotonidées). *Adansonia*. 2,475-503.

Hernández, A., Malagón, L. y Pinzón, P. 2010. Diversidad de termitas (Isoptera) en plantaciones de caucho natural (*Hevea brasiliensis*) en las

sabanas colombianas, En: Resúmenes XXXVII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología-Socolen Bogotá, 17p.

IGAC. 2004. Estudio general de suelos y zonificación de tierras: departamento de Meta. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Bogotá). Departamento Agrológico.; Colombia.

Jacob, C. 2006. Corynespora leaf disease of Hevea brasiliensis. Strategies for management. Rubber Research Institute of India. Kerala-India, 187p.

Jacob, J., Auzac J. and Prevot, J. 1993. The composition of natural latex from Hevea brasiliensis. Clinical Reviews en Allergy. 11,325-337.

Jaimes, Y. y Rojas, J. 2011. Enfermedades foliares del caucho (Hevea brasiliensis Muell. Arg.) establecido en un campo clonal ubicado en el Magdalena Medio Santandereano (Colombia) Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 12(1),65-76.

Jayasingue C. K. and THPS Fernando. (1998). Growth a diferernt temperatures and fungicides amended media two charateristics to distinguish Colletotrichum species pathogenic to rubber. Mycopathologia, 143:93-95.

Killmann, W. y Hong L.T. 2000. El caucho, el éxito de un subproducto agrícola. Unasyuva 201, 51,66-72.

León, G., Beltrán, J. y Campos, J. 2010. Enemigos naturales y manejo integrado del gusano cachón (Erinnyis ello) en el cultivo del caucho

(*Hevea brasiliensis*), Corpoica, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 24p.

León, G., Martínez, A., Molina, J. y Zuluaga, J. 2009. Manejo de termitas o comejenes en el cultivo del caucho. Corpoica, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 20p.

Lieberei R. 2007. South American Leaf Blight of the Rubber Tree (*Hevea* spp.): New Steps in Plant Domestication using Physiological Features and Molecular Markers Biocenter Klein Flottbek and Botanical Garden, University of Hamburg, Unit of Applied Ecology and Crop Science, Germany, *Annals of Botany* 100: 1125–1142, t [www.aob.oxfordjournals.org](http://www.aob.oxfordjournals.org).

Malagón, D. 1995. Suelos de Colombia origen, evolución, clasificación, distribución y uso, Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC. Subdirección de Agrología. XXI, 632p.

Martínez, A. 2007. Consideraciones técnicas para el establecimiento y manejo del cultivo del caucho (*Hevea brasiliensis*) en la Orinoquía colombiana, Corpoica, Villavicencio, 40p.

Martínez, A. y García, F. 2006. Investigaciones en el cultivo del caucho en la Orinoquía y norte amazónico. Boletín de Investigación N0. 4. Corpoica-Pronatta, 75p

Martínez, A. y García, F. 2008. Sistemas Agroforestales con caucho: Modelos para la Orinoquía colombiana, Corpoica–Programa Nacional de

Transferencia de Tecnología Agropecuaria, Centro de Investigaciones de La libertad.

Martínez, A., Zuluaga, J. J., Santos, C. E. 2006. Preguntas frecuentes sobre el caucho. Corpoica.

Montoya, D., Aristizabal, F. A., Chaves, B., Quesada, I., Sastoque, L., Díaz, M. y Santacruz, O. 2004b. Informe técnico final proyecto estandarización de los protocolos del prototipo de planta piloto para la producción de caucho tipo crepe. Convenio MADR-MAVALLE-IBUN.

Montoya, D., Aristizabal, F. A., Chaves, B., Quesada, I., Sastoque, L., Díaz, M. y Santacruz, O. 2004c. Informe técnico parcial proyecto ajuste y desarrollo tecnológico en los procesos de extracción y beneficio de caucho natural. Convenio MADR-MAVALLE-IBUN.

Montoya, D., Aristizabal, F. A., García, I. A., Quesada, I., Santacruz, O. E. y Rodríguez, S. M. 2008. Consideraciones técnicas sobre mal suramericano de las hojas del caucho. Convenio MADR-IBUN-SINCHI. Caquetá-Colombia, 32p.

Montoya, D., Aristizabal, F., Sastoque, L., Díaz, M., Quesada, M. y Santacruz, O. 2004a. Manual para la obtención de material vegetal, establecimiento del cultivo y toma de registros de producción de caucho natural *Hevea brasiliensis*. Convenio: IBUN-MADR-Mavalle S.A y SENA-IBUN. Bogotá, Colombia, 64p.

