

uaim

Libros Técnicos: Serie Forestal



Programa Forestal
Colegio de Postgraduados

EL CULTIVO DEL HULE EN MÉXICO

Gustavo E. Rojo Martínez ◊ Rosa Martínez Ruiz ◊ Jesús Jasso Mata

DIRECTORIO DE LA UAIM

M. en C. José Concepción Castro Robles
Rector

Lic. Ismael Gámez Robles
Secretario General

Lic. Marco Antonio Flores Flores
Coordinador General Educativo

Lic. Carlos Ernesto Villa Panquián
Coordinador General Administrativo

Dr. Ernesto Guerra García
Coordinador de Investigación

Lic. Juan Antonio Delgado Morales
Coordinador Unidad Mochicahui

Lic. Rosario Rochín Napus
Coordinador Unidad Los Mochis

Lic. María de Lourdes Osuna Moreno
Abogada General

Ma. Lourdes Burgos Zazueta
Vinculación y Extensión Universitaria

Libros Técnicos: Serie Forestal

El cultivo del Hule en México

1ª edición, México, 2011.

**D.R. © Gustavo E. Rojo Martínez
Rosa Martínez Ruiz
Jesús Jasso Mata**

Diseño de portada: Gustavo E. Rojo Martínez.
Apoyo: Elvia N. Rodríguez Saucedo.

ISBN: 968-899-345-1

Impreso y hecho en México
Printed and made in Mexico

Publicado por:

Universidad Autónoma Indígena de México
Benito Juárez # 39, C. P. 81890
Tels. (698) 89 2 00 42 Ext. 120.
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. www.uaim.edu.mx

***Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo
Programa de Forestal***

Km. 36.5 Carr. Fed. México-Texcoco, Montecillo, Edo. de México
Tel.: 01 595 95 2 02 00 Ext. 1887. Tel. Directo 58 04 59 88 Ext. 1887
Fax.: 58 04 59 88 Ext. 1850.

Este libro no puede ser fotocopiado ni reproducido total o parcialmente por ningún otro medio o método sin la autorización por escrito de los editores.

Libros Técnicos: Serie Forestal

El cultivo del Hule en México

Gustavo E. Rojo Martínez

Rosa Martínez Ruiz

Jesús Jasso Mata



uaim



Cuerpo Académico Desarrollo Sustentable
Universidad Autónoma Indígena de México



Programa Forestal
Colegio de Postgraduados



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
PARTE I: ANTECEDENTES DEL CULTIVO DEL HULE	5
CAPÍTULO I: HISTORIA Y DESARROLLO DEL HULE NATURAL EN EL MUNDO	7
Orígenes históricos	7
Plantaciones comerciales de hule en el mundo	9
Introducción de plantaciones y consumo de hule natural	9
Madera de hule	21
Fase comercial	23
Las existencias de madera de hule	23
Utilización y extracción	24
Producción y consumo de madera	25
Mercados de explotación	27
EL HULE EN MÉXICO	27
Historia del hule en México	27
Superficie, productividad y nivel tecnológico	32
Demanda y oferta nacional del hule natural	37
El hule en cifras	37
Comportamiento de las importaciones	38
Análisis de la información en la industria hulera	40
Oferta nacional	44
Calidades y precios de mercado	48
Perspectivas del mercado del hule en México	50
Situación del beneficiado del hule en México	50
Oportunidades y problemas en la comercialización del hule en México	54
PARTE II. EL ÁRBOL DEL HULE	57
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA Y DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL DEL HULE	59
Generalidades	59
Clasificación taxonómica	62
El género y su subdivisión en especies	63
Descripción general del Hevea	65

Número de cromosomas en relación con la taxonomía	67
Anatomía y morfología de árbol	67
Raíz	67
Tallo	69
Madera	71
Aspectos generales	71
Sistema foliar	73
Biología floral	75
Transporte y longevidad del polen y sistema de apareamiento	76
La fecundación	77
Desarrollo del fruto y la semilla	77
La germinación	79
Aspectos anatómicos y citológicos del tejido laticífero	80
Función de la madera en la alimentación de los laticíferos	82
El látex: citoplasma laticífero	83
Los órganos del látex	83
Las partículas del látex	83
Los lutoides	84
Requerimientos ambientales	84
Principales causas de la baja productividad del hule	88
Relieve	88
Profundidad	88
Propagación y producción de plantas de hule	89
VIVERO	91
Viveros de piso	91
Selección del terreno	91
Preparación del terreno	92
Marcos de siembra y densidad	93
Riego	93
Selección de semillas	93
Traslado de semillas germinadas al vivero	94
Mantenimiento	94
Control de las enfermedades de hojas	94
Protección contra los daños causados por animales e insectos	95
Fertilización	95
Vivero de material desarrollado	95
Selección del terreno	96

Preparación de las bolsas	97
Dispositivo y densidad	97
PRODUCTIVIDAD EN PLANTACIONES	98
Introducción de la productividad en plantaciones	98
Produccion de plantas injertada	99
Jardín de multiplicación	101
Establecimiento y manejo de plantaciones en desarrollo	104
Preparación del terreno	104
Trazo y trabajos anti-erosión	104
Establecimiento de coberteras	104
Apertura de cepas (ahoyadura)	105
Casos de replantaciones	105
Plantación	107
Material de siembra aceptable	107
Previsión del replante	108
Transplante	108
Mantenimiento de plantaciones en desarrollo	108
Podas	109
El control de malezas	109
Control manual	110
Control químico	110
Control mecánico	111
Fertilización	111
Arrope	111
Control de plagas y enfermedades	112
Guardarayas	112
Labores de replante	112
Cuantificación de fallas	112
Reapertura de cepas y replante propiamente dicho	112
Plantaciones que inician la explotación	113
La estimulación del hule	117
Pica ascendente con estimulación	118
Plagas y enfermedades	120
Plagas	120
Enfermedades del hule	121
Mal Sudamericano	121
Mal suramericano de las hojas y el concepto de zonas de escape	122

Agente causal	122
Importancia económica	122
Distribución geográfica	123
Síntomas	124
Epidemiología	124
Áreas de escape	124
Control del mal suramericano	125
Control por medio de resistencia de plantas	125
Control por injerto de copa	125
Efecto depresivo	126
MEJORAMIENTO GENÉTICO	128
Historia del mejoramiento del Hevea	128
Recomendaciones actuales para los plantadores	135
Los portainjertos	137
Esquema de selección	138
Selección de padres	138
Cruzas	139
Práctica de la selección dentro de una población procedente de cruzas	139
Selección llamada en “vivero”	140
Selección en campo de clones a pequeña escala	140
Campos comparativos de clones a gran escala	142
NUEVAS PERSPECTIVAS DE MEJORAMIENTO	143
Búsqueda de líneas puras y creación de híbridos de primera generación	143
Mutaciones y poliploidía	144
Bosquejo del proceso de mejoramiento genético para hule enfocado a producción de látex-madera	145
Variabilidad del material inicial	145
Selección de árboles madre y clones primarios	149
Familias de plantas francas primarias y los clones secundarios que se derivan de ellas	149
Genotécnia de la resistencia a enfermedades	154
SISTEMAS AGROFORESTALES CON Hevea brasiliensis Müll.	
Arg. EN EL SURESTE MEXICANO	156
Modelo 1	159
Modelo 2	160
Modelo 3	163
Modelo 4	164

Modelo 5 y 6	165
EL SISTEMA DE ASISTENCIA TÉCNICA	166
Breve descripción de la situación actual	166
Propuesta del modelo de asistencia técnica	170
Transferencia de los servicios de asistencia técnica	171
Perfil del técnico extensionista	172
Áreas temáticas y tipos de servicios	173
Temas posibles para validación de tecnología	174
Temas posibles para el desarrollo de nuevos componentes tecnológicos y conocimientos	176
Desarrollo de los Recursos Humanos	177
Desarrollo de la Producción-Transformación-Comercialización	178
Propuesta de intervención en apoyo a la comercialización y fortalecimiento empresarial	180
Comercialización de hule y fortalecimiento empresarial para su procesamiento	182
Comercialización de otros productos agropecuarios	182
Fortalecimiento empresarial	183
PARTE III. CARACTERIZACIÓN DE LAS ZONAS ÓPTIMAS PARA EL CULTIVO DE HULE EN MÉXICO	185
Introducción	187
CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS	188
El relieve	188
Hidrología	188
El clima	189
RECURSOS BIOFÍSICOS	190
El suelos	190
La vegetación	192
Procesos productivos	194
Usos de la tierra	194
Los sistemas agrícolas	195
Los sistemas ganaderos	197
Los sistemas forestales	198
La tenencia de la tierra	199
SITUACIÓN AMBIENTAL	201
La biodiversidad	201

Estado de los recursos naturales	202
Aspectos sociodemográficos	203
Demografía y situación social	203
SITUACIÓN EDUCACIONAL	205
Área de estudio (población objetivo)	208
Sistemas actuales de producción en transformación del hule y asociados	210
Los sistemas de producción de hule	213
MATERIALES Y MÉTODOS	214
Fuentes de información	214
Información climatológica	214
Información edafológica	215
Información cartográfica	215
Determinación de zonas óptimas	217
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	218
Potencial agroecológico	224

PARTE IV: PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO DE PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES DE HULE EN MÉXICO	231
PRODUCCIÓN DE HULE NATURAL EN MÉXICO	233
INTRODUCCIÓN	233
Cadenas productivas primarias	233
Producto importado	234
Capacidad instalada	234
CONCLUSIONES	235
LA IMPORTANCIA DE LA MADERA DEL ÁRBOL DEL HULE <i>Hevea brasiliensis</i> Müll. Arg.	236
Introducción	236
Utilización y extracción	237
Producción y consumo de madera	238
Mercados de exportación	239
ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE LÁTEX EN PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES DE HULE (<i>Hevea brasiliensis</i> Müll. Arg.) EN EL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO	239
Introducción	239
MATERIALES Y MÉTODOS	240

Ubicación geográfica	240
Metodología	241
Selección de la muestra	242
Medición y apeo de los árboles tipo	242
Cálculo del volumen	242
Ajuste por análisis de regresión	242
Comparación estadística de los modelos	243
Cuantificación de biomasa	243
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	245
Primera parte: Producción de látex	245
Segunda Parte	247
Distribución de los árboles tipo por clase diamétrica	247
Coefficientes e índices obtenidos para ecuaciones de volumen	247
Determinación del factor de forma	248
Constantes e índices de ecuaciones de biomasa	250
Contenido de humedad	250
Distribución de cada componente en el árbol	251
Biomasa expresada en peso seco	251
Prueba de Chi cuadrado para determinar exactitud del relascopeo de Bitterlich	253
Predicción de secuestro de carbono	254
CONCLUSIONES	254
RECOMENDACIONES	255
MODELOS DE ÍNDICE DE SITIO PARA <i>Hevea brasiliensis</i> Müll. Arg. DEL CLON IAN-710 EN EL NORTE DE CHIAPAS	256
Generalidades sobre modelos de crecimiento	257
MATERIALES Y MÉTODOS	263
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	265
CONCLUSIONES	266
PREDICCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LÁTEX EN PLANTACIONES COMERCIALES DE HULE (<i>Hevea brasiliensis</i> Müll. Arg.) EN EL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO	267
Introducción	267
MATERIALES Y MÉTODOS	269
Descripción general del área de estudio	269
Variables evaluadas	269
Análisis estadístico	270

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	272
CONCLUSIONES	277
MODELOS DE CRECIMIENTO PARA <i>Hevea brasiliensis</i> Müll. Arg. del clon IAN-710 EN BUERGOS, TABASCO	279
MATERIALES Y MÉTODOS	279
RESULTADOS	280
CONCLUSIONES	281
BIOMASA AÉREA EN PLANTACIONES COMERCIALES DE HULE (<i>Hevea brasiliensis</i> Müll. Arg.) EN EL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO	281
MATERIALES Y MÉTODOS	283
Descripción general del área de estudio	283
Datos utilizados	283
Cuantificación de biomasa	284
Análisis de la información	284
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	285
Distribución de la biomasa aérea	285
Modelos para la predicción de biomasa aérea	289
CONCLUSIONES	294
MODELO DE CRECIMIENTO PARA <i>Hevea brasiliensis</i> Müll. Arg. DEL CLÓN PB-5/63 EN BUERGOS, TABASCO	295
Introducción	295
MATERIALES Y MÉTODOS	295
RESULTADOS	296
CONCLUSIONES	297
BIBLIOGRAFÍA	299

INTRODUCCIÓN

En México, el establecimiento de plantaciones forestales, se ha limitado principalmente a la protección de aéreas degradadas, y pocos son los ejemplos de poblaciones establecidas con fines comerciales. Sin embargo, debe señalarse que en la actualidad muchas industrias y organizaciones ligadas a la actividad forestal, están estableciendo o plantean establecer plantaciones para satisfacer parte de sus necesidades de materia prima, ante la inminente escasez y alejamiento de las fuentes productoras en algunas regiones del país.

Además de lo interior, debe señalarse la alta prioridad que el gobierno federal ha otorgado al PROÁRBOL, que puede constituirse en el motor para aprovechar el potencial de las regiones tropicales, para establecer plantaciones forestales comerciales.

Las zonas tropicales de México pueden considerarse como de gran potencial para el establecimiento y manejo de plantaciones potenciales comerciales, ya que considerando su posición geográfica, reciben grandes cantidades de energía solar, lo que junto con las condiciones favorables de suelo y clima que las caracterizan, permiten un crecimiento adecuado de las especies arbóreas, además de su cercanía relativa a los países consumidores presentan ventajas para la comercialización de lo que se produzca en ellas.

Dentro de las especies promisorias se encuentra el árbol del hule, que representa una de las mejores opciones para el Sureste de México, por su capacidad de reforestar productivamente las selvas que han sido perturbadas por el hombre, sobre todo en los años recientes, así como permitir el arraigo de los campesinos a su tierra, al brindarle ingresos y ocupación durante los más de 30 años de vida productiva del árbol.

Actualmente, México cuenta con las condiciones edáficas y climáticas óptimas para la exploración de este cultivo, pero sólo se aprovechan 21,000 hectáreas, de las cuales se explotan comercialmente 12,000 hectáreas aproximadamente, con una producción estimada de 10,000 toneladas de hule seco por año y con un rendimiento promedio de 833 kilogramos de hule seco por hectárea por año. El consumo nacional durante 1998 fue de 100,000 toneladas que representa un déficit de 90,000 toneladas (90%). Esto indica que sería necesario aprovechar

más este recurso, para evitar su importación, además se tiene el inconveniente de que tal importación se introduce con valor agregado. Por lo tanto, al incrementar el cultivo del hule, además de evitar la fuga de divisas, se generarían fuentes de trabajo y el mejoramiento del nivel de vida de la población dedicada a esta actividad.

El impulso a las plantaciones comerciales forma parte de la política forestal que ha implementado el gobierno federal, la cual contempla tres aspectos fundamentales: la protección a bosques y selvas naturales, la reforestación integral y la promoción del desarrollo forestal.

La promoción del desarrollo forestal, que se ha sintonizado con la política comercial y económica de México, comprende un proceso de desregularización, auspicia la asociación de campesinos y capital, facilita el establecimiento de proyectos forestales integrados y proporciona estímulos e instrumentos financieros para hacer viables los proyectos, con el propósito de fortalecer al sector forestal en el proceso de la apertura comercial del país a los mercados internacionales.

Ciertamente, al igual que otras ramas de la actividad económica nacional, algunos sectores del ámbito forestal atraviesan por procesos de ajuste. El fin del proteccionismo y apertura comercial demandan de productores, industriales y comerciantes, la modernización en sus plantas y la ejecución de esquemas ágiles e imaginativos de competencias. En este contexto, la nueva legislación forestal y la de fomento de inversión extranjera, facilitan y auspician el establecimiento de plantaciones comerciales forestales.

De acuerdo a estimaciones obtenidas para detectar áreas susceptibles al establecimiento de plantaciones comerciales forestales, que sin duda se ratificarán con el Inventario Nacional Periódico, México cuenta con aproximadamente 22 millones de hectáreas aptas para estos propósitos.

Dentro de estos 22 millones de hectáreas, en el sureste mexicano se tiene potencial para el cultivo del hule. Este cultivo es de importancia para México, porque su expansión permitiría abatir la salida de divisas por más de 100 millones de dólares anuales, ya que se importan 70 mil toneladas por año que representa el 90% de las necesidades del país. Además generaría fuentes de trabajo y el

mejoramiento del nivel de vida de la población dedicada a esta actividad. Es importante mencionar que el cultivo del hule se ha pretendido desarrollar desde hace más de 50 años, con la finalidad de ser autosuficiente en la producción de la materia prima.

La experiencia generada en otros países ha demostrado que, además de los beneficios económicos para la población que significa cultivar plantaciones de hule, estas plantaciones son un complemento eficaz para disminuir la deforestación de las selvas naturales –la cual viene ocurriendo en el sureste mexicano– y preservar la biodiversidad.

En la región del sureste de México se tiene el potencial agroclimático que permitiría ser autosuficiente e incluso llegar a exportar el látex a diferentes países, dentro de los que destacan Estados Unidos y Canadá, que consumen más de un millón de toneladas anuales.

Pero para contar con inversión de capitales nacionales y extranjeros e invertir en plantaciones comerciales forestales de hule, es necesario contestar a los dueños del capital las siguientes interrogantes ¿Qué potencial productivo se tiene de materia prima en las regiones productoras de hule?; ¿Qué cantidad de madera puede comercializar después de que se termina la etapa productiva de la planta (30 años aproximadamente)?; ¿En que se basa la recuperación de préstamos, aunque blandos, para hacer plantaciones forestales de hule?; ¿Cuándo se recupera las inversiones realizadas en plantaciones forestales comerciales de hule? y ¿Cómo puede los inversionistas obtener incentivos forestales para su recuperación de capital?.

El libro, tiene como finalidad responder a las interrogantes anteriores, y en base a la definición de un modelo matemático para la estimación de látex y madera, así como la captura de carbono, se contará con un elemento básico a considerar en la formulación y ejecución de los proyectos de inversión.



PARTE I

ANTECEDENTES DEL CULTIVO DEL HULE



Matías Romero (1837-1898)



CAPÍTULO I

Historia y desarrollo del hule natural en el mundo

Orígenes históricos

Algunas de las propiedades y usos de hule fueron descubiertos por los indios tropicales de Sudamérica mucho antes de las travesías de Colón. Desde hace muchos años, los españoles trataron de duplicar los productos resistentes al agua (calzado, revestimientos y cabos) de los indios, pero ellos fracasaron. El Hule llegó a ser meramente una curiosidad de museo en Europa durante los siguientes dos siglos (Serier y Dyk, 1989).

En 1731 el gobierno Francés envió al geógrafo matemático Charles Marie Condamine (1701-74) a Sudamérica a una expedición geográfica, y en el año de 1736 él envió a Francia varios rollos de látex crudo, junto con una descripción de los productos fabricados por los Indios del Valle del Amazona. El interés científico general en la sustancia y sus propiedades se revivió, y se buscaron las maneras para disolver el látex el cual endurece rápidamente después de ser extraído para poder trabajarse a distancia de su fuente natural. Muchos científicos trabajaron sobre el problema, y en 1770 el químico Británico Joseph Priestley descubrió que ese Hule puede usarse para borrar marcas de lápiz refregando, propiedad de la cual deriva el nombre de la sustancia. En 1791 se inicio la primera aplicación comercial del Hule cuando un fabricante Inglés, Samuel de Repiqueteo, patentó un método para impermeabilizar un paño al tratarlo con una solución de Hule en trementina. El químico e inventor Británico Charles Macintosh, en 1823, estableció una planta en Glasgow para la fabricación de paño impermeable y los vestidos impermeables que han sostenido su nombres (CIRAD, 2006).

El descubrimiento de hule no tuvo usos prácticos inmediatos, principalmente porque no se sabía evitar que el hule se volviera pegajoso con el calor y quebradizo con el frío (Compagnon, 1986).

Fue hasta el siglo XIX que se sentaron las bases para el uso del hule en miles de artículos. En 1836 Charles Goodyear por accidente, descubrió que calentando el hule con azufre quedaba estable sin ser afectado por los cambios de temperatura. Al proceso se le denominó vulcanización. En 1888 John B. Dunlop en Inglaterra

hizo la primera llanta neumática; fue para bicicleta. Su primer uso en automóvil fue en uno que participó en una carrera de París a Burdeos en Francia en 1895. Después Ford la uso en sus primeros automóviles (Baptista *et al.*, 1993).

Los árboles silvestres de Hule de las selvas sudamericanas continuaron siendo la fuente principal de Hule crudo para la mayoría del siglo XIX. En 1876 el Británico explorador Henry Wickham (1846-1928) llevó más de 70,000 semillas de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg., –y a pesar de un rígido embargo–, las contrabandearon fuera de Brasil. Las semillas se germinaron exitosamente en los invernaderos de los jardines botánicos Reales en Londres, y se usaron para establecer la primera de las plantaciones en Ceylán (ahora Sri Lanka) y en otras regiones tropicales del hemisferio oriental (CIRAD, 2000).

Las 1,920 plantas que pudieron lograrse se llevaron al año siguiente a Ceilán y Malasia. Después pasó a Singapur, Java, India y otros países asiáticos. En 1888 Henry Nicholas Ridley, director de los jardines botánicos de Singapur dio un gran impulso a las plantaciones de hule, iniciando sistemas de explotación, experimentos de densidades de plantación, procesos de secado, etc. [Barlow, (1978); Baptiste *et al.*, (1993)].

En 1899 se produjeron las primeras 4 toneladas de hule en plantaciones. Con gran visión Malasia creó en 1926 su Organización de Investigación y Desarrollo de la cual forman parte el Instituto de Investigaciones del Hule conocido mediante en la actualidad por sus siglas RRIM –Rubber Researc Institutue of Malasia, indiscutiblemente la máxima autoridad en la referente a la producción de hule natural (CIRAD, 1994).

Desde el inicio del siglo xx, la investigación mundial ha logrado el aumento de productividad mediante la selección y multiplicación por injerto de árboles de alto rendimiento, buena generación de corteza, resistencia a plagas y enfermedades, vientos, precocidad, etc. Así se ha pasado de árboles de pie franco capaces de producir 400 kilos de hule seco por hectárea a clones susceptibles de producir diez veces más como son los RRIM 901 y 905 (CIRAD, 2000).

Plantaciones comerciales de hule en el mundo

Introducción de plantaciones y consumo de hule natural

De acuerdo a la información recopilada por el *International Rubber Study Group* (IRSG, 2001), el 92% de plantaciones de hule se concentran en el sureste asiático, de los cuales Indonesia, Malasia y Tailandia representan el 36%, 17% y 20% respectivamente de la superficie mundial. El 80% de esas plantaciones son pequeñas parcelas. En América Latina el principal productor es Brasil con 180 000 ha, seguido de Guatemala con 37 500 ha. México es un productor marginal de hule natural dentro del mercado internacional, tiene sembradas aproximadamente un 0.2% de la superficie mundial y prácticamente toda la producción se ubica en pequeñas parcelas ejidales (Cuadro 1 y Figura 1).

La superficie total destinada a las plantaciones de hule se ha duplicado con creces desde 1950. Durante el decenio terminado en 1991, la superficie de las plantaciones aumentó según la tasa del 2.1% anual. Prácticamente todos los países productores de África y América Latina procuran ampliar la superficie de las producciones e incrementar la producción de hule natural (CCI, 1997).

La producción de hule natural es el resultado de explotaciones en empresas cuya importancia individual presentan una gama muy extensa; desde pequeñas plantaciones rurales de menos de 1 ha –el caso de México– o hasta explotaciones que pueden alcanzar 10,000 ha, incluso más en algunos casos (Cuadro 1 y Figura 2) (IRSG, 2001).

Las grandes empresas de plantación han jugado un papel determinante en el desarrollo de la producción de hule natural y han contribuido, por su tecnicismo, a ser del cultivo del hule un tipo de explotación de alta rentabilidad que puede ser benéfica para los plantadores de cualquier índole, y es una fuente de riqueza para los países productores siendo una fuente de divisas que resultan de la exportación de un producto de primera necesidad (Amín *et al.*, 1998).

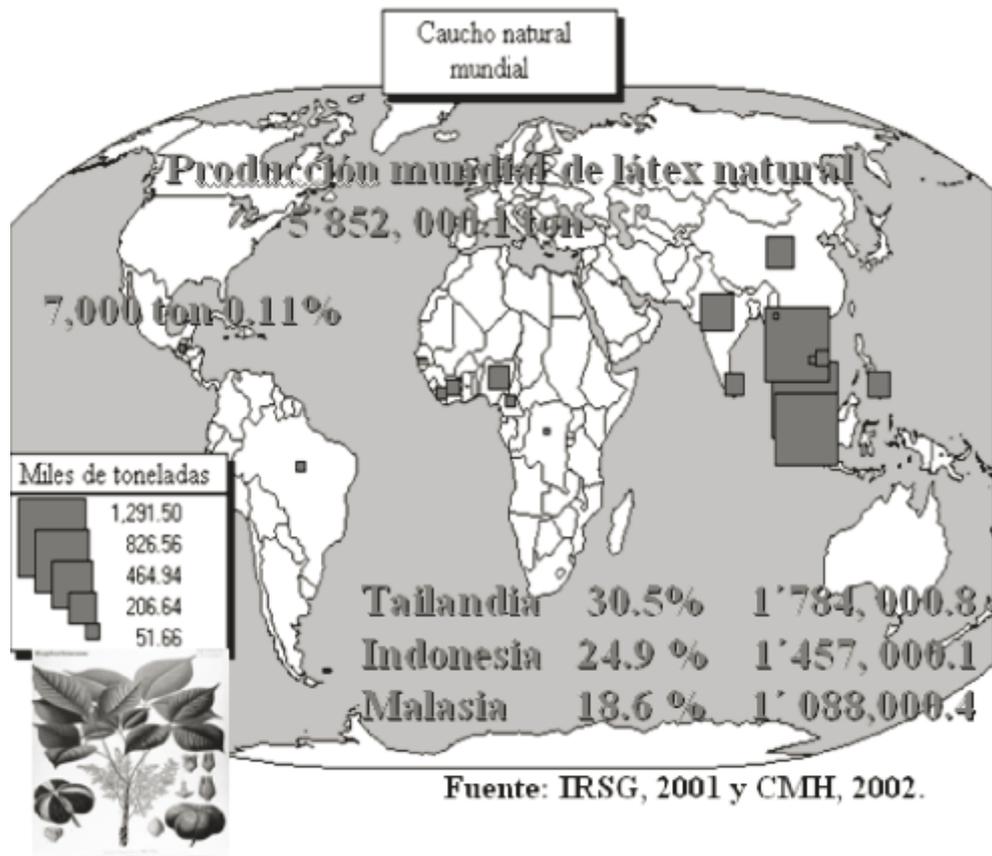


Figura 1. Producción de hule Mundial (I.R.S.G, 2001).

Cuadro 1. Superficies sembradas con hule (*Hevea basilienses* Muell. Arg.) en el mundo (I.R.S.G, 2001).

(en 000 ha.)								
		Año	Plantaciones	%	Plantaciones	%	Total	%
			Industriales		Pequeñas			
Asia								
	Indonesia	98	549.0	43.6	2,795.0	57.6	3,344.0	35.3
	Malasia	98	195.0	15.5	1,373.0	28.3	1,568.0	16.6
	Tailandia	98		0.0		0.0	1,972.0	20.8
	China	98		0.0		0.0	618.0	6.5
	India	98	69.3	5.5	483.7	10.0	553.0	5.8
	Sri Lanka	98	58.0	4.6	100.0	2.1	158.0	1.7
	Vietnam	97	240.0	19.1	35.0	0.7	275.0	2.9
	Filipinas	99	92.0	7.3		0.0	92.0	1.0
	Mianmar	95	46.0	3.7	58.8	1.2	104.8	1.1
	Camboya	90		0.0		0.0	52.3	0.6
	PapuaN.G	96	9.5	0.8	8.7	0.2	18.2	0.2
	Total		1,258.8	100.0	4,854.2	100.0	8,755.3	4.9
África								
	Nigeria	99	60.0	40.0	90.0	60.0	150.0	1.6
	Liberia	99	60.4	55.5	48.5	44.5	108.9	1.2
	Costa de Marfil	98	70.0	73.1	25.8	26.9	95.8	1.0
	Camerun	97	39.8	94.8	2.2	5.2	42.0	0.4
	Gabon	99	10.8	76.9	3.0	23.1	13.0	0.1
	Ghana	97	16.1	95.3	0.8	4.7	16.9	0.2
	Guinea	99	4.5	75.0	1.5	25.0	6.0	0.1
	R. Centrafrica Na	90		0.0		0.0	1.0	0.0
	Congo	99	25.0	71.4	10.0	28.6	35.0	0.5
	Total						468.6	4.9
América Latina								
	Brasil	98	80.0		100.0		180.0	1.9
	Guatemala	98					44.6	0.5
	México	99			21.0	100.0	21.0	0.2
	Total						245.6	2.6
	Total Mundial					9,469.5	9,469.5	100

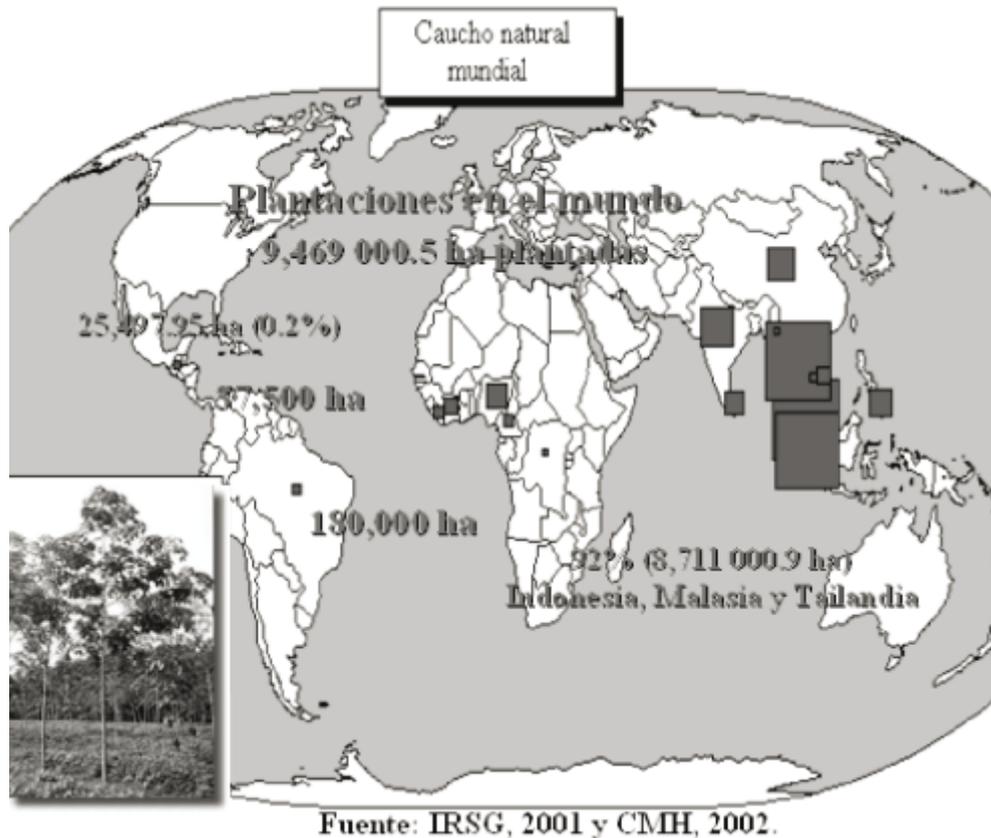


Figura 2. Plantaciones forestales del mundo.

Sin embargo, las superficies ocupadas por las pequeñas plantaciones representan actualmente en el mundo cerca de tres veces la superficie de las plantaciones industriales, y a pesar de las diferencias notorias de productividad por hectárea entre las más grandes y las pequeñas explotaciones, el sector de las pequeñas plantaciones interviene representando un poco más del 60% de producción mundial.

Las plantaciones industriales representan en el mundo aproximadamente el cuarto de las superficies plantadas que se reparten en explotaciones de importancia variable dependiendo del país. Los tipos de propiedades que, en su totalidad, han evolucionado notoriamente después de la última guerra, varían dependiendo

de los territorios, y al interior de los mismos (Figura 2), presentan aspectos diferentes según el orden de tamaño de la dimensión de las plantaciones (Nim *et al.*, 1998).

De una manera general, las plantaciones industriales que tienen menos de 200 ha aproximadamente (límite evidentemente muy aproximado) pertenecen a particulares o resultan de la asociación de un número limitado de asociados. A pesar de que tales plantaciones requieren una inversión importante (una plantación de 100 ha representa por lo bajo una inversión por hectárea de un monto equivalente aproximadamente a 60,000 Francos franceses a principios de los años 80), el carácter industrial de su funcionamiento es obligatoriamente modesto (Cuadro 1) (I.R.S.G, 2001).

Las grandes plantaciones disponen de una mayor proporción de material vegetal de mejor rendimiento. El establecimiento de importantes superficies de plantación, y para las más antiguas, de replantaciones, les permite escalonar los riesgos que presenta la prueba, a escala industrial, de las más recientes elecciones clónales probadas a escala experimental. Si estas plantaciones, son también las primeras en beneficiarse del material de más alto rendimiento, sufren los riesgos que presentan las selecciones, las cuales no revelan sino tardíamente una importante sensibilidad a la quiebra o a algunas enfermedades (I.R.S.G, 1994).

De manera muy general, las grandes explotaciones soportan gastos de producción (antes de tratamiento) que no tienen ninguna medida común con los de las pequeñas plantaciones. Estas empresas en las fases de creación, de mantenimiento y de explotación de los cultivos aceptan gastos elevados que permiten la obtención de mejores rendimientos que conducen en definitiva a una baja en el precio de costo por kilo de hule natural producido. A estos gastos se agregan las inversiones y los gastos de tipo social y de intereses general, que a menudo se hacen necesarios para el establecimiento de las grandes superficies de plantación en las regiones aisladas y aún no valorizadas (I.R.S.G., 1994).

La fisonomía general de las estructuras de las plantaciones industriales se presenta de manera diferente según los principios económicos y políticos que prevalece en diversos países productores. Damos aquí abajo una visión general para algunos países que son grandes productores.

La península malaya comprende más del 95% de los estados del Estado de Malasia y más del cuarto de la superficie sembrada de los que existen en el mundo. El cultivo del hule se presenta en su totalidad bajo un aspecto aún parecido al que tenía antes de la independencia en 1957. Todas las plantaciones pertenecen al sector privado. La superficie de plantaciones que cubrían 795,000 ha en 1950 ha disminuido notoriamente, sobre todo después de 1960, y no quedaban sino 479,015 ha en 1981 (Barlow, 1982).

Las plantaciones en menos de 202 ha pertenecen al 86% a Malayos. La proporción de los propietarios de nacionalidad Malaya disminuye con el aumento de las superficies de las plantaciones, es de 51% para las plantaciones de 405 a 809 ha y de 33% para las plantaciones de más de 2023 ha. Para la totalidad de las plantaciones según la nacionalidad de su propietario es la siguiente:

Superficies plantadas por nacionalidad de propietarios (ha x 1000) (Barlow, 1982).

Malayos	282
Británicos	220
Singapurenses	48
Americanos	11
Indues	7
Otros (entre ellos los Europeos continentales)	21
TOTAL	589

En Indonesia las plantaciones industriales cubren una superficie del mismo orden de tamaño que en Malasia; sin embargo, debido a la fuerte proporción de pequeñas plantaciones en este país, no representa sino el quinto aproximadamente de las superficies plantadas (CCI, 1997).

Como en Malasia, el cultivo de hule ha tenido su desarrollo en el sector industrial como en el sector de los pequeños plantadores, en la primera parte de este siglo, durante los tres decenios que precedieron la última guerra mundial. Las plantaciones industriales están repartidas en su gran mayoría en las islas de Java y Sumatra (CCI, 1993).

Después de la independencia, en los años 60, una proporción importante de plantaciones fueron nacionalizadas y organizadas en compañías del Estado llamadas PNP (*Perusahaan Negara Prekebunan*; Plantaciones Industriales del Estado). En cada PNP, un grupo de plantaciones que cubre a menudo más de 10,000 ha en total, es administrado por una dirección central. El conjunto de los PNP depende de una alta dirección a nivel gubernamental. En 1979, el cultivo de hevea industrial comprende 16 PNP que cubren en total 190,000 ha, y un grupo de sociedades que constituyen el sector privado que representa 250 000 ha. El sector privado está controlado para 180,000 ha por indonesios y para 72,000 por compañías extranjeras (CCI, 1993).

De manera general, las plantaciones indonesias tendían hacia el fin de su vida económica entre 1950 y 1960; sufrieron luego las dificultades internas del país durante los años posteriores a la independencia. Programas de replantación y de rehabilitación no pudieron comenzar a ser aplicados, o incluso considerados, sino a partir de 1965; los efectos no pudieron hacerse sentir, mediante un crecimiento de la producción por hectárea de las plantaciones industriales, sino en 1970 (Barlow, 1982).

La República Popular China ofrece un aspecto de la producción de hule natural totalmente diferente del presentado por los dos grandes países productores que acabamos de ver. El cultivo de hevea es muy reciente en este país, debido a que las primeras plantaciones industriales comenzaron a establecerse a partir de 1955-1956; las superficies plantadas son sin embargo importantes, 453,000 ha en 1982 (I.R.S.G, 1994) de las cuales el 50% aproximadamente no ha alcanzado todavía la edad de pica.

El cultivo del hule ha sido implantado en regiones que se pueden considerar como marginales debido a su latitud elevada (entre 18° y 22° N), y a ciertas condiciones climáticas que resultan de ello (temperaturas bajas y riesgo de heladas, sobre todo en periodo de invierno) y del riesgo de huracanes. La investigación y la aplicación de técnicas particulares son necesarias y los niveles de productividad pueden ser menores (Barlow, 1982).

Estas plantaciones dependen casi totalmente de los poderes públicos; son de carácter industrial y de dos tipos:

- Las plantaciones que pertenecen al Estado;
- Las plantaciones que pertenecen a las autoridades provinciales.

En los diversos países tropicales de África, el cultivo del hule en su totalidad más reciente que en Extremo Oriente. Con excepción de Nigeria, las plantaciones industriales son preponderantes y sobre pasan en su totalidad 200,000 ha (Barlow, 1982).

La iniciativa del desarrollo, en general fue tomada por las grandes compañías privadas. Las plantaciones de propietarios locales, alentadas por el ejemplo de las plantaciones extranjeras, hicieron su aparición después. Durante los dos últimos decenios, el aumento de las superficies de plantaciones industriales se ha debido sobre todo al interés marcado por los gobiernos de los países recientemente independizados, en cuanto a la producción de hule natural. Las sociedades mixtas, que resultan de una participación mayoritaria del gobierno y principalmente de sociedades del Estado recientemente creadas, han tomado a su cargo, desde hace unos quince años, el desarrollo del cultivo del hule, sobre todo en los países francófonos, creando así, con la ayuda de organismos financieros internacionales y Europeos, grandes grupos agroindustriales, cuya administración es confiada a las sociedades de desarrollo, que tienen la experiencia de la administración y de la conducción técnica de las plantaciones de hevea (Companion, 1996).

Indonesia en 1980, su sector campesino del cultivo del hule natural se aproximó a dos millones de hectáreas y representan aproximadamente el 80% de las superficies de hule. Este sector concierne a unos 8 millones de personas, miembros de aproximadamente 1.5 millones de familias que obtienen sus sustento del hevea. Esto nos indica la importancia económica y social del caucho en este país de cerca de 125 millones de habitantes (Companion, 1996).

El cultivo del Hule está repartido entre todas las grandes islas de Indonesia, pero las plantaciones campesinas se encuentran en su mayoría en Sumatra: (de un total del orden de 1, 868,000 ha, cerca de 75% se encuentran en Sumatra). Estas están repartidas muy desigualmente en esta gran isla cuya superficie es similar a la de Francia, pero relativamente poco poblada (15,739,000 habitantes), 1,156,000 ha se encuentran relativamente concentrados en el centro y el sur de la isla (CMH, 1998).

Tailandia ofrece un ejemplo muy espectacular de desarrollo espontáneo y gigantesco de un cultivo de hevea casi exclusivamente campesino. Esta se ha efectuado en contacto con las poblaciones vecinas de Malasia. En otras partes, las plantaciones creadas y explotadas sin asistencia técnica se encontraban, en su totalidad, envejecidas y su producción era mediocre tanto en cantidad como en calidad, cuando, hacia 1960, el gobierno pretendió la rehabilitación de este sector importante de su economía. En esta época, la extensión misma del hevea en el país era poco conocido (CMH, 1998).

Las disposiciones y la organización instaladas por los poderes públicos para la mejora de su cultivo de hevea constituye un modelo, tomando en cuenta la situación inicial y de las realizaciones que se han ido escalonado durante los dos últimos decenios (Brlow, 1986). En primer lugar, la asistencia técnica, tanto agronómica como tecnológica, se basó en el establecimiento de un centro de investigación creado con la asistencia del PNUD y de la FAO al sur de Tailandia, en una de las más importantes regiones de cultivo del hevea. Esta institución, el *Rubber Research Senter of Thailan* (RRCT), comenzó a funcionar hacia la mitad de los años 60 y se benefició rápidamente con la cooperación de los otros institutos en el seno del IRRDB.

La replantación ha sido organizada bajo los auspicios de un organismo de estado llamada *Office of the Ruber Replanting Aid Fund* (ORRAF). Se articula técnicamente con el RRCT. El ORRAF hace la evaluación de los suelos, provee el material vegetal (material injertado de alto rendimiento) y los productos necesarios para el cultivo, concede las subvenciones, efectúa controles de inspección, forma y aconseja a los productores (CMH, 1998).

Las replantaciones reportadas en las estadísticas oficiales comenzaron en 1961 a un ritmo moderado que aumentó considerablemente de 1968 a 1978 para alcanzar 45,000 a 50,000 ha/año, lo que corresponde sensiblemente a lo que es necesario para que se mantengan estable las superficies de cultivo del hevea (1006). A finales de 1982, la superficie total replantada desde 1961 alcanzaba cerca de 430,000 ha, todas las replantaciones eran realizadas en principio con un material muy productivo (Companion, 1986).

En lo que se refiere más particularmente al tratamiento, las estadísticas señalan en 1982 cerca de 80,000 t de hule natural vendido bajo especificaciones (o sea

14.5% de la producción total). Este hule proviene en su mayor parte de coágulos de lo campo tratados en grandes beneficios privados y es especificado bajo los cuidados de RRCT. Por regla general, la mayoría de los productores campesinos tratan artesanalmente su látex y venden hojas laminadas secadas a intermediarios; el tratamiento de las hojas se efectúa en el circuito de los intermediarios, que representa un negocio muy complejo del cual el productor no es beneficiario (Companion, 1986).

Sri Lanka limitado por la extensión de las regiones húmedas propicias para el hevea, pero de relieve accidentado, el cultivo del hevea se ha vuelto sin embargo tradicional en la población de este país, que figura entre los primeros productores. El sector de los pequeños productores representa más del 50% de las superficies del cultivo del hule. Las pequeñas plantaciones que tienen individualmente hasta 4 ha cubren cerca del tercio de la superficie total del cultivo del hevea según una estimación hecha en 1974 (Barlow, 1982). En este estudio presentado a la conferencia internacional del látex de 1975, se indica que en 1974, el 59% de la superficie de los pequeños productores habían sido replantado desde 1953, las replantaciones habiendo sido hechas principalmente con material de alto rendimiento.

Contrariamente a los otros países del sureste asiático, el desarrollo del cultivo del hule, tuvo lugar durante los treinta últimos años: la superficie de las pequeñas plantaciones pasó de alrededor de 26,000 ha en 1950 a 181,948 ha en 1980.

En los diversos países tropicales de África si dejamos de lado algunas plantaciones industriales en Zaire, en Liberia y en Camerún, ya antiguas, el desarrollo del cultivo del hule en África a tomado gran importancia durante la segunda guerra mundial bajo la presión de las necesidades de látex por parte de las potencias aliadas a las cuales se había cortado su suministro desde Extremo Oriente (Campanon, 1986).

El fenómeno es particularmente claro para Nigeria, donde las pequeñas plantaciones de hevea, prácticamente inexistentes en 1940, cubren aproximadamente 41,000 ha en 1946, y alcanza un poco más de 100,000 ha en 1959 (Companion, 1986). Este es también el caso de Liberia, tanto para los pequeños productores como para los industriales, la producción total pasó de 11,000 t en 1942 a 22,148 t en 1946, para culminar con 86,223 t en 1974. Liberia se transformó en el primer

productor de África (Companion, 1986).

La ausencia de datos oficiales recientes referentes a las pequeñas plantaciones en Nigeria y en Zaide no permite dar una idea de la evolución de este sector de producción en uno y otro país. Podemos notar sin embargo la creación, con la ayuda americana, de un instituto de investigación sobre el hule en Nigeria en 1972, afiliado, desde entonces al IRRDB. La aparición por primera vez en las estadísticas oficiales (I.R.S.G., 84) de un cierto tonelaje de látex especificado en Nigeria (18,034 t en 1982, o sea 36% aproximadamente de la producción) es la manifestación del esfuerzo por la valorización del látex en este país. Sin embargo, la baja en la producción observada por Nigeria como para Zaire durante los dos últimos decenios, es el indicador de las dificultades que encontramos para la explotación rentable de las plantaciones.

Liberia ofrece por su lado un ejemplo bastante típico de un desarrollo del cultivo campesino que se hizo al entrar en contacto y con la incitación de sociedades privadas. Sin desconocer el valor de una asistencia técnica benévola y de las facilidades ofrecidas por las sociedades privadas, y en particular, por la mayor ya más antiguas de ellas, la Sociedad Firestone, es indiscutible que el nivel técnico de los pequeños productores, incluyendo lo que se ha convenido en llamar localmente las “fincas liberianas”, es un promedio relativamente bajo. El envejecimiento de las plantaciones agrega sus efectos a la utilización de un material de potencial de producción mediano y a una ausencia de mantenimiento; se puede ver en esto la causa de la baja de la producción liberiana observada desde hace unos diez años. Desde hace algunos años, el *Liberia Rubber Development Unit* (LRDU) credo por el gobierno con la ayuda exterior, emprendió la replantación de las pequeñas explotaciones (I.R.S.G., 1984).

Entre los países de África, citaremos finalmente el caso muy particular de la República de Costa de Marfil. Este país no figura entre los productores de hule sino hasta hace unos veinte años. El gobierno de Costa de Marfil escogió fomentar el desarrollo del cultivo del hevea campesino hasta después de la consolidación del arranque de las plantaciones industriales, cuya creación había comenzado entre los años 50. Un proyecto piloto de 100 ha se realizó primero con el control técnico del IRCA, en las cercanías de una plantación industrial gubernamental. Esta plantación estaba también en las cercanías del centro experimental del IRCA. Este proyecto que incluía pequeñas plantaciones de 3.3

ha en promedio comenzó en 1968. Las plantaciones comenzaron su plantación luego de 8 a 10 años, la transformación y la comercialización de la producción estaban garantizadas por la fábrica gubernamental. Creada con un sistema de marco técnico y una organización de crédito apropiado, el proyecto fue una prueba de una actividad rentable para los campesinos (Gener, 1981). Con todos los proyectos previstos en el plano director de Costa de Marfil, las plantaciones campesinas son de aproximadamente 17.500 ha (Gener, 1981).

En los países de América Latina las dificultades encontradas para el desarrollo del cultivo del hevea, debido a la gravedad de la enfermedad suramericana de las hojas, impone una selección particular de clones resistentes y técnicas de tratamientos muy delicadas. En estas condiciones los países que se esfuerzan por promover el cultivo del hevea a pesar de este problema, Brasil en particular, cuya necesidad de hule natural es apremiante en una economía relativamente cerrada, deben incitar prioritariamente la creación de plantaciones por parte de sociedades que dispongan de los medios suficientes para crear superficies importantes aplicando de la mejor manera las técnicas que se laboran por parte del instituto de Investigación (el CNPSD de Manaus por lo que corresponde a Brasil) (I.R.S.G. 1984). Esto no quiere decir que existe pequeñas plantaciones, encontramos sobre todo algunas que tienen a veces muy buen aspecto en las regiones que por razones climáticas locales, se encuentran relativamente protegidas de los ataques de las enfermedades; pero en las circunstancias actuales, las pequeñas plantaciones no constituyen, para los países donde existe la enfermedad, un sector que se deba desarrollar como tal, sin que allá riesgo de fracasar (I.R.S.G., 2000).

Respecto al consumo de hule natural se calcula que aproximadamente el consumo mundial de hule natural lo ocupan los países de Europa (19%) y Estados Unidos (18.4%) principalmente con un consumo total de 1267.6 y 1191.0 toneladas respectivamente (Cuadro 2) (CMH, 2000).

Cuadro 2. Serie histórica del consumo de Hule Natural (en 000 toneladas) (1998-2000) (CMH, 2000).

	1998	%	1999	%	2000	%
Europa	1009.3	15.5	1051.7	16.2	1153.6	17.8
Otros países de Europa	148.0	2.3	135.0	2.1	114.0	1.8
Estados Unidos	1157.4	17.8	1117.0	17.2	1191.0	18.4
Australia	50.0	0.8	45.0	0.7	38.0	0.6
Otros países Asia	1968.8	30.3	1891.6	29.1	2147.6	33.1
Japón	707.3	10.9	734.2	11.3	751.8	11.6
China	870.0	13.4	852.0	13.1	1080.0	16.6
India	578.0	8.9	619.1	9.5	637.7	9.8
Otros países de América	541.0	8.3	521.0	8.0	586.0	9.0
Corea	278.0	4.3	331.0	5.1	331.0	5.1
Malasia	334.1	5.1	344.4	5.3	344.8	5.3
África	140.0	2.2	140.0	2.2	140.0	2.2
Rusia	5.5	0.1	15.0	0.2	35.5	0.5
Total	6630.0		6680.0		7360.0	

Madera de hule

El segundo producto por su aportación al ingreso es la madera de *Hevea brasiliensis* (Figura 3). La cosecha de madera se hace aproximadamente a los 25 años y se hace con la finalidad de renovar la plantación que ya presenta un decrecimiento en su producción de látex. La mayoría de las plantaciones presenta en su conformación de tronco problemas para su aprovechamiento como madera aserrada o chapa esto origina que una fracción pequeña (20%) del volumen del rollo total árbol sea aprovechado como tablas, tablones, chapa o plywood. Esto da pie a que el mayor volumen de madera se aproveche como fuente de energía ya sea en leña o procesando carbón muy utilizado en fundición, otro producto es el chip tanto para tablero como para pulpa (CCI, 1997).



Figura 3. Madera del árbol del hule (Tuxtepec, Oaxaca, México).

El aprovechamiento de madera de *Hevea brasiliensis* ha representado un reto para la implementación de tecnologías para aserrío y preservación. Esta especie es especialmente difícil de procesar en el aserradero por su dureza natural por la forma y el tamaño de sus troncos, por el látex depositado y por las cicatrices del sangrado. El coeficiente de industrialización es entre 35 y 40% del volumen del rollo industrializado, pero el problema más serio que se enfrentaba es que al hacer una especie con altos contenidos de almidón en los lúmenes celulares es un manjar para los degradados biológicos en la forma de hongos e insectos barrenadores. Se requiere de medidas profilácticas que reduzca el riesgo de ataques inmediatamente después del derribo del arbolado esto consiste en el “cinchado” del árbol 2 semanas antes del derribo con la finalidad que el vegetal utilice la reserva metabólica de almidón en el proceso de la respiración inmediatamente después del arribo debe ser transportado al aserradero donde se aplica un fungicida de contacto y se procede al aserrío en no más de 24 horas, una

vez aserrada la madera se aplica un baño fungicida a las tablas y se pasa lo más pronto posible a una autoclave donde se somete a un proceso de impregnación a presión donde se depositan sales la madera que garantizan su resistencia a la infestación de la pieza por barrenderos y hongo de la madera [CCI (1997); Baca (1997)].