Navarro, D. 2010. Manejo Integrado de Plagas. Cooperative extension service University of Kentucky College of agriculture, Lexington, KY, 40546. ID-18, 20p.

Obregón, C. 2004. Hevea brasiliensis: Entre el caucho y la Madera una especie multipropósito. Revista el mueble y la madera, 47,13-19.

Ortolani, A. A. 1998. Fatores climáticos condicionantes da produção de látex da seringueira. I Ciclo de Palestras sobre a Heveicultura Paulista. Barretos-SP, 10 a 11 de Novembro.

Ortolani, A., Pedro Junior, M., Alfonsi, R., Camargo, M. y Brunini, O. 1983. Aptidão agroclimática para regionalização da Heveicultura no Brasil in Seminário sobre recomendações de clones de seringueira, 1. Brasília Anais EMBRAPA-DDT, 19-28.

Osorio N.W., sin fecha; Muestreo de Suelos. Universidad Nacional de Colombia, A. A. 3840 Medellín, Colombia.  
<http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/muestreo.pdf>

Pérez, R., Rincón, A., Cipagauta, M., Schmidt, A., Plaza, C. y Lascano, C. 2002. Maquenque (*Desmodium heterocarpon* (L.) DC. subsp. *ovalifolium* (Prain.) Ohashi CIAT 13651): Leguminosa para usos múltiples en sistemas agropecuarios en Colombia. Cali, Colombia, 27p.

Porto, G. y Milagres, J. 2008. Insetos e ácaros associados á cultura da seringueira. En: Alvarenga, A. y Santana do Carmo, C. Seringueira EPAMIG. Vicosa, Brasil, 893p.

Quesada, I., Aristizabal, F. A., Montoya, D. y Chaves, B. 2009. Evaluación de seis sistemas de sangría para cuatro clones de *Hevea brasiliensis* (willd. Ex adr. De juss) muell. Arg., en la Altillanura Colombiana. *Revista Colombia Forestal*, 2,37-49.

Reis, E. y Silva, R. 2008. Solos e nutrição da seringueira. En: Alvarenga, A. y Santana do Carmo, C . *Seringueira EPAMIG*. Vicosa, Brasil, 893p.

Rincón, O. 1985. Informe del Programa de capacitación sobre la agricultura del caucho en Costa de Marfil. IRCA / INCORA.

Rincón, O. 2012. Adopción de medidas para el manejo fitosanitario del cultivo del caucho natural, Convenio No. 00095 de 2012 SENA-SAC, 9-13.

Rincón, S. 2006. Recomendaciones sobre biodiversidad a la guía de manejo ambiental para el sector producción primaria del cultivo de caucho natural, Proyecto Andes, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, 14p.

Rippstein G., Amezquita M., Escobar G. y Grollier C. 2001. Condiciones naturales de la sabana. Em *Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los llanos orientales de Colombia*. Eds. Georges Rippstein, German Escobar y Francisco Motta, CIAT. Cali. Colombia. 302 pp.

Rivera, D. 2005. *La Orinoquía de Colombia*. Banco de Occidente. Cali, 190p. <http://www.imeditores.com/banocc/orinoquia/presentacion.htm>

Rivas, L., Hoyos, P., Amézquita, E., Molina, D. L. 2004. Manejo y uso de suelos de la Altillanura colombiana. Convenio CIAT-MADR. Informe. 43 p.

Rivera, P. 1994. Construya su equipo para aplicación racional de herbicidas y establezca coberturas nobles en su cafetal. Avances Técnicos 206. Centro de investigaciones de Café-CENICAFÉ. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 8p.

Rivera, P. 2000. El selector de arvenses modificado. Avances Técnicos 271. Centro de investigaciones de Café-CENICAFÉ. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 4p.  
<http://www.cenicafe.org/es/publications/avt0271.pdf>

Rojas, F. y Vásquez, L. 2011. Uso y manejo seguro de plaguicidas en el cultivo del cacao, Colecta Ltda. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Federación Nacional De Cacaoteros, Fondo Nacional del Cacao, 28p.

Rodríguez Y., Beltrán S. y Pichimata A. Sin Fecha. Guía para la toma de muestras de suelos. CORPOICA-FEDEGAN.  
[http://www.corpoica.org.co/SitioWeb//Servicios/Documentos/GUIA\\_PARA\\_LA\\_TOMA\\_DE\\_MUESTRAS\\_DE\\_SUELOS\\_CORPOICA-FEDEGAN.pdf](http://www.corpoica.org.co/SitioWeb//Servicios/Documentos/GUIA_PARA_LA_TOMA_DE_MUESTRAS_DE_SUELOS_CORPOICA-FEDEGAN.pdf).