Fase comercial

La madera de hule se puede ubicar como de excelentes cualidades de utilización industrial. Por ejemplo su dureza moderadamente alta le permite generar superficies terminadas de gran calidad ante cualquier proceso, esta misma dureza permite su utilización en pisos y mangos de herramientas, sin embargo su gran utilización es en la fabricación de muebles (Elisabeth y Heban, 1980) (Gómez, 1982).

El hecho de ser una madera originada por troncos pequeños y de mala conformación originan piezas de madera aserrada corta y angosta que en algunos mercados como el mexicano la hace una manera poco atractiva para la venta como tal pero al utilizar técnicas de unión por cabeza (finger-jointing) o canto (edge gluing). Se logran piezas de muebles del género de jomery de mucha aceptación en el mercado americano. Otra gran ventaja es ser proveniente de plantaciones donde se está contribuyendo a mejor utilización de Área tropical reduciendo la presión sobre áreas naturales de reserva de la biosfera necesarias conservación de la biodiversidad (Forest Research Institute Malaysia –FRIM–,1994).

Las existencias de madera de hule

La disponibilidad económica a corto plazo de madera del árbol del hule, de las plantaciones hoy existentes y en condiciones actuales de infraestructura y régimen de la propiedad, se calcula en 29 millones de m³ por año, de los cuales 8 millones de m³ serían trozas para aserrar. A largo plazo, para el año 2020, se prevé un aumento de las posibilidades de producción a 52 millones m³ anuales de los cuales 14 millones m³ serían trozas para aserrar. El dilatado periodo de rotación del árbol del hule, de unos 30 a 35 años de edad por término medio, limita las posibilidades de gestión eficaz de la producción de madera en pequeñas explotaciones (CCI, 1997).

Utilización y extracción

La madera aserrada del árbol del hule se utiliza para la fabricación de muebles, piezas de muebles, molduras, mosaicos de madera, entarimado de pisos y diversos artículos de madera. Los contrachapados de madera del árbol del hule han demostrado que pueden tener un elevado valor en su utilización final, y las trozas de pequeño tamaño, así como los residuos de serrería, pueden utilizarse para la fabricación de tableros enlistonados y aglomerados, de cemento y madera y de fibra de densidad media (FMD). La madera también ofrece posibilidades como materia prima para las industrias del papel y de la pasta papelera (Le Bras, 1969); (Baca, 1997).

Gracias a sus características físicas y mecánicas, su color claro y la facilidad que ofrece para el maquinado y el acabado, la madera del hule puede utilizarse como sucedáneo eficaz de muchas maderas tropicales de gran utilización (por ejemplo; ramin, meranti, seraya, agathis, merbau, kapur, y teca, de Asia; iroko y sapelli, de África; o imbuía y virola, de América Latina) (Polhamus, 1962); (Elisabeth y Hebant, 1980) y (Gómez, 1982).

La madera del árbol del hule tiene que ser tratada después de la tala o del trozado porque es atacada facialmente por los hongos y los insectos. Se cuenta con productos químicos de protección, cuya utilización esta difundida para asegurar productos finales de buena calidad. La durabilidad tiene que ser tomada en consideración al elaborar cualquier cadena de producción (CCI, 1997).



Figura 4. Aprovechamiento de madera Salto de Agua, Chiapas.

La madera de árbol hule sigue extrayéndose manualmente, pero se está difundiendo la utilización de elementos de extracción mecánica más avanzados debido a los aumentos de salarios en los países productores. Existen importantes posibilidades de aumentar la productividad de las talas (Figuras 4 y 5) a fin de acentuar al máximo los beneficios económicos de las plantaciones de hule (CCI, 1997).

Producción y consumo de madera

El consumo actual de trozas del árbol del hule se calcula en 4.5 millones de m³ anuales, que en su mayor parte (3.5 millones de m³) se destinaron a las serrerías. Los principales productores son Tailandia, Malacia, la India, Indonesia, Sri Lanka y Vietnam, la madera del árbol representan un 2.4% del consumo total de madera de esos países. Alrededor del 57% de las trozas del árbol económicamente útiles se emplea para aserrar, y un 42% de la madera económicamente disponible en trozas pequeñas se destina a combustibles (Edgar, 1995).



Figura 5. Trozas de madera de hule en Tuxtepec Oaxaca, México.

Cada año se utiliza aproximadamente 1 millón de m³ de madera de árbol de hule para la producción de tableros. Las fábricas que producen tableros aglomerados y de FDM suelen estar integradas con serrerías que aprovechan residuos (Edgar, 1995).

En la elaboración secundaria, la principal utilización de madera se encuentra en la fabricación de muebles, debido a su solidez y a sus propiedades que faciliten el maquinado y la elaboración. Además, la textura regular y el color de la madera permiten teñirla y darle terminaciones que satisfacen variadas exigencias del mercado. Es común mezclar la madera del árbol del hule con la caoba, el cerezo, el nogal y el roble. La madera del árbol del hule también ha tenido éxito en los mercados de exportación de entarimados para pisos, pero otras utilidades de ese tipo se ven limitadas por la escasa longitud y el ancho limitado de la materia prima (Edgar, 1995).

Mercados de explotación

En los principales países exportadores, el consumo de madera del árbol del hule en forma de tablonos, muebles, piezas para muebles y otros artículos de madera se calcula en 238 000 m³, pero el mercado está lejos de la saturación. Las perspectivas de exportación se calculan en 350 000 m³. Los principales mercados son los Estados Unidos (39%), Japón (31%), Europa (13%, la provincia de Taiwán (China) (11%), la república de Corea (4%) y Singapur (2%) (CCI, 1997).

EL HULE EN MÉXICO

Historia del hule en México

El uso de hule en México dentro de marco temporal que abarca varios siglos, debe citarse dos fechas significativas que destacan en medio de enormes vacíos de información.

Por un lado, en el año de 1700 antes de Cristo, fecha que señalan los arqueólogos para la aparición de los primeros Olmecas, indígenas mesoamericanos descubridores del látex, producto natural del que posteriormente se obtendría el hule (Martínez *et al.*, 1986a).

Por el otro, el año de 1910 de nuestra era, año crucial en la historia mexicana, que marca el final de una serie de publicaciones nacionales en las cuales, desde 1870, se recomendaba el cultivo nacional y en gran escala del árbol del hule para su exportación (Martínez, 1986a).

El primer empleo en Mesoamérica se dio al látex fue la fabricación de las pelotas necesarias para el juego de pelota, ejercicio físico que, a partir de los Olmecas pasaría a otras culturas (Viesca, 1986).

En la época precolombiana el látex natural tiene un gran número de usos de los cuales destaca (Martínez, 1986c):

- Ritual: El hule es un elemento que aparece con cierta frecuencia entre los pueblos mesoamericanos como uno de los componentes de las ofrendas a

los dioses. A veces era ofrecido en su estado natural, sea goma coagulada, se a calentado y hecho líquido; otras, se le empleaba para las pinturas faciales y corporales; otras más como adorno sobre vestimenta de dioses o sacerdotes, y también bajo la forma de muñecos o mezclado con otros elementos consagrados.

- Unión: con el preparado de hule y sangre de niños sacrificados se preparaba la unción divina para los ídolos de los dioses.

- Medicina: el hule mezclado con sal, es bueno para la aspereza y sequedad de las narices; mezclado con cacao para los que ocupen sangre; diurético, limpieza del útero, esterilidad aplicada a la vulva, diarreas y disenterías y dolor de cabeza entre los más importantes.

En la época de la conquista por su uso religioso el hule se da un giro respecto a sus usos respecto al empleo y cultivo del hule, puesto que se empleo únicamente para la fabricación de capas, botas y sombrero impermeables al agua; y únicamente se recolectaba sin realizar plantaciones (Sanfilippo, 1986).

No es que hasta los años setentas del siglo XIX hasta que la Revolución Mexicana puso fin a la paz porfiriana, aparecieron algunas publicaciones que trataron de estimular y proporcionar información a los agricultores e inversionistas mexicanos para que se dedicaran al cultivo del hule. Esta preocupación es mucho más evidente a partir de la invención del la vulcanización (Goodyear, 1836), ya que el látex natural tenía cada día mayor número de aplicaciones y, por lo tanto, constituía una buena fuente de ingresos para los países en los que crecía el árbol del hule (Viesca, 1986).

Es el abogado Matías Romero por los años setenta del siglo XIX, que se mete a agricultor en el estado de Chiapas, en cual publica un libro bajo el título “De la goma elástica, hule y alguno de sus usos en las artes (Martínez, 1986b).

Finalmente la explotación del hule en México se remota a finales del siglo pasado (1882), en el cual productores ingleses y holandeses sembraron pequeñas superficies en los estados de Veracruz, Oaxaca y Chiapas, específicamente en Tezonapa, Ver., Tuxtepec y Sta. María Chimalapa, en Oaxaca y en la hacienda

“Zanjón Seco” en la última entidad (Martínez, 1986a).

Todas estas plantaciones desaparecieron con la Revolución, reanudándose las siembras a fines de los años treinta con siembras en Tuxtepec, Oax. y Villa Azueta, Ver. En el año de 1942, por convenio entre los Gobiernos de México y los Estados Unidos, y con la participación de la Fundación Rockefeller, se crea el campo experimental de El Palmar en Tezonapa, Veracruz (Sanfilippo, 1986).

Durante 20 años, a partir de ese reinicio del interés en la actividad, movido por los problemas de abasto a los Estados Unidos al darse el control por parte de los japoneses de los principales países abastecedores, se fueron dando algunas plantaciones aisladas, sin ningún apoyo significativo por parte del Estado (Martínez, 1986a).

En 1941 Estados Unidos, introdujo y multiplicó clones en México desarrollados en Indonesia, Malasia y Filipinas, estas primeras investigaciones las dirigió el Sr. Raymen Stadelman del departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), realizando también la investigación en el Guayule arbusto productor del hule de las zonas desérticas. En esa misma época el Ing. Miguel Ángel Cordera P. establece el primer beneficio del hule en el Palmarito en el valle de Tezonapa, Veracruz (Martínez, 1986b).

Anteriormente el Ing. Ramón D. Cruz fundaba en 1924 la Compañía Hulera El Popo, S. A., empresa que se dedicaría a la construcción de llantas y cámaras de automóviles, tacones, impermeables y algunos artículos de hule, llegando a ser la primera industria llantera en nuestro país (Aguirre, 1996).

Fue hasta el año de 1962 en que el Instituto Mexicano del Café (INMECAFE), mediante su Programa de diversificación de cultivos que financió el establecimiento de plantaciones, otorgó asistencia técnica y dio divulgación a los resultados de los trabajos del Centro Experimental de El Palmar. Aun cuando no se tuvo acceso a registros exactos, se estima que INMECAFE debe haber financiado el establecimiento de casi 5, 000 hectáreas, estimándose igualmente que la siembra total fue de 10,000 hectáreas (Figura 6), incluyendo la hecha sin apoyo oficial (Aguirre, 1996).



Figura 6. Plantaciones realizadas por FIDHULE, Uxpanapa Veracruz, México.

En 1978 se decreta la constitución del Fideicomiso para la Investigación, Cultivo y Comercialización del Hule Natural (FIDHULE) órgano del gobierno mexicano encargado del financiamiento de los programas de fomento y de explotación de las plantaciones en producción, así como el beneficio y comercialización del hule (Aguirre, 1996).

En esta época el FIDEHULE se caracterizó por una política de búsqueda de alianzas y colaboración interinstitucional, lográndose la incorporación de la Secretaria de Agricultura con cabeza de sector, el FIRA, el Banco Nacional de Crédito Rural con sus propios recursos y no solo como fideicomisario, los gobiernos de los estados y de algunos municipios y, finalmente de los propios productores (Grupo Consultor Independiente –GCI–, 1996).

En conjunto de políticas seguidas se estructuró entorno a un documento presentado en dos ocasiones al Banco Mundial para obtener financiamiento para

un Programa Nacional para el Fomento del Cultivo. Aún cuando la solicitud no fue aceptada por el organismo internacional, su formulación, presentación y discusión en las diversas instancias permitió obtener diversos apoyos y dar consistencia a las políticas parciales.

De esta manera se tuvieron resultados significativos y prácticamente todos los campos. En primer término en cuanto a la extensión del cultivo se dio una intensa promoción en las zonas productoras o potencialmente productoras, obtenido para los productores, financiamiento parcial a los trabajos de preparación de terreno, de financiamiento de siembras intercaladas en el periodo productivo y la dotación de la planta por parte de los gobiernos estatales los cuales asumieron esta fase del proceso de producción (GCI, 1996).

Especialmente importante resultó la diferenciación de ingresos y gastos correspondientes al beneficio entendido como empresa productivo y los que correspondían al organismo, así como la transparencia en el manejo del hule de los productores, eliminando los “hules fantasmas”, es decir hules que se pagaban pero que no llegaban al beneficio, supuestamente por mermas (GCI, 1996).

Las organizaciones de productores jugaron un papel especialmente significativo, por lo que se consolidó a las preexistentes y se favoreció la creación de otras. De esta forma fueron muy importantes como auxiliares en la promoción del cultivo, en la comercialización y el manejo de los beneficios (GCI, 1996).

En cuanto a comercialización debe hacerse notar que la principal motivación de los productores para incorporarse a las organizaciones era, precisamente, que los intermediarios que recogían el hule fresco en campo, normalmente pagaban muy poco por el mismo, por lo que les interesaba ser partícipes de los resultados económicos asociados a las siguientes fases del proceso comercial (GCI, 1996).

FIDEHULE realizó un trabajo en el mercado tendiente a recuperar el prestigio del hule mexicano, abriendo gradualmente una cartera de clientes, que cubría sólo parcialmente el mercado pero que era suficiente para el volumen de producto realmente disponible (GCI, 1996).

El mejoramiento técnico y administrativo de los beneficios y la creación del sistema de comercialización del organismo permitieron la transferencia de los

beneficios a las organizaciones de productores. Con esa fase las organizaciones de productores han llegado a resultados desiguales dependiendo de la calidad política, administrativa y técnica de su liderazgo (GCI, 1996).

En 1992, se acordó la extinción del FIDEHULE en virtud de las dificultades encontradas para llevar a cabo una misión tan amplia y compleja. Durante este tiempo el FIDEHULE estableció 23,000 has (GCI, 1996).

A la extinción de FIDEHULE, se creó el Consejo Mexicano del Hule, A. C. que han venido realizando los trabajos de fomento y coordinación de diversos trabajos. Dichos trabajos se estructuran en torno al Programa Nacional del Hule 1995-2000 según el cual; los gobiernos estatales apoyarían con materia vegetativo de alta productividad, sin cargo a los productores; los productores aportarían parte de los costos de la plantación (limpieza del terreno, trazo de la plantación y realización de las hoyaduras); la SAGAR cubriría el costo del servicio del crédito durante el periodo preproductivo, contratando el correspondiente Mandato con BANRURAL en cada estado, con fondos para cubrir los intereses (CMH, 1995).

Así en 1995 sólo se logró un avance de 65% respecto a la meta programada y se financió el 27% por parte de BANRURAL, lo que muestra que el avance logrado se debió sobre todo a una mayor participación de los gobiernos de los estados y los propios productores (Aguirre, 1996).

Superficie, productividad y nivel tecnológico

En la actualidad existen en México 14,142.85 hectáreas de plantaciones de hule establecidas, de las cuales 9,563.15 se encuentran en producción; 4,579.70 en desarrollo y 1,168.35 abandonadas. Las plantaciones de hule se encuentran localizadas en los estados de Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Veracruz, concentrando este último el 49% de la superficie establecida, siguiendo en orden de importancia Oaxaca con el 35%, lo que en conjunto hacen el 84% del total de la superficie destinada actualmente a la producción de hule (CNH, 1998).

Existen alrededor de 4487 productores dedicados a la explotación de hule, estos poseen superficies en promedio de 3 hectáreas, localizándose la mayor superficie en Chiapas (4 ha) y la menor en Oaxaca (2.9 ha) (CMH, 1998).

La capacidad instalada para 16,200 toneladas, actualmente sólo procesa las 7,000 toneladas que se producen en México pero con índices bajos de calidad de hule beneficiado. Salvo las plantas de Tezonapa, Uxpanapa, las dos de Las Choapas, en el estado de Veracruz y la de Tuxtepec en el estado de Oaxaca, la infraestructura agroindustrial de hule (Figura 7) presenta alto grado de obsolescencia y, en algunos casos, deterioro (CMH, 1998).



Figura 7. Producción de látex concentrado en Palenque Chiapas.

Como se ve en el Cuadro 4 de un total de 14,137.61 has. sembradas en el año de 1994, el 54% se localiza en el estado de Veracruz, con cuatro zonas productoras (Tezonapa, Las Choapas, Uxpanapa y Acayucan); Oaxaca ocupa el segundo lugar con 32% del total, con predominio de la zona Tuxtepec y menores cantidades en la zona Mixe y la del Istmo o Matías Romero; el estado de Chiapas se ubica en tercer lugar en superficie, concentrándose en las regiones Selva, Palenque y Tapachula y representando el 8% del total; finalmente el estado de Tabasco con dos regiones Macuspana y Huimanguillo, ocupa el cuarto lugar en superficie sembrada y representa el 6% de la superficie (CMH, 1999).

Cuadro 4. Principales municipios con plantaciones de hule (CMH, 1998).

ESTADO	MUNICIPIOS
Chiapas	Cacahuatán, Catazajá, Huehuetán, Ixtacomitán, Ocosingo, Ostuacán, Pichucalco, Salto de Agua, Tapachula, Tuxtla Chico, Tuzantán, Villa Comaltitla. Superficie total: 1507.25
Veracruz	Agua dulce, Chacaltianguis, Hidalgotitlán, Hueyapan de Ocampo, Jaltipán, Jesus Carranza, Las Chompas, Minatitlan Moloacan, Playa Vicente, Texistepec, Tezonapa, Villa Azueta, Villa isla. Superficie total: 7322.5
Oaxaca	Acatlán de Pérez Figueroa, Loma Bonita, Matías Romero, Bautista Tuxtepec, San Felipe Usila, San José Chiltepec, San Juan Cotzocon, San Juan Mazatlan, San Lucas Ojitlan, San Miguel Soyaltepec, Santa María Jacatepec, Santiago Jacotepec, Santiago Yaveo. Superficie total: 4130.31
Tabasco	Huimanguillo, Jalapa, Macuspana, Tacotalpa, Teapa, Tenosique. Total: 1177.3

Si se atiende solamente a la superficie en producción, los lugares de Chiapas y Tabasco se intercambian en virtud de que fue el primer Estado donde se ha hecho recientemente un mayor esfuerzo por introducir nuevas plantaciones (CMH, 1999).

Es notable la caída en las siembras a partir del año de 1992, una vez que dejó de darse la actividad de FIDEHULE en la promoción del cultivo. La importancia de la presencia institucional se muestra, posteriormente, con el crecimiento de las plantaciones a partir de 1994, en que empieza a actuar en campo el Consejo Mexicano del Hule, A.C. (GCI, 1996).

En regiones como Tezonapa, Ver., Tuxtepec, Oax. y Palenque Chis. Con plantaciones de entre 30 y 35 años y densidades por hectárea del orden de 250 árboles el rendimiento medio se encuentra por debajo de la media. En cambio en regiones como en Uxpanapa y Las Choapas por menor edad de plantaciones el rendimiento medio es superior a la media nacional (CMH, 1999).

Por otra parte, el rendimiento medio de 1880 kg. De hule fresco se corresponde a uno de 940 kg. de hule seco, también aplicando un rendimiento promedio. En este caso no se detectan, en opinión de los técnicos consultados diferenciales en cuanto al contenido sólido del hule captado, existiendo en cambio sustanciales diferencias según el tiempo que transcurre entre la pica, el momento en que el hule es acopiado y su llegada final al beneficio. En otros términos, existen en la práctica diferenciales atribuibles a los sistemas de acopio y transporte, sin que exista un comportamiento sistemático. En el mejor de los casos puede hablarse de una ventaja para los productores ubicados en la cercanías del beneficio y que cuentan con redes de caminos mejor establecidas (Picón, 1997) (Figura 8).

Este elemento que introduce variación en la relación técnica entre fresco y captado y pagado en campo se hace importante por la no correspondencia de la capacidad instalada en beneficios y las plantaciones. De esta manera se tiene que las regiones de Tuxtepec y Col. Cuauhquemoc en Oax., Uxpanapan, Ver., y Huimanguillo, Tabasco es actualmente superavitaria en producción de hule fresco respecto a la capacidad de beneficiado, por lo que el hule es captado y llevado a beneficios de otras regiones como Las Choapas y Tezonapa en Veracruz (GCI, 1996).

La situación existen en cuanto a nivel tecnológico y rendimientos obtenidos es resultado de esfuerzos de los gobiernos federal y estatales, de los productores y, debe destacarse, del trabajo sostenido del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) que ha sido el órgano oficial encargado de realizar la investigación en hule; sus trabajos se han llevado a cabo en campos experimentales ubicados en las zonas con potencial productivo para el cultivo: El Palmar y Papaloapan para atender en Veracruz las zonas de Tezonapa, Playa Vicente, Las Choapas y Uxpanapa; el campo experimental Loma Bonita en Oaxaca para atender las zonas de Valle Nacional y Tuxtepec y el campo experimental de Rosario Izapa en Tapachula Chis., que ahora ha suspendido sus trabajos (Picon, 1997).

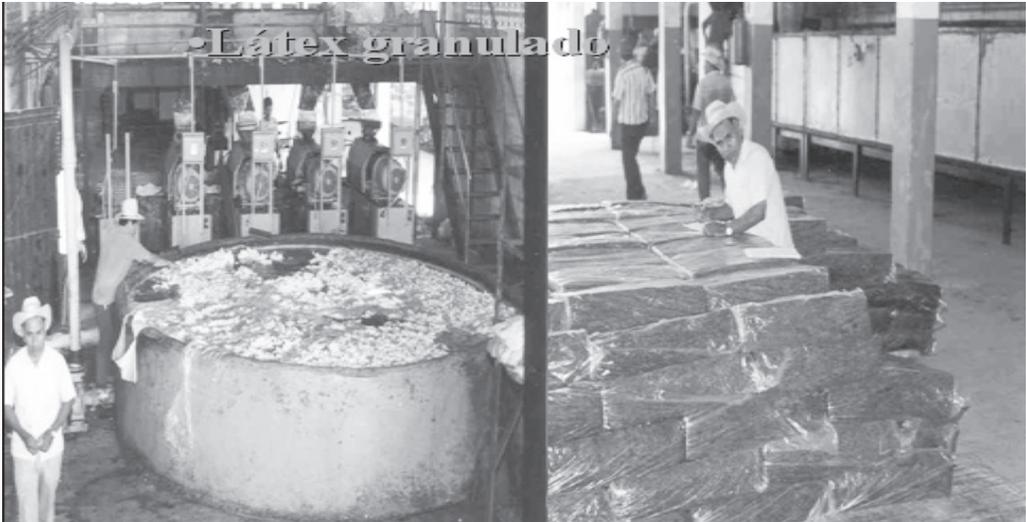


Figura 8. Beneficio del hule, Burgos, Tabasco.

Los principales aspectos en los cuales se ha desarrollado o adoptado tecnología que ahora se encuentra disponible son los siguientes (Copagnon, 1998):

- Reducción del periodo reproductivo del árbol.
- Clones que superan hasta en 100% el rendimiento de los que se recomendaban anteriormente.
- Identificación y control de las enfermedades que afectan el tablero de pica.
- Control de maleza en viveros y en plantaciones definitivas.
- Determinación de las necesidades de fertilizantes del cultivo tanto en vivero como en plantaciones jóvenes y adultas.
- La mejor técnica para propagar el cultivo comercialmente.
- Identificación y control de Control plaga tanto en vivero como en plantación.
- Manejo de las podas para conformación de copa.
- Sistemas de explotación combinando el huso de estimulante de la producción con frecuencia de pica reducida.
- Experiencia con diferentes cultivos intercalados durante la etapa productiva de las plantaciones.
- Introducción de ganado ovino durante la etapa reproductiva del hule.
- Manejo pos cosecha del hule para lograr calidad internacional.

Demanda y oferta nacional del hule natural

El hule en cifras

La dirección de la industria básica de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) ha proporcionado información estadística de las importaciones y exportaciones de hule y látex natural en México (CMH, 1998).

Cuadro 5. Toneladas de exportaciones e importaciones en México de hule (CMH, 1998).

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Importaciones	60,029	72,320	69,592	61,740	59,713	47,432	51,569	65,727
Exportaciones	686	500	599	287	942	1,637	2,691	1,652

Estas importaciones de hule natural a nuestro país, están dividida en seis fracciones arancelarias:

Importaciones

Fracción 4001.10.01 (látex de caucho natural incluso prevulcanizado)

Fracción 4001.21.01 (hojas ahumadas)

Fracción 4001.22.01 (caucho técnicamente especificado)

Fracción 4001.29.01 (los demás)

Fracción 4001.30.01 (gutapercha)

Fracción 4001.30.99 (los demás)

En 8 años analizados (enero 1990 a diciembre 1997) (Cuadro 4) se tiene los siguientes indicadores así como el flujo comercial (volumen-ton).

Cuadro 6. Indicadores del flujo comercial de hule en México (CMH, 1998).

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Volumen (ton)	60,029	72,320	69,592	61,740	59,713	47,432	51,569	65,727
incremento %		20.5%	(4.4%)	(11.3%)	(3.3%)	(20.6%)	(8,7%)	(27.5%)
Valor (miles de dlls)	51,959	63,369	60,957	55,626	63,447	79,153	80,657	83,433
Precio (dll/ton)	0.865	0.876	0.876	0.901	1.063	1.67	1.56	1.27
Flujo comercial								
Importaciones	98.9%	99.3%	99.1%	99.5%	98.4%	96.7%	95.0%	97.5%
Exportaciones	1.1%	0.7%	0.9%	0.5%	1.6%	3.3%	5.0%	2.5%

Por fracción en el mismo periodo analizado (8 años):

Cuadro 7. Indicadores del flujo comercial de hule en México por fracción (CMH, 1998).

Fracción (importación)	Valor (miles de dlls)	Volumen (toneñadas)	Porcentaje %
4001.22.01	443,963	406,293	83.2
4001.10.01	74,401	63,501	13.0
4001.21.01	7,579	6,983	1.5
4001.29.01	10,518	9,515	1.9
4001.30.99	2,133	1,829	0.4
4001.30.01	8	2	0.0
<i>SUMA</i>	538,602	488,123	100.0

Resalta la fracción 4001.22.01 caucho técnicamente especificado con el 83.2% de las importaciones seguido por la fracc. 4001.10.01 látex de caucho natural incluso pre vulcanizado con el 13% del total.

Comportamiento de las importaciones

En 1990 se reporta importaciones por 60,029 ton de hule y látex natural, en 1991 se incrementa casi un 20.5 % para tener un volumen de 72,320 ton y en 1992, 1993, 1994 y 1995 reducciones del 4.4, 11.3, 3.3 y 20.6 % respectivamente para

1996 se reporta por primera vez en los últimos 4 años un incremento en las importaciones por 8.7% y para 1997 un aumento de 27.5% (CMH, 1998).

Si se revisa el comportamiento observando por el valor de las importaciones se observan incrementos importantes en los tres últimos años (Cuadro 6).

Cuadro 8. Compartimiento observado por el valor de las importancias de hule en México.

Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Valor*	51,960	63,367	60,957	55,626	63,447	79,153	80,657	83,433

*Miles de dólares.

Por lo que se refiere la precio del hule importado se observa un incremento del 46.8% en el periodo 1990-1997.

Cuadro 9. Principales 10 países exportadores de hule a México (CMH, 1998).

País	Volumen (toneladas)	Porcentaje de participación %
Indonesia	299,148	61,3 %
Guatemala	68,117	14.0 %
Malasia	30,782	6.3 %
Estados unidos	29,405	6.0 %
Liberia	17,664	3.6 %
Singapur	14,392	3.0 %
Tailandia	7,228	1.5 %
Nigeria	5,054	1.0 %
Suiza	2,763	0.6 %
Costa de Marfil	2,365	0.5 %
Otros 34 países	11,202	2.3 %
<i>Suma</i>	<i>488,123</i>	<i>100.0 %</i>

Son 44 países los exportadores de hule y látex natural para México como podemos observar en el cuadro anterior, señalando los 10 primeros países (cifras de los últimos 8 años analizados):

Análisis de la información en la industria hulera

El hule natural es utilizado y procesado por una rama industrial a la que da nombre: Productos de Hule, a la cual se clasifica en la estadística nacional dentro de la División de Productos Químicos. El análisis de la demanda del hule naturales, por tanto, un análisis de la estructura y compartimiento de esta rama (CGI, 1998) (Figura 9).



Figura 9. Industria del hule.

La rama industrial se inserta en una amplia red de relaciones interindustriales, sin embargo, los mayores valores como sector de destino se dirigen al principal sector demandante que es el automotriz, tanto en sus equipos reemplazo y, en menor medida, otros sectores como los del calzado, de artículos para uso industrial y originales como de farmacéuticos.

Atendiendo al compartimiento histórico del Producto Interno Bruto, en el periodo 1970-80 la elaboración de productos de hule registró ritmos mayores de crecimiento que la economía nacional y manufacturera, que se reflejó en un crecimiento de la participación de la industria dentro del PIB nacional, que paso de 0.5% en 1970 a 0.7% en 1980. Esta condición de mayor dinámica se perdió en la década de los ochentas y ha continuado durante la presente (GCI, 1998).

Entre 1980 y 1993, Producto Interno Bruto de la industria hulera registró una tasa media de crecimiento de 1.1% anual, mientras que el PIB nacional y manufacturero crecieron a tasas de 1.8% y 1.9% respectivamente. De la misma forma, la industria de Productos de Hule ha contribuido en promedio con el 0.39% y 1.8% del PIB nacional y manufacturero, respectivamente en el periodo 1980 a 1993 (CMH, 1998).

La situación de estancamiento se presentó fundamentalmente en la rama llantera, tanto en lo que concierne a la producción de llantas nuevas como en lo relativo a la revitalización. Puede verse que aún cuando el número total de empresas de la rama Productos de Hule se incrementa de 563 a 792, el incremento corresponde al sector no-llantera pues el llantera bajo en número en sus dos componentes (CHM, 1999).

Por las condiciones de la paridad monetaria prevalecientes en los primeros años de la presente década y por la apertura indiscriminada de las fronteras a la importación de toda clase de productos, se realizó una elevada importación de llantas usadas, razón a la que los industriales del ramo señalan como la causa del estancamiento citado. Como respuesta a ello la industria hulera, conjuntamente con el gobierno federal, estableció programas de trabajo y campaña de sensibilización para cumplir con las regulaciones ecológicas en la importación, procesamiento y distribución de llantas usadas. Finalmente la importación discriminada sólo concluyó al alterase bruscamente la paridad cambiaria (CMH, 1998).

Del total de las empresas del sector, el 48.6% corresponden a un micro, 40.9% a la pequeña, 6.0 a mediana y 4.5% a gran industria, siendo esta última principalmente la producción de llantas. Por otra parte, del total de empresas existentes en el país 5% tenían capital extranjero mayoritario o minoritario, ocupaban el 32% del personal total y generaban el 48% del valor de la producción bruta total (GCI, 1996).

La industria de manufacturas de hule, considerando sólo los productos finales de la misma, es deficitaria en su relación comercial con el exterior. De esta forma, el consumo nacional aparente de manufacturas de hule en 1991 ascendió a 2.3 e miles de millones de dólares, de los cuales la planta nacional abasteció sólo el 85% del total (CMH, 198).

Como ya se indicó, en la actualidad coexisten y compiten como abastecedores de la industria el hule natural y el sintético. La mayor parte del consumo de hule sintético es producido internamente, teniendo a nuestro país una condición superavitaria al respecto. En cuanto al hule natural, el Consumo Nacional Aparente nos muestra que, en el periodo de 1956 a 1995, la tasa de crecimiento anual fue de 3.9%. Sin embargo, si nos limitamos sólo a la última década, el periodo de 1985 a 1995, la tasa resulta ser negativa (-0.45%), reflejando el estancamiento de la rama industrial (GCI, 1996).

Los mayores consumidores de hule son los productores de llantas del acelerado crecimiento que mostró en la década de los setentas, la producción a una tasa media anual de 2.1%, establecidos en el país. La industria llantera después durante el periodo 1985-91 registro un crecimiento (GCI, 1996).

Los industriales del sector informan de la existencia de varios problemas que frenan el desarrollo de la producción llantera nacional: bajo aprovechamiento de la capacidad instalada, baja productividad laboral, altos costos y baja calificación de la mano de obra, falta de aplicación de las Normas Oficiales Mexicanas en la importancia y falta de igualdad de requisitos en la importación respecto a nuestros socios comerciales, entre otras (Companion, 1998).

El consumo estimado en 1995, incluyendo hule sólido y látex es de alrededor 75,000 toneladas, de hule sólido el 82% es consumido por la industria llantera, siendo aproximadamente el 95% de éste hule granulado calidad HEM 20

(Hule Estandarizado Mexicano Calidad 20). El 18% restante es consumido por renovadoras y pequeños fabricantes de artículos varios (zapatos, mangueras, topes, cojinetes, etc.) (Companion, 1998).

Existe un importante consumo que rebasa 10,000 toneladas al año de látex centrifugado por los fabricantes de hilo plástico, guantes, preservativos, cámaras para balón y la mayor empresa fabricante de globos a nivel mundial (CMH, 1998).

En lo que se refiere al comportamiento de los precios, cabe señalar que los mismos registran una marcada ciclicidad, de tal forma que en los años de 1990 a 1993 se registraron precios históricamente bajos. Posteriormente, en el año de 1994 se dio un acelerado crecimiento, de esta forma en enero el precio por tonelada de Hule seco era de 948.00 Dls. De Estados Unidos, ascendiendo en diciembre de ese año 1762.60. A partir de entonces ha experimentado, un leve descenso que hace que el precio a noviembre de 1999 sea de 1,457.60 dólares de Estados Unidos (GCI, 1996).

Los precios en México siguen de cerca a los precios internacionales, habiéndose colocado normalmente un poco por debajo de los mismos, como secuela del antiguo desprestigio del hule nacional hoy injustificado, y del control del mercado por parte de las grandes empresas llanteras y de algunos grandes importadores. Actualmente, el precio interno es similar al internacional ya que a fines de 2000 era del orden de 2 pesos por kilo.

La balanza comercial hulera ha de contemplar tres grandes componentes. Ellos son: el relativo a importaciones y exportaciones de hule natural, el relativo al comercio internacional de hule sintético y, finalmente, el relativo a la compra venta de productos de hule. En cuanto al hule natural, nuestro país mantiene históricamente una situación deficitaria y se han importado entre 60 mil y 70 mil toneladas anuales en la presente década. En cuanto al comercio exterior de hule sintético, el país mantiene una situación superavitaria y, además, las expectativas son las de que tal situación se mantenga dada la estabilidad y perspectivas de la industria respectiva. Finalmente, la balanza comercial de la rama productos de hule ha sido tradicionalmente deficitaria; esta situación se ha agudizado en los últimos años, al pasar de 35.8 millones de dólares en 1986 a 353.2 en 1991 lo que significó multiplicar casi 10 veces el déficit en cinco años (GCI, 1996).

Oferta nacional

La zona hulera comprende una franja que se inicia en la zona centro-poniente de Veracruz, en el municipio de Tezonapan, continúa hacia el sureste pasando entre los límites de Veracruz y Oaxaca, atraviesa el estado de Tabasco por Huimanguillo, Teapa, Jalapa, Macuspana hasta Tenosique y Balancán, en la zona limítrofe de Chiapas, municipio Reforma, Estado de Juárez, Ostoacán, Pichucalco, Salto de Agua y Palenque.

Existen también otras zonas que son la de la selva y una pequeña franja en la parte del sur en el estado de Chiapas, que comprende los municipios de Tapachula, Tuxtla Chico, Huehuetán y Villa Comatitlán (Rojo, 2001).

De un total del poco más de 14 mil hectáreas, en producción, en el desarrollo, abandonadas o siniestradas, en el año de 1994, el 53% se localizaba en el estado de Veracruz con cuatro zonas productoras (Tezonapan, las Choapas, Uxpanapa y Acayucan); Oaxaca ocupa el segundo lugar con un 33% del total, con predominio de la zona Tuxtepec y menores cantidades en la zona Mixe y la del Istmo o Matías Romero; el estado de Chiapas se ubica en tercer lugar en superficie, concentrándose en las regiones selva, Palenque y Tapachula y representando el 8% del total; finalmente el estado de Tabasco con dos regiones Macuspana y Huimanguillo, ocupa el cuarto lugar de superficie sembrada y representa el 6% de la superficie. Si se atiende solamente a la superficie en producción, los lugares de Chiapas y Tabasco se intercambian en virtud de que en el primer estado hay menos tierras en producción, pero recientemente se ha hecho un mayor esfuerzo por introducir nuevas plantaciones (Aguirre, 1996).

Por cuanto se refiere la producción obtenida se tiene que esta ha representado a partir de la década de los setenta sólo entre el 9 y el 11% de la oferta total, descansando nuestro país en las importaciones. La información presentada en el estudio muestra tasas de crecimiento en la producción altamente satisfactorias. De esta manera si se toma como año base el de 1956, la tasa de crecimiento al año de 1989, último año de la información de FIDEHULE es de 8.6% anual y al año de 1995 de 7.8% anual. Si se toma, en cambio, como año base el de 1966, en que se interrumpe la constante de 400 toneladas de producción anual registrada desde 1956 y se incrementa por primera vez la producción se tiene tasas a 1989 de 7.83% anual y a 1995 de 6.95% anual (GCI, 1996).

Por otra parte, el rendimiento medio de 1,880 kg. de hule fresco se corresponde a uno de 940 kg. de hule seco, también aplicando un rendimiento promedio. En opinión de los técnicos consultados, no se encuentran diferenciales importantes en cuanto al contenido sólido de hule captado en las diferentes regiones, existiendo según el tiempo que transcurre entre la pica, el momento en que el hule es acopiado incide en la calidad del hule producido. En cambio sustanciales diferencias y su llegada final al beneficio. En la producción de hule es predominante el sector ejidal y comunal, mediante la práctica de sembrar de hule una parte de las parcelas ejidales y dejar el resto para otros usos, bien de cultivos anuales, caña de azúcar, praderas para ganado y la amplia variedad de alternativas que existen en la región (GCI, 1996).

Existe también la pequeña propiedad minifundista, marcadamente en las zonas de las Choapas en Veracruz, Bajo Mixe y Matías Romero en Oaxaca y Palenque en Chiapas. Sólo hasta fechas recientes se han venido dando superficies mayores de pequeños propietarios y la presencia de grandes empresas, sin embargo, no participan aún significativamente en la propiedad de la tierra, sino que tienden a establecer convenios con los productores (Rojo, 2001).

La mayor parte de los municipios productores de hule se encuentran entre los de menores niveles de ingreso, e inclusive se encuentran algunos de alta marginalidad. Sin embargo, las características técnicas del cultivo, dan lugar a empleo e ingreso permanentes, que no se dan en la mayor parte de los cultivos con los cuales compite el hule natural. Esto coloca a los productores de hule en condiciones mejores que sus compañeros de las mismas regiones y comunidades que no han emprendido el esfuerzo de la plantación (Rojo, 2001).

La dificultad para acceder a esa posición ventajosa radica en la extensión del periodo pre productivo y los elevados costos a los que se asocian. Para el campesino medio, plantar hule sólo es posible si tienen garantizada la subsistencia, bien en forma directa por las siembras en otra parte de su parcela o por alguna forma de subsidio; la situación cambia radicalmente para el productor medio ya que disponen de superficies en explotación, al que le resulta altamente factible la extensión de sus plantaciones.

En el estudio se analizan los costos de producción, tanto en la fase reproductiva como en la productiva valorados apreciados de 1996. Dados estos costos y el

precio del producto en la actualidad, un productor medio, con los rendimientos medios del paquete tecnológico del INIFAP (3,996 kg. de hule fresco por ha. en la etapa de estabilización) habrá de recibir como ingreso anual de \$ 48,251.70, con los cuales una vez pagados los salarios y los insumos a utilizar, tendrá un ingreso neto por su hule de \$ 39,054.00 (GCI, 1996).

En el caso de rendimientos medios actuales (1,880 kg. de hule fresco por ha.), asimilable a las condiciones del productor medio actual, el productor recibe por la venta de su hule fresco a lo largo del año \$ 22,701.00, con los cuales cubre los costos de salario e insumos, quedando como pago neto por el hule \$ 13,503.00 (GCI, 1996).

A los ingresos anteriores, que se corresponden a una época considerada como muy buena por parte de los productores, ha de agregarse el ingreso neto que obtenga por explotación del resto de su superficie disponible, pues se debe recordarse que en la mayor parte de las zonas huleras la dotación ejidal rebasa las 10 hectáreas y los jornales incluidos en el costo si, como es común, el propio propietario realiza la pica (GCI, 1996).

Respecto a la superficie potencial existen diversas estimaciones que van desde 500,000 hectáreas hasta más de un millón. Con base en la existencia en el país de las condiciones de suelo y clima que reclama el cultivo del *Hevea basilienses*. Durante la actual administración federal se ha renovado el antiguo propósito de extender el campo hulero. El Programa Nacional del Hule planteó una meta de sembrar 40,000 hectáreas al año 2000. Con el objetivo de acercarse a la autosuficiencia. Esta cifra, que implica triplicar la superficie en explotación, representa sólo alrededor del 10% del potencial mínimo (CMH, 1999).

Con las metas antes mencionadas, la producción esperada en hule seco llegaría a 13,164 toneladas para el año 2002, año en que sólo estaría en producción una pequeña parte de lo sembrado, y a 94,087 para el año 2010, año en que ya estarían en producción todas las plantas. Dada la tendencia del consumo aparte descrita anteriormente, se requería importaciones de 81,450 toneladas para el año 2000 y de 11,164 para el año 2010. Aún más, de no sentarse las bases, en la actual administración para un programa de largo plazo, las importaciones reiniciarían su crecimiento a partir del año 2010 y llegaría a 53,787 toneladas en el año 2020, nivel muy cercano a las actuales importaciones (GCI, 1996).

Para el procesamiento del hule natural existen 16 beneficios en el país con una capacidad de 16,500 toneladas anuales, cantidad superior a la producción actual. Sin embargo, 11 se encuentran en Veracruz mientras los de más estados son deficitarios en capacidad de beneficio. Si bien hay algunos proyectos tanto para la ampliación de la capacidad de algunos beneficios actuales como para la instalación de nuevos, se requerirá aumentar la capacidad hacia finales del siglo para atender los incrementos esperados en la producción. De continuar los precios actuales, esta expansión se podrá analizar sin mayores problemas por la alta rentabilidad que registran los beneficios en la actualidad (Rojo, 2001).

En cuanto a la participación de empresas privadas en el fomento de la producción de hule, las experiencias son escasas. Destaca el caso de Agros-Hule que ha buscado formas de asociación con productores en la región de la selva en Chiapas, ha puesto sus propios viveros y ha anunciado que estableciera un beneficio con tecnología moderna. Entre los industriales de hule, la Good Year Oxo estableció un convenio de colaboración con los beneficios de Tezonapa y de Simón Cadena por el que la empresa da asistencia técnica en campo y beneficio así como pago rápido y los beneficios antes mencionados garantizan la venta del producto (Rojo, 2001).

La capacidad instalada de los 18 beneficios existentes permite producir unas 22,000 toneladas de hule seco por año. Actualmente estas plantas tienen un alto porcentaje de capacidad ociosa. Se puede distinguir dos tipos de empresas, las empresas privadas no vinculadas a organizaciones de productores y las empresas privadas pertenecientes a organizaciones de productores. Las segundas son tres: la Planta Industrializadora de Hule de Tezonapa S.A de C.V en el estado de Veracruz, cuyas acciones pertenecen a productores miembros de la unión de Ejidos Prof. Graciano Sánchez de Veracruz y que funciona desde 1990, creando la sociedad anónima separada de la organización gremial en 1993; el beneficio de Tuxtepec, que recientemente se transfirió a la Unión Estatal de Productores de Oaxaca y comienza su producción en esta zafra ; y, el beneficio de Macuspana, que está abandonado y se están haciendo gestiones para transferirlo a la Unión Estatal de Productores de Tabasco. También se encuentra el beneficio de la Unión de Ejidos Jorge L. Tamayo de Uxpanapa, Veracruz, que tiene cinco zafras sin operar. Estos beneficios corresponden a plantas que anteriormente pertenecían al estado a través de FIDHULE y que en cada caso debieron privatizarse otorgando a las organizaciones recursos de diversas fuentes para comenzar a funcionar. En

el caso de Oaxaca, actualmente es un segundo intento de transferencia, dado que una primera experiencia resultó en fracaso y una parte de los productores crearon una nueva organización para acceder a la administración de las instalaciones. De todos estos beneficios han sido apoyados muy intensamente por el Programa del Hule (GCI, 1996).

Se identifican dos zonas que están relativamente apartadas de los actuales beneficios, Uxpanapa en Veracruz y el estado de Chiapas. El primer caso, a pesar de su aislamiento, se encuentra integrado a los circuitos de compra de los beneficios ubicados en Tezonapa, Tuxtpec y las Choapas, pero en el mediano plazo será necesario absorber la producción incremental mediante la instalación de un beneficio en el área, por ejemplo, en el municipio de Jesús Carranza. En el estado de Chiapas hay menor producción actualmente y se procesa en molinos artesanales, pero las dificultades de comunicación vía terrestre indican que a medida que las plantaciones entren en producción será necesario disponer de beneficios a nivel local para evitar un castigo demasiado grande en el precio al productor. Estos beneficios deberían orientarse hacia los productos de mayor precio, tales como plantas centrifugadoras para producción de látex, que permiten absorber los altos costos de transporte hasta los centros de consumo (Rojo, 2001).

Hay un número estimado de 25 molinos artesanales para producción de hule laminado que generalmente procesan su propia producción, es decir, se trata de una integración vertical de la primera y segunda etapa de producción. La capacidad de producción de este tipo de artesanal equivale a la producción de unas 12 ha y puede duplicarse si se utiliza en varios turnos de trabajo. El proceso implica un mayor cuidado en la recolección y manejo poscosecha del hule, dado que se debe filtrar para retirar las impurezas previo a su solidificación y laminado (Rojo, 2001).

Calidades y precios de mercado

El hule sólido enviado a plantas por los productores tiene una clasificación por calidad que reconoce un pequeño diferencial de precio y depende básicamente del contenido de impurezas. Los productores obtienen el caucho de los árboles en la mañana y lo coagulan en recipientes mediante el agregado de ácido acético y/o ácido fórmico. Si no se recoge inmediatamente y se deja coagular en el campo en

forma natural o se cosecha el quesillo que queda solidificado en los recipientes o el hilo que se solidifica después de la recolección –greña–, el producto entregado a planta tiene mayor porcentaje de impurezas y, además, está más oxidado por su exposición al sol. La mejor calidad es el coágulo, que en agosto de 1999 tubo un precio al productor de aproximadamente unos USD 0.25 por kg, seguido del quesillo marqueta, cuyo precio es de USD 0.24 por kg, y por último, el quesillo que recoge la mayor calidad de impurezas y recibe USD 0.23 por kg. Algunas plantas no reciben o castigan el precio cuando los productores remiten bloques de hule con alto contenido de quesillo y greña (Rojo, 2001).

En lagunas plantas, el sistema de pago por calidad no reconoce la calidad a nivel de cada productor sino a nivel de ejido, lo que puede desincentivar a mejorar la calidad a nivel individual dado que el precio recibido corresponde al promedio de la calidad de su localidad y/o ejido (Rojo, 2001).

En los productos elaborados por el beneficio, la calidad también está relacionada con el grado de impurezas y la clasificación reconoce tres niveles TRS-5, TRS-10 y TRS-20, siendo éste último la principal calidad producida y el tipo de hule que demanda la industria llantera. La producción nacional es mayoritariamente de TRS-20 y sólo una pequeña porción alcanza la calidad TRS-10. Como fue mencionado anteriormente el precio actual del TRS-20 varía entre USD 0.72 y USD 0.79 por kg.

El látex producido localmente es muy poco, aproximadamente 450 t/año, y tiene un precio en el mercado de USD 0.82/kg (GCI, 1996).

Los productos laminados de los molinos artesanales se clasifican también en función de su contenido de impurezas y las calidades varían entre RS-1 y RS-5, siendo la última la de mayor contenido de impurezas. El precio de la calidad RS-5 estaba en agosto de 1999 en los USD 0.84 por kg. El producto puede ser secado y ahumados en hornos o secado al aire libre. La principal limitante para los productores de hule laminado es el financiamiento, dado que reciben el pago por su producto después de transportarlo a destino y deben tener los recursos para financiar la compra de insumos. En comparación con los productores que entregan hule fresco a los acopiadores y beneficios y reciben el pago inmediatamente a la recolección, los laminadores artesanales reciben el pago en promedio un mes después (GCI, 1996).

Perspectivas del mercado del hule en México

La demanda de la industria nacional tiene un volumen anual de importaciones bastante estable en los últimos años y la producción proyectada al 2010 permitiría sustituir aproximadamente el 35% del total de importaciones de la industria hulera. La productividad de las plantaciones nuevas permitió a los productores y beneficios de hule en México competir con el producto importado en una de las peores crisis del precio internacional. Las proyecciones indican que las condicionantes que crearon esta crisis se resolverían en los próximos años. La creciente participación de hule natural dentro del consumo mundial indica que estas estimaciones resultan relativamente conservadoras y el mercado podía ampliarse en forma sostenida.

Una señal importante respecto a la confianza de los operadores comerciales nacionales en la recuperación del mercado en el mediano plazo es que los beneficios privados tienen planes de plantación de 2,000 ha en Chiapas y 2,500 ha en Veracruz y Tabasco (GCI, 1996).

Situación del beneficiado del hule en México

La producción de hule fresco en México se estima en 19 000 t anuales (9 500 t de hule seco), que se procesa en 22 plantas beneficiadoras de diversa capacidad de producción, y tipo de propiedad. Esta infraestructura se concentra en los estados de Veracruz y Oaxaca que son los que tienen mayor peso específico en materia de hule en el país por la superficie de plantaciones con que cuentan (GCI, 1996).

Generalmente la industria privada es la que tienen una mayor capacidad operativa, de administración, comercialización y un producto de mejor calidad que le permite una negociación del precio más atractiva que la ponen en mejores condiciones que las beneficiadoras propiedad del sector social, excepto la planta de Tezonapa propiedad de los productores asociados en una sociedad mercantil, cuya competitividad la ubica en el nivel de las empresas privadas (Rojo, 2001).

En el estado de Oaxaca recién se puso en marcha otra empresa propiedad de los productores, que si se cumplen las expectativas de producción, tendrá un nivel del las demás empresa privadas. Las demás empresas y pequeños molinos propiedad tanto del sector social como privado, presentan limitantes en su estructura por su

menor producción y gestión empresarial que las ubica con mayores debilidades en una situación de ajustes de precios (Rojo, 2001).

Aun cuando el proceso de producción de estas plantas cuenta con tecnología apropiada generalmente traída de Malasia, enfrentan dificultades para lograr un producto de óptima calidad provocadas por el tipo de hule que reciben de los productores, que generalmente viene con impurezas debido aun mal manejo postcosecha dado por los productores, que además de incrementar los costos del proceso mismo, disminuye el rendimiento del beneficiado (Rojo, 2001).

Esto se agrava por la falta de normas de calidad para el hule fresco, y por que las plantas beneficiadoras no responden con precios diferenciales atractivos a la calidad del hule fresco que motive al productor a un mayor cuidado de su cosecha, dando lugar a un círculo vicioso entre productor-beneficio. Sin embargo, hay que reconocer que también la industria responde hasta ahora muy poco a la calidad del hule, lo que hace que la cadena productiva se encuentre entrampada desde los productores hasta el industrial consumidor, aunque hay indicios de que son estos últimos los que están intentando romper este vicio (Rojo, 2001).

Es práctica común que los propios beneficios de hule, establezca su sistema de recolección, de tal manera que el productor entrega el hule L.A.B. parcela o centro de recolección de las empresas. En este último caso el productor cubre el costo del transporte y muy pocas veces hay un precio diferencial que restituya dicho costo (Rojo, 2001).

Por otra parte la gran dispersión de las plantaciones, la concentración geográfica de las plantas beneficiadoras, una capacidad instalada en desequilibrio con la producción en campo de hule por regiones, genera que los beneficios de hule tengan su área de abastecimiento distante de sus instalaciones industriales, con el consiguiente incremento de los costos de transporte, ya que el hule fresco contiene un 50% de agua (Rojo, 2001).

El efecto de lo anterior, también se refleja en que bajo condiciones de precio del hule como las actuales, los productores de las regiones aisladas y distantes de los beneficios, tienen dificultades para la comercialización, tanto por falta de compradores, como por el bajo precio que les ofrecen y al cual están prácticamente obligados a vender, caso contrario acumulan inventarios de producto, con los

resultados financieros adversos y un mayor deterioro del hule (Rojo, 2001).

Los estados de Chiapas y Tabasco son los que de mayor medida se encuentran en esta situación, quienes no cuentan con beneficios cerca y su comercialización es difícil, tardía y a menor precio y que las distancias a las plantas beneficiadoras, llegan a más de 700 km, como es el caso de la región de Marqués de Comillas del estado de Chiapas (Rojo, 2001).

Para paliar en parte esta situación, algunos productores han optado por beneficiar el hule en pequeños molinos laminadores, sin embargo, la falta de conocimiento en el manejo de hule, producción, almacenaje y canales claros de comercialización, han hecho que los resultados no sean satisfactorios o sean presa de los intermediarios quienes castigan el precio. Por otro lado, la capacidad de producción de estos pequeños beneficios es muy reducida, o es un número muy reducido el que opera en una región, y en ambos casos en la mayoría de las veces se origina por que los productores no tienen los recursos económicos para ampliar la capacidad o aumentar el número de ellos. La baja producción casi artesanal y las ventas en forma individual les resta capacidad de negociar un mejor precio (Rojo, 2001).

Por otra parte en el estado de Veracruz, la región de Uxpanapa que cuenta con un poco más de 2000 ha en producción carece de un beneficio de hule que localmente aproveche el área de oportunidad para una inversión a favor de los productores. Actualmente, esta región constituye un área de abastecimiento para empresas tanto de Veracruz como de Oaxaca. Así mismo en Tabasco, existe un beneficio que se ha intentado rehabilitar para operar y aprovechar la producción estatal, situación que no se ha resuelto por la falta de recursos (Rojo, 2001).

En los últimos 4 años y motivado por el auge del precio del hule se establecieron nuevas empresas beneficiadoras generalmente pequeñas con poca capacidad de gestión y económica que dadas las circunstancias actuales de la baja de precio, han disminuido o cerrado operaciones. Igualmente las empresas de mayor solvencia económica, incrementaron su capacidad instalada, por lo que actualmente existe una subutilización estimada en un 55% (GCI, 1996).

Del total de las empresas beneficiadoras que existen en el país el 19% pertenece a productores organizados, el resto son propiedad de sociedades de inversión o

de personas físicas. La capacidad de operación de las empresas se refleja en que actualmente el 23% tiene operaciones en más de un estado, 28% opera a nivel estatal, y el 51% son empresas pequeñas con operaciones meramente locales (GCI 1996).

En el estado de Veracruz, se localizan las empresas beneficiadoras con mayor capacidad industrial para la producción de hule granulado y látex así como pequeños molinos para la producción de hule crepé y laminado. En lo general en beneficiado de hule en el país, salvo un caso en que una planta se integre con una fábrica de guantes doméstico e industriales, no otorgan ningún valor agregado a su producción. Las empresas establecidas son: Látex Polímeros del Sudeste S.A; Rancho Los Laureles, S.P.R; Plitsa, Modelos Dos Ríos, S.P.R, Estanque de las Palmeras, S.P.R, de R.I, Beneficio de hule Jorge L. Tamayo, (sin operar), Hules de Tenozapa S. A. de C.V., del Grupo Agros Hule, Productores de Hule de las Choapas, S.P.R, Beneficios de Piedras Negras S. A. de C.V. Además de tres pequeños molinos que producen hule crepe con operación irregular, en los tejidos de Vicente Guerrero municipio de Jesús Carranza y Arroyo León del municipio de Playa Vicente (Rojo, 2001).

En el estado de Oaxaca se localizan las empresas de Tuxtepec S. A. de C. V. del Grupo Agros Hule, Unión Estatal de Productores de Hule S.C., Planta Industrial San Sebastián S. A., Cia. Hulera de la Perseverancia S. A. de C. V., y la Central Hulera S.P.R. (Rojo, 2001).

En Tabasco se cuenta solamente con la empresa, Beneficio Burgos de Unión de Ejidos Benito Juárez García, que no opera actualmente por la falta de financiamiento para la rehabilitación y capital de trabajo. Los productores comercializan su producción con empresas de Veracruz, quienes castigan el precio por el costo del transporte, o bien los productores entregan L.A.B. beneficio en cuyo caso de los ingresos se ven disminuidos (Rojo, 2001).

En el estado Chiapas se encuentran pequeñas empresas que cuentan con molinos que sirven para producir hule laminado crepe, con el Beneficio Luis R. Monroy en Tapachula Chiapas, dos en la región de Palenque y dos mas en la región de Márquez de Comillas (Rojo, 2001).

Oportunidades y problemas en la comercialización del hule en México

La principal oportunidad en la comercialización del caucho es la dimensión de la demanda interna, actualmente abastecida casi en un 90% con productos importados y que pueden ser enteramente sustituidos por producción nacional alcanzando los mismos niveles de competitividad. La industria procesadora de productos primarios está interesada en la expansión de la producción interna y disminuir la dependencia de los productos importados por que permitiría tener mayor seguridad en sus abastecimientos y evitaría las fluctuaciones abruptas de precios debidas al efecto de modificaciones en los tipos de cambios. La brecha existente entre la superficie actual y la potencial permiten asegurar que se puede abastecer a la industria con producción nacional, aunque la presencia de empresas transnacionales permiten proveer que se mantendrá un margen de importación en forma permanente¹ (Rojo, 2001).

La participación de organizaciones de productores en la fase de beneficio primario genera otra oportunidad interesante para los pequeños productores, permitiendo la existencia de un ente testigo respecto a la estructura de precios y asegurando una mayor transparencia en la distribución de utilidades al interior de la cadena agroindustrial (Rojo, 2001).

La clave para poder aprovechar estas oportunidades de mercado consiste en alcanzar los niveles de competitividad de los grandes productores que fijan el precio del mercado internacional, Tailandia, Indonencia y Malacia, en este caso, la proximidad al mayor mercado consumidor –Estados Unidos– podría significar otra oportunidad de colaboración del caucho natural y el eventual aprovechamiento de todo el potencial de producción existente. Es decir, los problemas en mediano y largo plazo se relaciona con alcanzar los niveles de productividad de los grandes productores através de la tecnificación y eficiencia en el cultivo, la mejora de la calidad y, para que los pequeños productores se apropien de los beneficios, la consolidación de las empresas con participación de las organizaciones campesinas (GCI, 1996).

¹ La empresa Goodyear tiene grandes plantaciones en el Sudeste asiático desde donde importan a los grandes países consumidores y pequeñas plantaciones en Guatemala con las cuales abastecen Centro América, por lo cual es razonable pensar que continuarán manejando su abastecimiento en forma global.

La producción prevista hasta mediados de la próxima década puede ser procesada en términos globales con la capacidad actual de la industria procesadora primaria, pero esto no necesariamente es válido a nivel local. En algunas localidades – Uxpanapa y el estado de Chiapas– será necesario enfrentar este problema dentro de los próximos cinco años y promover la instalación de beneficios, para lo cual las fuentes de financiamiento y apoyo técnico disponibles son muy escasas (Rojo, 2001).

La falta de calidad de materia prima que reciben los beneficios redundará en un castigo en el precio a nivel del productor y en la necesidad de la industria procesadora de importar las mejores calidades de granulado. El precio medio obtenido por el beneficio se ve castigado por la recepción de bloque con alta calidad de quesillos y greña que genera un producto de menor calidad. El inadecuado manejo y almacenamiento de las láminas de los molinos artesanales generan hongos y un color inadecuado del producto, que aún cuando el color no modifica la estructura del hule, se castiga el precio (Rojo, 2001).



PARTE II



EL ÁRBOL DEL HULE



Clasificación taxonómica y descripción del árbol del hule

Generalidades

El hule es un hidrocarburo de alto peso molecular, llamado poliisopreno, en el cual los grupos isoprenos (C_5H_8) están unidos en largas cadenas filiformes. Este hidrocarburo es producido por numerosas plantas del reino vegetal, en células especializadas cuyo contenido lechoso, que a menudo puede brotar por incisión de la planta, es llamado látex. Por esta razón son llamadas células laticíferas. Aún actualmente no se conocen la utilidad que pueden tener estas células para la planta (Oldeman, 1974).

Las plantas produciendo látex se encuentran de manera dispersa de manera vegetal. Pertenecen en su gran mayoría a las angiospermas dicotiledóneas, sin embargo, se encuentran en algunas familias de monocotiledonias (Aráceas, Liliáceas, Musáceas). Por último, los lactarios, hongos basidiomicetos, así como el género *Regellidium* de las pteridofitas figuran igualmente entre ellas (Metcalfet, 1967).

Entre las dicotiledóneas, como aparece en la lista presentada a continuación, las plantas produciendo látex se reparten sin aparente afinidad botánica o filogénica entre siete órdenes con diferente grado de evolución. Estos órdenes incluyen cada una a tres familias presentando géneros botánicos de plantas lactíferas, pero también incluyen un número más o menos importante de familias que no cuentan con estos géneros (Metcalfé, 1967).

Orden	Familias contando con géneros lactíferos
Uticales	Moráceas, Urticáceas
Parietales	Papaveráceas, Caricáceas
Euforbiales	Euforbiáceas
Ebenales	Sapotáceos
Gencianales	Apocináceas, Asclepiadáceas
Tubiflorales	Convolvuláceas
Sinandrales	Campanuláceas, Lobeliáceas, Compuestas

Parece ser entonces que los laticíferos se hayan desarrollado de manera independiente durante la evolución (Faht, 1979) (Figura 10).



Figura 10. Plantaciones del hule en El Palmar, Veracruz.

Fuera del hecho que las familias incluyendo géneros laticíferos se encuentran repartidas entre un número cinco a diez veces más importante de familias que no cuentan con ellos, las primeras comprenden, en general, además de los géneros laticíferos, un número más o menos grande de géneros sin laticíferos (Faht, 1979).

En cambio, todas las especies de un mismo género son en general uniformes en cuanto a la presencia de laticíferos. Los laticíferos han sido agrupados durante trabajos ya antiguos en dos principales tipos: los laticíferos “articulados” llamados también vasos laticíferos y los laticíferos “no articulados”. Pero esta clasificación no tiene ninguna relación con los grupos taxonómicos, diferentes tipos de laticíferos pudiendo encontrarse entre las especies de una misma familia (Faht, 1997).

No todos los géneros y especies con laticíferos producen necesariamente hule, aunque sea el caso más frecuente. Parece que solamente se encuentran en las familias dicotiledóneas, pero entre estas mismas, varias no lo contienen. El término látex designa una suspensión de numerosas pequeñas partículas en un líquido con índice de refracción diferente. Los constituyentes de la fase dispersa pueden ser hule, en una proporción más o menos fuerte, y pueden comprender sustancias emparentadas como los triterpenoles y los esteroides, pero también compuestos muy diferentes como los derivados de ácidos grasos y aromáticos, proteínas, y por último, constituyentes inorgánicos. Esto evidencia muy bien que la función laticífera no implica obligatoriamente la biosíntesis de hule (Bobilliof, 1923).

El caso de la familia de las Sapotáceas es un poco particular: los géneros laticíferos de esta familia producen un hidrocarburo cuyo encadenamiento de unidades “isopreno” no tiene la misma estructura especial que el hule, implicando asimismo propiedades y utilización distintas de la del hule: según los géneros, sus productos se llaman Gutapercha, Balata, o Chicle y tienen campos de aplicación diferentes. El chicle no es más que la goma de mascar (Hevan, 1981).

Entre unas 12,500 especies de plantas laticíferas, unas 7,000 producen hule. En la gran mayoría de los casos, el hule se encuentra mezclado con cantidades más o menos importantes de sustancias resinosas que desvalorizan la calidad del hule y lo vuelven a menudo inutilizable, salvo tratamiento eventual de separación. Las especies de plantas laticíferas produciendo hule sin proporción notable de resinas, y de buena calidad, son la excepción. Estas especies constituyen algunas unidades que se encuentran repartidas entre las Moráceas, Euforbiáceas, Apocináceas, Compuestas (Hevan, 1981).

Si la presencia de laticíferos existe, en general, en todas las especies de un mismo género, en cambio, se observan variaciones considerables en la proporción de hule y de resina entre las diversas especies de un mismo género. El mejor ejemplo es el género *Euphorbia*, que, desde el trópico hasta las regiones templadas, cuenta con más de 600 especies entre las cuales se encuentran (Vandeput, 1981).

- algunas muy raras especies cuyo látex contiene hule poco resinoso (*Euphorbia intisy*); un gran número de especies cuya proporción de resinas es más importante que la del hule;

- y, finalmente, algunas especies de las regiones templadas (35 en Francia) para las cuales el contenido de hule, como el de resina, es muy bajo e incluso nulo, y en resumen muy poco estudiado.

Las especies laticíferas y además productoras de hule pueden ser tanto árboles de alto porte, como bejucos, arbustos, plantas carnosas, herbáceas (Vandeput, 1981).

La única clasificación que podría permitir reagrupar, en un número muy limitado de categorías, la gran mayoría de plantas laticíferas y la casi totalidad de las que producen hule, sería una clasificación por región climática: la mayoría de las plantas laticíferas produciendo hule son originarias de las regiones cálidas intertropicales. Se pueden encontrar más allá de los trópicos y hasta 45° de latitud aproximadamente, pero solamente son plantas carnosas o herbáceas y en regiones de relativa aridez (Vandeput, 1981).

Hoy en día, el 99% del hule natural mundial proviene de las plantaciones creadas en Extremo-Oriente y luego en África, casi exclusivamente a partir de estas pocas plantas de *Hevea brasiliensis* introducidas en Malasia hace más de un siglo (Bouychou, 1963).

Clasificación taxonómica

Taxonomía (Compagnon, 1986):

REINO	Vegetal
DIVISIÓN	Anthopyta
CLASE	Dicotiledonea
ORDEN	Euphorbiles
FAMILIA	Euphorbiaceae
GÉNERO	Hevea
ESPECIE	<i>Hevea brasiliensis</i> Mull. Arg.

Nombre comercial: *Hevea* Hevaru, Rubberwood, Gummibaumholz, seringa, seringeira, kayu karet, árbol de caucho.

El género y su subdivisión en especies

Contrariamente a la facilidad de caracterización del género, la especie, y eventualmente las variedades genéticas estables bien definidas son difíciles de diferenciar unas de otras. Esto dio origen a muchas confusiones, debido al gran número de especies y variedades descritas y a los desacuerdos entre los autores. J.M. PIRES, en su trabajo sobre el género *Hevea*, menciona para las especies actualmente recordadas todos los nombres de especies y de variedades utilizadas en el pasado. Muchas de estas caracterizaciones bajo nombres diferentes pueden resultar de la observación de individuos correspondiendo a variaciones ecológicas y también a hibridaciones naturales muy frecuentes en el género *Hevea*, y sobre las cuales se han hecho muchos comentarios y precisiones en los trabajos de J.R. Siebert y de R.E. Schultes. Con respecto a las variaciones ecológicas, Schultes (1977) precisan que el *hevea*, cuyo aspecto puede ir de los gigantes de la selva a pequeños arbustos, escoge sitios tan variados como “terrenos aluviales muy inundados, sitios pantanosos ácidos, altas terrazas bien drenadas, sabanas abiertas y cumbres cuarzíticas, xerofíticas”.

Hoy en día, los autores se ponen de acuerdo en al menos nueve especies, *Hevea benthamiana*, *Hevea brasiliensis*, *Hevea camporum*, *Hevea guianensis*, *Hevea microphylla*, *Hevea nitida*, *Hevea pauciflora*, *Hevea rigidifolia* y *Hevea Spruceana*, así como cuatro variedades repartidas entre tres especies (Schultes, 1977) (Figura 11).

A esta lista es preciso agregar una especie de muy pequeño tamaño como *Hevea camporum*, que se encuentra en la isla de Marajo, en la desembocadura del Amazonas. Primero descrita muy recientemente como *Hevea marajoensis* (Moraes, 1977), es actualmente objeto de experimentos en Brasil con el nombre de *Hevea camargoensis*. Este *Hevea* presenta la particularidad de poseer rizomas que dan nacimiento a numerosos hijos.

Todas las especies *Hevea* producen látex, pero en cantidad variable; el látex de varias especies es muy resinoso y no da un hule de buena calidad. No se han realizado hasta ahora estudios metódicos y detenidos en la totalidad de las especies de *Hevea* sobre las características de su látex. Salvo para *Hevea brasiliensis*, las informaciones disponibles provienen esencialmente de las observaciones que han podido efectuar en el terreno los botanistas que reconocieron y describieron las especies. Estas observaciones son someras y subrayan sobre todo el hecho que las especies pueden proveer o no un hule de valor comercial. Por último, las indicaciones dadas corresponden a las observaciones que generalmente se efectúan para cada especie, pero se ignora cuales son las posibilidades de variación en el interior de cada especie (Schultes, 1970).

Descripción general del *Hevea*

El *Hevea brasiliensis* en su medio natural, en Amazonia, se presenta como un gran árbol de selva (Figura 12). Su corona alcanza los niveles más altos y en general no se puede observar desde el suelo, a menos que el árbol se encuentre en la orilla de un espacio descubierto, río bastante ancho por ejemplo, en cuyo caso las frondosidades pueden recaer hasta el nivel del suelo. Su tronco es recto y cilíndrico, ligeramente troncóncico hacia la base. Su circunferencia a la altura de un hombre es de 1 a 3 m, pero encontrar árboles de 5 m de circunferencia no es excepcional en suelos bien drenados del suroeste de la cuenca amazónica. La altura de los heveas de 1 m, de circunferencia y más, es comúnmente superior a 25-30 m, los árboles más altos pudiendo alcanzar unos cincuenta metros. El *hevea* tiene una corteza verde grisácea. Las hojas están compuestas de tres foliolos dispuestos en el extremo de un largo pecíolo. Las flores son pequeñas, amarillo claro y reunidas en racimos. Aparecen después de la caída de las hojas. Los frutos están constituidos por una cápsula de tres celdillas que contienen cada una semilla. En la madurez, estas semillas son proyectadas con un ruido seco de estadillo característico. Estas semillas, de 2 cm aproximadamente, con una sección ovalada, casi redonda, están revestidas de un tegumento coriáceo, café brillante, decorado con manchas blanquecinas cuyos dibujos, de igual manera que la forma de la semilla, son genéticamente específicos del individuo que las produjo. Un kilogramo de semillas contiene alrededor de 250 a 350 unidades según el origen. La madera de hevea es homogénea, blanda y se quiebra fácilmente. En su selva original, el hevea puede vivir viejo, algunos centenares de años –parece ser– a pesar de su sensibilidad a la rotura del viento. En general

se encuentra diseminado entre otras especies de alto porte, más resistentes a la rotura; además, la selva amazónica se encuentra poco sometida a vientos violentos. Establecido en plantaciones y a veces de manera casi continua en superficies de varias decenas de miles de hectáreas, el hevea cultivado permite mantener una ecología forestal análoga a la de la selva tropical húmeda (Le Bras, 1958).



Figura 12. Árbol del hule.

Sembradas según un marco regular, las plantaciones de heveas ofrecen en general el aspecto de una superficie arbolada con una homogeneidad notable. Las coronas se unen cuando los árboles tienen unos cuatro años, su altura alcanza entonces 7 a 10 m. A menos que se presenten condiciones de vegetación defectuosas o de mantenimiento insuficiente durante los primeros años, la cobertura se intensifica luego formando a partir de los 8-10 años una sombra continua, que sólo deja

desarrollarse en el suelo una vegetación ombrófila baja y dispersa que casi ya no necesita mantenimiento. Esto caracteriza la vegetación de plantaciones de heveas adultos, típica por su aspecto muy despejado y la alineación de sus troncos regulares, cuyas ramas ascendentes inician hacia los 3 o 4 metros (Le Bras, 1958).

En la gran mayoría de los casos, los heveas de plantaciones son árboles injertados. No son troncónicos en su base como los árboles procedentes de semillas, ya que se puede observar, a unos 10 a 20 cm del suelo, la unión con el porta-injerto que siempre tiene un diámetro un poco superior y que se designa con la expresión de “pie de elefante”. La semejanza de los árboles injertados de un mismo clon, es decir de un mismo origen genético multiplicado vegetativamente, contribuye al aspecto muy homogéneo de las plantaciones (Genin, 1958).

Los heveas alcanzados no alcanzan un desarrollo tan importante como los heveas de la selva amazónica; su condición de “injertados” probablemente no lo permite; además, tampoco existen árboles injertados tan viejos, los más antiguos que se hayan conservado teniendo sólo unos setenta años. Bajo buenas condiciones, los árboles de plantación injertados pueden sobrepasar en promedio de 50 cm de circunferencia en el sexto año para las selecciones de mejor crecimiento. Tienen aproximadamente 1 m de circunferencia hacia el final de su vida económica y una altura de cerca de 25 m (Genin, 1958).

Número de cromosomas en relación con la taxonomía

El número semántico de cromosomas de las principales especies de *Hevea* fue determinado por Baldwin, 1974, siendo de $2n=36$. En un color de *H. guianensis* fue de $2n=54$ y en una Taza de *H. paucifolia* $2N=18$. Bouharmant (1960) postuló que *Hevea* tiene un origen anfiploide, habiéndose derivado de una cruce entre dos especies primitivas con genomas similares $2n=18$.

Anatomía y morfología de árbol

Raíz

El enraizamiento del *Hevea* es a la vez pivotante y radial (Figura 3) (o lateral). Más detalladamente, el desarrollo respectivo del sistema pivotante y de las raíces

laterales depende del carácter genético de cada individuo, pero el método según el cual las plantas jóvenes son sembradas y el tipo de suelo que se emplea tienen también un papel determinante en la extensión del sistema radicular (Schultes, 1977).

La raíz pivotante y las raíces laterales garantizan al árbol un anclaje sólido al suelo. Como para todas las plantas, la absorción en agua y la asimilación de elementos minerales dependen de la superficie de contacto establecida entre el sistema radicular y las partículas del suelo. Sin minimizar el importante papel de la raíz pivotante en la alimentación en agua de la planta durante los periodos secos, es por medio de las raíces laterales y sus numerosas ramificaciones terminadas por una red de múltiples raicillas que el hule garantiza por lo general su nutrición mineral (Schultes, 1977).

En un árbol adulto, las raíces laterales principales (unas 10 a 15), se sitúan alrededor de la raíz pivotante a una distancia generalmente inferior a 35-40 cm del cuello. Se pueden incluso encontrar más allá de los 60 cm, pero poco desarrolladas. En los marcos de siembra generalmente practicados, las raíces laterales de 2 líneas de plantaciones vecinas (5 a 8 m) se unen aproximadamente cuando se cierran las copas hacia los cuatro años de edad. Posteriormente, su longitud puede alcanzar 10 m y más y sus zonas de desarrollo se confunden. Las raíces laterales forman ramificaciones que, en el horizonte superior del suelo, se subdividen en un conjunto más o menos denso de raicillas que, con razón, se designan en inglés como “raíces de nutrición”. Estudios detenidos han sido realizados sobre el desarrollo del sistema radicular en su conjunto (R.R.I.M., 1958) en función de la edad de los árboles y para diversas calidades de suelo, y más particularmente, sobre el volumen y la densidad del conjunto de raicillas y su repartición en el suelo (Soong, 1976). Este último estudio se efectuó en Malasia para cuatro clones distintos y sobre siete series de suelos representando una gama de extensa de calidades. De estos estudios resulta que las propiedades físicas del suelo influyen sobre la densidad de la red radicular. Esto confirma lo que la práctica había evidenciado, es decir que el hevea requiere ante todo suelos con buenas características físicas.

Por otro lado, queda bien sentado que, en la mayoría de los suelos, la proliferación más importante de raicillas tiene lugar en el horizonte superior: 30 a 60% del total entre 0 y 7.5 cm. Esta proliferación decrece luego rápidamente con la

profundidad: a la profundidad de 35-45 cm, en la mayoría de los casos, esta representa únicamente un 10% de la totalidad. Más raramente, podrá representar, a esta profundidad, todavía unos 20% del total.

Se puede estimar que las cantidades de elementos minerales contenidos en los primeros 50 cm representan las reservas limitadas en las cuales los heveas podrán aprovisionarse para edificar sus estructuras.



Figura 13. Raíz del género *Hevea*.

Tallo

El crecimiento del sistema aéreo del *Hevea* se caracteriza por su carácter rítmico. Este crecimiento rítmico ha sido descrito por primera vez en 1898 por J. Huber, más Recientemente por P. Dubois, A. Pekel y de manera más completa por F. Halle (1968), quienes precisaron las características morfogenéticas. El aspecto externo y global de este crecimiento rítmico aparece de manera evidente en el eje primario de un hevea joven procedente de semilla, en el cual

se puede observar cómo se forman periódicamente los ciclos foliares sucesivos. De manera más precisa, de acuerdo con los análisis que se efectuaron sobre este fenómeno, el funcionamiento de los meristemas primarios del hevea esta regulado por un sistema endógeno. Las fases de latencia y de crecimiento se suceden alternativamente. El crecimiento en ciclos que resulta permite distinguir a lo largo del eje aéreo, de abajo hacia arriba, lo que se ha convenido llamar una unidad de crecimiento (Helle, 1968):

- Una zona compuesta primero por hojas bloqueadas en una fase precoz de su formación, que juegan un papel de escamas protectoras del meristema, y luego de las hojas igualmente reducidas, calificadas por Frey-Wyssling (1993), de nectarios extra florales. Los brotes axilares de las primeras son poco visibles, los brotes axilares de la segunda son un poco más desarrolladas que los de las hojas escamosas. En la práctica, se llaman algunas veces brotes de escamas al conjunto de brotes de esta zona;
- Una zona de hojas asimiladoras normales cuya dimensión va decreciendo de manera muy característica hacia lo alto en el mismo tiempo que se reduce la distancia entre los nudos. Los brotes axilares de las hojas asimiladoras son muy visibles.



Figura 14. Tallo de *Hevea* con su característico crecimiento rítmico (ciclos de hojas). En los estadios B y C, las hojas son muy vulnerables a algunas enfermedades que, a falta de tratamiento, pueden provocar su caída (Frey-Wyssling, 1933).

El tallo principal, es decir el tronco, aumenta en circunferencia al mismo tiempo que este eje (lo mismo para las ramificaciones) y se alarga progresivamente por formación de unidades de crecimiento sucesivas; el funcionamiento del cambium está sincronizado con el del meristema apical. Se ha comprobado en la práctica de la injertación que se obtienen mejores resultados en el principio del desarrollo de una unidad de crecimiento (Gener, 1966).

El ritmo de crecimiento y por consiguiente la velocidad de crecimiento de la circunferencia del tronco se debe ante todo a un carácter de naturaleza genética. sin embargo, este crecimiento depende también de factores del medio ambiente, pudiendo ser disminuido, incluso bloqueado, o al contrario acelerado según que estos factores sean más o menos favorables (Oldeman, 1974).

Madera

Aspectos generales

Límites de anillos de crecimiento distintos. Duramente de color amarillo y blanco o gris. Color de la albura similar al color del duramen. Peso específico básico: 0,52-0,6-0,64 g/cm³. Con color desagradable en estado verde. Tienen Vasos presentes. Madera de porosidad difusa. Vasos dispuestos en patrón no específico, agrupados, generalmente en grupos radiales cortos (de 2-3 vasos) y en grupos radiales de 4 vasos o más (raramente hasta 10). Promedio del diámetro tangencial de los vasos: 145-205-260 μ m. Promedio del número de vasos/mm²: 1-3. Placas de perforación simples (Cuadro 10).

Punteaduras intervasculares alternas, promedio del diámetro (vertical) de las punteaduras intervasculares: 10-12 μ m, ornamentadas. Punteaduras radiovasculares con areolas reducidas o aparentemente simples, redondeadas o angulares. Tíldes en los vasos presentes, de paredes finas. Otros depósitos en vasos de duramen presentes (marron) (Baca, 1997).

Respecto a las fibras y traqueidas presentan paredes de espesor medio, piteaduras de las fibras en su mayoría restringidas a las paredes radiales, claramente areoladas. Fibras no septadas (CCI, 1993).

El parénquima axial en bandas. Dispuestas en forma reticulada, bandas de parénquima finas, hasta 3 células de ancho. Parénquima axial apotraqueal. Apotraqueal difuso en agregados (en líneas cortas tangenciales). Parénquima axial en serie. Promedio del número de células por serie de parénquima axial: 4-8. El número de radios por mm: 8-12, radio multiseriados, también cuando muy pocos, radios con 2-5 células de ancho. Radios con la parte multiseriada de igual ancho como la parte uniseriada raramente presentes, o ausentes. Radios compuestos por dos o más tipos de células. Radios heterocelulares con células cuadradas y erectas restringidas a hileras marginales. Número de hileras marginales de células cuadradas o erectas: 2-4, o más de 4. La estratificada ausente y variantes del cambium. *Floema incluso ausentes* (FRIM, 1994).

Respecto a las ausencias minerales encontramos cristales presentes, prismáticos, localizados en células de los radios o células del parénquima axial. Células cristalíferas del parénquima axial septadas, o no septadas. Número de cristales por célula o cámara: uno, o más de uno. Cristales dentro de una célula o cámara del mismo tamaño, o de diferentes tamaños (Baca, 1997).

Puede ubicarse como una madera con excelentes cualidades de utilización industrial. Por ejemplo su dureza moderadamente alta le permite generar superficies terminadas de gran calidad ante cualquier proceso, esta misma dureza permite su utilización en pisos y mangos de herramienta, sin embargo su gran empico se ha encontrado en la fabricación de muebles, como se puede observar en la donde se aprecia el consumo de madera de los países importadores por tipo de producto.

El hecho de ser una madera originada por troncos pequeños y de mala conformación origina piezas de madera corta y angosta que en algunos mercados como el mexicano la hace una madera poco atractiva para la venta como tal pero al utilizar técnicas de unión por cabeza (finger-jointing) o canto (edge gluing) se logran piezas de mueble del género de jomery de mucha aceptación en el mercado americano. Otra gran ventaja es ser proveniente de plantaciones donde se está contribuyendo a mejor utilización de Área tropical reduciendo la presión

sobre áreas naturales de reserva de la biosfera necesarias conservación de la biodiversidad (FRIM, 1994) (Baca, 1997).

Sistema foliar

Las hojas se forman por ciclo (verticilio) en la parte superior de cada unidad de crecimiento (Figura 15). Cada hoja esta constituida por tres foliolos ovalados y bastante acuminados. Estos tres foliolos, de igual dimensión, provistos cada uno de un peciolo muy corto, tienen el mismo punto de intersección en la extremidad de un peciolo cuya longitud sobrepasa comúnmente la de los foliolos (Oldeman, 1974).

Cuadro 10. Propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Hevea brasiliensis* Baca-Ruiz, B (1997).

Descripción de la madera	
Albura	No diferenciara
Color	Blanco cremoso
Textura	Gruesa
Vetas	Rectas o entrelasadas
Propiedades físicas y mecánicas	
Densidad, kg/m ³ , 16% humedad	560-640
Contracción tangencial %	1.2
Contracción radial	0.8
Dureza, N	4350
Flexión estática, N/mm ² , 12% humedad	66
Módulo de elasticidad, N/mm ²	9700

Las hojas de un mismo verticilo son en total una quincena; sus dimensiones disminuyen hacia la parte superior de cada ciclo foliar. La dimensión promedio de los foliolos, de aproximadamente 15x5 cm, varían según los individuos y pueden también ser influenciados por las condiciones ambientales (Oldeman, 1974) (Figura 15).



Figura 15. Foliolo de *Hevea*.

El *Hevea* pierde sus hojas y las renueva cada año y el ciclo vegetativo anual se manifiesta muy claramente, en el hevea adulto, en los países tropicales cuya temporada seca es muy marcada, lo que es en general el caso por encima de 4° de latitud con una estación seca centrada en el periodo que sigue el solsticio de invierno. En el hemisferio norte, la senescencia de las hojas se hace manifiesta en diciembre y la defoliación, llamada invernación de los árboles, empieza a finales de enero y la refoliación inicia a finales de febrero. Defoliación y refoliación pueden encontrarse un poco decaladas en el tiempo, según el material vegetal y bajo el efecto de condiciones particulares locales. Además, de acuerdo con las características genéticas del material, defoliación y refoliación son más o menos rápidos. Resulta que, en una plantación clonal en la cual todos los árboles son genéticamente idénticos en cuanto a su sistema aéreo, defoliación y refoliación se producen de manera uniforme. Como el escalonamiento respectivo de los dos fenómenos diferentes según los clones, algunos clones se mantienen completamente desojados durante unos días, mientras otros forman hojas nuevas antes de que hayan caído todas las hojas antiguas. En parcelas de hevea de pie franco, la renovación del follaje se presenta siempre de manera muy irregular, los árboles no invernando ni al

mismo tiempo ni de la misma manera; sin embargo, el conjunto del fenómeno se produce sobre uno a dos meses en la misma época (Oldeman, 1974).

En general, las plantas jóvenes no invernan en una época dada durante los primeros años. Los ciclos foliares inferiores caen progresivamente mientras se forman periódicamente nuevos ciclos conforme crece el tallo, salvo en estación cerca marcada que implica un crecimiento disminuido. Después de la ramificación y cuando las copas tienden a cerrarse, la formación de nuevos ciclos prosigue a lo largo de todo el año, pero la proporción de hojas presentando un mismo ciclo anual se hace más importante y el periodo de inversión se hace más notable. Con la entrada en pica de los árboles, la homogeneidad de la inversión se acentúa notablemente (Oldeman, 1974).

Biología floral

Después de la caída anual de las hojas aparecen las inflorescencias monoicas junto con nuevos brotes vegetativos, principalmente sobre ramas terminales. Estas consta de un eje que tiene alrededor de 12 ramas pubescentes sobre las cuales se distribuyen las flores en un arreglo que corresponde a un cima (George, 1967) (Figura 16).

Las pequeñas flores de color blanco verdoso son de dos tipos, masculinas y femeninas, siendo las últimas más grandes que las flores masculinas y femeninas. Las flores del hule, que son generalmente aromáticas, no tienen pétalos sino solamente un perianto tabular pentalobulado que se divide en cinco segmentos que se angostan hacia la punta donde además se curvan ligeramente hacia atrás. Las flores femeninas se distinguen facialmente de los botones masculinos por su mayor tamaño y su forma más redonda en la parte basal (Figura 5); los clones pueden variar considerablemente en lo que se refiere a la proporción numérica entre flores masculinas y femeninas (George, 1967).

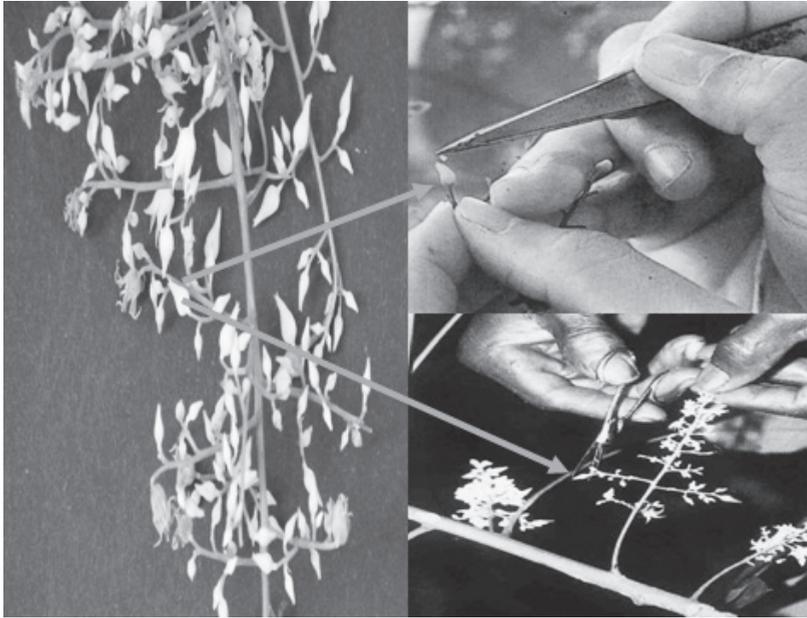


Figura 16. Acercamiento de una inflorescencia con flores femeninas y flores masculinas insertadas lateralmente.

Una inflorescencia madura en un periodo de dos a tres semanas. Los botones florales masculinos se abren antes que los femeninos; la deshiscencia generalmente tiene lugar en la segunda mitad de la mañana y está prácticamente terminada al mediodía. Por esta razón, para los cruzamientos deben colectarse los botones florales masculinos temprano en la mañana (Dijkman, 1951).

Transporte y longevidad del polen y sistema de apareamiento

El polen no es pulverulento y tiende a pegarse. Los primeros investigadores ya habían observado que algunos insectos pequeños deberían ser los principales agentes en el transporte del polen. Los “midges” (familia Heleidae) eran importantes en el transporte del polen de *Hevea* (Warmke, 1952).

En *Hevea* no hay predominancia de la polinización cruzada sobre la autopolinización, aunque los porcentajes de prendimiento de frutos obtenido en polinizaciones artificiales tienden a ser ligeramente después de autofecundarse,

que después de polinización cruzada. Se conocen algunos clones particularmente uatoincompatibles. Por otra parte no se encontró diferencias apreciables en el proceso de desarrollo posterior a la fecundación ni en el porcentaje final de prendimiento de frutos entre ambas formas de polinización. De ahí que se derive que la mayoría de las semillas de un árbol en particular se derivan generalmente de autofecundación, ya que la transferencia intraplanta ocurre más fácilmente que el transporte entre plantas. Esto tiene entre otras cosas, implicaciones de mayor alcance en el caso de los huertos para producción de semilla biclonal, que se supone producen principalmente la cruce entre los dos clones involucrados, pero en realidad, pueden producir una alta proporción de semillas proveniente de autofecundación a menos que uno de los progenitores tenga esterilidad masculina (Dijkman, 1951).

Cuando el polen de *Hevea* se almacena sin precauciones especiales, pierde rápidamente su viabilidad. Se tuvo éxito manteniendo una viabilidad razonable del polen durante 17 días mediante el almacenamiento de anteras en una humedad relativa de 67-80% y a una temperatura de 6°C. el polen almacenado en esta forma fue capaz de lograr fecundación (Majumdar, 1966).

La fecundación

En su hábitat natural, en la selva amazónica, la polinización del hevea sería entomófila (es decir provocada por los insectos que transportan el polen). Sucede igualmente en plantaciones en regiones tan diferentes como Indonesia, Malasia, la hondonada congoleña en Zaire y en Yangambi (Zaire) donde se observa una polinización exclusivamente entomófila, pero también se han notado cosechas abundantes de semillas a pesar de las pocas relaciones existentes entre insectos y que la polinización del hevea es por lo tanto también anemófila. En todo caso, no parece que existen especies de insectos especializados en esta polinización, y desde las primeras introducciones en Extremo-Oriente, el hevea se adaptó perfectamente a ello (Warmke, 1952).

Desarrollo del fruto y la semilla

El desarrollo del fruto de *Hevea* tarda aproximadamente cinco meses hasta alcanzar la madurez. Durante el periodo de desarrollo cae una alta proporción de frutillos, especialmente durante los primeros dos meses después de la floración.

En el caso de polinización artificial, menos del 5% del número inicial de flores femeninas se convierten en frutos maduros. Bajo condiciones naturales los porcentajes de prendimiento de frutos son generalmente mucho menores. La caída prematura de frutos en *Hevea* tiene mucho paralelismo con la que ocurre en los frutos pomáceos de las regiones templadas (George, 1967).

El fruto de *Hevea* es una cápsula trilobular grande que contiene tres semillas del tamaño de una nuez, rodeadas por una testa gruesa que tiene un dibujo característico que es diferente para cada clon y algunas veces se usa como criterio de identificación de clones. Las semillas sin precauciones especiales perderán su poder germinativo en unos cuantos días. Si se guardan en recipientes herméticamente cerrados con polvo húmedo de carbón de madera cuya humedad esté en equilibrio con la de las semillas, la viabilidad se puede mantener hasta por un mes (George, 1967) (Figuras 17 y 18).

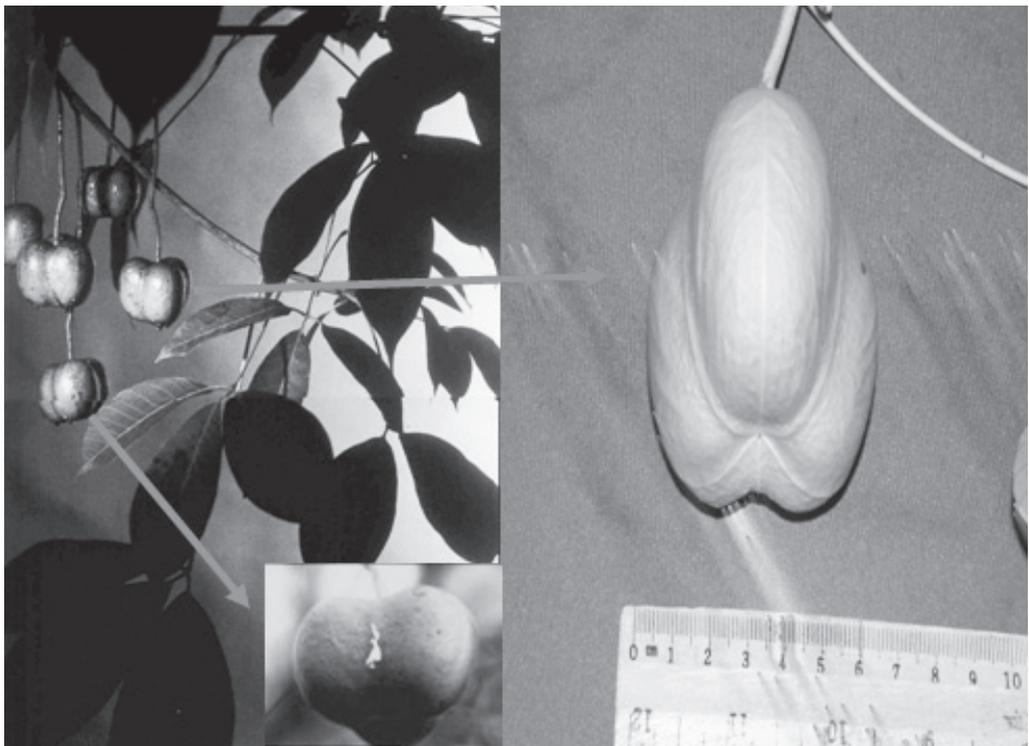


Figura 17. Frutos de *Hevea* intactos.

La germinación

En el momento de la germinación, la radícula se alarga y sale por el poro germinativo. Luego los dos pecíolos de los cotiledones se alargan igualmente tirando la gémula fuera de la semilla. Los cotiledones se mantienen en el interior de la semilla y alimentan la plántula mediante de sus dos pecíolos (Figura 19). Accesoriamente, esta particularidad permite, en este estadio de germinación, dividir la plántula y obtener de esta manera dos individuos genéticamente idénticos en su parte aérea como en su sistema radicular (plantas gemelas). Reservadas estrictamente a fines experimentales, las plantas gemelas constituyen un material muy útil y necesitan un número limitado de árboles para observaciones relativas a un tratamiento simple comparado con su testigo.

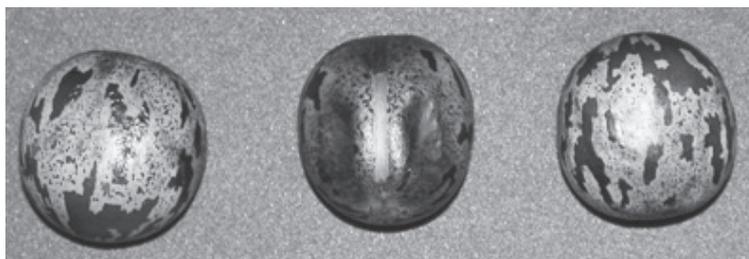


Figura 18. Semillas con su característico dibujo sobre la testa.

Para iniciarse, la germinación requiere una imbibición suficiente de los tejidos internos de la semilla. En los semilleros, la penetración del agua es más o menos rápida según las semillas. Esta penetración puede hacerse más rápida si se quiebra la cáscara. Pero esto tiene que ser realizado de manera muy delicada para que la almendra no se eche a perder.

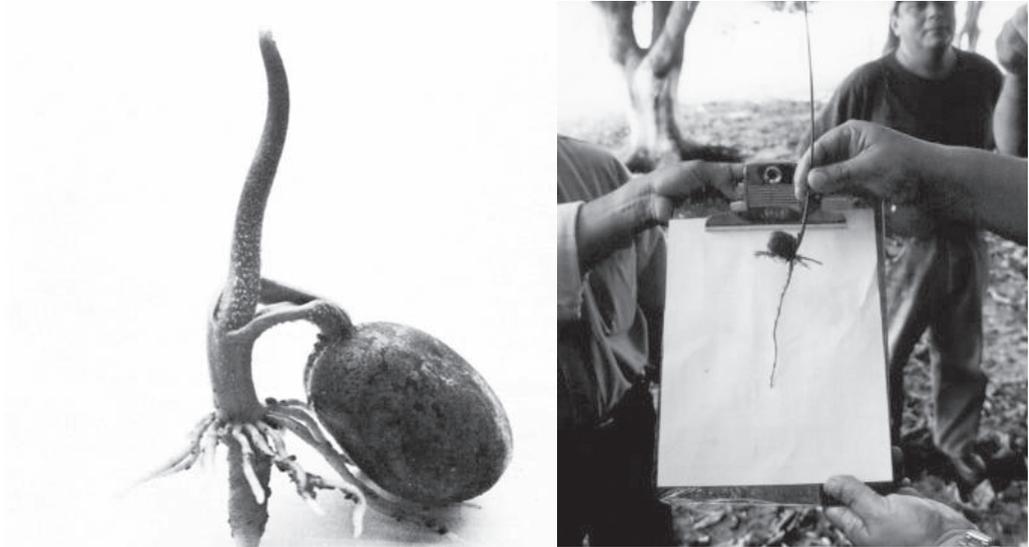


Figura 19. Germinación de semilla del *Hevea*.

Aspectos anatómicos y citológicos del tejido laticífero

El tejido laticífero se encuentra en todas las partes del árbol, desde las raíces hasta las hojas, pasando por la corteza del tronco, sede de la explotación del látex en el *Hevea*. La mayoría de los tejidos del tronco del hevea derivan del funcionamiento de un meristema lateral, la zona generatriz libero-lignosa o cambium. Los tejidos “secundarios” producidos por esta zona generatriz son la madera y el liber. Es preciso añadir (Figura 20) (Gómez, 1982).

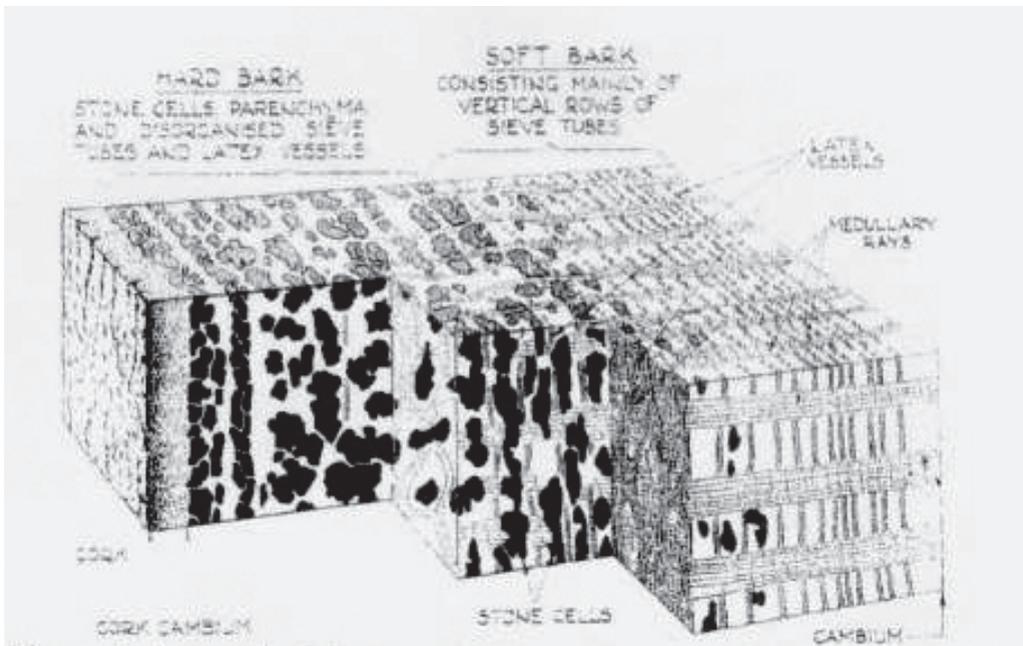


Figura 20. Anatomía del tronco de Hevea.

- Los tejidos primarios (producidos por el meristemo apical del tallo antes de que entre en actividad el cambium): médula, tejidos conductores primarios, tejidos corticales:
- Los tejidos derivados del funcionamiento de otro meristemo lateral, el felógeno o zona generatriz subero-felodérmica, dando lugar a un conjunto de tejidos protectores secundarios: la peridermis.

La madera formada –hacia el interior del tronco– por el cambium constituye un material resistente y conserva su estructura fundamental incluso si los elementos vivos que encierra degeneran y mueren (formación del corazón de la madera, duramente). A la inversa, el liber –formando hacia el exterior– es un tejido frágil, en perpetua transformación; su estructura debe sobre todo adaptarse al aumento diametral del tronco. Es precisamente en este liber donde se diferencian los elementos explotados para la producción de látex: los laticíferos². Estos últimos están dispuestos en mantos concéntricos que corresponden a los ritmos

² Igualmente llamados tubos laticíferos o vasos laticíferos.

de su iniciación por el cambium; se anastomosan entre ellos de a formar una red continua en el interior de cada manto (Figura 20) (Gómez, 1982).

El líber es un tejido complejo y conlleva además de los laticíferos (Esaú, 1965):

- Unos tubos cribados y sus células acompañantes; los tubos cribados son los elementos conductores que llevan a las diferentes partes de la planta, y particularmente al tablero de pica, los metanolitos sintetizados en la corona foliar;
- los elementos parenquimatosos en filas verticales de los cuales una parte esta estrechamente asociada a los laticíferos (“fundas” parenquimatosas de los mantos laticíferos);
- otros elementos parenquimatosos dispuestos en filas horizontales radiales, que forman radios de líber. Estos continúan a través del cambium, hacia la madera (radios lignosos), que comunica de esta manera los dos sistemas (madera y líber).

Únicamente los tubos cribados más recientemente formados (y por ende más cercanos al cambium) son funcionales. Constituyen una estrecha banda de floema conductor, en la parte más profunda (la más joven) del líber: el espesor de esta banda varía en promedio en 0.2 a 1 mm en los árboles adultos. Los elementos cribados encontrados en otras zonas de la corteza no son ya funcionales; están frecuentemente deformados o aplastados bajo la presión de los tejidos vivos que los rodean. Una consecuencia importante de este reparto de los tubos cribados funcionales concierne la alimentación de los laticíferos; la mayoría de los mantos se encuentran en efecto localizados fuera de la banda de floema conductor. Esto implica un tránsito horizontal a través de los radios de líber de los metabolitos necesarios para la síntesis del caucho, desde los tubos cribados funcionales hasta los laticíferos situados en las zonas más viejas de la corteza (Gómez, 1982).