SAA, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, Comissão Técnica de Seringueira. 1999. A Cultura da Seringueira para o Estado de São Paulo, Manual 72, CATI, Campinas, 90p.

Saavedra, J. E. 2012. Asistencia técnica en el manejo y sostenimiento de una plantación de caucho natural (*Hevea brasiliensis*) en etapa de

desarrollo improductivo en la empresa Vapinsas S.A.S. Trabajo de grado. Universidad de los Llanos, Facultad de ciencias agropecuarias y recursos naturales. Villavicencio, Meta.

Salleh, M. N. 1984. Hevea wood-timber of the future. *The Planter*, 60(702),370-381.

Sambugaro R., 2007. Estágios foliares, fenologia da seringueira (Hevea spp.) E Interação com *Microcyclus ulei* (mal das folhas). Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 94p.

Sandoval, D., Solarte, A. S., Castro, A. M., Gutiérrez, M. I., Arango, M. I., Torres, C. Sinisterra, J. A., Rojas, L. y Murgueitio, E. 2004. Posibilidades de utilización industrial de la madera de plantaciones de caucho en Colombia. Feriva S. A., Cali, 153p.

SENA. 2006. Estudio de caracterización ocupacional del sector del caucho natural en Colombia. Sena dirección general dirección sistema nacional de formación para el trabajo grupo de normalización. Mesa sectorial del caucho, 95p. <http://observatorio.sena.edu.co/mesas/01/CAUCHO.pdf>

Shorrocks, W. 1964. Mineral sciences in hevea and associated cover plants. Citado por: Reis, E. y Silva, R. 2008. Solos e nutrição da seringueira. En: Alvarenga, A., Santana do Carmo, C. Seringueira. Vicosa. 893 p.

Sterling, A. y Rodriguez, C. H. 2012. Ampliación de la base genética de caucho natural con proyección para la Amazonía Colombiana: fase de

evaluación en periodo improductivo a gran escala. Editorial scripto S.A.S., 147p. [www.sinchi.org.co](http://www.sinchi.org.co).

Taiz, L. 2010. *Plant physiology*. 5th (137), 782p

Tapiero A. L. 2012. Principales enfermedades limitantes en el cultivo de caucho natural. In Congreso Internacional Cauchero, un negocio de Colombia para el mundo. Presentación en Power point, medio digital slides 32–35.

Tapiero, A. L. 2011. Manejo biológico de enfermedades en cultivos perennes: SALB en Caucho (*Hevea* spp.) En: Hoyos, L. Enfermedades de plantas: control biológico, Editorial Ecoe, Universidad Nacional de Colombia, 651-654.

Toledo, J. y Schultze-Kraft, F. 1982. Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales. En: Manual para la evaluación agronómica. CIAT, Red Internacional de evaluación de pastos tropicales. 91-110.

Torres, C. A. 1999. Manual para el cultivo de caucho en la amazonia. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura–IICA.

USDA, ARS, National Genetic Resources Program. Germplasm Resources Information Network - (GRIN) [Online Database]. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. URL: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?18974> (31 March 2015)

Vergara, J. 2005. Biología, manejo y control de la hormiga arriera. Gobernación del Valle del Cauca, Cali, 20p.

Verheye, W. 2010. Growth and Production of Rubber. In: Verheye, W. (ed.), Land Use, Land Cover and Soil Sciences. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), UNESCO-EOLSS Publishers, Oxford, UK. <http://www.eolss.net>

Zuluaga, J. J. y Escobar, C. J. 2001. Efecto del manejo agroforestal en el desarrollo y producción del caucho (*Hevea brasiliensis* Muell.) en dos áreas del Piedemonte del Caquetá. Boletín divulgativo No. 2, Corpoica.