Función de la madera en la alimentación de los laticíferos

La madera, tejido conductor del agua y de las sustancias minerales, acumula igualmente reservas, almidón básicamente. Puede así mismo participar en la alimentación de los laticíferos, no sólo en agua e iones disueltos, sino también

en azúcares precursores de la síntesis del caucho. Los radios vasculares parecen constituir la vía privilegiada del tránsito horizontal entre la madera y el líber que encierra los mantos laticíferos (Gómez, 1982).

El látex: citoplasma laticífero

Los estudios citológicos sobre el látex recolectado en el momento de la pica era el contenido de los laticíferos. Por lo tanto, puede ser considerado como un verdadero citoplasma celular del cual es fácil aislar los elementos constitutivos (Companion, 1986).

Los órganos del látex

La ultra centrifugación del látex frescamente recolectado permite diferenciar hasta once zonas diferentes.

Existen tres zonas principales correspondiendo respectivamente a (Companion, 1986):

- Una fracción ligera, constituida esencialmente por caucho;
- Una fracción acuosa y limpia llamada suero citoplasmático o suero C;
- Una fracción pesada que contiene diversos organitos entre los cuales los lutoides representan la mayor parte. Este sedimento de centrifugación, tratado de manera que se destruyan las membranas de las partículas que lo constituyen, da el suero de sedimentación o suero S (B serum en inglés). A veces se le llama de manera abusiva suero lutoídico.

Si W.A. SOUTHORN citado por Companion 1986, describió ocho tipos de organitos en el seno del látex, seis únicamente caracterizados.

Las partículas del látex

Las partículas de látex son las más numerosas. Representan de 25 a 45% del volumen total. Esféricas, ovoides o piriformes, tienen un tamaño extremadamente variable, que puede ir de 60 Å a 5 o 6 μm. Están envueltas por una fina envoltura fosfolipoproteica de composición compleja. Su superficie presenta una carga electronegativa que tiende a empujarlos uno contra el otro, garantizando así mismo la estabilidad coloidal del látex (Companion, 1986).

Los lutoides

Descubiertos por L.N.S. de HANN HOMANS y G. E. VAN GILS en 1948 en el sedimento amarillento de centrifugación a baja velocidad y llamados lutoides a causa del color del sedimento, estos organitos representan de 10 a 20% del volumen del látex. J. RUINEN mostró que no eran ellos los que coloreaban el sedimento, pero sin embargo conservaron su nombre. Contando con un diámetro de 2 a 10 μm , los lutoides están delimitados por una única membrana semipermeable, muy rica en ácido fosfático, pudiendo explicar la carga electronegativa de su superficie. Se observan micro inclusiones y estructuras proteicas de fibras particulares que parecen desaparecer en los lutoides de formación más antigua (Companion, 1986).

Requerimientos ambientales

El árbol del hule es una planta tropical de rápido crecimiento que prospera en una gran diversidad de ambientes; sin embargo, requiere una serie de condiciones ecológicas ideales para lograr desarrollo y rendimiento óptimos (Picón, 1999).

Según el Gobierno del estado de Tabasco –GET– (1995), las principales condiciones ecológicas requeridas para el establecimiento del cultivo del hule deben ser:

UBICACIÓN GEOGRÁFICA. El hule es cultivado en la región ecuatorial entre 10° latitud norte y sur, con mayor producción entre los 6° latitud norte y sur. Sin embargo, muchos países productores de hule están geográficamente fuera de la región ecuatorial y han venido estableciendo plantaciones de hule como son los casos de Bangladesh que tienen plantaciones entre 20° y 24° latitud norte y en Brasil con plantaciones que están entre 20° y 21° latitud sur. En México, en los estados de Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Veracruz; se dispone de importantes áreas con suelos y climas propios para el desarrollo del hule *Hevea*.

TEMPERATURA. Webster (1989) menciona que la media anual recomendada para el cultivo del hule es de 28° C, considerando a las temperaturas óptimas de 26° a 36° C, las temperaturas mayores a los 30° C (media anual) se consideran no óptimas malas para el cultivo del *Hevea* (cuadro 11).

Cuadro 11. Influencia de la temperatura sobre el cultivo del hule (GET, 1995).

Temperatura media (°C)	La temperatura media sobre el desarrollo y la producción.
26°-27°	Los arboles se desarrollan exuberantemente
20°-30°	Favorable para el desarrollo y flujo de látex
18°	Temperatura critica para el desarrollo
15°	Temperatura critica para la diferenciación de tejidos

Las temperaturas bajas afectan el crecimiento y el rendimiento del hule; en ocasiones coinciden con una baja en la precipitación, esto sucede de diciembre-abril. Al mismo tiempo los árboles entran en reposo a principios de febrero (GET, 1995).

El árbol puede crecer en regiones más frescas que las recomendadas, pero su crecimiento será más lento y menor su rendimiento de látex. Aún así, muchos clones disminuyen su rendimiento debido a las bajas temperaturas (Cuadro 12) (Picón, 1997).

Cuadro 13. Influencia de la temperatura en el desarrollo fisiológico del cultivo del hule (GET, 1995).

Temperatura (°C)	Influencia sobre el desarrollo
40°	La tasa de transpiración excede la fotosintética, dando lugar aun retraso en el desarrollo, además de chamuscar Hojas Jóvenes.
27°- 30°	Rango óptimo para la fotosíntesis
22° - 28°	Favorable para el flujo del látex
<18° o > 28°	Descenso de la producción
18°	Las células se dividen normalmente para mantener el crecimiento y desarrollo del árbol
10°	La mitosis en células pueden efectuarse pero la fotosíntesis se afecta debajo de este punto
< 5°	Inician daños por frío
< 0°	Severos daños por frío

PRECIPITACIÓN. El rango más recomendado es de 2,000 a 4,000 mm anuales con 100 a 150 días lluviosos por año con una distribución buena durante el año, sin una estación seca prolongada. La media es de 1,400 a 2,000 y se considera mala a menores de 1,400 o mayores de 4,000 mm/año (Aguirre, 1996). Los efectos por déficit de humedad de 180-220 mm en tres meses por año, si afectan severamente el crecimiento del árbol del hule. Esto varía según el tipo del suelo, en este caso los que presentan mayor cantidad de arena (Companion, 1996).

Según García (1989), con respecto a los tipos climáticos, el hule obtiene un buen desarrollo en los denominados Aw hasta el Am.

Deben evitarse los lugares o sitios donde llueven entre las 03:00 am y las 10:00 am porque tales lluvias estorban la sana explotación de los árboles. Picar sobre un papel mojado provoca una mayor incidencia de enfermedades del papel y pérdidas de látex que ocurre sobre el lado del corte. Si llueve inmediatamente después de la pica, las tazas se llenan de agua y se pierde la totalidad del látex (Companion, 1996). Son recomendables las regiones en las que las neblinas nocturnas se limpian antes de las 8:00 de la mañana, porque cuando se prolongan más favorecen a los hongos que causan enfermedades en el árbol del hule (GET, 1995).

VIENTOS. Aguirre (1996), recomienda que es conveniente evitar plantaciones en lugares donde los vientos superen los 60 km por hora, pues las ramas de los árboles se desgajan fácilmente.

Las plantaciones no deben de hacerse en lugares abocinados o regiones que se encuentren en la trayectoria de vientos huracanados estacionales. Los vientos fuertes a veces derriban los árboles, especialmente en los suelos sueltos, o quiebran los troncos o ramas principales. Para la protección contra los vientos fuertes que ocasionalmente ocurren o pudieran ocurrir en cualquier lugar, la siembra de una cortina rompe vientos con bambú será suficiente (Ibid).

SUELOS. Esto incluye latitud, topografía, profundidad y características físico-químicas del suelo y se deben tener las siguientes características (Companion, 1996):

- a) Altitud. La altitud óptima es de 200 msnm y que se debe considerar que por cada 100 m el periodo de inmadurez puede extenderse por seis meses.
- b) Topografía. Al escoger los terrenos para la plantación, es aconsejable

evitar las pendientes pronunciadas, prefiriendo los terrenos casi planos o ligeramente ondulados con ligera pendiente. Deben destacarse los terrenos quebrados.

Los terrenos con pendiente son menos fértiles que los planos, son más afectados por la erosión y en ellos es más difícil y costosa la explotación de los árboles. En los terrenos con poca pendiente es posible usar maquinaria para controlar la maleza, aplicar fungicidas, insecticidas y fertilizante, abrir caminos y transportar materiales, lo que a menudo repercute en buenos ahorros. La pendiente óptima es de 0 a 12%, una pendiente entre 12 y 20% se considera media y mayor a 20% es mala. Cabe hacer mención que en múltiples países se realiza el cultivo en lomas con uso de terrazas y curvas de nivel con magníficos resultados pero con altos costos (Webster, 1989).

Los terrenos ligeramente inclinados gozan de otra ventaja, que es la ventilación. El aire no se estanca, sino circula, secando los paneles de pica y el follaje, manteniendo así un ambiente menos propicio para el desarrollo de los hongos que causan enfermedades. En recodos encerrados las neblinas nocturnas frecuentemente duran muchas horas después de haber disipado éstas en las partes mejor ventiladas de las plantaciones y es fácil notar en casi todos los casos una mayor incidencia y severidad de enfermedades entre los árboles en sitios tan desfavorables.

- c) Profundidad y drenaje. El árbol del hule requiere de suelos profundos de 1 a 2 m, para un firme anclaje, que no estén en partes bajas que se inundan durante la temporada de lluvias más de 50 cm o que aflore el manto freático y que no se encuentren a la orilla de ríos que cambien constantemente de curso o se desborden.
- d) Características físicas y químicas. Este cultivo prospera bajo los diferentes de suelos ácidos existentes en el trópico húmedo, aunque su mayor desarrollo lo obtiene en los de una textura franca, migajón arcillo-arenoso, preferentemente suelos ácidos con un pH de 4 a 5.9, siendo el pH óptimo de 4.0 a 5.5. los suelos aptos son principalmente los Ferrosoles y los Vertisoles, y en segundo término los Plenosoles (Webster, 1989).

Principales causas de la baja productividad del hule

Relieve

El Hevea se puede plantar tanto en terrenos accidentados como en terrenos planos. Sin embargo, desde el punto de vista del costo de establecimiento y de explotación, los terrenos planos o de pendiente ligera son más favorables. La preparación y el mantenimiento del terreno no se pueden hacer con medios mecánicos cuando la pendiente es superior a 10-15%. Por otro lado, los terrenos con pendiente deben contar con obras de protección contra la erosión. Los terrenos accidentados también presentan un problema para la recolección y un mayor riesgo de pérdidas accidentales de látex (CMH, 1998).

Cuando la pendiente es superior a 4-5%, se recomienda sembrar en curvas de nivel. Cuando la topografía general de una zona dedicada a la heveicultura permite plantar sin tener que hacer molestas parcelaciones, se intenta limitar la plantación de terrenos con más de 15% de pendiente y se evita la plantación de terrenos con pendientes superiores a 25-30% (CMH, 1998).

Profundidad

El sistema radicular del Hevea es a la vez pivotante y radial. El volumen de alimentación explotable por las raíces laterales depende de la profundidad del suelo. El buen desarrollo de las raíces pivotantes también es importante para una mejor anclaje al árbol y mejora las posibilidades de aprovisionamiento de agua de la planta durante la temporada de seca (Vernou, 1980).

La profundidad del suelo está limitada por la roca madre, o por la capa friática, pero también por capas muy densas de elementos gruesos, tales como cuarzo, óxido ferroso, aluminio que son frecuentes en las regiones tropicales y pueden formar horizontes compactos más o menos extendidos llamados corazas (Vernou, 1980).

Las profundidades más favorables para el Hevea son las superiores a 1-1.5 m. una profundidad del orden de 1 m es aceptable e incluso buena si las características físicas del suelo son convenientes. Resultados mediocres son inevitables con profundidades de 0.80 a 1 m, las cuales deben proscribirse si el suelo es ligero ya

que el riesgo de desenraizamiento se acrecienta mucho para los árboles adultos; sin embargo, pueden ser convenientes para viveros si el suelo tiene pocos elementos gruesos (Vernou, 1980).

Propagación y producción de plantas de hule

El hule se propaga de dos maneras:

- Por la vía generativa, esto quiere decir por semillas: es el método de reproducción natural. Este método es aún utilizado en casos particulares en ciertos países del Extremo-Oriente que disponen de semillas con un valor probado. Este material negativo tiene la ventaja de ser más rústico, pero en general no se alcanzan los mismos niveles de producción que con los árboles injertados (Sherpherd, 1969).
- Por vía vegetativa: este es el método de reproducción utilizando a gran escala para el establecimiento de plantaciones. En la práctica, por multiplicación vegetativa entendemos exclusivamente el método de injertación en escudete. También podemos mencionar la multiplicación por estaca, sin embargo, por el momento sus resultados no han sido excelentes. No obstante, la utilización de la multiplicación por estacas a escala industrial, a reserva de poder reproducir fielmente el conjunto de características del árbol madre, permitiría una nueva progresión en la multiplicación vegetativa de material vegetal seleccionado para la obtención de plantaciones con alto nivel de producción (Sherpherd, 1969).

Dado que las semillas de Hevea pierden su poder de germinación en algunas semanas, es importante recolectarlas y ponerlas a germinar tan pronto como sea posible después de que hayan caído. A continuación indicaremos los trabajos efectuados sobre la conservación de las semillas en medio controlado. De estos trabajos resulta que se pueden conservar semillas con un poder germinativo correcto durante 3 o 4 meses (IRCA, 1980).

Las camas de germinación están formadas por (Figura 21) (IRCA, 1980):

- Una banda de aproximadamente un metro de ancho y lo largo que se

requiera. Estas bandas están limitadas por tablas y constituidas por tierra ligera, de 5 a 10 cm de espesor (arena o aserrín, en ocasiones mezclados), lo que permite a las raicillas desarrollarse con facilidad. Generalmente, en un metro cuadrado de semillero se pueden colocar 1,000 semillas.

- Un techo-sombra (generalmente hecho con hojas de palma) instalado a un metro de altura permitiendo resguardar las plántulas; en zonas forestales, después de haber desmochado la maleza, las semillas se pueden colocar bajo la sombra de los árboles restantes. De igual manera se pueden colocar en las calles de las plantaciones de hule existentes, aprovechando así la sombra natural. Las semillas se colocan una junto a la otra, la parte ventral muy ligeramente enterrada en la arena o el aserrín.

Las raicillas comienzan a aparecer en el plazo de una a tres semanas. Unas veces transcurridas este tiempo, las semillas que no hayan germinado se eliminan.

El mejor momento para transportar las semillas es cuando la radícula ya tiene raicillas-estadio conocido como “pata de araña” – y antes que el tallo se desarrolle.



Figura 21. Semillero en la región de Tuxtepec, Oaxaca.

Vivero

Dejando de lado los injertos efectuados sobre plantas obtenidas de semillas puestas directamente en campo, todos los demás métodos de plantaciones requieren necesariamente la creación de viveros (Gener, 1977) (figura 22).

Viveros de piso



Figura 22. Vivero de piso de *Hevea*.

Selección del terreno

Se escogerá de preferencia un terreno plano o con una pendiente muy ligera con el fin de ayudar al drenaje natural. Sin embargo, el suelo de un vivero esta especialmente expuesto a la erosión por el hecho de que el terreno debe estar muy trabajado (extracción de un máximo de raíces) y de que durante los primeros meses, necesariamente estará desnudo. Se deberán evitar las pendientes superiores a 2 o 3 %, de lo contrario, se tendrá que tomar medidas anti-erosión (CMH, 2002a).

Los suelos para vivero se seleccionarán entre los suelos que permitan al sistema radicular desarrollarse de la manera más homogénea. Podrán ser relativamente ligeros, pero con una profundidad suficiente (cuando menos un metro) y exentos de capas endurecidas (Webster, 1989) (Figura 23).



Figura 23. Suelos aptos para el cultivo del *Hevea*.

La mayoría de las veces las características químicas deberán corregirse agregando fertilizantes completos. El vivero tendrá que estar localizado forzosamente cerca de fuente de agua (Companion, 1996).

Preparación del terreno

Es necesario descepar la totalidad del terreno y mullir la tierra sobre una profundidad de 40 a 60 cm según los tipos de suelos, para permitir a las plantas desarrollar su sistema radicular y, sobretodo, la raíz pivotante, la cual es el elemento básico para la instalación definitiva de la plantas (CMH, 2001a).

Para la preparación de grandes superficies, con una labranza cruzada con arado de disco y una nivelación con pulverizador, en general se obtendrá un resultado satisfactorio (CMH, 2001a).

Marcos de siembra y densidad

Existen numerosos marcos de siembra en un vivero. Sin duda alguna el objetivo a alcanzar será obtener plantas con un crecimiento vigoroso y obteniendo la mejor homogeneidad posible. Para lograr esto, es preciso poner las plantas jóvenes en iguales condiciones de competitividad. Después de mucha experimentación, se ha elegido el marco de siembra en líneas generales (espaciamiento sobre la línea: 20 cm, distancia entre las hileras: 25 cm), con un espacio de 70 cm entre ellas; las semillas se colocan al tresbolillo (CMH, 2002a).

Este marco permite una densidad teórica de alrededor de 105, 000 plantas por hectárea. Teniendo en cuenta los acondicionamientos necesarios (acceso, trabajos anti-erosion, etc.), que reducen de cerca del 20% el número de plantas posibles, se puede contar con 85,000-90,000 plantas por hectárea.

Después de la eliminación selectiva efectuada en los porta-injertos y después de la injertación, por hectárea quedarán entre 45,000 y 50,000 plantas injertadas listas para ser plantadas. Se acepta que una hectárea de vivero de campo provee, en general, el material vegetal necesario para 50 hectáreas de plantación (Picon, 1997).

Riego

La posibilidad de instalar un dispositivo de riego es una de las ventajas de un vivero. Este dispositivo es particularmente en los países contando con periodo de seca marcado. Una red de atomizadores movibles permite una instalación a menor costo. Es necesario ajustar las necesidades en agua a 15 mm por riego, dos veces por semana, resultando en una aportación total del orden de 120 mm al mes para un mes sin lluvias (CMH, 2002).

Selección de semillas

Cuando sea posible, se recomienda utilizar semillas clonales llamadas “ilegítimas” (semillas en las que sólo se conocen el origen materno) como porta-injerto, de

preferencia de cualquier origen. El objetivo es la obtención de porta-injertos con buen crecimiento homogéneo, cuya aptitud de combinación con el clon de injerto sea la mejor y que, a fin de cuantas, mejoren la productividad media del cultivo (Webster, 1989).

Traslado de semillas germinadas al vivero

Las semillas preparadas en camas de germinación se pasan al vivero al alcanzar el estadio “pata de araña”. Ya que las raicillas son frágiles, es necesario tomar precaución al momento del trasplante. Gracias a la utilización de una plantilla de siembra, se marcan los lugares donde quedarán las semillas; se colocan en los hoyos así formados y se cubren ligeramente con tierra húmeda, previamente regada. La colocación se debe hacer por la mañana, de preferencia temprano (CMH, 2002a).

Mantenimiento

Para obtener porta-injertos vigorosos y homogéneos, las plantas jóvenes se deben mantener en las mejores condiciones de desarrollo. Para esto, es necesario controlar la vegetación adventicia, lo que se puede hacer manualmente (300 jornales por hectárea el primer año aproximadamente), o químicamente (antes de plantar), en cuyo caso el ahorro en mano de obra es muy importante (Companion, 1996).

Sin embargo, el problema de la maleza se presenta principalmente durante los tres o cuatro meses después de la colocación de las semillas. Durante este periodo, la utilización de herbicidas se vuelve delicada dada la fragilidad de las plantas de hule jóvenes. Es posible utilizar algunos herbicidas preemergentes, sin embargo se debe de tener en consideración las condiciones climatológicas y la composición del suelo: arenoso, arcilloso, etc. (Companion, 1996).

Control de las enfermedades de hojas

Es frecuente que los viveros se detecten enfermedades criptogámicas en hojas jóvenes. Son generalmente causadas por *Gloeosporium* o *Helminthosporium*, aunque según la localización geográfica, se pueden manifestar otros hongos (Picon, 1997).

Los ataques importantes conllevan a bloquear el crecimiento de las plantas jóvenes, comprometiendo así mismo la calidad del material vegetal de las futuras plantaciones. Es por lo tanto necesario controlar el estado sanitario de los viveros por medio de pulverizaciones de fungicidas apropiados, de preferencia con la ayuda de equipos motorizados (Picon, 1997).

Protección contra los daños causados por animales e insectos

Generalmente el número de plantas crecidas en un vivero corresponde a las previsiones de requerimiento en material vegetal necesario para la realización de una superficie a plantar. Es importante evitar las pérdidas que puedan causar los animales e insectos. Los daños más frecuentes son ocasionados por roedores (semillas, plantas jóvenes) y cérvidos (corteza, hojas tiernas). Los métodos para combatirlos son, ya sea la caza, ya sea el uso de cebos envenenados o de repulsivos. En ocasiones, es necesario cercar el vivero. En lo que se refiere a los insectos (arácnidos, saltamontes principalmente), la pulverización de insecticidas apropiados permite un buen control (Webster, 1989).

Fertilización

Teniendo en cuenta la densidad de plantas por hectárea y su crecimiento rápido, es necesario prever (en función del tipo de suelo) un abono relativamente importante que se debe aplicar como abono de fondo al momento de preparar el suelo, y luego mediante fertilizaciones fraccionadas (CMH, 2002a).

Vivero de material desarrollado

Este tipo de vivero cada día es más utilizado ya que presenta numerosas ventajas y entre ellas (CMH, 2002a):

- La posibilidad de utilizar con más posibilidades de éxito plantas de un año, y en ocasiones aún más jóvenes;
- La posibilidad de extender el periodo de plantación sobre más de seis meses.

Sin embargo, hay ciertos inconvenientes que se deben subrayar, sobre toda

las deformaciones del joven sistema radicular. Estas últimas pueden incluir ciertos defectos irreversibles en el sistema radicular los cuales podrían tener consecuencias en el desarrollo de los árboles a largo plazo (GET, 1995).

Selección del terreno

El éxito de un vivero en bolsas de polietileno esta estrechamente vinculado con el tipo de tierra que rellenará las bolsas. En efecto, si la tierra no es suficiente arcilla (25% de arcilla como mínimo), los terrenos serán desmenuzables y se pulverizarán en el momento del traslado del vivero al campo. En este caso las raíces se quebrarán, y el beneficio de este método será perdido (CMH, 2002a) (Figura 24).



Figura 24. Selección del terreno de Uxtapanapa, Veracruz.

Por lo tanto, es necesario tener un terreno suficientemente arcilloso, suficientemente plano para evitar cualquier trabajo de acondicionamiento que siempre será costoso, además de estar cerca de una fuente de agua. Las bolsas de polietileno también pueden colocarse a lo largo de los caminos y podrán ser regadas por camiones cisterna (Companion, 1996).

Preparación de las bolsas

Preferentemente las bolsas serán de color negro. Las dimensiones pueden ser variables, siendo las mínimas de 40 cm de alto, con un diámetro de 15 cm y un espesor de 8/100 (Figura 25).



Figura 25. Viveros Tres Hermanos, Tuxtepec, Oaxaca.

Al momento de llenar las bolsas, es necesario compactar bien la tierra. También es importante hacer hoyos en los costados de las bolsas hacia el fondo y hacer uno más importante en el fondo, no sólo para permitir a la raíz pivotante de la planta joven de atravesar la bolsa sin dificultad.

Dispositivo y densidad

Las bolsas de polietileno se colocan en hileras dobles dejando 120 cm entre ellas. Este dispositivo permite tener una densidad teórica de alrededor de 110,000 bolsas. Considerando los acondicionamientos necesarios (caminos, trabajos anti-

erosion, etc.), reduciendo de un 20% el número de emplazamientos posibles, se obtendrá de hecho una densidad de 85,000 a 90,000 bolsas por hectárea de vivero. Según las condiciones, una hectárea de vivero puede abastecer el material vegetal necesario para la plantación de 60 a 70 hectáreas.

PRODUCTIVIDAD EN PLANTACIONES

Introducción de la productividad en plantaciones

En el pasado, el *Hevea* se ha considerado frecuentemente como un árbol poco exigente y que se acomoda en suelos donde la fertilidad insuficiente no permite otros cultivos. De hecho, si sólo consideramos la fertilidad química, en general deficiente en los países húmedos, el hevea es menos exigente que otros cultivos tales como el cacao o el café. A reserva de aportar los elementos fertilizantes que necesita, puede presentar rendimientos aceptables donde otros cultivos podrían no ser rentables. Sin embargo el *Hevea* tiene sus exigencias propias (Companion, 1958).

Antes de proceder a la plantación, un examen muy detallado del terreno permitirá determinar precisamente las zonas favorables donde se podrá plantar en buenas condiciones. Esto permitirá además hacer un plano de los suelos. Esto es muy deseable cuando existe cierta heterogeneidad pedológica en una gran extensión, la fertilización debiendo ser manejada en función del material vegetal (clon) y del tipo de suelo (RRIM, 1977).

No se puede aquí entrar en el detalle de todos los elementos que se toman en consideración para hacer la discriminación de superficies plantables. Ciertos suelos, aunque no presenten las condiciones más favorables, pueden no obstante ser aceptables sabiendo que el hevea no dará en estas zonas su mejor producción (Nicolas, 1979).

Para un conocimiento más amplio de los suelos heveícolas, es preciso referirse a los trabajos realizados por especialistas en las tres últimas décadas, en los cuales han registrado sus observaciones sobre la amplitud o no de una gran variedad de suelos tropicales con referencia al hevea y han definido y descrito a detalle la gran mayoría de los suelos en los cuales se encuentra sembrado el hevea (RRIM, 1977).

Produccion de plantas injertada

Las primeras plantaciones de hule se establecieron con árboles originarios de semillas, los cuales no reproducían las características de los árboles madre. La propagación vegetal es el único método que retiene dichas características en la progenie; este es un proceso asexual en que las plantas se multiplican por partes vegetativas (CMH, 2002b).

El árbol del hule se propaga vegetativamente en forma comercial por injerto de yemas, el cual consiste en añadir una yema dormante de un árbol deseable sobre una planta patrón de origen mezclado. Este método inicialmente se usa para reproducir un número de individuos provenientes de un sólo árbol, conocido como clon. Posteriormente, la propagación ilimitada de tal clon se realiza por el injerto de yema, usando varetas de plantas jóvenes establecidas en jardines de multiplicación (Companion, 1996).

El injerto es una de las mejores aportaciones en el perfeccionamiento de la propagación de hule y actualmente se propaga en forma comercial por el método Forkert modificado, con las técnicas de injerto en café e injerto en verde (CMH, 2002b).

Los viveros para la producción de patrones, pueden ser de dos tipos: a) los de piso, que originan dos materiales de siembra; tocón con yemas dormidas y raíz desnuda y el tocón con brote clonal desarrollado durante 18 meses; y b) los viveros de bolsa de polietileno, en los que producen materiales de siembra avanzados con brotes clonales de dos y tres ciclos de hojas maduras. Para ambos tipos de viveros, es necesario establecer semilleros, de los cuales se obtienen las semillas germinadas que posteriormente se transplantan al terreno o a las bolsas de polietileno, según sea el caso (Picón, 1997).

Producción de tocones en vivero de piso (CMH, 2002b):

Ubicación del vivero: El terreno debe ser de preferencia plano (con pendientes no mayores al 2 por ciento) y bien nivelado, para evitar encharcamientos a causa de las lluvias, establecer el vivero cerca de los jardines de multiplicación, para facilitar la aportación de yemas y situarlo cerca de una fuente de agua, ya que en los meses de diciembre a mayo la precipitación es escasa y necesitan riegos de auxilio.

Preparación del terreno: Esta es muy importante, ya que si es inadecuada afectará la forma, tamaño y calidad de la raíz, pues frecuentemente en el vivero crecen plantas torcidas a partir del nudo vital, llamadas “cuello de ganzo”; o bien sus raíces presentan diversas deformaciones, por lo cual no sirven para injertarse.

Época de siembra: La época adecuada para sembrar el vivero es del 15 de septiembre al 15 de noviembre, aunque este periodo se puede alargar hasta el 30 de noviembre, siempre y cuando se cuente con semilla y agua suficiente para los riegos de auxilio.

La semilla debe trasladarse al vivero cuando comience a germinar y antes de que la raíz alcance 1centímetro de longitud; así esta germinará en un estado conocido como “pata de araña”, ya no debe sembrarse. Las plantas deben trasladarse en cubetas de agua, pues además de evitar el daño de la raíz, ayuda a mantenerlas húmedas.

Conviene utilizar una macana o espeque y una vara marcada con la distancia a la que se va a sembrar, por lo general a una profundidad de 3.5 a 4.5 centímetros, para colocar la semilla como en el semillero posteriormente se cubre con tierra.

Distancia de siembra en vivero: Esta varía según el tipo de material de plantación que se desee obtener. Para tocones con yemas dosrmidas y raíz desnuda se sugiere sembrar a 50x50, 60x30 o 60x15 centímetros, con las que se obtienen densidades de 34, 572; 48, 096 plantas por hectárea respectivamente.

Resiembra: El mismo día en que se siembra el vivero, debe establecerse un pequeño semillero, para que diez días después se resiembre en las fallas existentes.

Riego de auxilio: Si se cuenta con sistema de riego, se deben dar riegos de auxilio durante los meses de diciembre a mayo, con intervalos de 10 o 20 días, según disminuya la humedad del suelo.

Selección de la planta patrón: Para injertar plantas de pie franco de gran vigor, conviene seleccionar éstas cuando tengas dos, tres y cuatro ciclos de hojas maduras, eliminando aquéllas son daños por enfermedades y plagas o de escaso vigor en su crecimiento.

Fertilización: Debe fertilizarse tres veces durante su ciclo. La primera aplicación se realiza a los 60 días de edad, para lo cual se utilizan 10 gramos por planta de la fórmula 17-17-17. La segunda y tercera aplicación se efectúa a los 120 y 180 días, respectivamente, en igual dosis. El fertilizante puede aplicarse indistintamente, ya sea en círculo o en banda, a una profundidad de 2 o 3 centímetros; conviene iniciar su aplicación cuando el primer ciclo de hojas esté maduro y evitarlas 30 días antes del injerto.

Control de malezas: Mantener las plantas de hule libre de malezas durante los primeros días después del trasplante, para lo cual debe implementar un control químico preemergente. Si se prefiere el control manual, realizarlo a los 20 días después del trasplante en el vivero, ya sea en forma manual o con azadón.

Jardín de multiplicación

Se establece igual que el vivero, con el propósito de contar con las varetas portayemas para el injerto en “café” o en “verde”. Debe tener una distancia de 1.0 por 0.5 metros entre hileras y plantas respectivamente. Cuando el patrón se descopa, se estimula la brotación de la yema, que después de 12 meses de desarrollo y podas continuas produce varetas de un metro de longitud, con 25 a 30 yemas para realizar el injerto. Las varetas se recortan en diagonal de 25 a 30 centímetros arriba del injerto. Después del segundo año, se deben seleccionar dos brotes por plantas, para duplicar la producción de yemas (CMH, 2002b) (Figura 26).



Figura 26. Jardín de plantación de Tuxtepec, Oaxaca.

Injerto (Companion, 1996):

Injerto en café: para la realización de este tipo de injerto, el vivero debe reunir las siguientes condiciones:

- Humedad suficiente en el suelo para un buen flujo de savia en la planta y facilitar el despegue de la corteza.
- El grosor de la planta patrón debe ser de 2 a 2.5 centímetros, a una altura de 5 centímetros sobre el nivel del suelo.
- La varetta portayemas y los patrones se desinfectan. El injerto se hace a 5 centímetros del suelo.

Injerto del verde (Companion, 1996): para obtener el “tocon” de yemas dormida injertada en verde, la planta debe tener un grosor mínimo de 8 milímetros a una

altura de 3 centímetros del suelo, lo cual ocurre entre el quinto y sexto mes después de la siembra. Las varetas portayemas que se utilizan son delicadas, por ello requiere mucho cuidado, ya que los tejidos vegetales están tiernos y pueden dañarse con facilidad. Las varetas de un año de edad de un jardín de multiplicación se cortan de una altura de 1.2 metros, tratando de que la poda quede 5 centímetros por encima de las cicatrices foliares formadas por un ciclo de hojas (Figura 27).

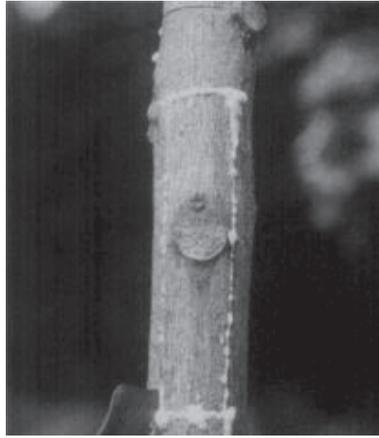


Figura 27. Injerto en verde.

Ventajas del injerto. Cuando se realiza en café, el material injertado puede permanecer en el vivero por más de 12 meses, sin disminuir el porcentaje de prendimiento cuanto se siembra en el lugar definitivo. Además el abasto de yemas es más eficiente con este tipo de injerto.

En cuanto al injerto en verde, se tiene mayor tiempo para realizarlo, la planta puede utilizarse el mismo año, el arranque y el empaque del tocón es más rápido y económico y el terreno se puede utilizar en forma intensiva.

Desventajas del injerto. En el injerto en café es que la planta no se utiliza en el mismo año, esto ocasiona gastos en el mantenimiento del vivero. El arranque y empaque de los tocones es más laborioso, aumentando el costo de la producción. El injerto en verde requiere de injertadores con experiencia, además de la programación de las actividades, las cuales deben ser sin errores.

Establecimiento y manejo de plantaciones en desarrollo

Para establecer y mantener en el terreno definitivo los materiales de plantación (tanto tocones a raíz desnuda como desarrollados en piso o en bolsas de polietileno), se requiere aplicar las prácticas de cultivo adecuado y oportunamente, cuyo resultado serán plantaciones con desarrollo óptimo y con rendimientos aceptables desde el inicio de la producción (CMH, 2002c) (Figura 28).

Preparación del terreno

La única labor que se recomienda para el establecimiento del hule, es la eliminación de la maleza o vegetación por el método más accesible para el productor (CHH, 2002 d).

Limpieza (CMH, 2002c)

Se recomienda la total eliminación de la vegetación existente. Si las condiciones topográficas lo permiten, esta labor se debe mecanizar. En el caso de terrenos quebrados, la maleza no se eliminara por completo.

Trazo y trabajos anti-erosion

El trazo de la plantación está determinado por la topografía del terreno. Para terrenos planos, la línea de plantación debe orientarse de norte a sur a efecto de facilitar el paso del viento, si el viento constituye una amenaza en la región. En terrenos accidentados, es recomendable realizarlo en curvas de nivel y con trabajos de protección anti-erosiva tales como terrazas y/o taludes (CMH, 2002d).

Establecimiento de coberteras

La cobertera más usual es el *Kudzú* tropical cuyas ventajas se resumen en ser un fijador natural del nitrógeno. Reduce la erosión y controla la maleza. El *Kudzú* se siembra por semilla o esqueje. Se distribuye a tres bolillo, conservando una distancia de 2 m a la línea de plantación del hule. Es necesario conservar la cobertera sobre todo el primer año de plantación (Picón, 1997).

Apertura de cepas (ahoyadura)

El tamaño de la cepa depende del tipo de materia a plantar. Para el caso de tocón a yerma dormida, se recomienda que las dimensiones de la cepa sea de 0.35x0.50 m. Para el caso de material desarrollado, la cepa debe ser de 0.05 m mayor que el tamaño de la bolsa. Se recomienda no dejar mucho tiempo la cepa abierta así como para el caso de terrenos arcillosos descartar la apertura mecánica de cepas (CMH, 2002c).



Figura 28. Proceso preproductivo del árbol del hule.

Casos de replantaciones

Si la siembra se hace tras la eliminación de una hulera antigua, los marcos de siembra generalmente no corresponden, pero se inicia la siembra en medio de

las calles y cuando una línea de siembra coincida con el surco de la plantación antigua, se desplaza la línea de 1 m a un lado u a otro. La ausencia de enfermedades de raíz en México permite evitar el arranque de los árboles llevando únicamente a cabo un corte del tronco al nivel del suelo (CMH, 2002d).

Trazo de la plantación: La finalidad es colocar las plantas en forma simétrica dentro de las plantaciones definitivas; los pasos son los siguientes (CMH, 2002c):

- ❖ Marca la línea principal a lo largo del terreno.
- ❖ Trazar una línea perpendicular a la principal por medio del triángulo tres, cuatro, cinco o cualquiera de sus múltiplos.
- ❖ Colocar estacas con una separación de seis metros entre hileras y tres metros entre plantas, o a la distancia de siembra que se seleccione.
- ❖ Tirar la línea a lo largo y ancho del polígono. Conviene orientar las calles en el sentido de los vientos dominales de la región.

Época de siembra: La materia deberá plantarse durante la estación más lluviosa del año. Las plantaciones pueden establecerse hasta finales de la época de lluvias, siempre y cuando se utilice material avanzado, como plantas con tres ciclos de hojas maduras o tocones desarrollados (CMH, 2002d).

Densidad de plantación: La cantidad de hule por hectárea depende de la distancia de siembra. Se sugiere que en densidades menores a 556 árboles por hectárea se utilice material de siembra avanzados, ya que tienen un alto porcentaje de sobrevivencia en el terreno definitivo (Companion, 1996) (Figura 29).

Arrope: Las plantas establecidas en el terreno definitivo, conviene cubrirlas con una capa de pasto seco alrededor, formándose un círculo de un metro de diámetro, el cual se mantiene al menos los primeros dos años de la plantación, sobre todo en la época del año (CMH, 2002c).

Plantación

Material de siembra aceptable

En caso de disponer de material desarrollado, éste debe constar en general de dos ciclos mínimo y presentarse con las hojas maduras, homogéneas, sanas y vigorosas (CMH, 2002d).

El tocón deberá poseer un mínimo de 40 cm de raíz bien formada, con las raíces secundarias o podadas, desvardado a 5-7 cm de la pivotante, y desinfectadas. El diámetro óptimo del tocón es de 2 cm (más allá, existen problemas de extracción), el diámetro mínimo aceptable siendo de 1.5 cm. El corte (hecho 5 a 7 cm por encima del injerto para facilitar la brotación de éste y evitar la dominación apical cortando demasiado alto) tendrá que haber sido curado por cicatrizante (Webster, 1989).



Figura 29. Plantación de siete años de edad, iniciando su cosecha.

Cualquiera que sea el material empleado, el transporte tendrá que haber sido efectuado con cuidado, evitando que las bolsas se remuevan demasiado o que los tocones sufran heridas, sobre todo a nivel de la placa (Companion, 1996).

Previsión del replante

Las necesidades de material para el replante se estima en 15% adicional para el tocón a yerma dormida y 5% para el materia desarrollado. Este excedente deberá conservarse a un lado de la plantación con el fin de cubrir las fallas que se presenten, preservando la homogeneidad en el desarrollo de la plantación. El replante se tendrá que hacer preferentemente a más tardar en los 12 meses que sigue la siembra inicial (CMH, 2002d).

Transplante

Antes de efectuarlo se recomienda la aplicación de un herbicida en una franja de 0.75 m donde se establecerá las líneas de plantación. La fecha de plantación depende del grado de remanencia (CMH, 2002c).

En caso de sembrar tocón, se colocará este en el centro de la cepa orientando la placa hacia los vientos dominantes tomando la precaución de rellenar en principio con la tierra de mayor contenido de materia orgánica y apisonando firmemente (CMH, 2002d).

En el caso de contar con material desarrollado, se procede en principio con un corte en la base de la bolsa recortando inclusive la parte de la raíz que se encontrará enroscada. Posteriormente introducir la bolsa, rasgar la parte lateral y retirar pausadamente el residuo de la bolsa misma. Posteriormente rellenar primero con la tierra de mayor contenido de materia orgánica apisonando firmemente (Picon, 1997).

Mantenimiento de plantaciones en desarrollo

Esta etapa del período reproductivo del hule se encuentra entre las operaciones de siembra y de entrada en producción. La mayoría de las operaciones descritas a continuación se sitúan en los dos primeros años después del transplante (CMH, 2002d).

Podas

Las podas pueden ser de brotación y de formación (Picon, 1997).

Las podas de brotación tienen por objetivo eliminar todos los brotes del pie franco, dejando únicamente el brote clonal en el cual reside todo el potencial productivo de la planta. La poda de brotación es de vital importancia, sobre todo en las siembras de tocón a raíz desnuda. Se realiza con una navaja a los 8 días del trasplante, efectuando un recorrido semanal de supervisión. De no efectuar estas labores se obtiene un alto porcentaje de pie franco, el cual normalmente es poco productivo (Companion, 1996).

La poda de formación consiste en eliminar todos los brotes laterales del tallo clonal hasta una altura de 2.5 m, conforme vayan apareciendo. Esta poda permitirá en el disponer de un tallo adecuado para todos los tipos de pica. También se hace cada 8 días, hasta que no justifique, con cuidado de no dañar los árboles doblándolos (Webster, 1989).

Existen otros dos tipos de poda menos frecuentes (Companion, 1996):

- La poda de formación copa, con el fin de balancear la estructura del árbol para una mejor resistencia al viento;
- La poda de inducción de copa, que consiste en recortar el tallo a 3 metros cuando éste no forma su copa de manera natural. Existen también sistemas de inducción menos agresivos, que consisten en recortar los peciolos de las hojas del ciclo superior.

El control de malezas

La maleza compite fuertemente con la planta por la luz, los nutrientes, el agua...es por lo tanto necesario que durante la etapa pre-productiva se haya mantenido libre de malezas un radio de 1 m alrededor de las plantas. Más allá, se puede tolerar la maleza, siendo necesario limitar su altura a menos de 1 m, eliminando lo más agresivo (en particular gramíneas). Con este fin se recomienda altamente la siembra de coberteras o cultivos intercalados, evitando yuca. La siembra de antiguos potreros implica aportar un cuidado intenso para eliminar particularmente las gramíneas. Retrasos de 2 o 3 años han sido ocasionados por gramíneas como *Imperata*, o *Brachiaria*, muy dañinas para el hule. La mejor

política de mantenimiento de las plantaciones jóvenes se lleva a cabo mediante la siembra de plantas de cobertura, en general leguminosas, o mejor aún, con los cultivos básicos intercalados. Obviamente, como se ha mencionado en la ficha número 4, estos últimos permiten llevar a cabo, sin costo específico, el mantenimiento del hule. Después de los 2 o 3 años, estos cultivos intercalados ya no se pueden desarrollar por falta de luz; es preciso entonces sustituirlos por leguminosas para evitar el desarrollo de gramíneas (CMH, 2002d).

Control manual

Es el único que se recomienda en el primer año de siembra en yema dormida, dada la sensibilidad del joven brote clonal (CMH, 2002d).

Control químico

Se puede emplear este método en plantas de 3 ciclos mínimos (tallo lignificado). El tipo de producto depende de las malezas presentes, recomendándose (CMH, 2002d):

MATERIA ACTIVA DOSIS*			APLICACIONES / AÑO
Líneas			
Contra gramíneas:	grifosato +	280 g	2 a 5 aplicaciones
	diurón	1600 g	
Contra dicotiledóneas:	paracuat +	300 g	2 a 5
	diurón	1600 g	
Calles			
Contra gramíneas:	glifosato	1440 a 1920	localizadas
Contra maleza lignificada:	alachlore	1000 g	directa a la
	oxyfluorfenó	500 g	directa a la
			maleza
	2, 4, 5 T		

*La dosis es en gramos de materia activa por ha tratada efectivamente

Control mecánico

Se recomienda en las plantaciones cuya superficie y topografía lo permitan y que no cuenten con cobertera. Se descarta en general el uso de rastras a más de 20 cm de profundidad en plantaciones de más de un año (Picon, 1997).

Fertilización

Para determinar las dosis de fertilización siempre será conveniente el análisis químico del suelo, y un buen conocimiento de la zona. En la práctica, se han obtenido buenos resultados con la fórmula, dosis y fechas que a continuación se señalan, usando 17-17-17 (Picon, 1997).

Año	Julio	Diciembre
Establecimiento	0 g	50 g
1	100 g	100 g
2	150 g	150 g
3	200 g	200 g
4	250 g	250 g
5	300 g	300 g

Se deberá prever que las aplicaciones de fertilización se realicen con el suelo húmedo y después de un control de malezas.

Arrope

Consiste en colocar malezas cortada seca al pie del arbolito en un radio de 50 cm mínimo. Tiene por objetivo conservar la humedad en la zona radicular, limitar el desarrollo de las malezas y proteger la planta de la “punta de lanza”. Esta enfermedad es causada por los rayos solares que agravan la cicatriz al nivel del patrón y favorecen el desarrollo de hongos secundarios. Se desarrolla entonces una necrosis en forma de punta de lanza a nivel de la base del tronco, la cual daña seriamente el individuo y puede provocar su muerte en caso de ahorcarlo (Webster, 1989).

Control de plagas y enfermedades

La principal plaga en el hule es la tuza, que roe la raíz, destruyendo la planta. La lucha puede ser química o bien directa, utilizando fósforo de aluminio y trampeo respectivamente.

En las plantaciones jóvenes, son pocas las enfermedades que llegan a causar daños importantes. Se pueden mencionar casos de “muerte descendente” debido a hongos secundarios que penetran por la parte apical dañada en árboles de 1 a 2 años. En este caso, la solución es recortar el tronco 20 cm más abajo del frente necrótico y aplicar un fungicida de tipo Benlate (CMH, 2002 d).

El seguimiento de las enfermedades de hojas tiene que ser efectuado, identificando ataques de *Microcyclus ulei* o *Colletotrichum gloeosporioides*. Estos ataques son pocos frecuentes en los materiales de siembra empleados hoy en México (resistentes a *Microcyclus*). Un control tendrá que ser efectuado sobre focos de cierta importancia, según las recomendaciones que se llevarán a cabo cuando sea obvio el riesgo de desarrollo de estas enfermedades (CMH, 2002 d).

Guardarayas

Consiste en limpiar de malezas el perímetro de la plantación en una franja de 4 m de ancho con el propósito de prevenir los incendios. Esta efectividad se lleva a cabo al inicio de la sequía (Companion, 1996).

Labores de replante

Cuantificación de fallas

Consiste en efectuar, al finalizar la sequía, un inventario de las fallas existentes así como de las plantas imperfectas que se desean sustituir (Companion, 1996).

Reapertura de cepas y replante propiamente dicho

Se hacen idénticamente a los labores de siembra del año anterior. No se recomienda resembrar más de 1 año después de la resiembra inicial. Si se dispone de tocón desarrollado, se puede prever cierta resiembra a los 2 años.

El material de resiembra puede ser surtido (CMH, 2002d):

- en el mismo momento de la resiembra, asegurándose que sea material lo más homogénea posible con el material de origen. Esta homogeneidad tiene que ser en tamaño (lo más desarrollado posible) y, por supuesto, desde un punto de vista genético (mismo clon).
- en el momento de entregar el primer material de siembra, añadiendo un 5% (si es bolsa brotada) o un 10% (si es tocón) de material en previsión de la resiembra. En este caso, es preciso prever un sistema de conservación de este material, constituyendo un mini-vivero a un lado de la plantación, dándole un buen mantenimiento, un riego, y donde se vendrá a recuperar un material bastante desarrollado. Este sistema ofrece la ventaja de garantizar:
 - ✓ que el material será el mismo clon
 - ✓ que el material será lo más desarrollado (3 a 4 ciclos)
 - ✓ que el material será disponible en el momento oportuno.

Plantaciones que inician la explotación

Toda explotación deberá preservar ineludiblemente el desarrollo de los árboles, conservando inalterable su fisiología. El Consejo Mexicano del Hule (2002f), recomienda los siguientes criterios: circunferencia mínima de 50 cm a la altura de 1 m arriba de la unión patrón/injerto; se deben contar con una cantidad de 200 árboles/ha que reúna las características señaladas en el inciso anterior; con un espesor de la corteza mínima de 6 mm (Figura 30).

Es primordial considerar el criterio de circunferencia mínima; en virtud de que se ha observado que el aprovechamiento en tamaños menores puede ocasionar debilitamiento en los troncos, dificultando su crecimiento en grosor, además de que su justificación económica no está en todos los casos plenamente comprobada (Companion, 1997):

- Época de apertura. Se recomiendan dos fechas específicas: la segunda quincena de junio o bien la segunda quincena de septiembre, al inicio o final de las lluvias para evitar sequías y grandes lluvias.
- Trazo de tablero de pica. Para efectuar el trazo del tablero se requerirá de materiales y una metodología, mismos que se describen a continuación

(Martínez, 1997):

a) Materiales (Figura 30):

1. Banderola
2. Canaleja de escurrimiento
3. Cuchilla de pica con clavo
4. Marcador de control de picas
5. Embudo
6. Colador
7. Taza de recolección
8. Cubeta de recolección



Figura 30. Material para la explotación.

Picon, (1997), indica que la metodología a seguir para la apertura del tablero de pica es el siguiente (Figura 31):

- b) Metodología. La “pica o sangrado” del árbol del hule, cuyo fin es extraer el látex, debe de realizarse racional y eficientemente, mediante cortes controlados y sistemáticos de la corteza, sin ocasionarles daños a los tejidos que permiten su regeneración. Para extraer el látex del árbol, el tallo se divide en dos partes longitudinales simétricas, en dirección este-oeste, cada una de estas se denomina “tablero de pica”; para trezarla se procede como sigue (CMH, 2002f):
1. Los tableros ubicados de este a oeste están expuestos a los rallos solares, lo cual, disminuye la humedad y la presencia de enfermedades; con una cinta o hilo se marcan dos puntos opuesto, tanto en el punto de unión del patrón con el injerto como 1 metro de altura sobre éste. Estos puntos se mueven verticalmente con una línea hecha con regla o vara.
 2. El trazo del ángulo de inclinación del corte de pica, es de suma importancia para obtener los máximos rendimientos. En la corteza, los vasos de látex se orientan en un ángulo que varía de 2.1° a 7.1° a la derecha y hacia arriba; por ello, la pendiente de “corte de pica” debe ser de 30° , decentemente de izquierda a derecha en los árboles clonales y de 25° en árboles de “pie franco”; para su trazo se usa una banderola de lámina galvanizada No. 30, con la inclinación adecuada; ésta se apoya en la raya vertical derecha ya trazada, mancándose la semiespiral decente.
 3. Después con la cuchilla de pica se hace un corte sobre la espiral, sin dañar la zona que regenera la corteza o cambium. La parte superior de este corte se “despalma”, para que la cuchilla pueda asentarse bien al realizar la pica.
 4. Finalmente, se hace dos cortes de 19 cm, uno en la parte en la superior y otro en la inferior, a esto se les llama “tope de cuchilla” y “canal de escurrimiento”, respectivamente (Figura 31).



Figura 31. Tablero de pica recién abierto.

Elección del sistema de explotación. La elección de un sistema de explotación es compleja; es preciso tomar en cuenta principalmente los siguientes factores (Companion, 1996):

1. El clon (no todos los clones tienen los mismos metabolismos y responden diferentemente a la estimulación).
2. La edad de plantación (la sensibilidad de los árboles es diferente).
3. El costo y disponibilidad de la mano de obra; si la mano de obra es cara o poco disponible, se orientara hacia sistemas de baja intensidad de pica aumentando el número de estimulaciones.
4. El precio del hule y el mercado. Si el precio del hule en el mercado es bajo, se orientará hacia sistemas de baja intensidad de pica, aumentando el número de estimulaciones; la ligera disminución que quizá implique la baja frecuencia de pica será compensada por los bajos costos de explotación.

La estimulación del hule

El Consejo Mexicano del Hule (2002f), menciona que la estimulación es el tratamiento aplicado a un árbol de hule, que tiene por objetivo aumentar la productividad aumentando la producción de látex por pica y reduciendo el número de estas es decir disminuyendo la intensidad de pica. El combinar los sistemas de pica y de estimulación conduce a definir un sistema de explotación. Esta admitido hoy en día que el conjunto de los tratamientos estimulantes que se aplican al hule conduce a una producción de etileno por los tejidos por la corteza, ya sea directamente por aplicación de un producto que libera etileno: Ethrel, Cetrims, Cetrips, Ethad; indirectamente por aplicación de diversos productos, minerales u orgánicos, o por traumatismos físicos.

La estimulación alarga durante unas horas el escurrimiento de látex, lo que permite que los vasos laticíferos permanezcan abiertos y de una mejor reposición de látex, debida a un aumento de pH, del % en sacarosa, fósforo, de la síntesis de proteínas y del % en Adenosina-P (Companion, 1996).

Las concentraciones siempre están dadas en % de materia activa. El Ethrel es insoluble en el aceite de palma o aceite comestible y conviene, durante la separación de la mezcla, agitarla con vigor para obtener una suspensión fina o que quede estable cuando la mezcla esté compacta, (Webster, 1989).

Si la mezcla es demasiado fluida, el Ethrel, se deposita rápidamente dada la diferencia de densidad de los dos elementos (Companion, 1996).

Si el aceite es demasiado fluido a temperatura ambiente, se puede mezclar 1/3 de grasa vegetal y 2/3 de aceite de palma (Companion, 1996).

La temperatura de fluidificación del aceite de palma no tiene que pasar por los 40°C durante la preparación. Una vez preparado, este estimulante puede conservarse aproximadamente una semana a temperatura ambiente sin perder su eficacia. Por lo general, es preferible prepararlo en el último momento (CMH, 2002f).

- Fechas de aplicación. Teniendo en cuenta el ciclo vegetativo anual del hule y la alternancia de las estacione secas y lluviosas, se tiene que evitar la aplicación en ciertos periodos del año. Al fin de la foliación,

se tiene que esperar a que las hojas nuevas estén totalmente formadas. Debe evitarse estimular en periodos de fuerte déficit hídrico, así como en periodos de fuertes lluvias el estimulante puede ser eliminado por la lluvia. Si esto llega a ocurrir, no se debe repetir la estimulación, después de una lluvia, no es necesario esperar a que el tablero este seco antes de efectuar una aplicación, pero si esperar a que no corra agua por la corteza (Pico, 1997).

- Aplicación práctica del estimulante. La aplicación del estimulante se efectúa con un pincel plano aproximadamente del corte. Tres modos de aplicación se emplean generalmente (CMH, 2002f):
 1. Sobre el tablero: la mezcla de estimulante se aplica sobre la corteza en vía de regeneración justo encima del corte, sobre una banda paralela a este.
 2. Sobre el corte: se puede aplicar la mezcla sobre la greña, o directamente sobre la corteza después de quitar la greña. Quitar esta última resulta siempre difícil por los escurrimientos de látex.
 3. Sobre corteza raspada: 2 gr de mezcla se aplican fácilmente sobre una banda raspada de 2 cm, debajo del corte. El raspado tiene que ser suficiente para eliminar la parte superficial de la corteza, pero no demasiado para evitar que brote látex, lo que dañaría la aplicación. Este modo de aplicación es costoso en mano de obra y quizás excesivamente agresivo para los árboles jóvenes.

Desde el punto de vista técnico y económico, el modo de aplicación más recomendable es la aplicación sobre el corte de pica, 1cm de ancho, sin quitar la greña, rebasando hasta el tablero recién picado, otro centímetro de ancho. La cantidad de mezcla por árbol llega a ser de 0.8 gr a 1.2 gr, según la edad y el tamaño del árbol.

Pica ascendente con estimulación

Aproximadamente el 30% de la huletera mexicana esta constituida en la actualidad de árboles de más de 25 años de explotación, con tableros bajos muy explotados y tableros altos en buen estado. En este porcentaje también entra huleteras más recientes pero que han sido explotadas de manera deficiente, y que en consecuencia tienen tableros bajos muy deteriorados. La pica ascendente es la mejor alternativa para aprovechar el potencial de estas plantaciones, por lo que su uso debe difundirse entre los productores (Consejo Mexicano del Hule, 1998).

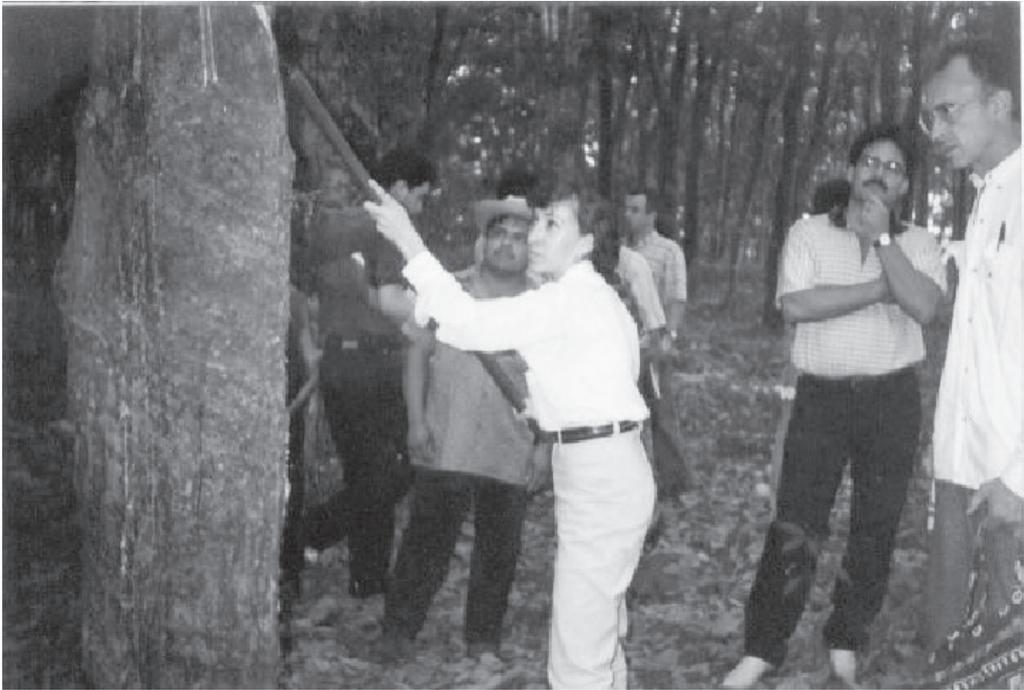


Figura 32. Pica Ascendente Uxpanapa, Veracruz.

La pica ascendente no es sinónimo de pica a muerte. Este último tipo de pica hace uso de la pica ascendente, en complemento con otras picas, la adición de unas y otras en un mismo árbol constituyendo la pica a muerte. Esta pica ascendente no se tiene que confundir tampoco con la pica normal alta, la cual se efectúa de manera clásica, pero en los tableros altos y usando una escalera (Ibid) (Figura 32).

Según el Consejo Mexicano del Hule (2002f), la pica ascendente se puede implementar en los siguientes casos:

- En los árboles cuyos tableros bajos estén deteriorados por diferentes razones: pica defectuosa, enfermedades de tablero, etc.
- En huleras que concluyan la explotación de sus tableros bajos. Aún estando estos bien regenerados, se puede introducir la pica ascendente ya que el espesor de corteza que se requiere para esta última es suficiente. No obstante, puede resultar más oportuno y fácil para el productor proseguir

la pica normal de los tableros regenerados.

- También se puede aplicar la pica ascendente a los árboles enfermos de Brown Bast, es decir agotados en sus tableros bajos por la explotación en algunos casos demasiado intensiva. Los tableros vírgenes altos, productores del látex explotado, resultan menos sensibles a este agotamiento, ya que su nutrición de elementos procedentes de la savia elaborada es mejor.

El uso de la pica ascendente en los árboles agotados depende del porcentaje de estos últimos en la huera, ya que puede resultar penoso hacer uso de esta pica si existen muy pocos árboles enfermos.

Plagas y enfermedades

Las plagas y enfermedades que afectan al cultivo del hule son consideradas como un factor sumamente importante en el desarrollo de las plantaciones. Una adecuada y oportuna atención a estos problemas es indispensable para lograr la rentabilidad del cultivo (FIRA, 1998).

Las plagas y enfermedades que pueden afectar al cultivo durante su ciclo de vida son muy diversas y llegan a causar daños de importancia económica. A continuación se presenta la información existente para conocer la simatología y la forma de control de cada una de ellas (Companion, 1996).

Plagas

Las plagas que pueden presentarse afectando al árbol son diversas y estas se han dividido en aquellas que afectan los viveros y las plantaciones (Webster, 1989):

- Vivero. En esta fase de la producción de la planta injertada, se debe de evitar la presencia de insectos nocivos que puedan afectar las plantas de hule y ocasionar daños de importancia económica.
- Plantaciones. En esta etapa del cultivo las plagas que lo afectan son pocas pero pueden causar daños de importancia económica.

Además de los insectos citados pueden presentarse ataques de curculionidos (coleópteros) que se alimentan de follaje tierno del hule y de las plantas de cobertura pero hasta la fecha no se han identificado ni requiere control químico. Existen otros organismos capaces de causar daños, principalmente en tocones,

donde el brote clonal es muy tierno o sobre las plantas de cobertera, estos organismos son los moluscos llamados caracoles o siete cuernos que pueden controlarse mediante la aplicación de Molusquicidas como el Tapps aplicando al voleo, sólo en aquellas infestadas (CMH, 2000f).

Al cultivo lo atacan diversas enfermedades en el follaje, tronco, ramas y raíces (Picón, 1997):

- Enfermedades foliares. Las enfermedades foliares del hule son numerosas; sin embargo, la “Enfermedad Sudamericana de la hoja” causada por *Microcyclus ulei* constituye un problema principal para la producción, debido a la severidad de sus daños (Kranz, 1978, citado por Rodríguez, 1993).
- Enfermedades del tronco y ramas. En el tronco, ramas y el tableo de pica, puede presentarse otras enfermedades de importancia económica para el cultivo; son principalmente el pudrimiento mohoso, la grangrena rayada, el parche gangrenoso la enfermedad rosada y el líber moreno.
- Enfermedades del sistema radical. Las pudriciones radicales que afectan al hule son diversas, y en ocasiones pueden desbatar grandes extensiones. Se presentan generalmente en suelos planos donde el drenaje es deficiente.

Enfermedades del Hule

En la región amazónica, el problema de enfermedades, afecta principalmente las hojas, luego el tallo y finalmente las raíces de manera que en este orden de importancia se estarán enunciando.

Mal Sudamericano

Microcyclus ulei

En hojas próximas a la madurez se reconoce por la necrosis que las cubren. Esta necrosis presenta un borde café o marrón fuerte, rodeado de un halo amarillo. Los puntos necrosados tienen un cierto relieve que es típico de esta enfermedad. Cuando las condiciones son muy favorables ataca ramas jóvenes pudiendo ser confundida con el ataque de *Phytophthora* spp. Ataques sucesivos de este patógeno en hojas y ramas, en clones susceptibles pueden causar muerte

descendente, haciéndose necesario hacer podas de las ramas afectadas.

El *Colletotrichum gloeosporoides* es especialmente una enfermedad favorecida por las épocas húmedas o en las regiones donde las lluvias son intermitentes.

Los tallos o ramas verdes son afectados también por el hongo; en ataques serios, los tallos verdes y defoliados son afectados por otros patógenos; ellos necrosan y cubren toda la rama. Esto se conoce como muerte descendente o Die Back. En frutos provoca ralladura y pudrición de la cáscara. En condiciones de alta Humedad, en la zona necrosada aparecen masas rosadas constituidas por las esporas del hongo.

El control químico recomendado es a base de Oxiclورو de cobre, 20 gramos por litro de agua con aplicaciones cada 8 días.

Mal suramericano de las hojas y el concepto de zonas de escape

Esta enfermedad recibe varias denominaciones: Mal de las Hojas, Mal Suramericano de la hoja o simplemente quema de las hojas y South American Leaf Blight en los países de habla inglesa.

Agente causal

Esta enfermedad es causada por un hongo llamado *Microcyclus ulei*.

Importancia económica

Algunos investigadores la comparan con enfermedades de gran importancia económica, como la roya del café, se cataloga como una de las más destructivas del Hevea.

El *Micrucyclus* es un patógeno altamente amenazador debido a la rápida diseminación, la alta capacidad de causar daños severos y el difícil control.

El mayor daño es la caída prematura de las hojas. En viveros y jardines clonales la elevada incidencia provoca reducción del crecimiento de las plantas, disminución del porcentaje de plantas en condiciones de ser injertadas y la disponibilidad de yemas para injertación en época apropiada. La defoliación del último piso foliar causada por la enfermedad en plantas en condiciones de ser injertadas o de retirar la yema, inviabiliza la práctica de la injertación, toda vez que la planta defoliada no suelta la cáscara.

En plantaciones adultas causa defoliaciones prematuras; ataques sucesivos del *Microcyclus* causan muerte descendente de los extremos de las ramas y hasta muerte de las plantas.

Según Gasparotto (1988), tres defoliaciones sucesivas en un período de seis (6) meses, son suficientes para causar la muerte descendente de la copa de árboles de 5 ó 6 años de edad.

Distribución geográfica

El *Microcyclus* parece ser tan antiguo como el cultivo del hule en América. Ha sido encontrado en todos los países de América donde el Hule es cultivado como se puede apreciar en la siguiente relación:

Brasil en 1901
Perú en 1902
Surimanen 1908
Guayanaen 1907
Trinidad en 1915
Colombia en 1944
México en 1944
Guatemala 1944
Venezuela en 1952
Honduras en 1952

Además de estos países, fue reportado en Nicaragua, Haití, Guayana Francesa y en Bolivia.

No existe en países asiáticos, ni tampoco en países africanos y hasta el presente solo ataca el género *Hevea*.

Síntomas

La expresión de los síntomas depende ante todo, de la edad del foliolo y de la susceptibilidad del clon.

En foliolos de hasta 10 ó 12 días de edad se observan lesiones circulares que provocan deformaciones o arrugamientos en las hojas, en el envés estas lesiones van tomando un color verde oliva como resultado de la esporulación. Cuando es elevado el número de lesiones éstas se van uniendo causando un encasquillamiento o arrugamiento de la hoja, que finalmente cae.

Los foliolos injertados después de 10 ó 12 días de edad no caen permanentemente; sus lesiones son de tamaño más reducido y presentan poca o ninguna esporulación comicial, éstos foliolos permanecen en la planta cuando maduran; presentan en su superficie superior las estructuras de estromas negros dispuestos circularmente, los cuales al tocarlos dan la sensación de una lija gruesa.

Los foliolos después de los 14 días de edad son inmunes.

Epidemiología

Gasparotto en 1988 constató que hay una correlación significativa entre período de mejoramiento foliar la humedad relativa y la temperatura, con los índices de infección de *Microcyclus*, en tanto que no encontró ninguna correlación con la frecuencia ni con la precipitación total.

Las condiciones óptimas para que haya infección de *Microcyclus* son: Humedad relativas mayor ó igual a 90%, y temperatura 24°C durante 6 horas mínimo.

Áreas de escape

Son zonas que presentan un periodo seco con déficit hídrico de 250 a 300 mm distribuidos en 2 ó 3 meses y humedad relativa inferior a 65%. Durante éste periodo el caucho cambia de hojas con mínimas posibilidades de penetración del hongo en la planta, escapando así a la enfermedad.

Estas áreas que presentan condiciones favorables al desarrollo normal del Hevea y algunas restricciones o condiciones desfavorables a la incidencia del *Microcyclus* son las llamadas “ÁREAS DE ESCAPE”.

Control del mal suramericano

El control químico para plantaciones adultas se ha mostrado antieconómico e impracticable por las características de altura de la planta, falta de equipo apropiado y de productos que muestren un control satisfactorio. Este control queda restringido a viveros y jardines clonales y a plantaciones jóvenes, en los cuales se deben hacer aplicaciones cada ocho (8) días en épocas lluviosas, y cada 15 días en períodos secos.

Los productos utilizados son:

Benlate 1 gr. De producto comercial / litro de agua.

Dithane M45 4 gr. De producto comercial / litro de agua.

Bayletón 3 cm. Cúbicos por litro de agua.

Control por medio de resistencia de plantas

La alternativa de utilización de clones resistentes y productivos, fue una de las metas de los trabajos de mejoramiento genético en la década del 80, como la medida más eficiente para el control del *microcyclus*.

Como resultados de estos trabajos se obtuvo el clon IAN 6158 que había pasado las pruebas con 36 razas diferentes del patógeno, y en el año 90 se señalaba como el clon más promisorio frente al problema del *Microcyclus*. No obstante en 1991 se constató que esa resistencia había sido vulnerada por el patógeno y ese concepto llevó a la cancelación del programa de hibridación con el fin de obtener clones resistentes y productivos (Gasparotto y otros 1995).

En realidad no hay clones resistentes y productivos que puedan ser recomendadas.

Control por injerto de copa

El injerto de copa con clones resistentes a *Microcyclus* es la única solución posible para la Amazonía.

Mediante esta técnica se implanta un clon de copa altamente resistente sobre un fuste de clon para panel bastante productivo.

La técnica del injerto de copa fundamentalmente es la misma del injerto verde en la base, solo que éste se efectúa a altura de 1.80 metros sobre el clon panel. Según Moraes 1995, los primeros clones de *H. Pauciflora* usados como injertos de copa en el antiguo instituto agronómico del Norte en Belén y por la compañía FORD en Belterra, Brasil se mantienen resistentes a *Microcyclus* hace 50 años, bajo fuerte presión de inoculo, lo que constituye una evidencia inequívoca de resistencia horizontal.

En plantaciones de 10 años con injertos de copa está siendo alcanzada una productividad de 8 Kg. por árbol por año lo que permite prever una posibilidad de producción de 2 ton./Ha./año con apenas 250 árboles por Ha. en el CPAA. (Manaes).

Resultados preliminares de investigaciones en avance en el Centro de investigaciones Agroforestales de la Amazonia (CPAA), sugieren que con copas más densas y más voluminosas del *H. pauciflora*, hay necesidad de utilizar mayores espaciamientos que deben ser compensados por el crecimiento más rápido del tallo y una mayor producción por árbol.

Moraes en el Seminario internacional de fitopatología del caucho celebrado en Florencia en Noviembre/95, señala que densidades alrededor de 240 ó 250 árboles por Ha, con injertos de copa podrían ser las más apropiadas con amplias posibilidades en lo referente al uso de asociaciones de caucho y otras especies permanentes o transitorias. Esta práctica podría rebajar los costos por el uso de menor número de Stumps, disminución de mano de obra en labores de ahoyado, siembra y en la práctica de ejecución del injerto de copa.

Que la resistencia de *H. Pauciflora*, es del tipo que no es quebrada por nuevas razas de *Microcyclus*, es ahora un hecho plenamente establecidos.

Efecto depresivo

Uno de los inconvenientes para que esta técnica no se hubiera difundido en forma masiva en la Amazonía, fue el llamado efecto depresivo, consistente en

que cuando se injertaba una copa resistente sobre un clon altamente productivo, el resultado era una planta con menor productividad de látex que el clon con copa propia.

Los estudios del centro de investigación Agroforestal de la Amazonía CPAA en Manaus, demostraron que en parte el efecto depresivo se debía a la reducción del número de vasos laticíferos en el tallo del clon panel con la injertación de clones de copa de bajo número de vasos, pasándose adoptar el número de vasos en adición como criterio de selección precoz de clones de *H. Pauciflora*. Se encontró que la estimulación con ETHREL solucionaba las limitaciones debidas a la reducción en el escurrimiento del látex en la sangría (Figura 33).

Recientemente se constató que la carencia de magnesio inducida en los laticíferos por las copas de *H. Pauciflora* provoca fuerte reducción en la biosíntesis del látex.

Con la combinación copa/panel de los clones PA31/FX3899, la producción pasó de 28 gr./árbol/sangría a 62 gr./árbol/sangría cuando se estimuló con ETHREL al 2,5%, sangrando 2 veces por semana, lo que corresponde a un potencial de 2.200 kgr./Ha./año, con una densidad de 385 árboles/Ha.

La información consignada sobre las experiencias del CPAA en Brasil, así como los conceptos expuestos por Moraes y Gasparotto en el informe del viaje a Colombia, con motivo del seminario internacional de fitopatología celebrado en Florencia, expresan la evidencia que los clones comerciales actuales IAN 710, IAN 873 y FX 3864, no ofrecen garantías de éxito para las futuras plantaciones del Caquetá, porque además de ser susceptibles, las condiciones ambientales son favorables para que se presenten ataques epidémicos de la enfermedad y la posibilidad de ocurrencia de nuevas razas más vivulentas aumenta con la expansión del cultivo.

El instituto SINCHI y CIFISAM ya hicieron la introducción de los clones promisorios para injertos de copa y para paneles y actualmente se encuentran en proceso de multiplicación en CORPOICA Macagua y Ciudadela Juvenil en San Vicente del Caguán.

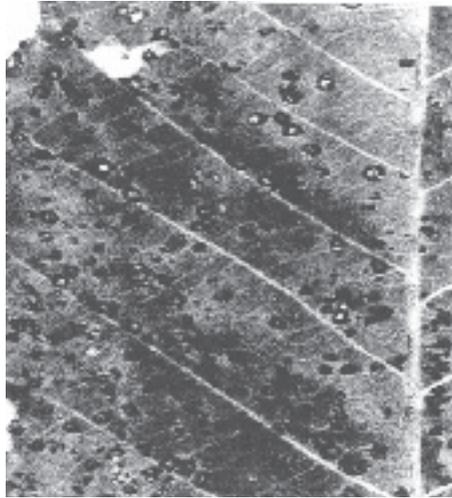


Figura 33. *Microcyclus ulei*

MEJORAMIENTO GÉNÉTICO

Historia del mejoramiento del hevea

Desde su origen hasta 1914

Hasta finales del siglo XIX, lo único que se podía obtener de hule natural era de látex que se recolectaba sobre los árboles silvestres de la cuenca del Amazonas principalmente de Brasil. Estos heveas cuenca fueron objeto de una selección hasta nuestros días.

Para enfrentar la demanda de látex natural, otros países se lanzaron en la producción, la cual no se podía imaginar más que haciendo plantaciones y ya no explotando hevea silvestre (que sólo existía en Amazonía). La heveicultura propiamente dicha nació en Extremo-Oriente a partir de algunos heveas que llegaron a Singapur en 1877, procedentes de un lote de semillas recolectadas por WICKHAM en una región localizada al sur de Boim, como fue precisado por J. HUBER.

La noción de selección del hevea apareció solamente en la segunda década de este siglo. Al inicio de la primera guerra mundial, la heveicultura, iniciada 38 años antes en el sureste asiático, ya que cubría cerca de 700,000 ha repartidas sobre todo en Malasia, Indonesia (Java y Sumatra), pero también en la Isla de Ceylan (Sri-Lanka). Y la península de Indochina. Estas plantaciones estaban integradas por heveas de todas las procedencias, todos obtenidos después de multiplicaciones sucesivas de las plantas introducidas en 1877.

De 1914 a 1928

Los principios de una selección son enunciados por primera vez en el congreso se Batavia (Yacarta) en 1914 P.J.S. CRAMER y un poco más tarde, G.S. WHITBY, observaron las grandes variaciones de rendimientos dentro de una población de heveas:

- Menos del 10% de los árboles provee una cuarta parte de la producción del conjunto de una población (la población mediana de estas primeras plantaciones es del orden de 400 a 500 kg/ha);
- Es posible identificar los árboles altamente productivos en estas poblaciones. Sus descendientes deben permitir crear poblaciones con un mayor rendimiento promedio.

Al mismo tiempo, W.M. VAL HELTEN estudia las posibilidades de multiplicación vegetativa del *Hevea* y logra afinar un método de injertación aplicable comercialmente.

Las dos primeras plantaciones con injertación se crearon en febrero de 1918, una en Java y la otra en Sumatra. Los productores que ya contaban con algunas mejoras de producción con árboles obtenidos de semillas provenientes de árboles de alta producción, se mostraron sin embargo muy reservados durante varios años para aplicar la multiplicación por injertación.

Pero cuando las primeras plantaciones con materiales injertados entraron en producción, observándose que se podían obtener rendimientos substancialmente superiores, esta práctica se extendió considerablemente.

De 1928 a los años 40

El entusiasmo por la siembra de clones, es decir de árboles injertados que conservaban una parte del potencial productivo de los árboles madres reconocidos como altos productores, se manifestó a partir de 1927-1928 y ganó rápidamente todos los países heveícolas. En 1942, cuando la guerra en el sureste asiático detuvo temporalmente el desarrollo de la heveicultura y su mejoramiento, se reportaron 475,000 ha “injertadas” sobre un total sembrado de alrededor de 3,625,000 ha.

La característica de las superficies injertadas en este período es su inmensa variedad de clones. La creación de clones a partir de pies francos en explotación era práctica por centros especializados, pero también por muchas plantaciones industriales, para las cuales la venta de material injertado, la preferencia que se daba a uno clon, además de algunas aptitudes particulares para la injertación, era arbitraria. El único criterio de apreciación para cada clon nuevo era la reputación del árbol madre.

El valor real de los primeros clones plantados a escala industrial y en condiciones diversas no se comenzó a conocer hasta 1935.

En la misma época y como consecuencia del desarrollo de injertación, el mejoramiento generativo conoce una nueva etapa. La noción de plantaciones de semilla obtenida de pies francos de alta producción, de recolección absorbente y limitada, se cambia a la noción de semillas clonales bien identificadas y disponibles en cantidad.

A partir de semillas clonales se obtienen familias de pie franco llamadas ilegítimas, designadas por su origen clonal materno (la única de la que se puede estar seguro en una polinización libre), siguiendo la abreviatura “ill.” (por ejemplo Tjir ill.).

Semillas clonales de un nivel superior de selección son obtenidas de la misma manera en bloques policlonales, utilizados como campos semilleros clonales, si están lo suficientemente aislados. Cuando los campos semilleros clonales se constituyen de dos bloques monoclonales presentando un borde común suficientemente extendido y con floraciones concomitantes, los pies francos son llamados I.P.P.C. (ilegítimos de padres presuntamente conocido) y se designan

por el cruzamiento presunto (por ejemplo: Tjir 1 x Djas 1 ? o el contrario). El origen materno es identificable por la morfología y el aspecto de las semillas, cada clon teniendo sus nuevas características. A partir de la mitad de la década de los treinta, prácticamente todas las nuevas plantaciones no injertadas se constituyen de pies francos obtenidos de semillas clonales.

Por último la polinización artificial permite obtener familias de pie franco legítimas bien identificadas genéticamente. La polinización artificial es una operación demasiado apremiante y costosa para ser utilizada a escala industrial, pero cuando se comienza a conocer el valor de los clones, esta técnica se va a utilizar a gran escala por centros de investigación dedicándose a la selección. A partir de final de los años 30, la mayoría de los nuevos clones propuestos para la experimentación serán ellos mismos de origen clonal conocido.

Con la disponibilidad de árboles de pie franco seleccionados, aparecen durante los años treinta, dos nuevas nociones remejoramiento de material de plantación: por una parte, la eliminación selectiva por prueba de estimación precoz de la producción y, por otra parte, el uso de pies francos clonales como porta injertos. Según los trabajos de P.J. S. CRAMER, L.E. MORRIS Y C.E.T. MAN, las pruebas de estimación precoz del valor productivo de pies francos jóvenes tienen por objeto eliminar las plantas de producción mediocre desde el vivero, antes de trasplantarlas. En lo que concierne a los porta injertos, muy rápidamente se observó que ciertas familias de pie franco tenían aptitudes para ser injertados y/o aseguraban un mejor crecimiento de los injertos. Se puede mencionar en particular e caso del Tjir ill. Que desde el final de los años 30 fue frecuentemente preferido a los porta injerto no seleccionados.

Los años 40 y 50

Este periodo mara una nueva etapa en el mejoramiento del *Hevea*. Fue en el curso de estos decenios cuando se estableció el valor real de todas las selecciones que se hicieron antes de la última guerra.

Para entonces, en los diferentes países productores del Extremo-Oriente, todo este material ya ha alcanzado la edad adulta en plantaciones industriales en las cuales numerosos clones y varias familias de pie franco cubren miles de hectáreas, pero también en superficies experimentales establecidas por centros

de investigación y algunos centros técnicos de sociedad de plantaciones. El material seleccionado es objeto de controles precisos, siendo sus condiciones de cultivo y de explotación idénticas a las condiciones industriales.

Así, las características secundarias tales como resistencia al viento, sensibilidad a una u otra enfermedad o defectos fisiológicos que no se manifiestan si no con el tiempo (siendo todas características secundarias pero a veces redhibitorias) se van evidenciando progresivamente con precisión, al mismo tiempo que las calidades intrínsecas se producción se afirman.

En esta misma época, la investigación en nuevos clones sigue, no solamente en el sureste asiático, sino también en las regiones tropicales de África y América, donde el desarrollo de la heveicultura, limitado o inexistente hasta entonces, aprovecha la necesidad en hule del mundo occidental separado, por el hecho de la guerra, de sus fuentes de extremo-Oriente. La época de búsqueda de árboles-madre excepcionales, entre la multitud de heveas de pie franco explotados en plantación acaba. La selección ya se ha organizado en todos los países productores, los seleccionadores de los centros de investigación se orientan hacia la creación de nuevos clones parador selección genealógica combinando por polinización artificial los clones presentando características interesantes y teniendo en su descendencia legítima los individuos mas prometedores para su multiplicación vegetativa.

Las nuevas selecciones se ponen a prueba las estaciones experimentales y se comparan a los clones de primera generación considerandos como mejores.

Es preciso señalar que en diferentes países de África (Zaire, Camerún, Liberia, Nigeria, Costa de Marfil,...) y también en América Latina –zona de origen del hevea– las primeras plantaciones se hicieron con clones o semillas clonales provenientes del Extremo- Oriente. En África, de manera general este material se comporto como extremo Oriente, constituye la base de selección efectuada desde entonces. En cambio, en América Latina, y más exactamente en la cuenca del Amazonas, en Brasil, el primer intento hecho en los años 1930 por la compañía FORD fue desastroso: las selecciones del Extremo-Oriente, en general no presentaban resistencia a la enfermedad sudamericana de la hoja causada por *Mixrocyclus ulei* y no pudieron crecer. Resultó por un lado un retraso de varias décadas en el desarrollo de plantaciones industriales en América latina y, por otra parte, el inicio de una selección propia al continente americano con

bases completamente nuevas; su objetivo fue, en primer lugar, obtener heveas presentando una corona con una resistencia suficiente al microcyclus y, a partir de ellos, iniciar la creación de un material con las características necesarias en cuanto a la productividad. Esta selección iniciada por M.H. LANGFORD, y continuada por los investigadores de las empresas de plantaciones americanas concernida y del Instituto Agronómico de Norte (Brasil), suscitó importantes prospecciones en la cuenca amazónica. Estas últimas no se limitaron a *Hevea brasiliensis* sino que se extendieron a otras especies, *Hevea benthamiana* y *Hevea pauciflora* en particular, en los cuales parecía encontrarse una mejor resistencia al microcyclus.

La asociación de los caracteres: resistencia al microcyclus y buena productividad se ha buscado por medio de cruza en las cuales intervenían clones de Extremo-Oriente. Así se crearon miles de clones. Las pruebas en condiciones de explotación industrial de las selecciones no comenzaron al principio de los 60; los clones que han podido probar su valor ahora se comienzan a conocer.

Las dificultades en América Latina suscitaron una técnica de mejoramiento propia, la del injerto de corona. Con esta técnica un clon buen productor cuya corona presenta un defecto redhibitorio es sobre injertado en la parte alta del tallo (2.50-3 m). Con un clon que puede ser mediocre desde el punto de vista de la producción, pero presenta una corona con las características deseadas. Esta técnica se aplicó en gran escala en Brasil para salvaguardar los clones, que, después de una siembra, mostraban una resistencia insuficiente al microcyclus.

Todavía se utiliza allí en algunos casos, y se está experimentando también, desde hace algunos años, principalmente en Malasia y Costa de Marfil, en las regiones expuestas a vientos fuertes, en los clones de alta producción con coronas sensibles a los vientos. El sobreinjerto (ver capítulo XII) es efectuado por clones cuya corona tiene una buena resistencia al viento. Las interacciones de características de productividad con un clon cuyo tronco es explotado y de otro clon que se utiliza para su corona, no se conocen aún lo suficiente para que sea posible pronunciarse sobre el futuro de esta técnica.

El objetivo de selección en la heveicultura es poner a disposición de las plantaciones ya sean industriales o de pequeños propietarios, material vegetal con las características agronómicas más eficientes y adaptadas a las condiciones

del medio ambiente y de uso.

Las características que interesan las plantaciones industriales son:

- Un crecimiento rápido durante la etapa productiva, permitiendo reducir el periodo no productivo;
- Un inicio de producción rápido (requiriendo estimulación eventualmente);
- Un alto nivel de producción por hectárea que se obtiene por un rendimiento elevado del árbol, una buena homogeneidad de las plantaciones y una resistencia del material vegetal a los factores destructivos como puede ser el viento, o limitantes de producción (sequías, mala regeneración de corteza, enfermedades de hojas);
- Un alto nivel de producción por picador, alcanzado por la puesta en obra de sistemas de pica que responden a los imperativos económicos de cada país productor.

Las características agronómicas exigidas en las plantaciones de pequeños productores pueden ser diferentes. La rusticidad de material vegetal siendo allí necesaria, ciertas características pueden ser redhibitorias, como por ejemplo una alta sensibilidad del tablero de pica a las enfermedades, a las heridas o incluso una sensibilidad al corte seco con intensificaciones de picas que no son las recomendadas para el clon en cuestión.

La selección se puede realizar por dos caminos:

- La selección generativa en donde por medio de siembras se busca obtener una descendencia que permita una mejora de las características consideradas como criterios. La meta es la distribución del material seleccionado en forma de semilla;
- La selección vegetativa, que consiste en multiplicar por vía vegetativa un árbol cuyas características son mucho más interesantes que las de la población de origen. El producto de esta multiplicación es un clon compuesto por individuos generalmente idénticos al árbol madre. La meta de la selección vegetativa o clonal es la distribución del material seleccionado en forma de yemas o de esquejes, según las aptitudes de la planta en cuestión.

Veremos cómo, a través de la historia del mejoramiento del hevea, se han seguido ambos caminos. Aunque los seleccionadores, en la práctica, siguen utilizando la selección generativa, la difusión de material seleccionado mediante clones se ha

generalizado, usando la injertación de yemas.

Recomendaciones actuales para los plantadores

Actualmente, el material vegetal utilizado en la gran mayoría de los casos para las nuevas plantaciones y resiembras está constituido por clones.

Independientemente de las ventajas respectivas que pueden presentar las familias de pies francos y los injertadores cuyos valores y características han sido probados en la edad adulta, la plantación de pie franco clonal plantea un problema económico de abastecimiento de semillas clonales que, generalmente, no se puede resolver. Una superficie que provee semillas clonales identificadas llega, la mayoría de las veces, al final de su vida económica (30 o 40 años), cuando el valor de los pie franco s que han sido plantados se ha podido demostrar en la edad adulta. El interés de semejante superficie, como fuente de semillas, en general no es suficiente para que esta sea conservada o incluso replantada con la misma composición de clones genitores cuya rentabilidad propia es generalmente superada. No obstante, en algunos países como Malasia, aún se encuentran prácticas de siembra de pies francos, ya que la importancia de la industria de las plantaciones puede justificar el mantenimiento, por parte de organismos especializados en provisionar de material vegetal, de algunos campos semilleros, estas semillas aún apareciendo dentro de las recomendaciones de materiales de plantación.

Para la plantación de clones, la conservación a largo plazo del material vegetal por injertar no presenta los mismos problemas. Las colecciones de clones son constituidas en cada país productor bajo la forma de jardines de multiplicación, en donde son conservadas, en algunos ejemplares generalmente descopados, las selecciones locales y las selecciones extranjeras que han sido introducidas. Estas introducciones generalmente se hacen por vía de intercambio. Los intercambios “internacionales” son organizados en el marco del IRRDB (International Rubber Research Development Board) y permiten la introducción y la experimentación simultánea en cada país de las selecciones hechas por los diferentes Institutos de Investigación sobre el hule.

La elección de clones a plantar ya no constituye una aventura para el productor. Este se refiere a las recomendaciones del momento en que los institutos de

Investigación que, según la experiencia adquirida en cada país para el material seleccionado disponible, indican los clones a utilizar a gran escala y, para las empresas con programas importantes de plantación, lo que se puede experimentar en algunas hectáreas. Las particularidades de los clones con respecto a las diversas adversidades son precisadas, y la elección se basa en definitivo en los riesgos que presentan estas adversidades en los sitios en cuestión.

Cuando se prevee implantar un proyecto heveícola en una nueva zona, se aconseja que antes de hacer una plantación industrial, se haga una prueba de comportamiento con una selección de clones considerados como validos de acuerdo a la ecología local, con la finalidad que el programa de desarrollo se haga en base a las observaciones del campo de comportamiento, desde el inicio de su crecimiento. Hoy en día, el material preconizado en cada país no comprende más que un número limitado de clones. Por ejemplo las últimas recomendaciones de RRIM sólo mencionan seis clones para un desarrollo heveícola de gran escala.

A principios de los años 80, todavía se puede ver en el extremo-Oriente y África la preconización de clones de primera generación, como el GT I que data de 1923 (época de las primeras selecciones), conjuntamente con clones de segunda generación y selecciones de clones de tercera generación que empiezan a aparecer.

Todo este material siempre sacado de los pocos pies francos provenientes de semillas traídas por WICKHAN, puede asegurar una producción entre dos o tres toneladas por hectárea según la zona y las condiciones de explotación. Los clones mas preconizados recientemente, presentan, en principio, los mejores rendimientos durante los primeros años de explotación, ciertos siendo además más precoces. Pero no está demostrado todavía en ciertas situaciones por lo menos, y eso por toda la vida económica de la plantación, vayan a sustituir selecciones más antiguas siempre utilizadas. Ninguno de estos clones es resistente a *Microcyclus*, y el riesgo en caso de introducción accidental de esta enfermedad en África o Asia es indiscutible.

Las selecciones sudamericanas, consideradas como resistentes (o al menos tolerante) a *Microcyclus*, e introducidas en África y Oriente desde los años 60, estaban aún en experimentación en los años 80. Algunas presentaban producciones bastantes buenas, pero todavía eran demasiado temprano para que

se pudieran determinar si tendrían una rentabilidad comparable a la de los clones preconizados en oriente, los cuales no son resistentes a *Microcyclus*.

Para reglamentar la difusión de nuevos clones y evitar las confusiones y los cambios de apelación que ya han sucedido en algunas ocasiones en el pasado se creó hace poco dentro del IRRDB una “Autoridad para el registro de Clones”, esta autoridad registra cada nuevo clon creado y propuesto por los Institutos miembros, con las anotaciones de rendimientos justificando su creación; también centraliza las observaciones hechas en los diferentes países cuando el nuevo clon entra en intercambios internacionales.

Los clones se designan por abreviaturas que definen el origen de la selección, organismo o plantación, seguida por un número secuencial que lo identifica. En el cuadro XIII se listan algunos ejemplos de los clones que han tomado cierta importancia en la historia de la selección o son más conocidos.

Los portainjertos

En comparación con los porta-injertos de pie franco cualquiera, los portainjertos de familias clonales definidas tienen una influencia más o menos favorable, en promedio, sobre el crecimiento de cada clon. Por otro lado, puede suceder que cierta familia, teniendo de manera general un efecto favorable sobre el crecimiento de clones, pueda tener sobre alguno de ellos, un efecto depresivo sobre la producción- como el caso de los porta-injertos Tjir ill. hacia un injertado PR 107. Por fin, las informaciones recopiladas sobre los porta-injertos sólo son útiles cuando se trata de familias provenientes de clones de gran difusión cuyas semillas quedan disponibles en volúmenes importantes.

Por lo anterior las recomendaciones sobre porta-injertos son muy escasas y eventualmente restrictivas. Pueden darse casos en los cuales se recomiende el uso de semillas de pies francos de cualquier origen, o incluso grandes mezclas clonales, si las semillas clonales recomendadas no son disponibles, antes de utilizar las semillas de un solo clon que corran el riesgo de tener efectos desfavorables.

En América del Sur, el problema de los porta-injertos son muy importantes pero queda por desenredarse completamente antes de poder aprovechar las

ventajas que conlleva. En efecto, las semillas de clones seleccionados así como las semillas sin origen específico, utilizable para la obtención de porta-injertos, sufren una variedad genética considerable, no solo para la especie de *Hevea brasiliensis*, sino también para otras especies de género. Además, se debe de tomar en cuenta la influencia posible e incluso probable del porta-injerto con respecto a la tolerancia de los clones injertados a las enfermedades de las hojas.

Esquema de selección

El Hevea puede parecer una planta difícil de trabajar en lo que se refiere al mejoramiento genético. En efecto, su característica de planta perenne, de ciclo largo, implica limitaciones importantes de tiempo que no permiten prever a corto plazo las repercusiones de estos estudios. Además, el tipo de producción de este árbol, caracterizado por una recolección de látex distribuida a lo largo del año y por una vida económica de cerca de tres decenios, vuelve delicadas las metodologías de control del material propuesto por el seleccionador.

Por último, las importantes superficies necesarias para llevar a cabo un programa representan también una limitante que hay que considerar para poner en marcha un programa de experimentación de este tipo.

La metodología general de selección seguida por todos los centros de investigación se pueden descomponer de la manera siguiente:

- selección de árboles genitores;
- cruza;
- selección y clonación de pies francos jóvenes;
- selección en campo clonal.
- La selección propiamente dicha debe de completarse por una prueba de escala semi-industrial en diversos lugares antes de cualquier preconización de desarrollo a gran escala.

Selección de padres

Hasta la fecha, antes de la introducción de orígenes nuevas, el número de padres estando restringido, la opción de combinaciones a realizar se limitaba la mayoría de las veces a la presencia de caracteres interesantes en los genitores con miras

a recombinarlos en su descendencia. Estudios biométricos han mostrado que con el material vegetal llamado “de origen WICKHAM”, las cruzas en general revelan de manera predominante una “aptitud general a la combinación”. La introducción en los programas de cruzas de nuevos orígenes provenientes de regiones diferentes, y sin duda genéticamente alejadas, hace presagiar un efecto de heterosis al nivel de los descendientes de las cruzas.

Los estudios morfológicos realizados sobre el conjunto del material vegetal susceptible de utilizarse como genitor, se deben complementar por estudios biométricos detenidos, tomando como ejes las distancias genéticas y la tasa heterocigótica de los individuos.

Cruzas

La crusa de los dos genitores seleccionados se realiza por medio del método de polinización artificial cuya técnica de realización ha sido expuesta. Entre la polinización y la obtención de frutos maduros pasan alrededor de 5 meses. A partir del cuarto mes, las semillas son cubiertas con bolsas sobre el árbol mismo para evitar cualquier dispersión de las semillas durante la dehiscencia de los frutos.

Recordemos que el porcentaje del éxito de la polinización artificial es bajo, del orden de 3% a 5%, con variaciones importantes según los clones y los años. En principio, esta técnica se puede practicar sólo con árboles que tengan una edad mínima de 5 años. Las técnicas de floración precoz, mediante anillamiento, permiten floraciones a un año y medio. En ese estado, sólo se pueden utilizar como genitores las flores masculinas, y es preciso esperar la edad de 3 años para que las flores hembras fecundadas puedan dar frutos viables.

Práctica de la selección dentro de una población procedente de cruzas

La metodología se basa en una selección a varios niveles que ofrece la posibilidad de sacar partido, de la manera más rápida y eficaz, de una población de plantas obtenidas por campaña de polinización, procurando movilizar un mínimo de terreno. Tomando como hipótesis una campaña de polinización de 1,000 plantas susceptibles de dar tantos nuevos clones, es fácil darse cuenta de la imposibilidad de probar la totalidad de este material en campo clonal (mas de 100 ha cada año

si cada planta es multiplicada en 50 ejemplares).

El protocolo afinado y utilizado por el IRCA, y que se presenta aquí, tiene como objetivo, mediante una selección de tres niveles, aislar una élite, de una manera valida, reduciendo la duración del ciclo de selección y las superficies experimentales.

Selección llamada en “vivero”

Los pies francos, poco después de la germinación de las semillas, se siembran a densidades elevadas (1.5 m. x 1.5 m, o sea 4500 plantas/ha) lo que representa $\frac{1}{4}$ ha por cada 1,000 individuos.

La selección efectuándose a los 2 años, los criterios seleccionados conciernen las características que se desarrollan muy rápidamente y que se presume encontrar en el árbol adulto:

- **Enfermedades de hojas:** estos viveros no siendo tratados con productos fungicidas, las enfermedades endémicas se desarrollan rápidamente teniendo en cuenta la alta densidad de plantación. Esta última propicia condiciones de contaminación favorables y, en consecuencia, una fuerte presión de selección para esta característica.
- **Crecimiento:** el diámetro de las plantas se mide al año y a los 2 años. El aumento de la circunferencia es considerado como el criterio, precozmente desarrollado, más valido, siendo esto un criterio necesario pero no suficiente.
- **Morfología:** el número de unidades de crecimiento, la altura, la cantidad y el ángulo de inserción de las ramas brotadas, también se toman en consideración. Estas observaciones son importantes para presumir la resistencia a la rotura;
- **Potencial de producción:** se estima a los dos años a partir de micropicas derivadas del sistema descrito por L.O.T. MENDES, haciendo cortaduras con una lámina de 5 mm. Esta producción es medida por una parte antes y después de la estimulación (este factor interviene en la explotación industrial de los clones) y por otra parte permite evitar la interferencia de fenómenos de limitación de derrame ampliados en plantas muy jóvenes y con pequeñas muescas. A partir de todos estos datos, la selección de la élite de la población se limita a 50 individuos por cada 1,000. estos

individuos posteriormente son clonados y plantados en campo a pequeña escala.

Selección en campo de clones a pequeña escala

En este dispositivo (en bloques FISHER, con 3 o 4 repeticiones) cubriendo cada año 4 ha, los 5° clones procedentes de la primera selección en vivero se comparan con tres testigos.

Cada clon por estudiar está representado por 30 individuos sembrados con una densidad normal de (7 m x 2.8 m).

Entre 0 y 3 años, los principales criterios de morfología y de crecimiento son medidos en condición “injerto” (diámetro, forma de la corona, resistencia a las enfermedades, forma del tronco).

A los 3 años, solo se conservan para la explotación precoz los clones que presentan buenas características morfológicas. A los tres años y medio, se ponen en explotación por un periodo de 6 meses con un sistema $\frac{1}{2}$ S d/3 6d/7 y se estimulan una vez, a los tres meses de explotación.

Durante este periodo, el rendimiento en hevea es medido así con un cierto número de parámetros fisiológicos (pH, actividad de las fosfatasa ácidas totales, estabilidad de los lutoles, contenido de magnesio y fósforo, grupos tiols y sacarosa) e histológicos (número de mantos laticíferos, espesor de la banda de floema funcional y no funcional). Todos estos parámetros permitiendo conocer la capacidad intrínseca de producción de los clones, el objetivo principal de esta fase de selección no es evaluar la productividad sino estudiar el comportamiento de los clones con respecto a sus reacciones a la pica, a la estimulación, en función de sus parámetros de producción fisiológicos e histológicos.

Así se debe incluir la noción de topología ya que la selección no se hace sobre valores absolutos sino sobre un tipo de comportamiento considerado como ideal. Teniendo en cuenta esta noción, la elección se hará sobre tal o cual tipo de clon considerando su utilización futura (por ejemplo plantación industrial o pequeño propietario; en este último caso, los factores de rusticidad son primordiales).

Al final de este segundo nivel de selección (cuatro años y medio después de la clonación), se conservan entre 5 y 8 clones para ser sembrados en campo clonal a gran escala. En este momento el terreno está nuevamente disponible, si fuera necesario, para nuevos experimentos. En ausencia de criterios de selección precoz, esta segunda etapa hubiera requerido de 10 a 15 años, lo que demuestra una vez más la preocupación que tienen los seleccionadores para resolver las limitantes de tiempo y superficie.

Campos comparativos de clones a gran escala

A lo largo de esta fase, cada clon se planta en condiciones normales de explotación, a razón de 500 árboles por hectárea (una hectárea por clon). En la medida que se pueda, las pruebas están deslocalizadas para verificar la adaptabilidad del material vegetal a diferentes condiciones de medio ambiente, en ocasiones con la cooperación de plantaciones industriales ofreciendo sitios variados.

Los métodos de cultivo son los de las plantaciones comerciales que reciben estos experimentos a los de las plantaciones de las vecindades, pero el sistema de explotación deber ser el mismo en las diferentes zonas de experimentación.

Estas pruebas se siguen por alrededor de 15 años para que sea bien conocido el comportamiento de los clones con respecto a las adversidades locales, y para que se pueda dar un buen gusto a los diversos aspectos de su rendimiento (rendimiento por árbol, por hectárea, por picador) comparándolo con los clones ya difundidos. Al final de este periodo, se pueden dar recomendaciones para el material probado el cual sin embargo se preconiza primero a una escala moderada.

Si hiciéramos el cálculo de tiempo transcurrido desde la recolección de las semillas obtenidas de cruza y la recomendación de los mejores clones, contaríamos entre 18 y 22 años, lo que se tiene que comparar con 30 o 35 años necesarios para esquemas de selección clásica que no utilizan criterios de selección precoz.

Según la hipótesis inicial (1,000 individuos de pie franco por seleccionarse por año), en términos de superficie y para localización dada, este programa, en periodo de rutina, no utilizará más de una centena de hectáreas, distribuidas de la manera siguiente: 5 campos de clones a pequeña escala (superficie de 4 a 5 ha durante 5 años) y 15 campos clonales a gran escala (superficie de 6 ha durante

5 años), lo que corresponde a la siembra de una decena de hectáreas cada año.

NUEVAS PERSPECTIVAS DE MEJORAMIENTO

Búsqueda de líneas puras y creación de híbridos de primera generación

Como ya se ha dicho anteriormente, el material vegetal que se utiliza actualmente se ha obtenido por una selección masal seguida por una selección genealógica. Se permite pensar en este último camino utiliza padres heterocigóticos y que solo la adición de los caracteres puede llevar a un mejoramiento. Otra posibilidad podría consistir en la creación de padres homocigóticos y esto por dos razones:

- Las cualidades de un individuo son dictadas por las características alélicas de los genes presentes y por la interacción entre estos alelos.

La calidad de los alelos sólo se puede juzgar en individuos homocigóticos en los que las interacciones son muy reducidas. La selección sucede entonces a 2 niveles: sobre los homocigóticos para juzgar su valor individual, y, después de haber cruzado, sobre sus descendientes para obtener familias que presentan la máxima heterosis.

- El otro interés de este método es el de obtener descendientes perfectamente homogéneos (todos los individuos obtenidos de cruces entre los padres homocigóticos, teóricamente presentan el mismo genotipo). Los padres seleccionadores serían entonces plantados en jardines de polinización libre, y las semillas obtenidas directamente utilizadas para el establecimiento de plantaciones.

Esta vía de creación de híbridos de primera generación se encuentra limitada, por el momento, por las dificultades de obtención de individuos homocigóticos que sólo se pueden obtener por dos métodos:

- Autofecundaciones sucesivas que permiten obtener genitores homocigóticos al 90% después de 10 generaciones. Esta técnica no parece poder dar resultados interesantes en razón de los plazos demasiado largos para la obtención de líneas (más de 50 años). Además, el porcentaje de éxito en autofecundación es particularmente bajo.

- Obtención de individuos haploides mediante cultivos *in vitro* de polen o de óvulos no fecundados. En las especies en las que está técnica se ha experimentado, estos individuos haploides presentan un vigor muy débil y son estériles. Los individuos haploides (18 cromosomas) deben ser tratados desde el estado de plántula con colchicina para volverse diploide. Sin embargo, para que este método presente un interés para utilización a gran escala, es necesario que estas plantas homocigóticas diploides sean suficientemente vigorosas para poder constituir campos semilleros y que sus descendientes sean numerosos.