# APÉNDICES

## **APÉNDICE 1:** Consideraciones para el éxito en el proceso de injertación:

- Montoya *et al.* (2004a), sugieren que el jardín clonal como el vivero, deben estar sanos y con buena nutrición. También es de vital importancia la experiencia, capacitación y buen estado de salud del injertador.
- Debido a que se provoca una herida a la planta, deben conservarse buenas condiciones de limpieza de los materiales, al igual que no tocar el cambium con los dedos y ocasionar demasiadas fricciones entre los tejidos, ya que son muy frágiles.
- En lo posible se debe realizar la injertación en plantas vigorosas, cuya yema apical esté en plena actividad (Compagnon, 1998).
- El injerto prendido puede durar hasta dos años en el vivero, pero lo ideal es que se coloque en sitio definitivo tan pronto sea posible; dado que entre más se demore en vivero más demorara su brotación en campo (Montoya *et al.*, 2004a).
- Se considera que una jornada de injertación tuvo éxito, si más del 70% de los injertos fue satisfactorio (Eraso y Toro, 2006), debido a que el proceso depende de un gran número de parámetros, en especial el injertador, el clon y las condiciones ambientales (Compagnon, 1998).
- El número de injertos realizados por día por una persona es variable. Sin embargo se mantendrá un mínimo de 100 injertos por día en condiciones desfavorables y aproximadamente 300 injertos bajo condiciones ideales (Compagnon, 1998).

## **APÉNDICE 2:** Recomendaciones generales para el manejo de plagas y enfermedades.

El manejo de plagas y enfermedades por parte del productor debe enfocarse en la prevención tendiente al mínimo desarrollo de estas, en lugar de efectuar acciones curativas. Las plagas y enfermedades que atacan los cultivos generalmente son muy agresivas lo cual dificulta su control una vez generada la epidemia y en algunos casos es imposible su manejo (Navarro, 2010).

Se deben tener en cuenta algunas consideraciones generales (Rincón, 2012; León et al., Navarro; 2010) dentro de un plan de manejo en el cultivo que incluye

- Áreas de escape. Se debe seleccionar el área de cultivo en lugares donde el ambiente no es propicio para el desarrollo de una determinada enfermedad.
- Establecimiento adecuado. Establecer los stumps en sitio definitivo con adecuado desarrollo de la raíz sin cortes o heridas, con lo cual se evitará el ataque posterior de algunas plagas y enfermedades.
- Fertilización: Mantener el cultivo con fertilización adecuada, permite tener plantas vigorosas que resisten mejor los daños indirectos causados por las plagas y enfermedades. Sin embargo, no deben aplicarse cantidades de fertilizante mayores a las recomendadas, ya que puede resultar en un incremento de la plaga y su consecuente daño.
- Exclusión: Prevenir la introducción de patógenos por medio de la producción de material de siembra sano. Realizar el control de malezas que puedan ser hospederas alternas de algunos patógenos. Evitar el

movimiento de suelo contaminado a través de maquinaria agrícola, implementos, zapatos y ropa; y destruir cualquier material proveniente de campos infestados por patógenos. No realizar actividades tales como podas o sangrar entre otras, cuando las plantas están muy mojadas, para evitar diseminar especialmente enfermedades en el cultivo.

- **Erradicación:** Eliminar patógenos en el suelo y en partes de las plantas. Si es necesario remover y destruir árboles enfermos muy difíciles de recuperar.
- **Protección:** Las enfermedades pueden ser manejadas en germinadores, viveros y jardines clonales, por medio de la aplicación de pesticidas, principalmente fungicidas.
- **Resistencia:** El uso de variedades con algún nivel de resistencia a uno o más patógenos, es una de las herramientas más importantes y menos cara para el manejo de las enfermedades.
- **Diagnóstico oportuno:** Para el manejo adecuado de las plagas y enfermedades se requiere la identificación correcta del agente causal. La aplicación de un pesticida incorrecto o de otra práctica puede resultar en un control pobre del problema, resistencia del patógeno y generación de pérdidas en producción. Para el diagnóstico preciso y oportuno, se debe tener en cuenta lo siguiente:
  - Inspeccionar frecuentemente el cultivo, observando cambios en la apariencia de la planta e identificando el o los problemas específicos. Documentar cuando y donde está ocurriendo.
  - Prestar atención a los síntomas de las plantas afectadas; si la mayoría presentan el problema la causa generalmente es un patógeno, el cual inicia con unas pocas plantas o en un lugar reducido y luego se dispersa.

- Conocer los pesticidas que se han utilizado y donde fueron aplicados (trazabilidad), este tipo de información es importante para realizar un diagnóstico adecuado.
- Examinar cuidadosamente, toda la planta (incluir raíces y suelo) en busca de síntomas.
- Conocer sobre análisis de suelo efectuados, para verificar, tanto la deficiencia de elementos como si está presente algún tipo de toxicidad.
- Conocer los clones que han sido plantados.
- Llevar muestras y toda la información recolectada a los lugares u oficinas correspondientes, a fin de identificar apropiadamente el problema.
- Monitoreo de plagas: El monitoreo permanente evita la aparición de epidemias, busca determinar las poblaciones de plaga y si es o no necesario la aplicación de medidas de control. Existen varios métodos para realizar el monitoreo de las plagas, entre ellos está la inspección visual de plantas (cultivo y malezas), captura de insectos utilizando redes entomológicas o trampas y la determinación de daños.
- Registro del clima: Registros de lluvia y temperatura pueden ayudar a predecir la aparición de una plaga o enfermedad.