Se han realizado investigaciones con este fin en Sri-Lanka y en Malasia en el marco de trabajos sobre el cultivo *in vitro* de tejidos de hevea (580, 581). Los primeros resultados concretos han sido obtenidos por investigadores chinos (582) no obstante, estos trabajos sólo están en su etapa inicial, las primeras plántulas regeneradas a partir de los cultivos de anteras siendo, hasta ahora, mixoploides (individuos presentando células con n y $2n$ cromosomas).

Mutaciones y poliploidía

No se puede cerrar este capítulo sin recordar estas dos técnicas que constituyen vías creativas pero cuyas aplicaciones prácticas en heveicultura siguen siendo inciertas.

Mutaciones: la inducción de mutantes se realiza ya sea mediante un agente químico (E.M.S), o un agente físico (rayos X o γ). Los órganos irradiados pueden ser fragmentos de varetas portayemas, yemas dormidas o semillas. Esta técnica se está experimentando en China (591), Malasia (592) e India (593). Con la idea de crear nuevas características dentro del banco genético actualmente disponible para el seleccionador. Las plantas guantes presentan en general, ciertas anomalías:

- mosaico sobre las hojas.
- modificaciones en el número, la forma y el tamaño de las hojas.

Este método se utiliza relativamente poco a causa de la dificultad para aislar los caracteres mutantes, recesivos la mayoría de las veces, y que además presentan

raramente un interés en la práctica.

Poliploidía: sin querer entrar en el detalle de la cariólogía, del hevea, parece que esta planta con $2n=$ igual a 36 cromosomas es un tetrafide ya que su número de base es dos veces más elevado que en las otra especies de Euforbitaceas $2n = 18$ (599).

Por lo tanto el *Hevea* tal como se conoce hoy en día sería una aloploidie procedente e la cruza de dos especies primitivas vecinas con $2n = 18$ cromosomas, seguida de una duplicación espontánea de su genoma.

En poliploidía- inducida artificialmente por la colchinilla, cuya acción se refuerza con el D.M.S.O.- los principales trabajos se han realizado en Brasil por L.O.T MENDEZ y en Malasia por R. SHEPHERD. El fin de la diploidización, como en otras numerosas especies, es el de obtener un aumento del amaño de los órganos haciendo el poliploide más vigoroso eventualmente, más productor que el individuo de donde se obtuvo. En el hevea, después de haber aislado las estructuras poliploides sobre la planta presentando inevitables formaciones quimeras, individuos supuestamente poliploides al 100% se han obtenido. Los principales efectos observados en los poliploides son un retraso en la vegetación, grieta sobre el tronco, hojas gruesas y verde oscuro y ramas frágiles. Desde el punto de vista anatómico la corteza es mas gruesa, el tamaño y el número de vasos laticíferos es mayor. En algunos casos, la producción mejora. Pero la dificultad de crear plantas poliploides al 100% y de multiplicarlas ha sido, hasta la fecha, el principal obstáculo para el desarrollo de esta técnica.

Bosquejo del proceso de mejoramiento genético para hule enfocado a producción de látex-madera

Variabilidad del material inicial

Hevea es una de las plantas tropicales cultivadas que han experimentado una gran distribución y han alcanzado su mayor importancia económica fuera de su habitat original.

Alrededor de 1875 en la cuenca del Amazonas, Wickham colectó unos cuantos miles de semillas de árboles bien desarrollados de *Hevea brasiliensis*. Estas semillas se germinaron en el jardín botánico de Kew y las plántulas se llevaron a Ceylán y Malasia donde se plantaron y cultivaron hasta la edad adulta. Las

semillas de estos árboles se distribuyeron posteriormente a través de la futura región productora de hule en el sureste Asiático: Malasia, Indonesia, Indochina y Ceylán. Mas tarde se introdujeron en el Lejano Oriente nuevas cantidades de semillas provenientes de Brasil, pero los resultados obtenidos fueron menos satisfactorios que los que se tuvieron con el material de Wickha. Con perspectivas económicas favorables, el cultivo del hule experimentó en el sureste de Asia una considerable expansión después de 1910. Esto implicó la rápida propagación y en gran escala de material de una procedencia relativamente estrecha.

En ese tiempo algunos visionarios ya se habían dado cuenta que era preferible tomar la semilla de ciertos árboles de excelente vigor o gran capacidad de rendimiento en lugar de escogerla al azar. Este principio se siguió con frecuencia durante el establecimiento de las plantaciones con árboles francos de la Costa oriental de Sumatra entre 1910 y 1921.

El progreso obtenido aún mediante esta selección de masa muy burda, indica la presencia de un potencial considerable para el mejoramiento genético de este material bastante heterogéneo genotípicamente. No se utilizó totalmente la ventaja de estas posibilidades sino hasta después de 1917, cuando ya se habían desarrollado métodos de multiplicación vegetativa por medio de injerto de yema. Esta forma de propagación fue descubierta casi simultáneamente en Indonesia por Van Helter, Bodde y Tas en 1916. En Malasia, Gough dio un considerable impulso al injerto de yema.

La disponibilidad de un método adecuado de propagación vegetativa, hizo posible el desarrollo de clones a partir de ciertos árboles prominentes. Gracias a los esfuerzos conjuntos de los investigadores de las estaciones experimentales y de los productores, éste fue uno de los primeros éxitos obtenidos. En el caso de Indonesia y Malasia, el material Inicial disponible cubría un área de varios cientos a miles de hectáreas, plantadas casi exclusivamente con plantas francas sin seleccionar. Las plantas francas de hule muestran una gran variabilidad la cual expresa no solamente en características morfológicas tales como la forma del tallo, la forma de ramificación, la forma de la copa, el color, y la forma de las hojas, así como el dibujo sobre la cubierta de la semilla, si no también en su capacidad de rendimiento, que desde un punto de vista práctico es el factor más importante.

Es posible formarse una idea de la variabilidad, este factor registrando individual entre el rendimiento de un gran número de plantas francas, reveló que los rendimientos por árbol pueden variar desde prácticamente cero hasta casi 100 g de hule seco por sangrado. En la figura 5 se presentan los resultados de un experimento de este tipo.

Tomando en consideración los datos de la Figura 34 se puede concluir que los mejores árboles (8%) rindieron casi el 24% del rendimiento total y el 75% de éste representó la capacidad del 49% de los árboles. En otras palabras la categoría de árboles de más alto rendimiento produjo en promedio, más, de cuatro veces el rendimiento de la categoría mas baja de éste. Esta variabilidad puede atribuirse parcialmente a diferencias genóticas y parte a condiciones ambientales. Una comparación de los coeficientes de variabilidad dentro de las poblaciones de plantas francas con los registros en clones cultivados bajo condiciones similares, nos proporciona suficiente evidencia para demostrar que por lo menos una parte de la variabilidad en las plantas francas se debe a diferencias genóticas. Un clon es un individuo que tiene el mismo genotipo. Por lo tanto la variabilidad puede atribuirse a:

- 1) condiciones medioambientales y
- 2) la influencia del portainjerto

El método que se seguiría el programa de mejoramiento se caracterizará brevemente como un sistema en el cual la selección clonal y la recombinación genética se alternan sucesivamente. Las progenies obtenidas de la etapa sexual proporcionará el material inicial para desarrollar la siguiente generación de clones Figura 35. Los árboles madre seleccionados entre las poblaciones básicas altamente variables, darán origen a un grupo de clones que se denominaran clones primarios. Los miembros sobresalientes de este grupo cumplirán un doble propósito. Se usaran como material para establecer plantaciones.

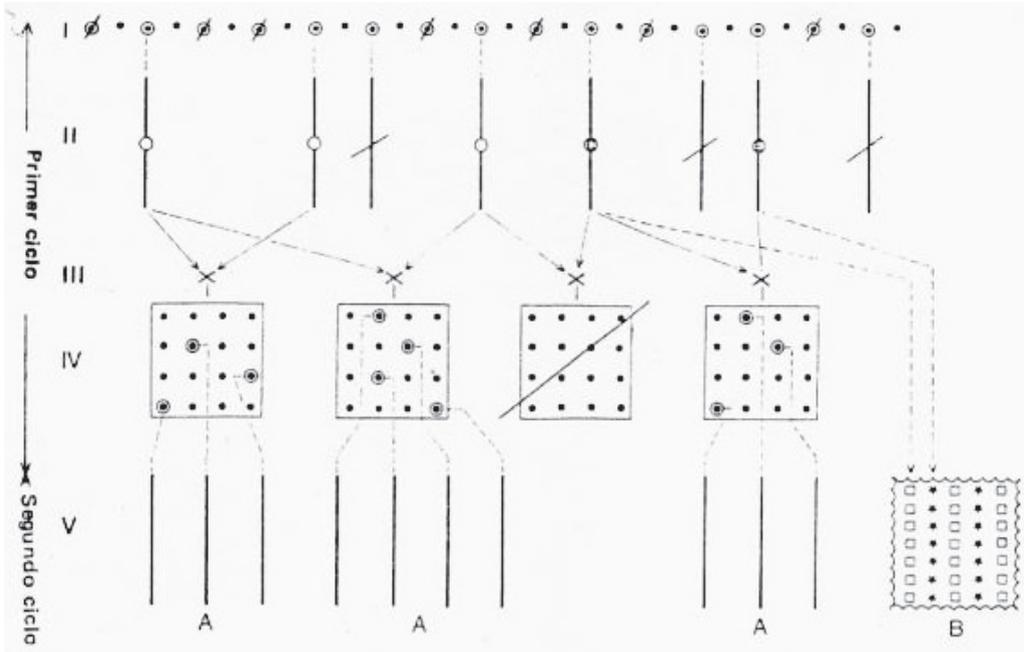


Figura 34. Representación esquemática de mejoramiento y selección clonal en heveas.

- I. Material franco a partir del cual se seleccionarían los árboles madre esperados (O) y otros se eliminan (/).
 - II. Ensayo de los clones primarios (O seleccionados, /rechazados).
 - III. Realización de cruza entre clones sobresalientes.
 - IV. Evaluación de las progenies F1 y selección de los árboles madre secundarios.
 - V. A. ensayo de los clones secundarios.
B. Obtención de semilla de la cruzas sobresalientes D* E en gran cantidad mediante el establecimiento de una plantación biclonal aislada productora de semilla.
- El ciclo de mejoramiento genético se continúa repitiendo los procedimientos mencionados en III y IV.

Las etapas sucesivas del procedimiento genotécnico se describen como:

Selección de árboles madre y clones primarios

Las probabilidades de éxito en un programa de selección clonal son más pequeñas de lo que se podría suponer. De ninguna manera todos los árboles madre sobresalientes producirán clones superiores, discrepancia que puede atribuirse a varios factores.

Indudablemente los árboles madre difieren en su capacidad para soportar el proceso de propagación vegetativa. Por otra parte, los portainjertos sobre los cuales se injertan constituyen un factor importante pero cuya influencia es difícilmente predecible.

Familias de plantas francas primarias y los clones secundarios que se derivan de ellas

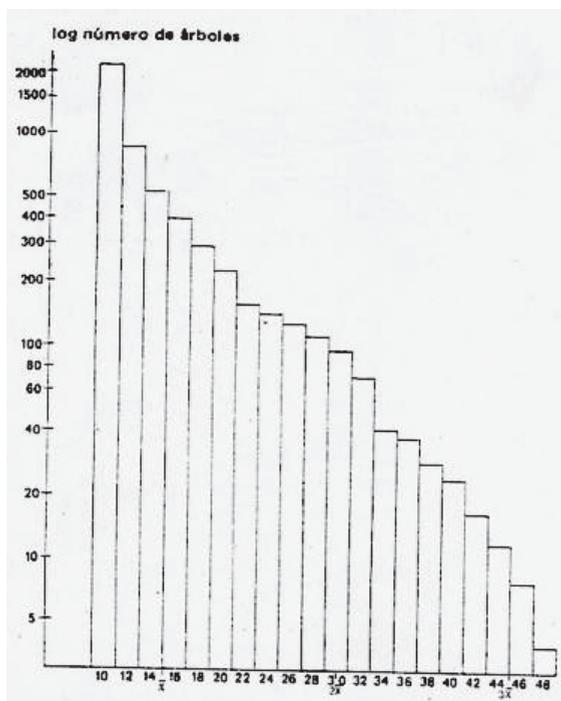


Figura 35. Distribución de frecuencias de los rendimientos individuales de 5000 árboles francos, sin seleccionar, todos sangrados la misma altura y con la misma longitud de corte en la pica. Las medias 1, 2 y 3 indican las clases con 1, 2 y 3 veces el rendimiento promedio.

Comerciales y además, se entrecruzaron deliberadamente en todas las formas posibles con el objeto de obtener material proveniente de semilla de un valor intrínseco considerablemente mayor que el de las plantas francas originales sin seleccionar.

Las familias mejoradas de plantas francas podrán usarse arbitrariamente, ya sea para establecer plantaciones comerciales o como material inicial para obtener una nueva generación de clones que se denominaran clones secundarios. Este último material, a su vez producirá por entrecruzamiento una posterior generación mejorada de familias de plantas francas, con las cuales el procedimiento genético podrá repetirse tal como se indicó anteriormente y continuarse por tanto tiempo como existan posibilidades para lograr mayores avances.

Se prevé en este programa de mejoramiento para complementar tres ciclos un periodo de 40 a 50 años aproximadamente.

La idea de producir y estudiar las progenies sexuales de árboles sobresalientes de clones en realidad data desde hace mucho tiempo, prácticamente desde el ortet en que los primeros clones se estaban ensayando. Por lo que los primeros países del mejoramiento genético y de la selección clonal se llevaron a cabo paralelamente durante varios años.

Las progenies F 1 obtenidas de esta manera, denominadas en su mayoría familias de plantas francas, se emplearon con el doble propósito.

- a. como material inicial para desarrollar clones secundarios.
- b. Como material franco mejorado para propósitos prácticos, en el caso aquellas familias que se encontraron relativamente sobresalientes.

Con el objeto de evaluarlas, las diferentes familias francas se plantaran en experimentos cuidadosamente diseñados y además incluían uno o dos clones bien como testigos: además de las familias de plantas francas legítimas obtenidas mediante polinización manual, también se incluirán las progenies provenientes de polinización abierta (denominadas plantas francas ilegítimas) de varios clones sobresalientes. En varios, experimentos. Después de varios años de pica y cuidadosos registros del rendimiento, será posible evaluar la capacidad de rendimiento de las diferentes categorías de plantas francas.

Las necesidades a largo plazo de ciertas cruzas serán satisfechas mediante el establecimiento de huertos biconales productores de semilla, los cuales se aislarán en espacio o simplemente se plantarán entre otras plantas como la palma africana de aceite o de café. Cuando se considere necesario establecer un huerto productor de semilla cerca de otras plantaciones de hule, la sección destinada a la producción de semilla consistente en hileras alternadas de los clones A y B se rodeará con una faja de protección de varias hileras de ancho, plantada con plantas injertadas de uno o de los clones progenitores, como se indica en la figura 36.

En la práctica este material mejorado, su función básica será la de proporcionar material par clones secundarios.

Al trabajar con el material cruzado así obtenido se puede adoptar uno de los dos procedimientos siguientes:

a) El método tradicional de prueba de progenies

En las etapas iniciales del trabajo genotécnico las familias provenientes de las cruzas se plantarán en bloques o hileras con uso de diseños experimentales. También se incluirán uno o dos clones bien conocidos como testigos. Cuando se alcance la edad de pica, se realizan pruebas de pica en las familias francas y en los clones testigo con objeto de determinar su valor.

Mediante la evaluación de los registros individuales de rendimiento y de otras características valiosas como el vigor del crecimiento, el hábito de ramificación, el grosor y la regeneración de la corteza, y las propiedades del látex, se seleccionan de manera

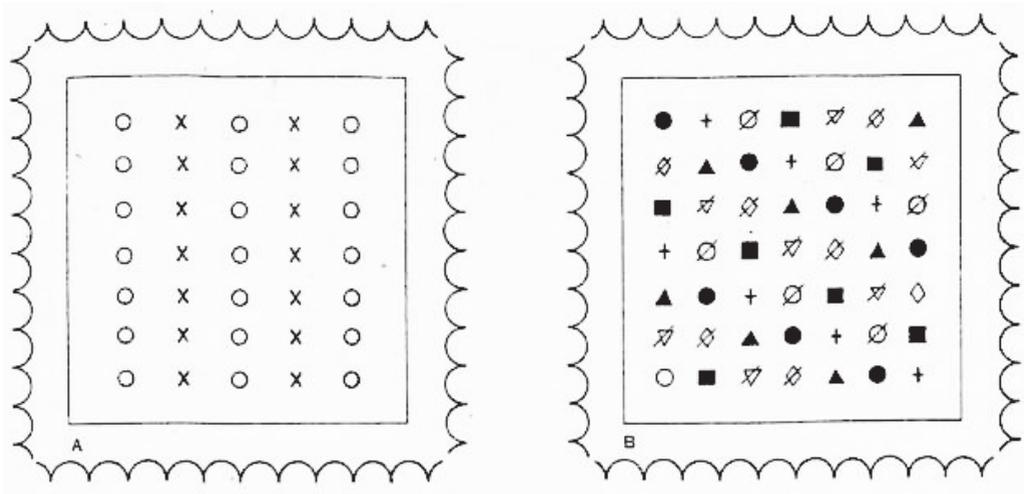


Figura 36. Diseño para establecer en el campo dos tipos de plantaciones productoras de semillas aisladas. (A) plantación biclonal. (B) Plantación Multiclonal, que inicialmente tiene 7 clones de los cuales los señalados con una / se supone que se eliminarán en base a las sucesivas pruebas de progenie. La línea ondulada significa una barrera para el polen extraño plantado con los mismos clones de hule que están en la plantación, o con alguna otra planta de crecimiento alto como la palma Africana de aceite. Un bordo circundante con árboles forestales también puede servir como barrera contra el polen extraño.

Preliminar, un número limitado de árboles sobresalientes que pasan a la categoría de árboles madre, los que a su vez se propagarán vegetativamente para convertirse en clones. De ahí solamente un pequeño número de clones se elegirán entre los árboles de mayor rendimiento y con características sobresalientes. Estos clones se plantan de preferencia en experimentos formales y se someterán a pruebas de pica tan pronto como los árboles alcanzan el tamaño adecuado para picarse. Dos o tres años de pica son suficientes para dar una idea de cuáles clones son promisorios. Estos se multiplican vegetativamente y se plantan bajo diseño experimental en parcelas más grandes y en condiciones que se aproximen más a las que se encuentran en la práctica. Aquí se llevará a cabo la evaluación final, después de la cual es posible considerar la plantación en una escala comercial.

Este es un procedimiento bastante largo, desde el momento en que se establecen las cruces y las autofecundaciones, transcurrirán alrededor de 16 años antes de que sea posible hacer un juicio provisional a cerca de los clones derivados. Este periodo puede acortarse en tres o cuatro años si el registro individual del rendimiento se restringe al primer año normal de pica, y si en base a estos datos se selecciona el 10-20 % de las plantas francas más rendidoras para multiplicarse clonalmente. Dijkman y Ostendorf (1951) demostraron que la mayoría de los árboles rendidores potenciales se encuentran en este grupo.

El método anteriormente descrito consiste en hacer una selección entre árboles madre asumiendo que los mejores de ellos originarán también buenos clones.

b) el método acelerado de prueba de progenies

Con el objeto de superar estas objeciones y acelerar el proceso se aplicará el siguiente método alternativo, el cual se basa en la circunstancia que una planta de hule puede multiplicarse mediante injerto de yema desde una edad temprana.

Es fácil tomar entre 6-10 yemas de una planta de aproximadamente un año de edad e injertarlas sobre patrones de la edad y el tamaño apropiados. De esta manera se obtiene un número limitado de plantas injertadas (5-8) de una sola planta franca, las cuáles después de recortarse el patrón, pueden transplantarse y cultivarse de manera ordinaria.

Los pequeños clones así establecidos, junto con las plantas francas de las cuales se derivan, se plantean en un experimento formal. Este procedimiento requiere de una entre 5 o seis veces mayor de lo que se necesitaría si solamente se hubieran plantado los francos, pero tienen la ventaja de que las familias francas y los injertos derivados de ellas se prueban al mismo tiempo: por lo que la información para las categorías de material se obtiene simultáneamente.

Los datos acerca de los clones tienen sin embargo, sólo un carácter provisional ya que se basan en observaciones hechas en un pequeño número de individuos. Por razón, los clones que después de uno o dos años de registro de datos parecen promisorios en esta prueba provisional, se multiplicarán vegetativamente y se incluirán en un experimento formal a mayor escala acompañados por los clones testigos necesarios. Los datos así obtenidos permitirán formarse una opinión mas definitiva a cerca de estos clones.

Este método alternativo difiere esencialmente del método convencional en que distingue entre clones en vez de hacerlo entre árboles madre. La ganancia en tiempo que resulta de la multiplicación vegetativa a una edad temprana es considerable. Es posible además evaluar preliminarmente a los clones secundarios en los 10 años siguientes a la realización del programa de cruzas, contra los 16 años que se lleva el procedimiento tradicional.

En plantaciones bisionales donde uno de los progenitores sea estéril masculino o por medio de polinización manual. En la mayoría de las plantaciones biclonales productoras de semillas, se producirá un cierto porcentaje de semilla como resultado de autofecundación además de las combinaciones deseadas $A \times B$ o $B \times A$. este porcentaje variará según el tipo particular de cada clon, la frecuencia de floración, las condiciones del clima y el tipo de insectos que llega a las flores. Por lo tanto, por seguridad es mejor referirse a la semilla obtenida en plantaciones bisionales como casi legítima.

Hay un intervalo de cuando menos cinco años entre la plantación y la entrada en producción. Sin embargo, con el objeto de poder abastecer semillas legítimas en una escala limitada durante el periodo de espera, se producirán ciertas combinaciones sobresalientes por cruzamiento mediante polinización artificial. Con una organización eficiente y una cantidad adecuada de mano de obra calificada esto será factible. Para asegurar que esta semilla obtenida a costo tan alto utilice tan eficientemente como sea posible, se han desarrollado métodos para dividir las plántulas en dos, por lo que teóricamente se pueden obtener dos plantas de una semilla. En la práctica, generalmente no se obtienen más de 150 plantas de cada 100 plántulas divididas.

Genotécnia de la resistencia a enfermedades

El hule plantado en México en diversas áreas del sureste, se ha mantenido comparativamente libre de enfermedades y plagas serias. Las distintas formas de hongos de la raíz que pueden causar problemas serios son un legado de la jungla que tuvo que eliminarse para abrir paso a las plantaciones de hule. Las enfermedades del tablero e pica pueden considerarse en su mayor parte, como infecciones de las heridas y éstas pueden controlarse mediante la curación del área afectada. La única enfermedad que realmente es un problema de las áreas productoras de hule del sureste de México, es la enfermedad sudamericana de

la hoja y es endémica en Centro y Sudamérica (S.A.L. B.) y es causada por *microcyclus ulei*, que ha devastado a las plantaciones de hule en la región.

Por lo que es necesario iniciar programas genotécnicos a largo plazo basados en cruzas entre clones orientales susceptibles y clones resistentes sudamericanos incluidos por retrocruzas repetidas hacia los progenitores recurrentes altamente valiosos no resistentes, acompañados por continua selección de las progenies así obtenidas en base a la presencia de individuos resistentes. Se requiere asimismo que estos últimos posean la de producción del progenitor oriental.

Este programa de recruzas que cubrirá un periodo de muchos años. En principio, y una vez tomadas las medidas cuarentenarias se traerán varios clones sudamericanos resistentes a *Microcyclus ulei*, estos clones a su vez son el resultado de repetidas retrocruzas entre material brasileño resistente y clones orientales susceptibles.

Con estos clones resistentes se continuará un programa de retrocruzas. Debido a que el número de plantas obtenidas por polinización manual es notoriamente bajo, la mayoría de las semillas proveniente de cruzas se obtendrá de plantaciones aisladas para producir semilla con un diseño como el que se muestra en la Figura 37. En cada parcela productora de semilla se plantaran con clon oriental y tres resistentes al microcyclus, dos de ellos se eliminaran en el cuarto o quinto año en base a las observaciones realizadas sobre sus hábitos de crecimiento y floración. Las semillas se cosecharan del progenitor oriental no resistente. Estas semillas deben haberse originado parcialmente de autofecundación y parcialmente de cruzamiento. Esto no causa dificultades, ya que las plantas provenientes de semilla autofecundada no tienen resistencia y, en consecuencia, se eliminan automáticamente en la evaluación de la resistencia.

La selección por resistencia deberá llevarse a cada país donde sea endémica; o sea México. Con este fin, las plántulas estudiadas se cultivaran en vivero en algún país asiático hasta que tengan un año de edad, entonces se recortaron dejando solo los tocones. Las partes superiores de estas plántulas se despacharan por avión a la plantación de México donde se injertarán en un vivero de selección, en el cual muchas plántulas susceptibles proporcionaron abundantes esporas del hongo.

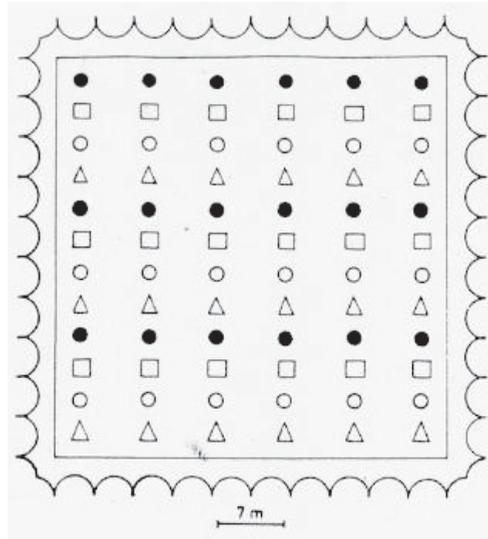


Figura 37. Diseño de una plantación productora de semilla aislada para producir en gran escala la cruce entre clones resistentes a *Microcyclus ulei* (□O y A) y un oriental de alto rendimiento, susceptible.

SISTEMAS AGROFORESTALES CON *Hevea brasiliensis* Müll Arg EN EL SURESTE MEXICANO

Este es una propuesta de producción de sistemas agroforestales que dados los apoyos de financiamiento y asistencia técnica actuales en el sector huleero, pueden convertirse en sistemas practicados por los agricultores. Las posibilidades de combinaciones entre especies y entre conjuntos de especies es alto y por ello se seleccionaron solo algunas opciones que se cree están más cerca de las posibilidades de manejo de los agricultores. Estos modelos tratan de solucionar algunos de los problemas más frecuentes de producción encontrados en el área y mencionados en este examen. Cada modelo se espera que sea establecido en un total de 4 ha de las cuales 2 ha serían de hule ya asociado con maíz u frijol en relevo, o intercalado con palma camedor y 2 ha de una opción productiva diferente de apoyo al hule y en forma de diversificación, y que pueden ser borregos o café Robusta.

Como la propuesta se centra en el hule, la mayoría de los modelos consideran a esta especie como eje. Sin embargo, como se trata de un desarrollo sustentable de los grupos de campesinos de las regiones huleras, cultiven o no el hule, se han incluido modelos productivos que no lo consideran del todo como componente.

La tecnología existente para mejorar el hule como cultivo en producción se centra en mejorar principalmente la cosecha. Tanto el mejoramiento de la forma de hacer los cortes, entre otros factores poniendo atención al ángulo que sea lo más cercano posible a los 40 grados; el uso adecuado de Ethrel y aceite lo que disminuye la frecuencia de cosechas en un 50% y por último la adecuada desinfección del área herida con fungicidas. Estas prácticas relativamente simples pueden hacer que la plantación aporte hasta 4 t/ha de látex, siempre que tenga una densidad de plantación de 400 plantas en producción.

Para aquellos agricultores que ya tienen hule, se ha pensado en un modelo que tiende a aumentar sus ingresos a través de la incorporación de la palma camedor (*Chamaedorea elegans*) como intercultivo en la sombra natural de la plantación. Esta palma ha demostrado tener un mercado activo y hasta el momento abierto. Este modelo es bastante demandante en calidad de la mano de obra en la cosecha de las hojas y en el manejo de post-cosecha, antes de entregar la producción al intermediario. Por ello se piensa que podría aumentar la demanda por mano de obra femenina en las áreas en que se practique.

El modelo se ha preparado con base en una densidad de plantas de palma relativamente baja, sin embargo, siendo positiva la relación entre cantidad de plantas y rendimiento en hojas, este número de plantas puede aumentarse de acuerdo con la capacidad de manejo que los agricultores puedan desarrollar a través del proceso productivo.

Los modelos propuestos presentan las siguientes características:

Modelo 1 (hule-palma-ganado ovino). Modelo orientado a los productores con plantaciones maduras de hule. Las plantaciones de hule del sistema tradicional tienen un máximo de 2,0 ha, son de bajo rendimiento (1,5 t/ha/año de hule fresco), y la cría de ganado ovino se practica esporádicamente. El modelo propuesto aumentará el rendimiento del hule mejorando el procedimiento de recolección hasta alcanzar 4,0 t/ha/año de hule de mejor calidad, introducirá

2,0 ha de palma camedor en las plantaciones de hule y se practicará la cría de engorde sistemática de corderos añojos en pastos mejorados y bancos de proteína en parcelas separadas.

Modelo 2 (hule-palma-café). Este modelo está pensado también para productores con plantaciones maduras de hule y café. El sistema tradicional consiste en una superficie de 1,0 a 2,0 ha de plantaciones de hule y de 1,0 a 2,0 ha de plantaciones de café en parcelas distintas. Ambos cultivos tienen un bajo rendimiento (1,5 t/ha/año de hule seco y 0,5 t/ha/año de café). El modelo propuesto aumentará el rendimiento del hule mediante la aplicación de prácticas mejoradas de recolección, hasta llegar a 4,0 t/ha/año de producto de mejor calidad, introducirá la palma camedor bajo las plantaciones de hule y restablecerá las plantaciones de café implantando mejores prácticas de cultivo, con un rendimiento estimado en 1,5 t/ha/año.

Modelo 3 (sistemas nuevos, hule-ganado ovino). Modelo destinado a los productores de las plantaciones nuevas de hule. Con el sistema tradicional se cultivan maíz y frijol de bajo rendimiento (0,6 t/ha/año de maíz y 0,4 t/ha/año de frijol) y se practica la cría esporádica de ganado ovino. El modelo propuesto se compone de cultivos de maíz y frijol intercalados con los árboles caucheros durante los tres primeros años, con un rendimiento previsto de 2,0 t/ha/año para el maíz y 1,0 t/ha/año para el frijol. Se obtendrá un rendimiento del hule de 4,0 t/ha/año en la fase de madurez, y se practicará la cría de engorde sistemática de corderos añojos en pastos mejorados y bancos de proteína en parcelas separadas.

Modelo 4 (sistemas nuevos, hule-café). Modelo destinado a los productores de las plantaciones nuevas de hule. Con el sistema tradicional se cultivan de 1,0 a 2,0 ha de maíz y frijol de bajo rendimiento (0,6 t/ha/año de maíz y 0,4 t/ha/año de frijol) y de 1,0 a 2,0 ha de plantaciones de café maduras. El modelo propuesto consistirá en cultivos de maíz y frijol intercalados con caucheros durante los tres primeros años. Se obtendrán rendimientos del hule de 4,0 t/ha/año en la fase de madurez, se renovararán las plantaciones de café y se implantarán mejores prácticas de cultivo, con un rendimiento estimado en 1,5 t/ha/año.

Modelo 5 (maíz-frijol-ganado ovino). Modelo pensado para productores con terrenos de suelos y/o condiciones topográficas inadecuados para la plantación de hule. Con el sistema tradicional se cultivan de 1,0 a 2,0 ha de maíz y frijol de bajo rendimiento (0,6 t/ha/año de maíz y 0,4 t/ha/año de frijol) y se practica esporádicamente la cría

de ganado ovino. El modelo propuesto mejorará la producción de maíz y frijol, con rendimientos previstos de 2,0 t/ha/año para el maíz y 1,0 t/ha/año para el frijol. Asimismo, con este modelo se practicará la cría de engorde sistemática de corderos jóvenes en pastos mejorados y bancos de proteína en parcelas separadas.

Modelo 6 (maíz-frijol-café). Modelo previsto para productores con terrenos de suelos y/o condiciones topográficas inadecuados para la plantación del hule. Con el sistema tradicional se cultivan de 1,0 a 2,0 ha de maíz y frijol de bajo rendimiento (0,6 t/ha/año de maíz y 0,4 t/ha/año de frijol) y de 1,0 a 2,0 ha de plantaciones de café maduras. El modelo propuesto mejorará la producción de maíz y frijol, con rendimientos previstos de 2,0 t/ha/año para el maíz y 1,0 t/ha/año para el frijol. Asimismo se renovarán las plantaciones de café y se introducirán mejores prácticas de cultivo, con un rendimiento estimado en 1,5 t/ha/año.

Modelo 1

El primer modelo que incluye esta palma, también incorpora ovinos en la misma unidad de producción y un resumen se observa en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Ingresos derivados del Modelo 1 de producción basado en hule existente intercalado con Palma Camedor y Ovejas en otro lote ^{1/}.

Componentes	AÑOS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Hule	-2 320,0	400,0	640,0	1 540,0	2 460,0	3 740,0	5 940,0	5 940,0
Palma	-7 960,0	240,0	440,0	3 450,0	6 250,0	7 430,0	7 430,0	9 230,0
Borregos	-7 073,0	219,0	2 219,0	3 219,0	3 219,0	3 219,0	3 219,0	4 219,0
Ingreso Neto Total/ha	-8 676,5	429,5	1 649,5	4 104,5	6 054,5	7 194,5	8 544,5	8 794,5

1/ En pesos mexicanos; 1 USD = MXN 9,48

Este modelo significa obtener USD 888,2 en las 2 ha dedicadas a la producción de ovejas peligüey. El hule intercalado con la palma camedor permitiría obtener USD 3 200 en las dos hectáreas dedicadas a este componente.

Para los ovinos se establece una pastura artificial de pasto braquiaria, además de un lugar en el cual se mantiene un banco de proteínas, como suplemento alimenticio. La pradera se mantiene con manejo y, además, con aplicación de fertilizantes de modo de disponer de suficiente biomasa y poder alimentar hasta nueve borregos por hectárea a partir de los 15 kilos cada uno y lograr aproximadamente una ganancia optima de 30 kilos por animal. En forma teórica, se pueden lograr hasta dos engordas al año de seis meses cada una, con un periodo crítico de competencia al último mes de cada engorda. El modelo se ha preparado con una carga un tanto menor, lo que disminuye los ingresos, pero puede tornarlo más real, considerando las condiciones medias de los agricultores de las regiones.

Este modelo tiende a favorecer la recirculación de nutrientes al menos de dos formas: al incorporar producción animal y disponer de hule que actúa como un recirculador eficiente desde capas más profundas del suelo. Sin embargo, es necesario considerar que parte de la biomasa producida en forma de hojas de palma, abandona la unidad de producción y con ello se pierden gran cantidad de nutrientes.

Este modelo aporta al menos dos opciones de diversificación (palma y borregos) para el rango actual tan estrecho de posibilidades productivas que aun no se han desarrollado completamente en la región. También tiende a favorecer la acumulación de experiencias en establecimiento de praderas, habilidad que puede ser aplicada también a otros tipos de producción animal.

El banco de proteínas contribuirá directamente con la incorporación parcial de N en el suelo en indirectamente a través de los animales.

Modelo 2

El Modelo 2, que tiene también el componente de hule ya establecido intercalado con palma camedor, es aquel que reemplaza los ovinos por café del tipo Robusta ya existente (Cuadro 13).

Cuadro 13. Ingresos derivados del Modelo 2 de producción basado en hule existente intercalado con palma camedor y café existente en otro lote 1/.

Compo- nente	AÑOS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Hule	-2 320,0	400,0	640,0	1 540,0	2 640,0	3 740,0	5 940,0	5 940,0
Palma	-7 960,0	240,0	440,0	3 440,0	6 250,0	7 430,0	7 430,0	9 230,0
Café	-790,0	-700,0	150,0	340,0	200,0	2 400,0	2 145,0	3 545,0
Ingreso total/ha	-5 535,0	-30,0	2 130,0	2 665,0	4 545,0	6 785,0	7 757,5	8 457,5

1/ En pesos mexicanos; 1 USD = MXN 9,48

Similar al modelo anterior, el componente de hule establecido y la palma camedor aportan USD 3 200 de ingresos anuales por las 2 ha dedicadas al componente, mientras que el café Robusta puede aportar hasta USD 747 en las dos hectáreas de su cultivo. Es necesario puntualizar que en este modelo, se proyectaron los ingresos del hule hasta 20 años de modo de tener una idea del comportamiento del modelo en el largo plazo, que es aquel en que esta especie demuestra su mayor competitividad con otras especies perennes. Al prolongar la vida del sistema por 20 años la simulación debió incorporar repoblación parcial de la superficie dedicada al café, lo que disminuye los ingresos en un periodo.

Considerando las condiciones de pobreza en que viven los agricultores, el mejoramiento de la producción de este tipo de café representa una opción que puede ser muy interesante. La rentabilidad del café dependerá de la inversión en términos principalmente de manejo y en menor medida del uso de insumos. Por la información existente, la respuesta de este tipo de café a la fertilización no es muy clara en términos de rendimientos, pero sí lo es en términos de mejoramiento de la tolerancia a plagas y enfermedades. Siendo un área de incidencia mediana a alta de broca del café (información de agricultores), la aplicación de control químico como primera instancia, es aceptable. Posteriormente, en la vida del proyecto se deberán explorar las posibilidades de control biológico basado en

microorganismos, tal como en otras áreas del país.

Desde el punto de vista agronómico, se espera más respuesta de este tipo de café a la repoblación inicial por medio del proyecto y mejor manejo de la sombra que a la fertilización.

Este modelo, además de las ventajas ya citadas para el componente hule-palma, aporta un componente adicional de sostenibilidad económica y ecológica por medio del café, que al tener sombra multiespecífica y poblaciones mayores de plantas por unidad de suelo, protegería muy eficientemente el recurso suelo, además de favorecer la recirculación de nutrientes. El manejo de la sombra multiespecífica debería tender a la inclusión de la mayor cantidad posible de especies de leguminosas como *Erythrina spp.*, para favorecer la incorporación de N y materia orgánica, tal como ocurre en las áreas productoras de café arábico en el país.

Tal como se explicó, desde el punto de vista económico, la plantación nueva de hule se caracteriza por su período de carencia de ingresos hasta el año seis ó siete. Para esta situación se han desarrollado dos modelos teóricos, ambos con la incorporación de cultivos básicos (maíz y frijol) durante los dos primeros años de la plantación. Se supuso que los suelos asignados al hule no son los de mejor calidad y por ello se agregaron fertilizantes a la producción de granos básicos, principalmente aportadores de P₂O₅. Es posible cultivar al menos una vez maíz en el tercer año de crecimiento del hule, pero no se consideró ahora esta posibilidad. Dada su condición de planta C3 es más probable que el frijol prospere bien en el tercer año del hule, pero nuevamente no se incorporó esta posibilidad para compensar en parte la alta susceptibilidad del frijol común a patógenos a alturas menores de 600m.s.n.m.

Junto con el módulo de hule con granos básicos, se incorporaron dos componentes más como son ovejas y café existente, que representan dos situaciones y por lo tanto modelos diferentes. Primero el caso de un agricultor teórico que incorpora hule, pero que ya dispone de un sistema adicional de producción como el café Robusta, que implica gastos iniciales de manejo, principalmente en repoblación y cuyos rendimientos pueden mejorarse sustancialmente con más inversión y segundo el caso de un agricultor que además de comenzar un sistema con gastos relativamente altos de producción como es el hule, también incurre en gastos

altos iniciales al establecerse como criador de ovejas.

Modelo 3

Para el caso de establecimiento tanto de hule como de ovejas (Cuadro 14), la inversión inicial es bastante alta, aunque los ingresos derivados de la explotación ovina se manifiestan ya desde el primer año, pues se supuso la venta del primer lote de ovejas engordadas seis meses después de haberse establecido la pradera

Cuadro 14. Ingresos derivados del Modelo 3 de Producción basado en hule recién establecido (con maíz y frijol) y borregos 1/.

Compo- nente	AÑOS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Hule	-6 940,8	-5 116,0	-3 590,0	-35 900,0	-3 590,0	-2000,0	-490,0	1 340,0
Maíz y frijol	3 601,0	1 068,0						
Borregos	-7 073,0	219,0	2 219,0	3 219,0	3 219,0	3 219,0	3 219,0	3 219,0
Ingreso Total/ha	-3 704,0	-664,5	-685,5	-185,5	-185,5	609,5	1 614,5	2 514,5

1/ En pesos mexicanos. 1 USD = MXN 9,48

En un análisis a ocho años de este modelo, la contribución del hule al ingreso de la familia es muy reducido, pues en el mejor de los casos lograría rendimientos de 2,1 t/ha, que es aun bajo en comparación a su potencial, que se alcanzaría hasta el año 12 con 4 t/ha, algo similar al último año de ingresos del hule en los modelos 1 y 2 en los que se llega a este rendimiento de 4 t/ha esperado.

Este modelo puede generar en términos del modulo de hule intercalado con maíz y frijol, solo hasta USD 1267, en las 2 ha dedicadas a su cultivo, es necesario tener en mente que solo durante dos años se puede cultivar maíz y frijol entre el hule. De nuevo, el componente de borregos agregaría USD 882 en las 2 ha del modelo.

Modelo 4

En el caso de establecimiento de hule con el apoyo económico del café, que se observa en el Cuadro 15, se aprecia que, debido a la inversión inicial en repoblación, la producción de café solo alcanza niveles altos después del año seis, cuando se supone que la repoblación está en plena producción. Esta es una suposición para el tipo de agricultores objeto de este proyecto. Otros agricultores, con mejores condiciones de producción, obtendrían respuestas más rápidas del café con el nivel alto de inversión que se supuso en este modelo.

Cuadro 15. Ingresos derivados del Modelo 4 de producción basado en hule nuevo y café existente 1/.

Compo- nente	AÑOS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Hule	-6 940,8	-5 116,0	-3 590,0	-35 900,0	-3 590,0	-2 000,0	-490,0	1 340,0
Maíz y frijol	3 601,0	1 068,0						
Café	1 410,0	1 800,0	2 250,0	2 740,0	2 600,0	6 000,0	6 045,0	8 045,0
Ingreso total/ha	-564,9	-874,0	-670,0	-425,0	-1 020,0	2 000,0	2 777,5	4 427,5

1/ En pesos mexicanos; 1USD=MXN 9,8

La situación financiera de este modelo, es similar a la contribución de cada componente en los modelos anteriores en que se incorporaba café y el modulo de hule intercalado con maíz y frijol.

Para ambos modelos anteriores, los ingresos derivados de la producción de granos básicos sólo en parte compensan los gastos de establecimiento del hule. En el caso del modelo con los mayores gastos iniciales, como el caso del modelo de hule nuevo y ovejas, los ingresos de los granos básicos solo compensan en aproximadamente un 30% los gastos iniciales de establecimiento.

Es importante recordar que en el caso del hule, además de los gastos iniciales de establecimiento, se presenta un gasto más o menos fuerte en equipo de cosecha a partir ya sea del año seis ó siete.

Modelo 5 y 6

Para el caso teórico de agricultores que no tienen ni tendrán hule como un componente de sus sistemas de producción, se han preparado dos modelos que tienen granos como un componente, además de incorporar ovejas en un caso y manejar mejor el café en el otro caso (Cuadro 15 y 17, respectivamente).

Cuadro 16. Ingresos derivados del Modelo 5 de Producción basado en maíz, frijol y borregos 1/.

Compo- nente	AÑOS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Maíz y frijol	68	920	920	2 115	3 120	3 888	4 217	5 762
Ovejas	-7 073	219	2 219	3 219	3 219	3 219	3 219	3 219
Ingreso total/ ha	-7 005	1139	3 139	5 334	6 339	7 107	7 436	8 981

1/ En pesos mexicanos; 1 USD=MXN 9,48

Para ambos modelos, se ha supuesto que se puedan cultivar en el mismo lote de una hectárea, dos veces maíz y solo una vez frijol común.

Este modelo puede aportar USD 1 215,6 en las 2 ha dedicadas a él y en ovejas una contribución igual a la de los modelos anteriores.

Cuadro 17. Ingresos derivados del Modelo de Producción basado en maíz y frijol y café existente 1/.

Compo- nente	AÑOS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Maíz y frijol	68	920	920	2 115	3 120	3 888	4 217	5 762
Café	1 410	1 800	2 250	2 740	2 600	6 000	6 045	8 045
Ingreso total/ha	1 478	2 720	3 170	4 855	5 720	9 888	10 262	13 807

1/ En pesos mexicanos; 1USD=MXN 9,48

El componente de maíz en los dos modelos parte de un rendimiento bastante bajo de 0,6 t/ha y llega solo hasta 2,5 t/ha que para el nivel de insumos usados es bastante conservador. De nuevo se ha optado por esta vía debido a las características de los agricultores objeto de proyecto y a las altas variaciones en condiciones climáticas. La contribución de este modelo es semejante a la contribución del maíz y frijol cultivados en el modelo anterior y nuevamente el café de los modelos anteriores.

EL SISTEMA DE ASISTENCIA TÉCNICA

Breve descripción de la situación actual

El desarrollo del sector agropecuario del estado mexicano, se impulsa a través del Programa Alianza para el Campo, en el cual se integran todos los proyectos productivos y asistenciales que esta impulsando el gobierno federal en el territorio nacional. Por su parte los estados, tienen su propio programa de desarrollo del sector, que atiende las necesidades locales y que en gran parte se armoniza con el programa de la Alianza, no solo para obtener el recurso presupuestal, sino también para generar las sinergias propias de la coincidencia de objetivos.

Por otra parte los programas de la Alianza para el campo, tienen un soporte técnico para su ejecución a través del Sistema PRESPO, mediante el cual se lleva acabo la contratación de los técnicos extensionistas que otorgan el servicio de asistencia técnica a los productores beneficiarios de alguno de los programas que forman la cartera de la Alianza.

El Programa Hule, como proyecto productivo prioritario para el país, se inserta desde 1966 dentro del marco de la Alianza para el Campo, mismo que se ejecuta con los estados de Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Veracruz, quienes a la fecha son los que por sus condiciones agroecológicas están impulsando el cultivo del hule en México.

En este contexto al incorporarse el Programa Hule a la Alianza para el campo, se integra el PRESPO-HULE, a través del cual se otorga el servicio de asistencia técnica, misma que se negocia anualmente con los estados y que se determina generalmente en base a la disponibilidad presupuestal, no en función de las necesidades del programa, dándose el caso de disminución de técnicos aun cuando se ha incrementado el número de productores que requieren atención, como se muestra en el Cuadro 18:

Cuadro 18. Distribución actual de técnicos del programa nacional del hule.

Año	Chiapas	Oaxaca	Tabasco	Veracruz	Total
1996	4	6	3	15	28
1997	6	7	3	10	26
1998	10	8	4	13	35

En lo general el tipo de contratación del sistema PRESPO, solo incluye el concepto de salarios, (USD 527,42/mes) y no considera recursos para gastos de operación del técnico, ni los medios para transporte, ni lo correspondiente a los servicios asistenciales para el propio técnico. Todo esto genera una amenaza permanente de rotación de personal, que puede dar lugar a una descapitalización del programa en lo que a recursos humanos se refiere.

Aunado a lo anterior las propias características del programa en México, como: la gran dispersión del cultivo con plantaciones dispersas en los estados, en las regiones y aun en las mismas comunidades, han contribuido para que el servicio de asistencia técnica no sea de mayor nivel.

Tradicionalmente, la asistencia técnica en el Programa del Hule la ha otorgado el sector público en forma general a todos los productores que lo requieren, y aun cuando no existe restricción para prestar el servicio a las empresas privadas, tanto en plantaciones como en el beneficiado, en la práctica solo se atiende a los productores del sector social, ya que las empresas privadas cuentan con sus propios servicios técnicos.

Los servicios de asistencia técnica que otorga el sector público, han estado orientados a privilegiar el hule como el foco de atención del profesional técnico, con un enfoque de monocultivo y sin considerarlo como el cultivo eje para inducir el desarrollo rural integral regional. Lo anterior ha generado que el técnico deje de lado la atención a las otras actividades agropecuarias que constituyen la unidad de producción de los campesinos.

En lo general en los cuatro estados la asistencia técnica proporcionada a través de PRESPO-HULE, se ha enfocado principalmente a: (1) producción de planta en vivero, (2) asegurar el incremento de la superficie del cultivo con el establecimiento de nuevas plantaciones, (3) el mantenimiento de plantaciones en etapa de desarrollo, y (4) mantenimiento de jardines de multiplicación o bancos de germoplasma. En menor medida, se atiende lo correspondiente al manejo de plantaciones en producción como sistemas de pica, y control de plagas y enfermedades de los tableros.

Para el manejo post-cosecha del látex producido en campo, y el beneficiado de hule, prácticamente no existe asistencia técnica. En este último caso, los técnicos no cuentan con la preparación para otorgar el servicio ya que generalmente los técnicos que se incorporan al programa del hule son capacitados únicamente en el manejo del cultivo. Esta capacitación usualmente la otorga el instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias (INIFAP) y los técnicos más capacitados en los Estados.

Esta situación tiene su efecto en cada estado y en cada región en mayor o menor grado, que se refleja en plantaciones en producción que registran tableros dañados y con enfermedades ocasionadas por sistemas de pica y manejo inadecuado, y por otro lado es evidente la falta de uso de estimulantes químicos que incrementen la productividad. En cuanto a la producción de látex (hule fresco) se refleja en la calidad del hule producido en campo que repercute en el producto del beneficiado, representando una disminución directa en los ingresos del productor al comercializar el hule fresco sin los estándares de calidad que requieren los beneficios.

Adicional a lo anterior, en los pequeños beneficios (molinos laminadores) se observa un deterioro de la calidad del hule beneficiado, ocasionado casi siempre por un mal tratamiento y almacenamiento del producto.

Para cubrir parte de la carencia del uso de la tecnología en el manejo de la producción y el beneficiado de hule, el Estado de Veracruz, realizó un convenio con la empresa Goodyear, mediante el cual dicha empresa inició la asistencia técnica en el manejo de plantaciones en producción y beneficiado a dos empresas beneficiadoras, una del sector social y otra privada. Actualmente la asistencia técnica se ha ampliado a aspectos de producción de planta, establecimiento y manejo de plantaciones en producción básicamente a productores y empresas de mayor escala, con las cuales ha establecido contratos de promesa de compra de hule a futuro.

La SAGARPA también ha emprendido acciones concretas para elevar el nivel de la asistencia técnica para lo cual estableció en 1997 un convenio con el CIRAD mediante el que se contó con la presencia de un técnico para apoyar la capacitación de los cuadros técnicos del programa, y que aun cuando el convenio concluyó en 1998, los resultados todavía están siendo evaluados.

De igual manera el Consejo Mexicano del Hule ha realizado conjuntamente con el SINDER, los llamados cursos de Capacitación en Alternancia con el objeto de capacitar a los técnicos del programa en distintos aspectos del cultivo del hule. En este sentido, se ha contratado generalmente a especialistas del CIRAD para que impartan los cursos, que se llevan a cabo en un estado, donde deben concentrarse los técnicos. Estos cursos, generalmente se determinan y definen en el nivel central, por lo que no siempre cuentan con la asistencia de los técnicos.

Por otra parte, no obstante que en el país hay avances en la transferencia de los servicios de asistencia técnica a los profesionales del ramo agropecuario constituidos en empresas de servicio, en el caso del programa del hule el estado mantiene en general la coordinación directa de la asistencia técnica para los productores del sector social, actuando casi como patrón de los técnicos. Sin embargo hay que reconocer que existen intentos de los técnicos de organizarse en empresas, que aun no se concretan, pero que en el corto plazo existe la posibilidad de capitalizar estas iniciativas con poco esfuerzo.

De los cuatro estados, Oaxaca y Chiapas, son los que presenta un mayor avance en este aspecto, ya que ha constituido un despacho con los técnicos PRESPO-HULE, que si bien es cierto que cuentan con la personalidad jurídica como empresa, en la práctica dependen directamente del estado. Tabasco y Veracruz, a un no inician el proceso.