### **APENDICE 3:** Consideraciones para la aplicación de pesticidas.

Una de las estrategias de manejo de poblaciones plagas consiste en el uso de plaguicidas, sustancias o mezcla de sustancias destinadas a prevenir o manejar las especies no deseadas que interfieren en cualquier fase del desarrollo del sistema productivo (Rojas, 2011).

Los plaguicidas se pueden clasificar de acuerdo con el destino de su aplicación (herbicidas, fungicidas, insecticidas, etc.), la acción específica que causa, la formulación y el grado de toxicidad.

Antes de usar un plaguicida se debe considerar lo siguiente (Rojas, 2011; Angel, 2005):

- Usar productos que por su baja toxicidad y alta selectividad, ofrezcan los menores riesgos ambientales.
- Hacer rotación de los productos teniendo en cuenta su mecanismo de acción, con el objetivo de no generar resistencia por parte del patógeno y evitar la disminución de la eficiencia del tratamiento.
- Se debe leer detenidamente la etiqueta del producto comercial, ya que allí se condensa toda la información relevante para el uso del producto como el ingrediente activo, la categoría toxicológica, la fecha de vencimiento y los principales riesgos que se deben tener en cuenta para el mejor resultado de la aplicación, la protección que debe usarse y los primeros auxilios que pueden aplicarse en caso de intoxicación.
- Los ingredientes activos por lo general no se usan solos, y son acompañados de aditivos que permiten facilidad y eficacia en la aplicación, como la seguridad y el almacenamiento. La mezcla entre

ingrediente activo y aditivo se conoce como formulación y pueden ser sólidas o líquidas.

- Formulaciones líquidas: Concentrados emulsionables (EC), Formulaciones ULV (ultra bajo volumen), Concentrados solubles (SL), Suspensiones concentradas (SC), Microencapsulados.
- Formulaciones solidas: Polvos para espolvoreo (DP), Polvos mojables (WP), Polvos solubles (SP) Gránulos dispersables (WG): Cebos tóxicos (GB)
- Mecanismo de acción: describe el impacto de un producto sobre un proceso bioquímico que puede involucrar el sistema nervioso, hormonal, el balance hídrico y la producción de energía.
- Modo de acción: hace referencia a la manera como penetra un producto químico objetivo para ejercer control, por ejemplo, contacto, ingestión e inhalación.
- Residualidad: es la presencia de metabolitos biológicamente activos y biodegradables que ejercen un control significativo sobre nuevas poblaciones.
- Categorías toxicológicas:  
Categoría I: Extremadamente tóxico, color de la banda rojo  
Categoría II: Altamente tóxico, color de la banda amarillo  
Categoría III: Medianamente tóxico, color de la banda azul  
Categoría IV: Ligeramente tóxico, color de la banda verde

Para el proceso de preparación de la mezcla de plaguicidas se debe tener en cuenta (Rojas, 2011; Angel, 2005):

- Hacer la dosificación del producto según recomendaciones técnicas y especificaciones de la etiqueta.
- Usar dosificadores que estén claramente aforados y calibrados.

- Usar los elementos de protección personal adecuados, como lo recomienda la información de la etiqueta.
- Usar recipientes y contenedores en buen estado, para evitar derrames y filtraciones.
- Se debe utilizar agua de buena calidad para hacer la mezcla, que no tenga altos contenidos de Fe y Ca (aguas duras), ni tampoco con contenidos de materia orgánica en solución, dado que disminuye la acción del ingrediente activo.

La aplicación consiste en depositar una dosis determinada de un producto sobre el objetivo; que puede ser el suelo, malezas o sobre los causantes de problemas fitosanitarios. Para lograr la mayor eficiencia de una aplicación se debe considerar:

- Aplicar cuando las condiciones ambientales sean favorables, con buena luminosidad y poca brisa para evitar problemas de deriva.
- Momento oportuno: Se refiere al estado de desarrollo de la plaga en la cual es más susceptible a la acción del producto.
- Buena aplicación: Es la que cumple parámetros de cobertura, distribución uniforme de acuerdo al tamaño de la gota y la forma que se aplica de acuerdo a eficiencia del operario.