No obstante lo anterior, es de reconocer, que si bien es cierto que los resultados en cuanto a asistencia técnica no son espectaculares, si han contribuido sustancialmente para mantener vigente el Programa del Hule, y preparar técnicamente en el aspecto agronómico, a los cuadros que constituyen ahora un capital en recursos humanos importante para el desarrollo del propio programa.

Propuesta del modelo de asistencia técnica

La asistencia técnica tiene un papel fundamental y un alto valor agregado para asegurar el producto final del proyecto. Este componente, será el instrumento mediante el cual el profesional técnico se convertirá en el agente de cambio en las regiones huleras del país, y sentará las bases para adecuar, ampliar y fortalecer gradualmente las acciones productivas de los productores y mejorar su relación con el entorno ecológico.

Bajo este contexto, el modelo de asistencia técnica propuesto, intenta responder a las expectativas del proyecto, capitalizando el potencial que representa el cultivo para inducir el desarrollo rural integral de las regiones donde se cultiva, y aprovechando y potenciando la experiencia de los cuadros técnicos con que ya cuenta el programa, situación que se puede lograr en el corto plazo, poniendo en practica un sistema de asistencia técnica, de amplio horizonte y un enfoque integral en cuanto a la cobertura del mismo.

El modelo que se propone parte de la necesidad que tiene el productor de desarrollar en forma integral y paralela la unidad productiva, como una precondición para impulsar el cultivo del hule. La premisa fundamental se basa en que planificando la diversificación de la producción, mejorando la organización y administración de la unidad productiva, la aplicación y adopción de la tecnología, es posible generar los recursos económicos excedentes que no solo permitan subsistir al productor, si no que se capitalice gradualmente. Esta capitalización, en el caso del proyecto, deberá reflejarse parcialmente en el cultivo del hule. Lo anterior tiene su justificación en que el hule es un cultivo de largo periodo de maduración, con un periodo preproductivo de seis años, etapa en la cual, el productor debe tener asegurado el ingreso de recursos para soportar el periodo de desarrollo del hule hasta llegar a la edad productiva.

La integralidad de la asistencia técnica permitirá entre otros beneficios: (1) que el productor asimile y acepte la necesidad de planificar su trabajo en forma permanente y con propósitos a corto, mediano y largo plazos; (2) incrementar el nivel de producción y productividad de la unidad productiva agrícola y pecuaria con que cuenta el productor; (3) que el productor capitalice la experiencia aplicándola posteriormente por sí solo, en sus nuevas actividades; (4) hacer un uso más intensivo del recurso tierra; (5) un uso racional y más eficiente de los recursos económicos y activos para la producción; (6) mejorar los procesos productivos para aumentar la competitividad y calidad de los productos; (7) una comercialización de sus productos bajo mejores condiciones de precio y de flujo; y (8) una más rápida utilización y adopción de la tecnología. El producto final esperado de este componente, será la capitalización del productor, no solo en términos económicos, sino en el cambio de actitud y una visión de la sostenibilidad de la agricultura como actividad productiva rentable.

Transferencia de los servicios de asistencia técnica

El modelo considera para desarrollar este componente en el área, se basa en un servicio de asistencia técnica privatizado, otorgado por empresas especializadas que tengan la capacidad técnica y de gestión para la prestación del servicio como: (1) despachos de técnicos especialistas del PRESPO-HULE, (2) empresas constituidas por las Beneficiadoras de hule propiedad de los productores, (3) empresas privadas de los Beneficios de hule, y (4) empresas privadas cuyo objeto social sea la prestación del servicio de asistencia técnica. El servicio de

asistencia técnica será licitado bajo la normatividad que para tal caso se aplica en el país por el Gobierno Federal. Dicha licitación se hará por separado para cada una de las regiones huleras, y salvo en casos especiales, más de un despacho y/o empresa podrá prestar el servicio en una misma región.

Los despachos y empresas indiscutiblemente deberán contar con la capacidad técnica, administrativa e infraestructura para otorgar el servicio de acuerdo a los términos de referencia que se establezcan en el anexo técnico del Programa del Hule. Por otro lado, deberán cumplir con el sistema de información y retroalimentación que se establezca para el seguimiento y evaluación del desarrollo del componente de asistencia técnica en la forma y oportunidad que se determine.

Con el propósito de aprovechar el capital de recursos humanos con que cuenta el programa actualmente, se dará prioridad a la contratación de los despachos que se integren con los técnicos PRESPO-HULE, quienes en una primera etapa y en igualdad de condiciones tendrán preferencia para la asignación de los servicios técnicos en las regiones que actualmente atienden

También es importante fortalecer las relaciones de las empresas beneficiadoras de hule con los productores-proveedores para promover, el fortalecimiento de la cadena productiva, por lo que una segunda prioridad para la contratación de los servicios de asistencia técnica, la constituyen las empresas que integren las beneficiadoras de hule propiedad de los productores y las que constituyan los beneficios de hule privados, siempre y cuando sus servicios estén dirigidos a los beneficiarios del proyecto.

Los productores de hule deberán participar en el proceso de licitación de los servicios técnicos de las regiones que les corresponda, por lo que tendrán un lugar asegurado en el organismo encargado de realizar dicho proceso.

Perfil del técnico extensionista

Para desarrollar el componente de asistencia técnica, el proyecto requiere de profesionistas que cuenten con:

- una visión integral del sector agropecuario del estado y del país para que

- pueda dimensionar la importancia de su papel en la comunidad;
- una sólida formación técnica agropecuaria y experiencia en el cultivo del hule que le permita realizar el diagnóstico y hacer frente a los problemas tecnológicos, administrativo, de planeación y organización de los procesos productivos para que responda a las exigencias de la integralidad del servicio;
 - conocimientos sobre los sistemas de extensionismo agropecuario;
 - manejo de la sostenibilidad de la agricultura;
 - conocimientos, prácticos sobre administración y planeación de unidades de producción;
 - aptitudes y conocimientos para la organización de productores y empresas;
 - conocimientos prácticos para hacer un mejor uso de los recursos con los que cuenta el productor y no dependa de los créditos ni de los recursos adicionales;
 - actitud innovadora que le permita crear y adoptar soluciones con tecnología de bajo costo sin depender de insumos externos; actitud positiva para buscar “el cómo sí”, en lugar de justificar “el por que no”; y sobre todo que tenga ética profesional para dar su mejor esfuerzo, un valor agregado al trabajo y un compromiso social con la comunidad que atiende.

Áreas temáticas y tipos de servicios

El servicio la asistencia técnica indiscutiblemente será integral, para atender, en forma global la unidad productiva del productor, no solo el cultivo del hule. La atención del técnico se basará en parte en los modelos productivos diseñados para el proyecto, con los cuales se pretende que el productor establezca la plataforma productiva, que le permita gradualmente acceder a un mejor nivel de bienestar. Se prevén, además, modelos productivos que no consideran el cultivo del hule, y que igualmente deberá atender el servicio de asistencia técnica. También a través del desarrollo del Proyecto, se espera que las actividades de diseño de tecnología desarrollen nuevos modelos productivos que puedan ser motivo de nuevas propuestas para los agricultores. Por otra parte, el sistema también deberá responder a los requerimientos técnicos de las otras actividades agrícolas, pecuarias, forestales, de acuacultura y agroindustriales que potencialmente pueda desarrollar el productor y que induzca el técnico como parte del valor agregado de su función.

En este sentido se atenderán los aspectos de: (1) planeación y administración de las unidades productivas, (2) organización de y para la producción, (3) producción y manejo post-cosecha, (4) organización de productores, (5) fomento de las agroasociaciones y asociaciones estratégicas, (6) comercialización de productos, (7) perfiles de factibilidad técnico-económica de nuevos proyectos, (8) transferencia y adopción de tecnología.

Desde el punto de vista productivo agropecuario, los técnicos del nuevo sistema deberán poner especial atención a los siguientes temas:

- intercultivo de especies anuales, bianuales y perennes entre el hule de diferentes edades
- producción animal y sanidad, con particular acento en establecimiento de praderas de pastos mejorados y cría de borregos u otras especies menores
- promoción del uso de especies leguminosas de cobertura con el fin de incorporar N y otros nutrientes al suelo
- practicas de manejo de cultivos perennes con particular atención a la repoblación y manejo de la sombra en el café
- uso de mejor tecnología, aunque no necesariamente de altos insumos, para producir mejor los granos básicos como maíz y frijol, principalmente
- tecnología adecuada para apoyar la producción de arroz
- tecnologías que permitan mejorar la rentabilidad de la mano de obra, con particular atención a preparación del suelo y control de malas hierbas, poniendo atención a sistemas de labranza reducida del suelo y manejo integral de malas hierbas
- técnicas de control de erosión del suelo, usando barreras vivas, principalmente en sistemas de producción en las laderas
- métodos de reforestación y aforestación
- en general todas las innovaciones productivas que tienden a hacer más eficiente el uso de la mano de obra, serán atendidas en forma particular por el servicio.

Temas posibles para validación de tecnología

El intercultivo entre el hule recién establecido con especies anuales, principalmente en cuanto a efectos sinérgicos o antagónicos. Esto se refiere a maíz y frijol en especial. El grado de tecnología aplicable a estos

- granos básicos y la rentabilidad en relación con su contribución a costear en parte la inversión inicial que significa el hule. Sería interesante conocer si en hule establecido existe algún grado de alopatía y si esta es específica.
- El intercultivo de hule con especies de ciclo más largo de crecimiento como papaya y piña por igual razones que las anteriores. En este caso, se debería poner particular atención por parte del socio-economista, a las variaciones posibles de precio y riesgo de los agricultores al intercultivar estas especies.
- El intercultivo de hule con especies novedosas tolerantes a sombra similares a la palma camedor, que también podrían ser plantas ornamentales para nichos específicos de mercado es otro tema importante. Este estudio debe hacerse desde la demanda y no desde el punto de vista agronómico. Es decir se deben probar especies con potencial de mercado y no especies que agronómicamente crecerían bajo sombra
- Métodos prácticos para establecer praderas con pastos mejorados y posibilidades de uso de cercas vivas para que los agricultores que deseen dedicarse a la engorda de borregos no incurran en altos gastos de inversión como por ejemplo en cercas eléctricas. Mejoramiento del manejo de estas praderas a fin de evitar la invasión de malas hierbas.
- Identificación, colección, establecimiento y caracterización de una colección práctica de especies leguminosas con aptitudes para actuar como banco proteico, como cultivo de cobertura y como sombra para el café, esta colección debería ser mantenida con la estrecha colaboración de agricultores.
- Aplicación, en estrecha colaboración con extensionistas y personal del programa de apoyo al café, de métodos de beneficio en seco de café en forma de experiencias pilotos replicables en otras fincas. Análisis socio-económico de la aceptabilidad y posibles beneficios de esta práctica.
- Uso e implicaciones agronómicas, ambientales y socioeconómicas de cultivos de cobertura en plantaciones de hule o en sitios relacionados a otros sistemas de producción dentro de la unidad de producción. Entre estos cultivos deben considerarse, entre otros, *Centrosema* spp; *Calopogonium* spp; *Crotalaria* spp. *Leucaena* (donde lo permita el pH), *Mucuna* sp. Especial atención debería ponerse en *Arachis pintoii* tanto para uso en nuevas plantaciones de hule como en otras partes de la unidad de producción. *Mucuna* debería recibir atención como forma de restaurar nutrientes (N y Ca) y como aportador de materia orgánica y protector del suelo.
- Incorporación de la labranza mínima o labranza reducida en parcelas con

productores a fin de ver sus efectos en el plazo mediano y largo, con el propósito de mejorar la eficiencia en el uso de la mano de obra tanto en preparación de suelos como en control de malas hierbas.

Temas posibles para el desarrollo de nuevos componentes tecnológicos y conocimientos

Estudios económicos acerca de la posibilidad de intercultivar hule con especies maderables, debido a posibles problemas de productividad de la mano de obra en la cosecha de látex, a causa del menor número de árboles de hule por unidad de superficie. También llevar a cabo análisis ex-ante de posibles interferencias entre la época de cosecha de los árboles y el periodo de máxima productividad del hule.

Estudios en vivero acerca de la velocidad de crecimiento de las plántulas con diferentes tipos de fertilización en diferentes tipos de suelos, principalmente en relación con P y micronutrientes. Esta actividad debería complementarse con estudios de fertilización de árboles recién plantados, de nuevo con particular atención al P, para acortar al máximo el período en que el hule no produce.

Investigar en la literatura y a través de consultas la posibilidad de cultivos de tejidos para reproducir clones de hule y revisar las técnicas existentes de cultivo de tejidos y meristemas para otras *Euphorbiaceas*. La necesidad del injerto puede eliminarse con estas técnicas, si es posible llevarlas a cabo.

En hule establecido es conveniente disponer de información acerca de la cantidad de biomasa producida y su contenido, además de tasas de descomposición de materia orgánica y si es posible, mineralización, en comparación con superficies con otras especies o suelo deforestado. Esto con el propósito de respaldar la iniciativa nacional del hule en cuanto a la restauración de fertilidad natural del suelo debido al establecimiento de plantaciones de hule como una forma de reforestar.

En relación con el tema anterior la cantidad de C y tasa de uso de CO² deben también calcularse y simularse en parte a fin de respaldar con datos una iniciativa posible de compensar económicamente a los agricultores por los servicios ambientales de secuestro de C.

Prueba de cultivo en callejones de leguminosas, con el propósito de incorporar N y materia orgánica, en los sistemas de producción.

Desarrollo de los Recursos Humanos

El objetivo general del desarrollo de los recursos humanos consiste en promover y reforzar las capacidades productivas, empresariales y de organización de los beneficiarios, así como su capacidad de participar en las actividades locales de desarrollo rural. La realización de las actividades enmarcadas en el componente se contrataría a instituciones del sector público e instituciones privadas. Las actividades comprendidas en este componente son:

Programa de educación básica de los beneficiarios. La ejecución de este programa es objeto de un acuerdo entre la SAGARPA y la Secretaría de Educación Pública. Se trata de un programa de educación básica (lectura, escritura y matemáticas elementales) de adultos de un año de duración, en el que participarán las administraciones municipales y que se ofrecerá por lo menos al 30% de los beneficiarios adultos de ambos sexos. El proyecto proporcionará fondos iniciales para facilitar la ejecución del programa.

Capacitación de los beneficiarios en técnicas empresariales y productivas/laborales. Se organizará una serie de sesiones de capacitación en técnicas empresariales y productivas/laborales, con métodos de formación participativos. Se enseñarán procedimientos de desarrollo rural participativo para promover la participación de los beneficiarios en los programas locales de desarrollo rural. Con objeto de facilitar la participación de las mujeres, se organizarán servicios de guardería infantil durante los cursos. Entre las materias impartidas figurarán técnicas concretas de administración, agricultura, pequeños negocios y conocimientos apreciados en el mercado local de mano de obra.

Formación de instructores. La capacitación del personal sobre el terreno del sector público o de las organizaciones privadas de desarrollos nacionales y locales contratadas, así como del personal de la SAGARPA y de las administraciones estatales, correrá a cargo de instituciones de segundo nivel que también se encargarán del control de calidad. Se proyecta organizar dos cursos generales de capacitación al año para el personal recién incorporado de las instituciones contratadas. Se prevén por lo menos dos cursos anuales adicionales a nivel estatal, para proporcionar capacitación continua. El control de calidad de las actividades de capacitación se efectuará trimestralmente.

Sensibilización y capacitación en cuestiones de género. La capacitación en cuestiones de género de los beneficiarios de ambos sexos, el personal de las organizaciones de desarrollo contratadas y el personal de la UEP, se encargará a una institución especializada que impartirá una formación sistemática y llevará a cabo el control de calidad con respecto a estas cuestiones. Se organizarán actividades intensivas de capacitación en cuestiones de género para el personal sobre el terreno de las organizaciones participantes, es decir, los agentes de extensión social e instructores que más adelante se ocuparán de la sensibilización y la capacitación de los beneficiarios en estas cuestiones.

Apoyo y consolidación de organizaciones económicas y civiles de los beneficiarios. Este componente estimulará la creación y consolidación de empresas rurales de los beneficiarios, de orientación económica, así como de organizaciones civiles. Los representantes de los beneficiarios en los comités del proyecto se elegirán con procedimientos democráticos. Las organizaciones y agrupaciones de beneficiarios se constituirán sobre la base de las actividades económicas comunes de las familias en zonas geográficas pequeñas, y más adelante podrán convertirse en cooperativas de producción o en pequeñas empresas del sector estructurado. Se proporcionará apoyo a organizaciones de segundo nivel para la constitución de empresas de producción, elaboración o comercialización.

Desarrollo de la Producción-Transformación-Comercialización

El objetivo de este componente es aumentar de manera sostenible los ingresos de los beneficiarios mediante la mejora de las técnicas y conocimientos de producción agrícola, elaboración, comercialización y administración de pequeñas empresas. Otro objetivo es mejorar la producción y la productividad, a nivel de los sistemas agrícolas, de las plantaciones de hule y los cultivos comerciales y de subsistencias complementarias e intercaladas, así como de la ganadería. Este componente fortalecerá los vínculos de los productores de hule con los sectores de la producción, elaboración y comercialización, mediante un servicio de extensión innovador, eficiente y participativo, basado en la demanda, y el establecimiento de relaciones sistemáticas con las industrias del hule. La aplicación del componente se contratará a empresas privadas locales o a organizaciones de desarrollo del sector público. Instituciones especializadas de segundo nivel se encargarán de la capacitación y el control de calidad de las

actividades sobre el terreno; el INIFAP y las universidades podrían proporcionar este servicio. Las actividades concretas serán las siguientes:

Generación y homologación de tecnologías de producción agrícola para los sistemas agrícolas locales y las plantaciones de hule. Se contrataría los servicios del INIFAP o de universidades nacionales o locales para obtener información sistemática sobre las tecnologías de cultivo del hule y de diversos productos agrícolas con posibilidades de mercado, y mejorar la producción agrícola de subsistencia actual. Las tecnologías se pondrán a prueba y se homologarán con la cooperación y participación de los beneficiarios. Los ensayos de prueba y homologación en las explotaciones versarán sobre tecnologías de producción para los sistemas silvo-pastorales y agro-silvo-pastorales de cultivo del hule, con inclusión de cultivos anuales y perennes de interés actual o potencial y de la producción pecuaria. Las tecnologías obtenidas se orientarán hacia la conservación de los recursos naturales y las prácticas de gestión.

Servicios de extensión orientados a los sistemas agrícolas familiares y las plantaciones de hule. Se promoverá y fortalecerá la participación de instituciones locales, estatales y nacionales que proporcionen servicios de asistencia técnica a sus beneficiarios. Los proveedores de los servicios serán empresas privadas de propiedad de antiguos agentes de extensión de la SAGARPA/PRESPO (despachos) o administradas por éstos, y empresas privadas y campesinas de elaboración del hule. El apoyo técnico tendrá como objetivo principal la producción del hule y como objetivo secundario, a poca distancia del anterior, la mejora productiva de los sistemas agrícolas locales. El funcionamiento de los sistemas agroforestales, la introducción de variedades mejoradas de hule, la diversificación de los cultivos y los cultivos de subsistencia formarán parte de un sistema integrado de planificación de la explotación agrícola. El proyecto proporcionará recursos financieros para el servicio de extensión durante los cuatro primeros años. A partir del quinto año, los agricultores en buena posición económica y organizaciones de beneficiarios empezarán a aportar contribuciones financieras al servicio, a un nivel inicial del 10% de su costo anual. Los campesinos que no alcancen el umbral de la pobreza extrema, los propietarios muy pequeños, las mujeres cabezas de familia o las personas que sufran estrecheces económicas recibirán el apoyo total del proyecto. Durante la fase de evaluación *ex ante*, las reglamentaciones

y las condiciones de la participación de los beneficiarios se examinarán con funcionarios de la SAGARPA/SDR y se incorporarán al esquema operacional del proyecto. Dependencias operativas estatales y regionales, en asociación con grupos de beneficiarios, se encargarán del seguimiento de las organizaciones contratadas.

Elaboración-comercialización y apoyo a las agroindustrias y empresas rurales pequeñas. Se procurará que los beneficiarios tengan acceso a las oportunidades de mercado, capacitándolos en la elaboración del hule en la plantación, promoviendo actividades de producción orientadas al mercado, y concediendo apoyo financiero para la realización de estudios y diagnósticos locales con objeto de identificar oportunidades de mercado reales y potenciales para el hule y otros productos agrícolas y de las microempresas. Se promoverá la formación de grupos de beneficiarios con fines de producción y comercialización y se suministrará información puntual de mercado mediante un servicio de información, en asociación con los servicios de la SAGARPA.

Fondo para Inversiones Productivas. Este Fondo recibiría asistencia financiera por dos conductos. El primero es el sistema de subvenciones de la SAGARPA para el cultivo del hule y el desarrollo agrícola y pecuario, administrado por la “Alianza para el Campo”. Estos recursos se destinarán a las pequeñas inversiones productivas en cultivos y ganadería familiares, incluidas las plantas del hule, y a sufragar tres años de costos de mantenimiento de la plantación, pastos y cercados, ganadería (ganado vacuno y ganado ovino) y los costos de plantación de cultivos tradicionales y comerciales. Las subvenciones cubrirán del 50% al 75% de los costos totales. Los beneficiarios deberán proporcionar contribuciones de contraparte en forma de mano de obra, materiales locales y cantidades en efectivo. La misión de evaluación *ex ante*, junto con funcionarios de la SAGAR/SDR, preparará reglamentos y normas que regulen la concesión a los beneficiarios del proyecto de las subvenciones de la “Alianza para el Campo”. El segundo instrumento financiero será un “fondo para riesgos” destinado a la financiación de inversiones y a la constitución de capital de operaciones para las microempresas rurales, agrícolas o no.

Propuesta de intervención en apoyo a la comercialización y fortalecimiento empresarial

Las acciones de comercialización y microempresas deben ser con un enfoque integral, aunque se presentarán en forma separada los problemas relativos a la comercialización y procesamiento de hule-hevea que representan actividades ya existentes y los relativos a otros productos o tipos de emprendimientos vinculados al caucho que el Programa del Hule no atendía.

Los principales problemas detectados en la comercialización y en las micro, pequeñas y medianas empresas vinculados a la producción y procesamiento de caucho son las siguientes: (i) problemas de calidad en la materia prima recepcionada en los beneficios, lo que redundará en una reducción de precios en toda la cadena; (ii) escasa capacitación y falta de financiamiento en los productores que procesan la producción en molinos artesanales para producir láminas; (iii) falta de capacitación en gestión y acceso a la asistencia técnica en las organizaciones que asumen el control de los beneficios primarios; y (iv) alta dependencia de los subsidios y falta de fuentes de financiamiento para inversiones de mayor dimensión, tales como plantas de centrifugado para producción de látex en Chiapas y Uxpanapa en Veracruz.

En los restantes productos, las principales limitaciones son las siguientes: (i) la escasa tradición en el procesamiento con fines comerciales de la producción que redundará en volúmenes reducidos para la venta y de poca calidad, así como pocas iniciativas que no se relacionen a la actividad exclusivamente agropecuaria; (ii) la falta de información y de capacidad de gestión para la comercialización; (iii) la escasez de contactos comerciales a excepción de los compradores locales; y (iv) la falta de fuentes de financiamiento y asistencia técnica para la instalación de equipos y plantas de procesamientos que permitan agregar mayor valor agregado a la producción local.

Las microempresas identificadas permiten canalizar la producción local de caucho natural o de otros productos o incrementar los ingresos de la familia con actividades que generan sinergias con el sistema productivo del hule, tales como viveros y apiarios. Los principales problemas identificados son: (i) escasez de fuentes de capacitación y asistencia técnica para este tipo de emprendimientos, lo cual resulta en poca tradición, baja calidad de los productos y pocas iniciativas

generadas a nivel de los propios beneficiarios; (ii) falta de capacidad de gestión empresarial, incluyendo la capacidad para insertar la empresa en el mercado y diversificar los contactos comerciales; y (iii) falta de fuentes de financiamiento alternativas al subsidio para financiar capital de trabajo e inversiones, o inclusive falta de capacidad de gestión para acceder a recursos y mecanismos disponibles.

Comercialización de hule y fortalecimiento empresarial para su procesamiento

La estrategia de apoyo contemplaría los siguientes aspectos:

- fortalecimiento de los nexos entre las etapas de la cadena de producción-procesamiento, promoviendo que las distintas partes expliciten/conozcan la demanda, los requerimientos de calidad y condiciones de pago para asegurar la fluidez y eficiencia en la colocación de los productos;
- previsión con suficiente anticipación de las necesidades, ampliar o establecer plantas procesadoras para absorber la producción incremental, sean molinos laminadores, centrífugas de látex o beneficios para producción de granulado, teniendo en cuenta la entrada en producción de las plantas y dando soluciones adecuadas según el volumen de producción previsto, la zona geográfica, la distancia a los beneficios existentes, los planes de expansión de las empresas; y
- fortalecimiento de las organizaciones para participar en la etapa de procesamiento con éxito, dando énfasis a los aspectos de eficiencia técnica y en la gestión empresarial.

Comercialización de otros productos agropecuarios

La estrategia de apoyo del proyecto en el área de comercialización de productos agrícolas y pecuarios contempla dos principios básicos:

- diferenciar entre servicios generales -información de mercados, organización de mesas de negocios, difusión de la oferta de productos y proyectos piloto con organizaciones de productores que se concentran en un rubro determinado, en los cuales el apoyo incluye una amplia gama de servicios técnicos proporcionados a demanda, con oportunidad y con el enfoque de solucionar problemas específicos; y,

- concentrar los esfuerzos en los productos que no están dentro del sistema productivo campesino y que la estrategia de desarrollo del proyecto promueve como forma de asegurar la factibilidad económica de la implantación del cultivo de hule durante su largo período de carencia y como forma de diversificar los ingresos de la familia. En este sentido, el proyecto se concentrará en productos tales como jamaica, palma camedor, hortalizas y frutas.

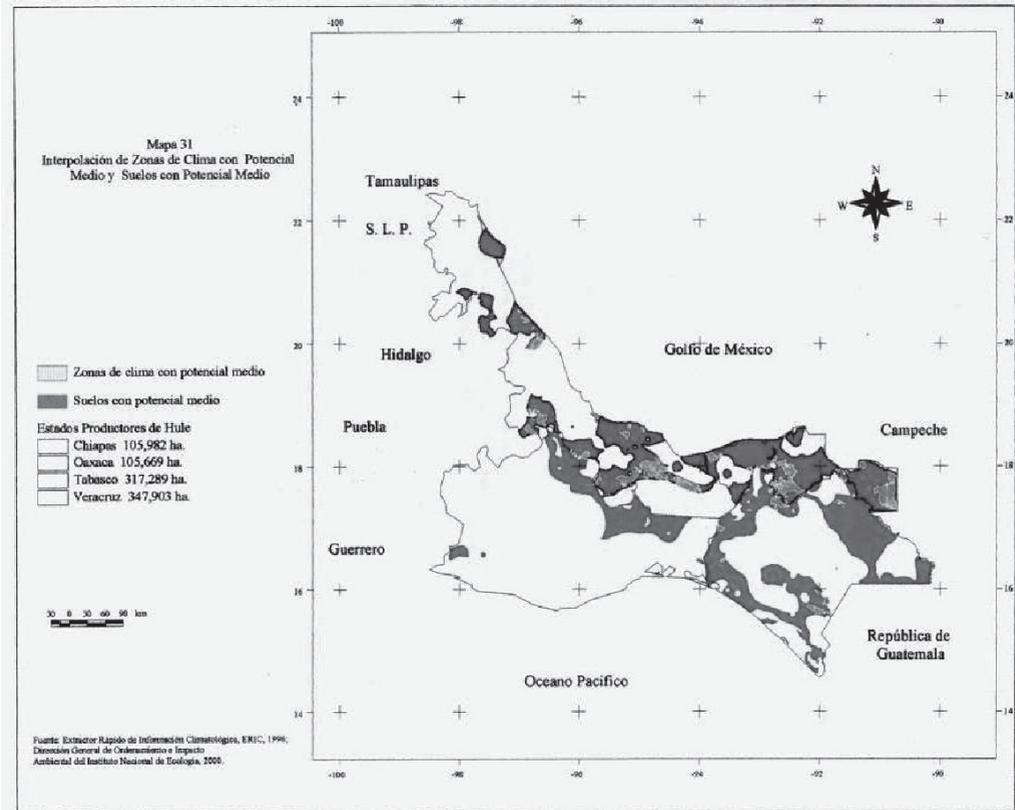
Fortalecimiento empresarial

La estrategia de fortalecimiento empresarial reconoce dos etapas en la capitalización y adquisición de capacidad de gestión de las familias y organizaciones de productores, las cuales exigen instrumentos y apoyos específicos: en un proceso de creciente complejidad y adquisición de capacidad de gestión empresarial, los primeros pasos corresponderán a la creación y consolidación de pequeñas empresas familiares, lo que permite una primera etapa de capitalización y experiencia en administración, comercialización y manejo financiero.

El establecimiento y consolidación de pequeñas industrias procesadoras con inversiones de mayor monto requiere de un proceso previo de fortalecimiento de las organizaciones en su capacidad de gestión y en la formación de sus cuadros directivos. Estos proyectos de mayor riesgo requieren mayor detalle y análisis en los estudios de preinversión, necesitan una capitalización previa de la organización y las familias que las componen para contribuir al aporte de capital y los subsidios solamente pueden aplicarse a los servicios técnicos proporcionados, pero las inversiones deben financiarse con riesgo asumido por los propios beneficiarios.

Esta estrategia de fortalecimiento empresarial implica consolidar los emprendimientos a escala industrial que están en curso con las organizaciones de productores y paralelamente iniciar un proceso de capacitación y asistencia a las organizaciones de base y apoyo a micro y pequeñas empresas para generar una base sólida sobre la cual establecer nuevos proyectos a escala industrial.

PARTE III



CARACTERIZACIÓN DE LAS ZONAS ÓPTIMAS PARA EL CULTIVO DEL HULE EN MÉXICO



Introducción

El área de estudio (Figura 38) se ubica en la región del sureste de la República de México. Comprende la sección territorial bajo la influencia climática Atlántica y Caribe de los estados de Veracruz, Oaxaca, Chiapas y Tabasco. Tal como en el resto del país, las características climáticas y por lo tanto de suelos y vegetación de estas áreas están fuertemente influenciadas por las condiciones orográficas. Sólo en aquellas regiones localizadas por debajo de los 500 m.s.n.m –que son la mayoría de las áreas productoras de hule– las características climáticas corresponden a la latitud (Aceves y Rojo, 1999).

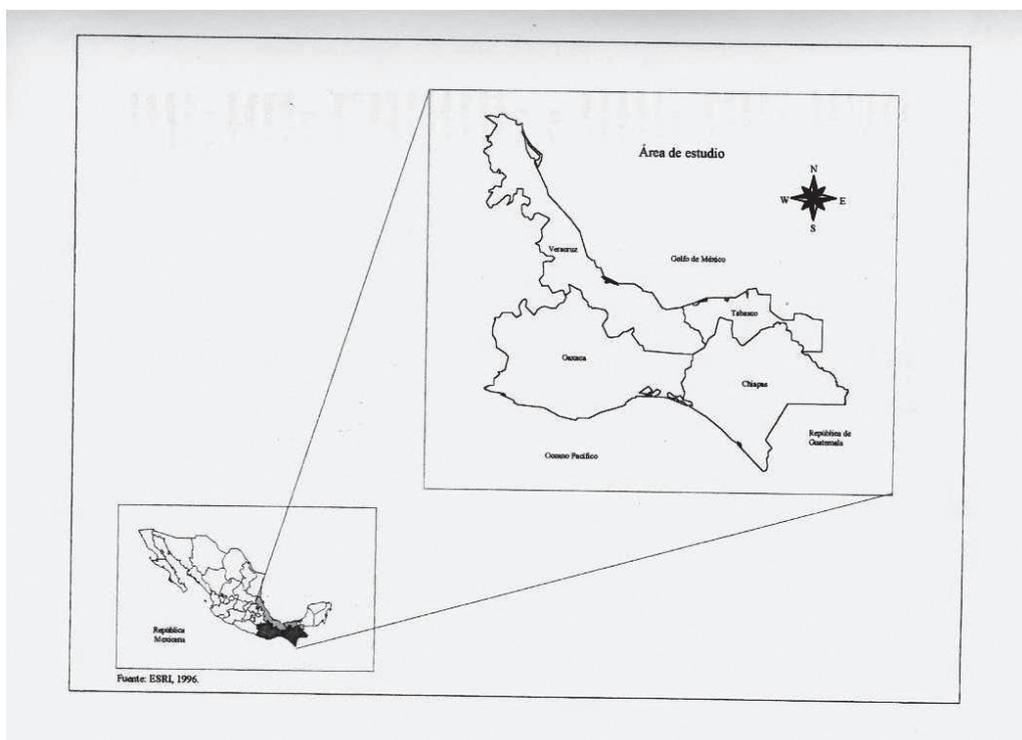


Figura 38. Región del sureste de la República de México.

CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

El relieve

El relieve general de la región es más bien plano. En el norte de la zona hulera, es decir, en Veracruz, el terreno asciende parcialmente hacia la costa en forma de cuesta, pero hacia el sur, particularmente en Tabasco, el terreno es bastante plano. Tan plano que genera altas zonas de inundación que a su vez condiciona el tipo de suelo existente y consecuentemente el uso de estos suelos. Los periodos en que estos terrenos planos permanecen inundados, se han hecho más frecuentes después de la pérdida de la cubierta vegetal por deforestación y constituyen a veces verdaderos pantanos. Las únicas discontinuidades de esta zona hulera la constituyen la sierra volcánica de los Tuxtlas, que es el vestigio de una cadena volcánica y varias lagunas menores, además del lago de Catemaco (Colegio de Postgraduados (CP), 1990).

Hidrología

La hidrología no todas, pero si la mayoría de las regiones del Área de Estudio, están ubicadas en cuencas y micro cuencas de al menos tres grandes sistemas hidrológicos constituidos desde el norte hacia el sur por las cuencas del Papaloapan; Coatzacoalcos y Grijalva – Usumacinta. Las actividades agrícolas que se llevan a cabo en cualquier lugar de estas cuencas, en uno u otro sentido, afectarán en mayor o menor grado las áreas más debajo de ellas, incluyendo sus desembocaduras al mar y zonas de amortiguamiento, como los manglares de la costa. Es el caso por ejemplo de actividades que no controlen debidamente la erosión hídrica (Gaona, 2001).

Esta región presenta mayor escurrimiento superficial de agua en el país (más del 50% del país total), pero debido a la alta precipitación pluvial, posee también el mayor excedente hídrico. Este excedente es casi el 70% del saldo hídrico positivo del país como un todo. Por varias razones, pero principalmente por la baja población relativa, el consumo de agua es uno de los más bajos del país (Herrera, 1983).

Dado el déficit de recarga que presenta la mayoría de los acuíferos del país, el excedente de recarga de los acuíferos del sudeste constituye de por si una

significativa reserva hídrica nacional. Se estima que para fines de este siglo más de la mitad del país tendrá un volumen *per capita* de agua disponible limitado, tal como las que tienen países como déficit de agua. De ahí la importancia del buen manejo de los recursos naturales en la zona hulera del país (Gaona, 2000).

El clima

La mayoría de las zonas ubicadas en el área del proyecto tienen clima cálido-húmedo, que según la clasificación de Köppen, corresponden tanto a climas tropicales sólo con lluvias estibales, como a climas tropicales con lluvias durante todo el año. Sin considerar efectos micro-orográficos, la precipitación tiende a aumentar desde el Norte hacia el Sur, empezando con un clima cálido sub-húmedo y terminando en Tabasco con clima tropical muy húmedo que registra los promedios máximos de precipitación pluvial de toda el área del proyecto. Los vientos alisios del Noreste son responsables de la mayoría de las precipitaciones y se registran ciclones tropicales con cierta frecuencia durante la mayor parte del año. Tabasco es el estado con mayor precipitación pluvial total promedio anual (2,171 mm), seguido por Chiapas con 1,723 mm, luego por Oaxaca (1,431 mm) y finalmente por Veracruz con 1,232 mm (CP, 1990).

En el estado de Veracruz las áreas productoras de hule se localizan en los climas de tipo Aw y Am, que corresponden a climas cálidos sub-húmedos con lluvias de verano. Estos tipos de climas, en conjunto ocupa el 79% de todo el territorio estatal de Veracruz. Más cerca de la frontera con Chiapas y Tabasco los climas de Veracruz, corresponden a cálidos húmedos con abundantes lluvias de verano (Gaona, 2002).

En Oaxaca, los climas de las áreas productoras corresponden a los tipos Af que es calido-húmedo con lluvias todo el año y también al tipo Am, similar a la anteriormente nombrada. En términos de superficie total estatal, estos climas sumados sólo constituyan, aproximadamente, el 17% del estado de Oaxaca. Las características holográficas de este estado son responsables de las diferencias climáticas con el área productora de hule que existen en Veracruz. De todas formas, en ciertas secciones limítrofes entre los dos estados, las áreas climáticas lógicamente coinciden (Aceves y Rojo, 1999).

Tabasco corresponde en gran medida al tipo de clima Am, con el 75% del territorio bajo este régimen climático. Más lejos de la costa predomina el clima Af en un 20% del territorio. La extensa zona productora de Macuspana, corresponde tanto a este último tipo de clima, con un tanto menos de precipitación que las áreas más próximas a la costa, como al tipo Am de mayor precipitación. La zona de Huimanguillo, corresponde principalmente al tipo de clima Af (GET, 1993).

Las temperaturas son en promedio altas y constantes al igual que la humedad relativa. No se registran variaciones significativas de temperatura entre estaciones ni entre días ni noches. Los promedios de temperatura están en el rango de 22 a 24°C.

Chiapas, la región próxima a Palenque, corresponde a un tipo Af y la extensa región de Ocosingo, al clima del tipo Am, de mayor precipitación (Gaona, 2000).

RECURSOS BIOFÍSICOS

Los suelos

El 46% de los suelos del estado de Veracruz corresponden a tipos verticos, lo que implica problemas estacionales de manejo agronómico, principalmente en el laboreo y que puede ser más o menos agudo, dependiendo del tipo de arcilla predominante. El 25% restante del total de la superficie de Veracruz son suelos ácidos, lo que también y según el tipo de arcilla, implica algunas limitaciones de fertilidad para fines agrícolas. Estos dos tipos de suelo dominan en el estado. El resto del territorio son suelos de diferentes tipos que ocupan superficies menores (Gaona, 2000).

Los suelos vérticos típicos son de color oscuro y muy arcilloso en todo su perfil. Son generalmente ricos en nutrientes y de moderados a ricos en materia orgánica. Estos suelos se forman por lo general de aluviones. Algunos vértisoles con características crómicas pueden presentar problemas serios de drenaje tanto interno como superficial. Los suelos ácidos de este estado presentan las características generales de este tipo de suelos en el trópico, que tienen estructura aceptable, buen drenaje interno y superficial, pero problemas de fijación de P y grados diversos de toxicidad de Al. Corresponden a suelos de tipo oxisol y ultisol de la clasificación USDA (Gaona, 2000).

El hule se cultiva en dos tipos de suelos, con tendencias a predominar los más ácidos. Los suelos de mayor fertilidad relativa, como son los vértisoles, se dedican principalmente a otras actividades como la producción de granos básicos, aunque muchas plantaciones de hule también se encuentran en ellos (Companon, 1996).

La mayoría de los suelos de Oaxaca corresponden a la clase leptosoles que también son los más frecuentes en todo el país. Sin embargo, las áreas huleras, ubicadas en las zonas más lluviosas de la vertiente atlántica, tienen suelos principalmente de otros tipos, entre los que destacan los alisoles ácidos y los cambisoles únicos, verticos y del tipo ferrico, un tanto más ácidos. Otro grupo importante son los regosoles, pero estos son suelos más bien delgados que se encuentran en los terrenos más accidentados de las montañas (Gaona, 2002).

En el estado de Tabasco las principales regiones las que ahora se producen hule tienen suelos derivados de terrazas de pleistoceno en los municipios de Huimanguillo, Macuspana, Tacotalpa y Tenosique, principalmente. Estos son suelos profundos, de color rojo o amarillo, levemente arsillosos, ácidos y pobres en P y MO. En ellos se cultiva el hule, entre otras especies. En los lomeríos de estas regiones, se encuentra otro tipo de suelo derivado principalmente de calizas. Estos suelos son de mayor fertilidad y en ellos se cultivan granos básicos, aun en sistemas de agricultura itinerante, a pesar de su acentuada erosividad. También hay secciones del estado en las que existen terrenos con suelos del tipo vértico, aunque de color más claro que los vértisoles típicos y en ellos se cultivan también el hule. Los vértisoles más oscuros y con un tanto mejor drenaje, se dedican al cultivo sedentario de granos básicos. La mayor parte de la ganadería de las áreas productoras del hule se encuentra sobre suelos del tipo vertico, más oscuros, con serios problemas de laboreo para labores de tipo constante en el año, y por ello se dedican a pastos (Palma y Cisneros, 1997).

En el estado de Chiapas, las zonas huleras que corresponden a los municipios de Tuxtla Chico, Tuzantan y Villa Comaltitlán poseen suelos altamente intemperizados con horizontes arcillosos. Estas áreas han sido objeto de profunda deforestación y por lo tanto lavado de bases y acidificación. En el municipio de Ocisingo, predominan los leptosoles y una pequeña proporción de nitisoles de baja capacidad e intercambio catiónico. En Catazaga y parte de Palenque existen de nuevo vértisoles, con características similares a las mencionadas para los

otros estados (Gaona, 2000).

Los agricultores prefieren los denominados “suelos rijos” para las plantaciones de hule, pero aparentemente esta es una preferencia derivada del deseo de reservar los suelos mas oscuros y con mayor contenido de materia orgánica y minerales para los granos básicos, de los cuales depende de subsistir ellos y sus familias. No hay evidencias claras de mejor compartimiento del hule en uno u otro tipo de suelo.

La vegetación

En términos generales en las regiones más al norte de las zonas huleras de México, predomina el tipo de vegetación natural que puede dominarse como selva alta sub-perennifolia. Mas al sur, predomina la selva alta perennifolia, lo que correspondería al bosque bajo tropical húmedo en otras clasificaciones ambientales. La selva lata perennifolia se encuentra como dominante en lo que se conoce como selva lacandona y todavía en algunos en claves de las llanuras de la planicie costera misma. Es la comunidad vegetal más exuberante que existe y en donde se encuentra la mayor biodiversidad nacional. Es necesario recordar que en mesoamerica coexisten los biomas del norte y del sur, lo que ha dado origen a esta rica biodiversidad con rasgos provenientes de ambos biomas. Las características de las formaciones vegetales del trópico húmedo de México no son significativamente diferentes de las encontradas en America Central y Norte de America del Sur. Siguiendo el gradiente climático desde el norte al sur, la complejidad de las comunidades aumenta desde el bosque sub-perennifolio al perennifolio. Esto tiene implicaciones mas o menos profundas (Gaona, 2002).

En el bosque perennifolio solo se explota la caoba (*Swietenia macrophylla*) y el cedro rojo (*cedrela mexicana*), aparte del chicle (*Manikara zapota*), el genero *Dioscorea* con fines farmacéuticos, la palma camedor (*Chamaedorea elongatus*) para fines de ornato y ocasionalmente epifitas de la familia Orchidasea, también con fines ornamentales. La capacidad de ciertas especies que se adaptan a crecer en el sotobosque, a bajas intensidades de luz, tal como el caso de la palma camedor, ha hecho peligrar su existencia al punto de que hoy se encuentra en vías de extinción. Algo similar ocurre con las Dioscóreas, aunque no con la intensidad de la palma. En las zonas huleras de México, sólo un 11% de la superficie esta ocupado por este tipo de bosque. Peor aun, sólo un 0.1% de el todavía conserva

las características aforísticas clásicas de esta formación en estado de clímax ecológico (López, 1998).

En cuanto al bosque tropical sub-caducifolio, su presencia es menos evidente en las zonas huleras y se deduce su existencia anterior, principalmente por existencia del guanacaste (*enterolobium cyclocarpun*). Según la literatura, solo el 4% de la superficie de México esta cubierto por este tipo de vegetación. En las zonas huleras esta vegetación se observa principalmente en algunos manchones de Veracruz, Oaxaca y parte de Chiapas. Las zonas con periodos cortos de sequia, que son favorables para el desarrollo del hule por razones fitosanitarias, es también la región en la cual aún quedan rasgos de este tipo de bosque (López, 1998).

Un aspecto curioso de ambos tipos de bosque es que prospera con características estructurales y fisionómicas similares en diverso tipos de suelos. Se les encuentra por igual tanto en suelos de tipo kárstico como en exisoles (Palma y Cisneros, 1997).

Otra formación predominante a lo largo de todo el territorio es el pastizal inducido, principalmente en las zonas deforestadas para la ganadería. Dependiendo de las condiciones edáficas, estos pastizales constituyen verdaderas sabanas, especialmente cuando están sobre suelos vérticos con drenaje impedido napas freáticas muy altas. Estas superficies se encharcan en la época lluviosa y reseca con grietas en las seca (Gaona, 2000).

En las faldas de ciertas laderas deforestadas y en las dos grandes formaciones vegetales anteriores, se encuentran también manchones dominantes de palmares monopólicos, dominados por la llamada palma real (López, 1998).

En las áreas abandonadas, de suelos mejores, aunque no aptas ahora para la agricultura, después de la deforestación y el cultivo por algunos años, ha predominado la vegetación secundaria herbácea, arbustiva y arbórea, dependiendo del número de años de abandono. En la primera predominan las especies anuales de hoja ancha, luego los arbustos pioneros y por ultimo formaciones arbóreas multiespecificas. Estos tres tipos de formaciones se encuentran distribuidas en un orden espacial que sigue mas bien patrones de uso del suelo en épocas pasadas y regímenes diferentes de propiedad de la tierra, antes que variables ecológicas actuales (Gaona, 2000).

Procesos productivos

Usos de la tierra

Tal como en otras áreas de mesoamérica, la brecha entre el uso actual y potencial del suelo en las áreas huleras de México es bastante amplia. La deforestación intencional con fines de expansión de la ganadería extensiva de carne, aun esta brecha significativamente hace pocos años atrás. La brecha continua aumentando ahora pero no a la tasa en que lo hizo en el pasado. La menor tasa actual de incremento de esta brecha se deben primer lugar a que ya no quedan muchos bosques y en segundo lugar a la disminución de los incentivos estatales a la producción ganadera extensiva (INEGI, 1990).

Una de las características más sobresalientes del uso de la tierra en las zonas actualmente huleras de México es la interacción entre los remanentes del bosque original y las actividades humanas ya extractivas o agrícolas-pecuarias llevadas a cabo por campesinos pobres (INEGI, 1990).

En las márgenes del bosque perennifolio en Chiapas y Tabasco, se llevan a cabo aun actividades como la extracción de maderas, principalmente caoba (*S. macrophylla*) y extracción del látex de chicle (*M. zapota*). Se recolectan, además, palma camedor y dioscóreas del sotobosque (INEGI, 1990).

Los terrenos ya deforestados se dedican a la ganadería extensiva bovina con base principalmente en pastos naturales o pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) (Gaona, 2000).

En los márgenes de selva sub-perennifolia, ubicada en áreas relativamente más secas, se practican actividades similares, pero en estos lugares, debido al corto periodo seco, la agricultura itinerante es más exitosa y se nota a simple vista mayor degradación de laderas. Este fenómeno es de mayor degradación de las laderas junto con la introducción de la ganadería en los mejores suelos, hace que los lotes de agricultura itinerante se observen principalmente en las partes más altas de los cerros (López, 1998).

La ganadería extensiva no solo se basa en pasto estrella, sino que otros pastos como elefante (*Pennisetum purpureum*) y *Paspalum notatum*, son también comunes.

El ganado se vende principalmente en pie y se destina ahora al consumo nacional (Gaona, 2000).

Los sistemas agrícolas

Los sistemas agrícolas predominantes son los mismos que predominan en otras partes del neo-tropical. El sistema de milpa itinerante con base en maíz, frijol común y otros cultivos, entre los cuales predomina el ayote (*Cucurbita spp*), es la forma mas simple de uso de la tierra en la región huler. Su origen se pierde en la perspectiva del tiempo, pues fue practicado por las primeras civilizaciones de mesoamérica. Agricultores sin tierra y agricultores con terrenos con problemas temporales de encharcamiento en las áreas planas, son los que mas practican estos sistemas ahora. De todas formas, cualquiera que sea la condición de las zonas planas, debido a la susceptibilidad de frijol común a condiciones de anaerobiosis, la mayoría de este cultivo se hace en las laderas de agricultura itinerante que son más frescas y aireadas que las áreas planas. El precio del frijol común en México ahora es casi dos veces el del maíz y de allí su importancia de los agricultores, además de su contribución proteica a la dieta. Mientras sea necesario cultivar el frijol en condiciones de buena aireación el precio de este se mantenga alto, la agricultura itinerante continuara siendo un problema serio en los países co zonas tropicales con laderas. Las repercusiones ecológicas de este tipo de uso de la tierra son bien conocidas (INEGI, 1990).

Degradación de los suelos por erosión hídrica debido a escorrentía superficial en pendientes muy superiores al 12%, es la principal consecuencia negativa de este tipo de agricultura. La presión de población intensifica el periodo de cultivos y disminuye el periodo de descanso y por lo tanto la re-circulación de nutrimentos. En corto periodo de descanso disminuye la cantidad de descomposición y mineralización de la materia orgánica, lo que determina una fertilidad cada vez menor y por lo tanto rendimiento bajo de todos los cultivos de laderas. La disminución de la fertilidad condicionada en abandono de los terrenos en los que prospera vegetación natural pionera de bajo valor agronomico por mucho tiempo (INEGI, 1998).

El maíz es en cierto sentido independiente del sistema de agricultura itinerante, pues puede cultivarse tanto en las laderas de desmonte como en superficies planas, para autoconsumo o venta (GAONA, 2000).

Otras formas de uso de la tierra están relacionadas con cultivos anuales como arroz de secano, hortalizas (*Capsicum* spp, principalmente), piña, papaya y otros. Entre los sistemas de plantas perennes predominan en la zona, pero no coincidentes necesariamente con las áreas huleras, los sistemas de producción de cacao, principalmente en el estado de Tabasco. En el estado de Veracruz, la producción de caña de azúcar es muy importante en términos de extensión territorial y comparte algunas unidades de producción con hule. La caña es importante también en algunas áreas huleras de Oaxaca. También son frecuentes los sistemas basados en el café robusto con sombra multispecifica. Otras especies perennes como plátano, cítricos y mangos, además de diversas especies perennes frutales en el traspatio, completan un marco de uso de la tierra con poca variación entre estados y entre municipios. El Cuadro 19 es un resumen de algunas especies cultivadas y sus superficies, durante 1997 (López, 1998).

Cuadro 19. Especies importantes cultivadas y superficies en hectáreas durante 1997 en los cuatro estados del área de Estudio (López, 1998).

Cultivos Anuales	Estados (superficie sembrada/plantada en ha)			
	Veracruz	Oaxaca	Tabasco	Chiapas
Arroz de Secano	38184	2500	9438	1607
Frijol Común	49208	44225	5010	121977
Maíz para Grano	659226	599046	105600	922867
<i>Capsicum</i> spp.	4200	2400	600	3729
Plantaciones				
Perennes				
Cafetales	150187	180239	1372	231329
Papaya	12000	975	Sdl/	540
Piña	5226	2900	Sd	Sd
Naranjeros	80015	2928	Sd	2540
Plátano	Sd	4067	13450	19081
Cacaotales	Sd	Sd	50721	28464
Hule 2/	9935	5202	1501	1478

1/Sd= sin datos (la especie no se cultiva o no se aportan datos); 2/Datos del programa de Hule de México. SAGAR, 1999.

Los sistemas ganaderos

En México, a partir de los años cincuenta, ocurrió un cambio profundo en los sistemas ganaderos que pasaron de ser tradicionales a más dinámicos. La ganadería de carne, en lugar de tecnificarse en áreas reducidas, con el propósito de mejorar productividad, logro incrementos de producción con base en la expansión de las áreas productoras, principalmente en el trópico húmedo. Este fenómeno solo se detuvo en la década de los años ochenta cuando la ganadería experimenta un proceso de desregulación y liberalización de mercados, además de una nueva legislación para el agro (INEGI, 1998).

Extensas áreas del trópico bajo húmedo se deforestaron internacionalmente para dar lugar a empastadas generalmente naturales que permitían la cría de ganado bovino. Este fue un fenómeno general en mesoamerica que por muchos años convirtió a los trópicos húmedos en exportadores netos de proteínas de origen animal para los mercados nacionales urbanos o de otros países. Los beneficios económicos de este tipo de explotación llegaron principalmente a sectores sociales identificados con las clases económicamente más poderosos. La poca demanda por mano de obra de estos sistemas de producción extensivos, marginó al sector rural mas pobre de los beneficios económicos de este tipo de explotación ganadera (Gaona, 2000).

La ganadería en el trópico mexicano crece a la sombra de una política proteccionista y de fuertes incentivos como son un marco jurídico favorable, subsidios importantes, créditos blandos ya abundantes y buenos precios relativos, y desde luego un ingreso relativamente alto de la clase media urbana – consecuencia del auge petrolero- que ejerció una importante demanda nacional por estos bienes derivados de la industria de la carne (INEGI, 1998).

Tanto en época de auge como de crisis, el sector ganadero de carne ha tenido una relación de contradicción con el buen uso de los recursos naturales, principalmente forestales. La ganadería gano espacios al mismo tiempo que el bosque los perdió. Incluyendo a todo el territorio de México, la ganadería paso de 50 millones de hectáreas en 1950, hasta 130 millones de hectáreas, al comienzo de la década de los años ochenta, concentrándose esta expansión especialmente en el trópico húmedo. Los estados de Oaxaca, Tabasco y Veracruz, en los cuales el hule es un cultivo importante, dedican todavía entre el 60% y 80% de su superficie a actividades ganaderas de crianza extensiva de ganado bovino (INEGI, 1998).

Pero este fenómeno de expansión ganadera ocurrió no solo en las grandes explotaciones individuales, sino en los ejidos también. En las tierras ejidales y en 18 años (desde 1970 a 1988) los pastos aumentaron en 24; 69 68% en los estados de Chiapas, tabasco y Veracruz, respectivamente (Gaona, 2000).

La sostenibilidad ecológica de estos sistemas basados en pastos naturales en el trópico húmedo es altamente cuestionable. Se estima que el país ha incurrido en un alto costo ambiental con implicaciones fuertes de equidad inter-generacional para el futuro (INEGI, 1998).

El resultado de este proceso de ganaderización se ve ahora claramente en las áreas huleras, principalmente de los estados de tabasco y Chiapas. Los suelos que han perdido su cubierta forestal protectora se encuentra degradada por erosión hídrica y en proceso creciente de laterización y compactación (CP, 90).

Debido a los efectos ecológicos negativos de este proceso tropical de ganaderización, se puso en efecto en México, la Ley General de Equilibrio Biológico y Protección al Ambiente que tiende, a través de diversos instrumentos, de poner fin al uso irracional de los recursos naturales. Por disposición gubernamental, no se pueden deforestar nuevas áreas para la siembra del hule, sino que estas se deben sembrar en áreas ya habilitadas para la agricultura o la actividad pecuaria (Gaona, 2000).

De todas formas, los campesinos de los ejidos cuentan ahora con buenas extensiones territoriales deforestadas y con pastos naturales que es necesario mejorar con un enfoque ecológico sucesional, para establecer en forma racional el equilibrio ecológico debido a la pérdida de la cobertura vegetal natural (Bendesky, 1994).

Es necesario ahora identificar y desarrollar sistemas de producción que conjunto con constituir una opción económicamente viable para los campesinos, sean también ecológicamente sustentables con el fin de asegurar la producción para el presente y conservar recursos para el futuro (Bendesky, 1994).

Los sistemas forestales

Las condiciones agroecológicas de área de estudio con alta temperatura y adecuada

disponibilidad de agua, la ubican como la región con los más altos incrementos volumétricos de madera del país en ella se desarrollan plantaciones comerciales de diferentes especies y para diversos propósitos, como son (Bendesky, 1994):

- Plantaciones para la obtención de celulosa. Se usa básicamente especies de rápido crecimiento como el eucalipto (*Eucalyptus* sp) y en menor escala especies como la bracatinga, y melina (*Gmelina arbórea*). Practicante en los cuatro estados existen plantaciones de este tipo, que pertenecen a un proyecto de empresas nacionales y mixtas, con propósitos de exportaciones de astillas para celulosa al mercado internacional.
- Plantaciones comerciales maderables. Se plantan especies preciosas como cedro, caoba, y en menor medida primavera, con turnos de 20-25 años, que las hacen muy rentables. Aun cuando en los cuatro estados se ha introducido esta práctica, es en los estados de Veracruz y Oaxaca en donde se desarrollan las mayores superficies estimadas en un poco mas de 60000 ha.
- Otra especie que se ha introducido para plantaciones comerciales es el bambú, que se esta desarrollando en los estados de tabaco y Veracruz, para usarse con fines estructurales y en algunos casos para uso agrícola.

En cuanto a la actividad forestal no maderable, se desarrollan comercialmente los cultivos de palma camedor, helecho cuero, espárragos y orquídeas en el sotobosque. Estas especies, también se obtienen mediante la recolección, a las cuales se le pueden sumar la pimienta, y fibras como el ixtle, por mencionar solo algunas (Herrera, 1983).

La tenencia de la tierra

Los cultivos principales de los pequeños productores en el área del proyecto son maíz, frijol, café, hule, caña de azúcar, ganadería de tipo extensivo y crianza de animales menores. Como en el resto de los estados pobres, el tipo de propiedad mas común entre estos productores es la propiedad ejidal y como puede apreciarse en el cuadro 20 en el conjunto de los cuatro estados, el 71, 8% de los productores pertenece a ejidos con propiedades de entre 10 a 12 hectáreas, las cuales son de suelos pobres tropicales muy degradados. Vecino

a los ejidos se ubican las propiedades privadas entre las cuales predomina la pequeña propiedad alcanzando en los cuatro estados solo el 26% de las unidades productivas actuales (Gaona, 2000).

Cuadro 20. Estructura de tenencia de la tierra en los estados que conforman el área de estudio (Bendesky, 1994):

Estado	Propiedad privada		Propiedad en ejido		Propiedad mixta		Total
	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	
Chiapas	55533	18,3	243575	80,2	4428	1,5	303536
Oaxaca	67446	19,7	267554	78,1	7666	2,2	342666
Tabasco	39482	45,1	46685	53,3	1420	1,6	87587
Veracruz	125200	33,4	238304	63,6	11123	3,0	374627
Total	287661	26,0	796118	71,8	24637	2,2	1108416

Nota: Los porcentajes son en relación a la proporción de los tipos de propiedad por Estado. El ejido es una unidad de producción que hasta el año 1992 se rigió en base al usufructo de la tierra por parte de los ejidatarios, quienes tenían derecho al gozo de una parcela y el acceso a tierras de uso común.

Un análisis al interior del sector de la propiedad privada (26% del total) nos revela que, excepto para el caso de Chiapas más del 60% de este tipo de propiedad tiene menos de 5 ha, pasando a engrosar el sector de pequeños propietarios pobres (ver cuadro 21) según los datos del INEGI (1998), solamente en el estado de Chiapas existe una prevalencia (56,3%) del sector de la propiedad privada con superficies superiores a la 5 ha.

Cuadro 21. Tamaño de las parcelas en propiedad privada según Entidad federativa (INEGI, 1998).

Tamaño	Chiapas		Oaxaca		Tabasco		Veracruz	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
0 a 5 ha	24 266	43,7	55 620	82,5	24 708	62,5	75 342	60,2
Más de 5 ha	31 267	56,3	11 826	17,5	14 774	37,5	49 858	39,8
Total	55 533	100	67 446	100	39 482	100	125 200	100

SITUACIÓN AMBIENTAL

La biodiversidad

El patrimonio biológico de México es uno de los más importantes del mundo. Es uno de los 12 países considerados como de mega-diversidad, pues alberga entre el 60 y 70% de la biodiversidad del mundo. Los estados de Oaxaca y Chiapas están a su vez entre los más diversos de México y constituyen en conjunto una de las 15 áreas del mundo consideradas como críticas de la diversidad mundial. Las selvas perennifolias y sub-perennifolias, formaciones vegetales encontradas en las zonas huleras del país, alberga la mayoría de esta rica biodiversidad (Gaona, 2000).

La mencionada fusión de los biomas del norte y del sur que prosperan en las regiones biogeográficas neártica y neotropical, respectivamente cuyo punto de fusión se encuentra en mesoamérica es la responsable de esta alta biodiversidad. El punto de contacto entre estas regiones biogeográficas se estima ocurre en el istmo de Tehuantepec, ubicado casi al centro de las áreas huleras de los cuatro estados, y es precisamente ahí en donde ocurre la mezcla entre los elementos florísticos y faunísticos de norte y del sur de América (López, 1998).

El aislamiento que sufrieron por muchos años las zonas tropicales que coinciden con las regiones huleras de México, es por otra parte el responsable del alto grado de endemismo encontrado en estas regiones, que contribuye también con la alta biodiversidad. Se estima que existen en todo el país, al menos 9670 especies endémicas. La contribución de las áreas tropicales a este alto grado de endemismo es altamente significativa (López, 1998).

En cuanto a especies domesticadas, la contribución de México a la diversidad mundial es bien conocida. El maíz, frijol, chile, camote, aguacate, varias cucurbitáceas, tabaco, etc., son solo parte de las más de 118 especies domesticadas que pertenecen en total a más de 70 géneros. A esta cifra deben agregarse todos los cultivares de cada una de ellas, que han sido descritos y que constituyen la reserva genética más importante del mundo en cuanto a especies domesticadas de importancia global. Con esta riqueza genética, México fue uno de los tres centros mundiales de origen de la agricultura (INEGI, 1998).

Estado de los recursos naturales

La mayoría de los datos ambientales de tipo macro acerca del estado de los recursos naturales no se encuentran desagradados en forma precisa a nivel de regiones dentro de los estados de México, por lo tanto, existe un cierto grado de generalización en este escrito en cuanto al estado de los recursos naturales en las áreas del proyecto (López, 1998).

La erosión hídrica, en términos generales, es responsable de la degradación del 74% de los suelos del país. La degradación química afecta al 11%, la degradación física al 8% y la erosión eólica al 7% de los suelos totales del país. Se estima que, entre otros, los estados de Oaxaca, Chiapas, Tabasco y Veracruz tiene mas del 50% de su territorio afectado por erosión de suelos (INEGI, 1998).

En relación con la erosión hídrica actual, los cuatro estados que involucra este proyecto representa, en cuanto a superficie total afectada, grados porcentuales que van desde ligera a moderada. Sin embargo, en cuanto a riesgo o susceptibilidad a erosión hídrica en la superficie territorial, los estados de Oaxaca y Chiapas ocupan los primeros lugares nacionales. Veracruz registra riesgos territoriales considerables, mientras que tabasco tiene riesgos menores (INEGI, 1998).

Chiapas y Tabasco registran superficies afectadas por erision eólica que van desde ligera a moderada. Sin embargo, la superficie del territorio de Oaxaca y Veracruz afectada por erosión eólica esta entre la mas alta del país (Gaona, 2002).

La mayor y disminución nacional de la fertilidad de los suelos se encuentra en Tabasco con 67% del territorio estatal, seguido por Veracruz con 27% del territorio y Oaxaca con 20%. Esta perdida de fertilidad tanto por escorrentía como por lixiviación es importante para la sustentabilidad de los sistemas agrícolas (INEGI, 1998).

En recolección con la biodiversidad, así como el país tiene una de las más ricas del mundo, también sufre las amenazas mas serias. La deforestación y otras alteraciones al ambiente han contribuido para que ahora se encuentren en peligro de extinción más de 1000 especies de plantas; 129 mamíferos y 272 aves (además de varias especies de anfibios y peces). Ya han desaparecido 38 especies

de vertebrados y 11 de plantas perennes (López, 1998).

Tanto la cubierta vegetal restante de la deforestación como la biodiversidad en las áreas cercanas al proyecto, se encuentran protegidas por el sistema nacional de áreas protegidas. El estado de Chiapas es uno de los que han recibido más atención al respecto. En el se encuentran las áreas naturales protegidas de Chan-kin, y los monumentos nacionales de Bonampak y Yaxchilan. También en el se encuentran los parques nacionales del Cañón del Sumidero, Palenque, Lacan-Tun y Loa Montes Azules incluyendo la cascada de Agua Azul. Casi todos protegiendo la selva alta perennifolia. Solo en Oaxaca se encuentra el parque nacional de la laguna de Chacagua. En el resto de los estados no se registran áreas protegidas en las proximidades a las áreas del proyecto. En Veracruz, recientemente se implemento un modelo para proteger la Sierra de Santa Martha (López, 1998).

Aspectos sociodemográficos³

Demografía y situación social

De acuerdo con la Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica de 1992 en ese año México tenía una población cercana a los 86 millones de personas, 48,9% de los cuales eran hombres y 51,1% eran mujeres. De acuerdo con estimaciones tomadas del Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 y de las proyecciones preliminares de población realizadas conjuntamente por el INEGI y el Consejo Nacional de la Población (CONAPO), en 1995 se estima que la población mexicana llegaba a los 91 millones de habitantes (INEGI, 1998).

En los últimos 25 años, la tasa de crecimiento total anual ha disminuido de manera constante, alrededor del 3% en 1975 a 1,8% en 1995, básicamente por la reducción en el número de hijos de las mujeres a lo largo de su vida fértil. No obstante estos cambios, la población mexicana sigue creciendo en función de una inercia demográfica que es producto de la dinámica poblacional del pasado reciente. Es decir, que a pesar del descenso de la tasa de crecimiento medio anual, la población sigue creciendo en números absolutos y lo seguirá haciendo en el

³ En este capítulo se hace un análisis comparativo de la situación sociodemográfica entre los distintos estados del país, fundamentalmente entre el Distrito Federal y los cuatro estados que conforman en el área de estudio.

mediano plazo. Ello se debe a que mientras la fecundidad se redujo a más de la mitad (de 7 a 2.8 hijos por mujer) entre 1964 y 1995, la población femenina en edades reproductivas prácticamente se duplicó potenciando el crecimiento. Esta inercia del crecimiento ejerce una presión sin precedentes en el mercado laboral y sobre los sistemas educativos, de salud y de seguridad social (INEGI, 1998).

La estructura y dinámica de la población en el territorio nacional son muy heterogéneas mostrando disparidades entre las ciudades y el campo de una enorme magnitud. La distribución por edades en las localidades rurales se caracteriza por una estructura sumamente joven, que refleja las altas tasas de fecundidad que prevalecen todavía en estas áreas. En México existen regiones, entidades federativas y grupos socioeconómicos severamente rezagados en los procesos de descenso de la mortalidad y la fecundidad. Las marcadas diferencias regionales y socioeconómicas del comportamiento demográfico ilustran los contrastes que se observan en las condiciones de vida de los distintos grupos sociales: las inequidades demográficas tienen como punto de partida las inequidades socioeconómicas (Gaona, 2000).

De este modo, la distribución geográfica de la población rural marginada presenta un patrón relativamente constante, cuyas características sociodemográficas a grandes rasgos, son las siguientes (López, 1998):

1. Medio ambiente: condiciones climatológicas adversas, comunidades marginales ubicadas principalmente en las zonas montañosas, desérticas y/o tropicales del país;
2. Demografía: mayor grado de ruralidad y de dispersión territorial de la población que conlleva dificultades de comunicación;
3. Actividades económicas: enfocadas a la producción agrícola tradicional de temporal de autoconsumo;
4. Medios de producción: minifundismo o falta de tierra, escasez de infraestructura hidráulica y técnicas de producción tradicionales poco mecanizadas;
5. Educación: tasa de analfabetismo superior al nacional, niveles de escolaridad restringidos a la primaria y alta deserción escolar;
6. Niveles de ingresos: economía de subsistencia con bajos niveles de ingresos, mayoritariamente inferiores a los dos salarios mínimos ;
7. Salud: altos niveles de desnutrición, de mortalidad infantil y morbilidad.

Es necesario que a nivel de los estados se esconden diferencias internas invisibles cuando se analizan promedios generales y que, en otros niveles de desagregación geográfica, las diferencias son más marcadas y evidentes, sobre todo a nivel de la población indígena. Por ejemplo, de acuerdo a la CONAPO, las entidades con menor grado de desarrollo – Chiapas y Oaxaca – son los estados que entre 1990 y 1993 tenían los niveles mas altos de mortandad infantil, 2.5 veces mas altas que la existente en el distrito federal es de alrededor de 2.5. El rezago de Chiapas y Oaxaca están, que su fecundidad en 1995 equivalía a la observada en el nivel nacional hace casi 10 años (INEGI, 1998).

De acuerdo con la encuesta nacional de la dinámica demográfica (ENADID), en 1992 existían en el país de unos 18 millones de hogares, de los cuales un 50.3% estaban conformados por menos de 5 miembros; de estima que en ese año los hogares estaban conformados por 4.7 miembros. Sin embargo, este tamaño medio varia de acuerdo a la localización, de manera que en las áreas rurales el tamaño promedio de los hogares es de 5 a 6 personas (INEGI, 1998).

Ahora bien, atendiendo a la composición interna de los hogares, se tiene que alrededor de un 75% de estos son nucleares, es decir, son unidades domesticas conformadas por una pareja conyugal con o sin prole. La proporción de hogares nucleares es mayor en las áreas rurales (84.2%), debido a los flujos migratorios del campo a las ciudades, que en gran medida se componen de migrantes que se insertan en unidades domesticas de parientes en el lugar de destino, los cuales modifican la composición de estos hogares urbanos (Gaona, 1998).

Una de las consecuencias mas importantes de estos procesos migratorios a centros urbanos, es el crecimiento de los hogares y dirigidos por mujer, que si bien en el caso de México son mas numerosos las áreas urbanas, en el caso de Oaxaca que es uno de los estados con mayor expulsión de población, el porcentaje de hogares que tienen a una mujer como jefe de hogar, es uno de los mas altos el país, alcanzando el 18,8%. Sin embargo, a nivel nacional rural en porcentaje de hogares al frente de una mujer llega al 14% (INEGI, 1998).

SITUACIÓN EDUCACIONAL

Los avances educativos logrados por el país en los últimos años no han alcanzado a toda la población. El mayor impacto de ha dado entre la población de las

generaciones recientes, con lo cual los jefes de hogar muestran, en general, niveles educativos mas bajos que el conjunto de la población (Bendeski, 1994).

En el Cuadro 22 se aprecia una diferencia en todos los niveles de educación entre los hombres y mujeres de 12 años y los jefes y jefas de hogar. En el caso de educación posprimaria, la diferencia se eleva a casi 10 puntos porcentuales entre los hombres de 12 años y más y los jefes de hogar varones, en tanto en total de las mujeres y jefas de hogar, la diferencia son más agudas y supera los 14 puntos. En el cuadro 23 también se aprecia las fuertes diferencias de acceso a la educación que detentan hombres y mujeres en general, destacándose el primer nivel sin instrucción en donde hay 10 puntos de diferencia negativa para las mujeres jefas de hogar en relación a los jefes de hogar hombres. Mientras al 35, 6% de los hogares dirigidos por hombres tiene un jefe sin instrucción formal alguna, entre los dirigidos por mujeres la proporción llega a 43.2% (Bendeski, 1994).

Cuadro 22. Nivel de instrucción de la población de 12 años y más y de los jefes de hogares por sexo (INEGI, 1998).

Nivel de instrucción	Hombres		Mujeres	
	Total	Jefes hogar	Total	Jefas hogar
Sin instrucción	10,5	15,2	14	25,3
Primaria incompleta	24	28,8	23,7	28,9
Primaria completa	20,3	19,6	21	17
Postprimaria	43,5	34	39,2	24,9
No especificado	1,7	2,4	2,1	3,9
Total	100	100	100	100

También el tamaño de la localidad es factor diferencial de educación. En las áreas rurales el promedio de escolaridad alcanza apenas 3.8 años, mientras que en las localidades de mas de 5 mil habitantes este llega a los 7.8 años, es decir, poco mas del doble. Ahora bien, si analizamos esta situación a nivel de la población

indígena nos encontramos que el nivel de escolaridad entre ellos apenas llega a los tres años (INEGI, 1998).

Cuadro 23. Porcentajes comparativos de educación entre la población total y estatal y la población indígena.

Estados	Analfabetos (1)		No Asisten a la escuela (2)		Primaria incompleta (3)	
	Pob. Total	Pob. Indígena	Pob. Total	Pob. Indígena	Pob. Total	Pob. Indígena
Chiapas	30	54.2	6.1	35.3	31	29.7
Oaxaca	27.5	42	3.5	22	29.3	33.3
Tabasco	12.6	27.3	2.2	9.8	30.9	37.1
Veracruz	18.2	43.1	2.9	24	28	36.7

El otro factor diferencial en educación es la etnicidad y así lo demuestra el cuadro 17 en donde se aprecia que en todos los niveles de educación existen diferencias substanciales en los porcentajes que se detectan entre la población indígena y el resto. A nivel nacional, en 1990 más del 40% de los indígenas de 15 años y más no sabían leer ni escribir, lo cual contrasta fuertemente con el porcentaje del 10% que se reporta para la población no indígena. Esta situación se agudiza en los estados del área del proyecto, en los cuales se ubica el mayor número de población indígena analfabeta, llegando al 52% para el caso de Chiapas, siendo solo Tabasco, el estado que presenta un porcentaje de analfabetos indígenas menores al nacional para este sector. Por otro lado, las entidades que concentran las mayores proporciones de población que no alcanzo a concluir la primaria, son en orden de prioridad Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Puebla y Guerrero. En estas entidades federativas el promedio de escolaridad que alcanzan los indígenas se encuentran por debajo de la población indígena en su conjunto (Gaona, 2000).

Como consecuencia de su escasa asistencia a la escuela y de su alta deserción escolar, esta población muestra los promedios de escolaridad más bajos tanto a nivel nacional como de las entidades federativas señaladas, situación que impacta directamente en la capacitación para el trabajo y, por ende, en, los niveles de vida y en las oportunidades para obtener mayores beneficios y mejores condiciones de vida. En algunos estados que conforman el área del proyecto, esto se agrava

debido a que si bien a nivel nacional solo el 15,8% de los indígenas no habla el español, este porcentaje crece substancialmente en Chiapas, en donde el 30% de los indígenas son monolingües (Gaona,2000).

Sin embargo, hay que hacer notar que en este ultimo periodo – entre 1990 y 1996- los servicios de educación primaria indígena han mostrado incrementos significativos: el numero de alumnos aumento de 588 464 a 728 200 (23,7% de crecimiento), el numero de docentes se incremento de 22 001 a 29 163 (un 32,6%) y el numero de escuelas paso de 6787 a 8543, es decir, creció en un 25.9% (Bendeski, 1994).

Área de estudio (población objetivo)

El área de estudio la comprende en los estados de Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Veracruz, dentro de los cuales el programa nacional del hule ha seleccionado 47 municipios que presentan condiciones agroecológicas adecuada ala producción del hule, árbol del cual se produce látex. Los municipios seleccionados se presentan en los cuadros sobre situación poblacional que se listan a continuación.

En el área de estudio existe un total de 156 258 familias de pequeños productores pobres, cuyos ingresos provienen de actividades agrícolas- ganadeas y que en una mayor proporción viven asentados en ejidos con certificados de propiedad individual pero con una organización social de pertenencia muy fuerte. De estos hogares, un 14% esta encabezado por una mujer, la cual esta, por lo general, también a cargo de la producción agropecuaria (INEGI, 1998).

Cuadro 24. Situación poblacional de los estados y municipios que conforman el área de estudio.

Estado/ Municipio área del proyecto	Habitantes	Pod. Rural	No. Familias rurales	% Pobreza	No. familias
I. ESTADO DE CHIAPAS					
Chiapas	3 584 786	3 301 926	411 058	71,7	294 729
Cacahoatán	35 738	23 764	4 243	85,5	3 640
Huehuetán	30 356	18 581	3 318	85,5	2 487
Tapachula	244 855	69 877	12 478	72,1	8 997
Tuxtla chico	32 395	23 089	4 123	83,9	3 459
Tuzantán	22 833	22 833	4 077	91,6	3 734
Ixtacomitán	8 180	4 467	2 824	85,8	24 230
Ostuacán	13 795	13 795	798	90,5	722
Pichucalco	25 987	14 695	2 463	80,3	1 978
Catazajá	15 689	12 803	2 286	86,6	1 980
Palenque	77 998	53 592	957	84,9	8 125
Benemérito de la Américas	14 581	8 749	1 562	93,5	1 460
Marqués de Comillas	8 693	5 216	931	93,5	870
Villa Comaltitlán	25 535	18 380	3 282	89,2	2 927
Total Municipios	556 635	289 841	43 342	93,5	40 525
Chiapas					
II. ESTADO DE OAXACA					
Oaxaca	3 228 895	1 826 834	326 220	72,6	236 836
Acatlán de P. Figueroa	44 006	27 570	4 923	83	4 086
Loma Bonita	41 744	10 918	1 950	80,6	1 571
San Felipe Usila	10 597	5 735	1 024	96,7	990
San José Chiltepec	9 612	6 382	1 140	87,3	995
San Juan B. Tuxtepec	127 707	44 341	7 918	68,9	5 455
San Juan Cotzocón	21 362	18 563	3 314	93,1	2 017
San Lucas Ojitlán	18 449	12 914	2 306	94,5	2 179
Nuevo Soyaltepec	33 887	25 794	4 606	88,3	4 067
Santa María Jacatepec	9 242	9 242	1 650	94,5	1 559
Santiago Jocotepec	11 331	11 331	2 023	93,8	1 978
Santiago Yaveo	6 696	6 696	1 195	94,1	1 124
San J. B. Valle	22 276	16 032	2 863	93,5	2 677
Nacional	40 018	15 881	2 836	75,8	2 150
Matías Romero					
San Juan Mazatlán	16 547	16 547	2 955	95,6	2 825
Total Municipios	413 474	227 946	40 703	88,8	36 144
Oaxaca					

Estado/ Municipio área del proyecto	Habitantes	Pod. Rural	No. Familias rurales	% Pobreza	No. familias
III. ESTADO DE TABASCO					
Tabasco	1 748 769	755 377	134 889	56,4	76 144
Huimanguillo	154 577	100 435	17 935	82,1	14 724
Jalapa	31 304	27 068	4 834	79,9	3 862
Macuspana	123 024	65 917	11 771	71,1	8 369
Tacotalpa	37 857	31 133	5 559	86,7	4 819
Teapa	42 657	19 983	3 568	72,8	2 597
Tenosique	55 438	26 304	4 697	76,9	3 612
Total Municipios Tabasco	413 474	270,840	48 364	78,3	37 869
III. ESTADO DE TABASCO					
Veracruz	6 737 324	2 727 969	487 137	59,9	292 795
Chacaltianguis	12 415	8 238	1 471	75,8	1 115
Isla	36 899	14 584	2 604	81,8	2 130
Playa Vicente	52 754	31 635	5 649	81,8	4 621
José Acuña	25 574	15 688	2 801	87,2	2 443
Las Choapas	75 372	33 240	5 936	87,5	5 194
Jaltipán	40 045	7 347	1 312	86,2	1 000
Moloacán	17 344	8 966	1 601	62,3	997
Texistepec	20 026	10 589	1 891	83,1	1 571
Agua Dulce	46 404	6 483	1 158	46,9	543
Hidalgotitlán	25 831	21 936	3 917	89,9	3 521
Jesús Carranza	28 936	22 461	4 011	85,5	3 429
Hueyapán de Ocampo	40 396	25 763	4 600	84,9	3 905
Minatitlán	202 965	54 193	9 677	53,2	5 148
Tezonapa	49 805	40 931	7 309	87,8	6 417
Total Municipios Veracruz	674 766	302 054	53 937	77,4	41 747

Sistemas actuales de producción en transformación del hule y asociados

Los sistemas de producción con exclusión del hule

La agricultura del área de estudio corresponde a lo encontrado en otras regiones de América con iguales tipos de clima tropical húmedo. Varias especies cultivadas como el hule, el café de tipo robusta, el cacao, el coco de las zonas costeras, etc.

Están dentro del rango de especies aconsejables para cultivar en regímenes de alta precipitación, si se aceptan las normas exigentes del huso adecuado de la tierra. Sin embargo, otras especies como maíz y frijol, chile, Jamaica, ajonjolí, yuca, e incluso piña y papaya, están en cierto sentido fuera de límite comúnmente aceptable, al menos que se hacen medidas especiales de protección del suelo (López, 1994).

La distribución geográfica actual de los sistemas de producción en el área del proyecto responde más bien a razones socioeconómicas antes que a razones ecológicas. Algunas especies como naranja por ejemplo se encuentran ampliamente cultivadas en ciertas regiones y no en otras, debido a antiguas planes de producción que impulsaron esta agroindustria, sin considerar las presencias de los agricultores o razones relacionadas con ventajas comparativas de tipo agro ecológicos (INEGI, 1998).

Los problemas de mercadeo son evidentes a través del rango reducido de especies que ahora se cultivan comercialmente y la cantidad de oportunidades existentes sin llevarse a cabo para no existir mercados desarrollados (Gaona, 2000).

Debido a circunstancias principalmente sociales, el sistema de producción de maíz y frijol tiene una frecuencia y cobertura mayor de la esperada en este tipo de clima. En su versión de agricultura migratoria, es una de las causas de la degradación ambiental existente, en especial por la erosión y parte de la deforestación (López, 1994).

También el cultivo de estos granos en la agricultura sedentaria en los suelos planos, contribuye fuertemente a la degradación del suelo, por los largos periodos de exposición del suelo al efecto erosivo de la alta precipitación, antes de la formación total de una canopia vegetal protectora del suelo (López, 1994).

Los rendimientos que obtienen los agricultores de sus cosechas son por lo general bastante bajos en relación con el potencial existente. El huso de insumos es limitado, debido a la baja capacidad de inversión de los agricultores, precios poco atractivos para los productores y crédito disponible muy limitado. Estas y otras razones convergen para que los agricultores dependan especialmente de los subsidios para continuar produciendo (Bendeski, 1994).

Entre los insumos importantes, el uso de fertilizantes es muy limitado y las

recomendaciones existentes son muy generales. Existen recomendaciones y muy claras, para especies como la caña de azúcar y el cacao que reciben asistencias técnicas muy cercana, pero ni así para otras especies (Gaona, 2000).

Se producen cultivos perennes como el café del tipo robusta que se adapta bien a las condiciones lluviosas de producción de la región, pero de nuevo, la inversión en esta especie es baja y el rendimiento también, a pesar de existir un mercado atractivo, susceptible a pagar mejores precios de acuerdo con la calidad del producto. La disminución de precios del café internacional no afecta significativamente a estos cultivares de café del tipo robusta, que se usan para mezclar con cafés del tipo arábigo en las mezclas de café soluble (Bendesky, 1994).

Dadas las características de los agricultores beneficiarios de este proyecto, a parte de los animales menores de traspatio, las especies animales mayores, talvez con la excepción de tabasco, no son un componente importante del esquema de ingresos de los agricultores. Existen, sin embargo, posibilidades de desarrollo de sistema de producción ovinos vasados en lo que se conoce como oveja peligüey, que se adapta aceptablemente bien a las condiciones de alta precipitación y humedad de la zona objetivo de este proyecto. Varios agricultores han incorporado este tipo de animal a sus explotaciones, pero nuevamente el potencial de estos sistemas permanece aún por alcanzar (Gaona, 2000).

La mayoría de los pastos existentes, son pastos nativos de baja calidad. Algunas especies del genero *Braquiaria* han sido probadas con éxito, pero nuevamente la inversión necesaria para el establecimiento de pasturas esta por lo general mas aya de las posibilidades de inversión y capacidad técnica de la mayoría de los agricultores objeto de este proyecto. Existe poca superficie ocupada ahora por pastos mejorados (López, 1994).

Aparte de las especies mencionadas, lo mas notable del uso de la tierra en la agricultura de la zona es la poca practica de medidas de conservación de suelos, recirculación de nutrientes, incorporación de nitrógeno a través de cultivos de cobertura, preparación de materia orgánica en forma de aboneras, practica extensiva de la agroforesteria, etc. Esto es explicable en parte por la inversión necesaria para estas prácticas y posiblemente por poca disponibilidad de mano de obra en ciertas etapas del año agrícola. Sin embargo, lo mas posible es

que en gran medida de este echo se deba en primer lugar a falta de asistencia técnica y a un asunto mas bien cultural que también se puede solucionar con asistencia técnica. La practica manejo adecuado de recursos mas extensiva en la zona es la existencia de cercas vivas, que además de servir para separar lotes, contribuye parcialmente al reciclamiento de nutrientes y a preservar en parte de la biodiversidad regional (Bendeski, 1994).

Los sistemas de producción de hule

El hule se ha impulsado comercialmente en México. Al menos en sus comienzos, como plantación uniforme. Desde el punto de vista ecológico esta es una práctica que no corresponde con la diversidad de la vegetación natural del ambiente ecológico en que puede prosperar. Si se acepta la teoría ecológica de que la productividad y sostenibilidad de un sistema de producción agrícola es mayor a medida que más se asemeja a la vegetación natural en término de estructura y función, el hule en cultivo individual (al igual que otras especies) no seria recomendable para el trópico bajo húmedo. En el caso de cultivos individuales en el trópico las asimetrías entre el sistema plantas y el ambiente natural que resultan en alta incidencia de plagas y enfermedades, erosión de suelos y otros se compensan con insumos, manejo o disminuciones en el rendimiento. Es el caso del platano y la gran cantidad de insumos que se usan y el caso del cultivo de maíz y frijol y la consecuente disminución de la fertilidad del suelo en agricultura migratoria, para citar 2 ejemplos extremos de este echo ecológico (Gaona, 2000).

Desde el punto de vista económico y tal ves social, el problema mas importante del cultivo del hule es el periodo de carencia entre la plantación y el comienzo de la producción económica, que en la mayoría de los casos comienza desde el año seis en todo este periodo entre la plantación y las primeras cosechas de látex no se percibe ingresos. Es por ello que en muchos países se intercalan cultivos en este periodo de carencia. Los agricultores mexicanos también lo hacen, pero no en forma totalmente generalizada (Gaona, 2000).

Desde el punto de vista de selección de lotes para el cultivo del hule la mayoría de los agricultores asigna los mejores suelos a cultivos de corto periodo como maíz, frijoles y hortalizas y los suelos de calidad media al hule. Por ello, la producción de cultivos anuales en intercalamiento con hule, durante el periodo

de establecimiento del este, no es necesariamente rentable con bajos insumos. En un mercado imperfecto como el existente, los agricultores que disponen de suficiente suelo, tanto de buena como de mala calidad, no encontrarían razones para cultivar especies anuales en asocio con el hule, a menos que el costo de oportunidad de su mano de obra este cercano a cero (Gaona, 2000).

Es posible que en este caso de agricultores con tamaño de propiedad suficientes para asignar terrenos de diferente calidad al hule y otras especies, pueda ser conveniente por un lado promover el uso de coberturas con leguminosas en las intercales del hule para proteger el suelo y fijar N y por otra parte, apoyar técnicamente a producción de granos básicos en los suelos mas fértiles, como un mecanismo de apoyo indirecto ala generación de ingresos y seguridad alimentaria para estos agricultores que te han incorporado el hule a sus sistemas de finca (GET, 1995).

El uso de insumos en cultivos anuales intercalados como el maíz, implica un cambio de los cultivares de uso mas frecuentes, debido a que los existentes y usados por la mayoría de los agricultores, que son de planta alta, tendrían tendencia a crecer excesivamente, tanto en cultivo individual en suelos de fertilidad mas alta como en intercalamiento con hule mas aun en la sombra del hule de tercer año. Este es si duda un reto interesante para la asistencia técnica (Gaona, 2000).

MATERIALES Y MÉTODOS

Fuentes de información

Información climatológica

El desarrollo de este estudio se realizó con base en las siguientes fuentes:

- Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC); es una herramienta de acceso rápido y automático a la información climatológica con que cuenta el Servicio Metodológico Nacional (IMTA, 1996), con ella se puede realizar consulta tales como: obtener el valor de cierta variable meteorológica, para todas las estaciones que se encuentran en alguna región geográfica, y en un determinado intervalo de tiempo.
- Programa de computo SICA 2 (Sistema de Información para

Caracterizaciones Agroclimáticas), que permite analizar las variables climáticas de temperatura, precipitación y estación seca, de estaciones climatológicas en un determinado espacio e intervalo de tiempo.

Información edafológica

Se realizó con base en los siguientes documentos:

- Plan de Uso Sustentable de los Suelos de Tabasco de la función Produce Tabasco, que contiene resultados generados en los últimos veinticinco años sobre el conocimiento de los suelos; aborda aspectos físicos y químicos, clasificándolos de acuerdo a la organización de la educación, la ciencia y la cultura de las naciones unidas (FAO/UNESCO).
- Características Climáticas Edáficas y Límites Municipales en Formato Export para ARC/INFO y Arc View de la región que comprende el estado de Tabasco; apartado por la dirección general de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental del Instituto Nacional de Ecología.

Información Cartográfica

Como herramienta para la elaboración de la cartográfica, se utilizó la siguiente:

- Programa Arc View GIS (Sistema de Información Geográfica, siglas en inglés) que consiste en un sistema de mapeo computarizado que relaciona lugares con información agroclimática para presentar mapas, analizar lugares y buscar zonas potenciales.
- Programa GIS IDRISI (Sistema de Información Geográfico) herramienta que permite trabajar con información georreferenciada

Selección de parámetros a evaluar

En esta fase se determinaron los requerimientos agroecológicos para el cultivo del hule; la presión con que se determinaron dependió de la investigación realizada en los principales países productores de hule, esta etapa comprendió una revisión bibliográfica de las variables determinantes para la definición de zonas óptimas haciendo énfasis en encontrar el comportamiento que tienen las diferentes variables del ambiente en la región de origen, de las especies y en las regiones del mundo en donde se cultiva. De la información encontrada, las variables de mayor importancia fueron: temperatura –máxima, mínima, media-

precipitación, altitud, estación seca y textura, profundidad y pH de los suelos.

Se trabajó con 2 variables, ya que estas tienen relación con el rendimiento del árbol, llegando sus valores extremos a debilitar las diferentes zonas de aptitud (Cuadro 25).

Las variables seleccionadas fueron:

- Variables climáticas
 - a) Temperatura máxima
 - b) Temperatura mínima
 - c) Temperatura promedio
 - d) Precipitación
 - e) Altitud

- Variables edáficas
 - f) Textura
 - g) Profundidad
 - h) PH

Cuadro 25. Parámetros Técnicos para Definir las Áreas Potenciales del Cultivo del Hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) en México.

<i>Parámetros técnicos</i>	Áreas óptimas	Áreas con potencial medio	Áreas sin potencial
Temperatura máxima Promedio	29 – 34	23 – 29	<23
Temperatura mínima Promedio	>20	16 – 19	<16
Temperatura en °C Promedio anual	25 – 28	20 – 25 y 28 – 30	<20 y > 30
Precipitación anual en mm.	2000 – 3000	1500 – 2000 3000 – 4000	<1500 >4000
Altitud (msnm)	100 a 400	0 a 100 y 400 a 600	>600
suelo:	Franco (Arena – Limo - Arcilla)	Arenoso 70 – 90 % Arcilloso 70 – 90 % Limoso 70 – 90 %	Arenoso 90 % Arcilloso 90 % Limoso 90 %
Textura	Franco – Arenoso 50-70 % Arena Franco – Arcilloso 50 – 70 % Arcilla Franco – Limo – arcilloso 50 – 70 % Limo - arcilla		

Fuente: Consejo Mexicano del Hule, A.C., con base en: CIRAD-INIFAP-CMH, primer Informe, anexos 3 y 4, CMH/AGRO/01.1/PF VER. 01-18/FEB/00, Informe de Misión en México, Frnck Rivano, 1999. CIRAD-INFAP-CMH (2000); Companon (1998), Rivano (1999) y Webster *et al.*, (1989).

Determinación de Zonas Óptimas

Una vez seleccionadas las variables a estudiar se procedió a analizar las bases de datos climática y edáfica.

Cabe señalar que se seleccionaron las estaciones con el mayor número de año de registro, con series completas y que estuvieran distribuidas en cada uno de los estados. Con base en las metodologías propuestas por Herrera (1983) y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (1997), se determinó

evaluar en una primera etapa, las variables climáticas y en una segunda, las condiciones edáficas.

a) Variables agroclimáticas

Para obtener la base de datos de las medidas mensuales por temperatura y precipitación, se analizaron los datos en el Programa SICA de cada una de las estaciones climatológicas existentes en los Estados. Una vez analizados se exportaron al Programa Excel para clasificar aquellas estaciones que sus registros coincidieran con los parámetros requeridos para considerarla estación seca.

Una vez analizada la base de datos y determinados los valores puntuales, el siguiente pasos consistió en adicionar la base de datos definitiva al programa Arc View para identificar el comportamiento espacial de las estaciones en el área de estudio.

Para elaborar la carta de isolíneas, se adicionó la misma base de datos en el programa Idrisi, el cual cuenta con una herramienta para trazar isolíneas a la que se le dieron los rangos para unir y clasificar las zonas óptimas, con potencial medio y sin potencial.

Cabe mencionar que al clasificar una zona únicamente en relación al clima, no es suficiente debido a que puede suceder que el suelo en que se desarrolla al cultivo no sea el adecuado.

b) Variables edáficas

La capacidad productiva del suelo se determinó considerando sus aspectos de textura, profundidad y Ph, estos elementos fueron analizados con base en la clasificación de las unidades FAO/UNESCO.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se elaboraron mapas con los parámetros para las variables máximas, mínima, media anual, y precipitación; e incluían, los mapas de altitud, suelos y los que contienen la interpolación de la aptitud agroclimática y edáfica con los cuales se identificó el potencial agroecológico de los estados de Chiapas, Oaxaca, Tabasco

y Veracruz, dando como resultado las siguientes áreas:

Aptitud agroclimática:

- Temperatura máxima
 - a) Las zonas con un rango de temperatura máxima de 29°C a 34°C (11,073,913 has), fueron consideradas como óptimas; representan el 41.44% de la superficie de los cuatro estados productores de hule (Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Veracruz)
 - b) Las zonas con un rango de temperatura máxima de 23°C a 29°C (12,078,684 has), fueron consideradas como potencial medio; representa el 45.20% de la superficie de los cuatro estados.
 - c) Las zonas con una temperatura máxima inferior a 23°C (3,571,601 has), fueron consideradas sin potencial; representan el 13.36% de la superficie de los cuatro estados.

- Temperatura mínima
 - a) Las zonas con una temperatura mínima superior a 20°C (17,577,374 has), fueron consideradas como óptimas; representan el 65.77% de la superficie de los cuatro estados.
 - b) Las zonas con un rango de temperatura mínima de 16°C a 19°C (7,159,927 has), fueron consideradas como potencial medio; representan el 26.80% de la superficie de los cuatro estados.
 - c) Las zonas con una temperatura mínima inferior a 16°C (1,986,898 has.), fueron consideradas sin potencial; representan el 7.43% de la superficie de los cuatro estados.

- Temperatura promedio anual
 - a) Las zonas con un rango de temperatura promedio anual de 25°C a 28°C (8,535,550 has), fueron consideradas como óptimas; representan el 31.94% de la superficie de los cuatro estados.
 - b) Las zonas con rangos de temperatura promedio anual de 20°C a 25°C y 28°C a 30°C (11,147,876 has), fueron consideradas como potencial medio; representan el 41.71% de la superficie de los cuatro estados.

c) Las zonas con temperatura promedio anual inferior a 20°C y superior a 30°C (7, 040,772 has), fueron consideradas sin potencial; representan el 26.35% de la superficie de los cuatro estados.

- Precipitación

a) Las zonas con un rango de precipitación de 2,000 mm a 3,000 mm anuales (8, 047,716 has), fueron consideradas como óptimas; representan el 30.11% de la superficie de los cuatro estados.

b) Las zonas con rangos de precipitación de 1,500 mm a 2,000 mm, y de 3,000 mm a 4,000 mm anuales (7, 280,472 has), fueron consideradas como potencial medio; representan el 27.24% de la superficie de los cuatro estados.

c) Las zonas con precipitación inferior a 1,500 mm y superiores a 4,000 mm anual (11, 396,011 has), fueron consideradas sin potencial; representan el 42.65% de la superficie de los cuatro estados.

- Altitud

a) Las zonas con un rango de altitud de 100 msnm a 400 msnm (7, 515,893 has), fueron consideradas como óptimas; representan el 28.12% de la superficie de los cuatro estados.

b) Las zonas con rangos de alturas inferiores a 100 msnm y de 400 msnm a 600 msnm (9, 106,075 has), fueron consideradas como potencial medio; representan el 34.08% de la superficie de los cuatro estados.

c) Las zonas con altitudes superiores a 600 msnm (10, 102,231 has), fueron consideradas sin potencial; representan el 37.80% de la superficie de los cuatro estados.

Con la interpolación de los mapas se identificaron las áreas con potencial agroclimático:

Óptima: 1, 777, 094, has; es decir, el 6.65% de la superficie de los cuatro estados.

Con potencial medio: 8, 619,002 has; es decir, el 32.25% de la superficie de los cuatro estados.

Sin potencial: 16, 328,103 has; es decir, el 61.10% de la superficie de los

cuatro estados.

Áptitud edáfica:

A continuación presentamos la aptitud de los suelos de los estados de Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Veracruz para el desarrollo del cultivo del hule.

- Suelos óptimos: son aquellos donde la textura es franca o presenta un rango de 50% a 70% de arena, arcilla o limo-arcilla; con una profundidad de 1000 mm a 1,500 mm y un Ph de 4.5 a 5.5. En ellos se tiene una buena producción dentro de esta clasificación (Anexo 7), encontramos los siguientes tipos de suelos:
 - a) Acrisol húmico (1, 771,236 has). Son suelos profundos, se ubican en lomeríos con pendientes de 2% a 4% en pequeño valles estrechos y alargados que conforman lo que se conoce como galerías de selva. Estos suelos comúnmente se usan como pastizales y para la producción de cítricos, mango, yuca, piña y maíz. Representan el 6.63% de la superficie de los cuatro estados.
 - b) Acrisol férrico (1, 028,936 has). Son conocidos por los agricultores como tierras rojas; son profundos y contienen una buena cantidad de arcilla pluvial. Generalmente se usa para pastos con especies nativas; e introducidas; cultivo de granos; así como plantaciones forestales. Representan el 3.58% de la superficie de los cuatro estados.
 - c) Acrisol plintico (181,050 has). Se localizan en lomeríos con pendientes ligeras de 3% a 8%; sus características son muy similares a los acrisoles únicos, diferenciándose, únicamente en que los acrisoles plinticos no están tan unificados. Actualmente son utilizados para el cultivo de cítricos, hule, piña, eucalipto, entre otras. Representan el 0.68% de la superficie de los cuatro estados.
 - d) Cambisol crómico (441,154 has). Son de color rojo intenso, adecuados para la explotación forestal; se dedican a actividades agrícolas, particularmente, a la practicultura (cultivo de praderas). Representan el 1.65% de la superficie de los cuatro estados.
 - e) Cambisol eutrico (1, 379,970 has). Se puede establecer cualquier tipo de cultivo, pastizales o plantaciones perennes. Representan el 5.16% de la superficie de los cuatro estados.

- f) Fluvisol eutrico (275,835 has). No presentan limitación alguna para el establecimiento del cultivo del hule; generalmente son suelos planos, de poco o nulo riesgo de erosión; son profundos, bien drenados y fáciles para la labranza; manifiestan buenas condiciones de retención de humedad y abastecimiento de nutrientes para las plantas; y cuando presentan problemas de sequia estacional, se corrigen fácilmente con un riego. Representan el 1.03% de la superficie de los cuatro estados.
- g) Luvisol crómico (1, 092,106 has). Se ubica principalmente en la zona de lomeríos, manifestado algunos problemas de erosión. Sin embargo, con prácticas especializadas de conservación de suelos, uso de fertilizante y cultivos de cobertera, pueden ser altamente productivos. El cultivo del hule tiene posibilidad de desarrollarse en este tipo de suelo. Representan el 4.09% de la superficie de los cuatro estados.

El conjunto de toda la superficie con potencial edáfico óptimo, suma un total de 6, 170,289 has, representando el 23.09% de la superficie de los estados productores de hule.

- Suelos con potencial medio: El desarrollo del cultivo se ve afectado porque los suelos presentan factores de productividad medio como: textura con un rango del 70% al 90% de arena, arcilla y limo, una profundidad de 500 mm a 1,000 mm y un ph. de 5.6 a 6.5. Los rendimientos, son bajos y para que sean redituables se requieren de insumos en cantidades considerables. Dentro de esta clasificación (mapas 29-32) encontramos lo siguiente:
 - a) Cambisol húmico (66,921 has). Presentan una topografía cerril, fácilmente erosionables, el mejor uso que se le puede destinar es el forestal. Actualmente se emplean para el cultivo de maíz, frijol, yuca, camote, café, cacao, cítricos y pastos. Representan el 0.25% de la superficie de los cuatro estados.
 - b) Cambisol vértico (257,918 has). Presentan problemas de texturas finas, que dificultan la movilidad interna del agua y las actividades de labranza. Son suelos profundos y fértiles donde se pueden desarrollar la mayoría de los cultivos. Representan el 0.96% de la superficie de los cuatro estados.
 - c) Fluvisol districo (234 has). Son suelos de origen aluvial reciente, variables en su fertilidad. Representan el 0.0008% de la superficie de los

cuatro estados.

- d) Fluvisol gleyco (67,915 has). Son suelos aluviones recientes de alta fertilidad, profundos y fáciles para la labranza, en ellos se puede establecer cualquier cultivo. Su principal problema son las inundaciones en la época de lluvias y el desbordamiento de los ríos. Representan el 0.25% de la superficie de los cuatro estados.
- e) Luvisol albico (5,605 has). Presentan una fertilidad que va de baja a moderada, adecuados para la explotación forestal. Representan el 0.02% de la superficie de los cuatro estados.
- f) Luvisol ortico (730,049 has). Presentan características similares a todos los luvisoles, con la salvedad de que muestran un horizonte ortico con fertilidad moderada. Representan el 2.73% de la superficie de los cuatro estados.
- g) Luvisol plintico (156,507 has). Son profundos de colores pardos, contenidos de materia orgánica que varían de pobres a moderadamente ricos. El uso actual de estos suelos es la agricultura tradicional con cultivos como maíz y frijol. Representan el 0.58% de la superficie de los cuatro estados.
- h) Luvisol vértico (258,961 has). Presentan agrietamientos cuando se sacan, son de fertilidad moderada que se puede corregir con una buena fertilización y riego. Representan el 0.96% de la superficie de los cuatro estados.
- i) Planosol eutrico (15,640 has). Presentan una condición de drenaje deficiente, son susceptibles a erosionarse. Con ligeras obras de drenaje estos suelos son productivos. Representan el 0.06% de la superficie de los cuatro estados.
- j) Planosol mólico (1,953 has). No presentan alguna característica en especial salvo que presentan un horizonte mólico. Representan el 0.01% de las superficies de los cuatro estados.
- k) Vertisol crónico (589,193 has). Presentan problemas de permeabilidad interna del suelo, por lo que tienen acceso de humedad en la temporada de lluvias, sin embargo, los suelos que se ubican en la zona de la tierra presentan ligeras pendientes que facilitan su drenaje superficial y reduce el impacto de los encharcamientos o inundaciones por largos periodos. Con ligeras obras de drenaje estos suelos son altamente productivos ya que son profundos y de alta fertilidad. Representan el 2.20% de la superficie de los cuatro estados.

El conjunto de toda la superficie con potencial edáfico medio, suma un total de 2, 150,986 has; representando el 8.02% de los estados productivos de hule.

- Suelos sin potencial: presenta una textura, superior al 90%, en arena, arcilla y limo, con una profundidad menor a 500 mm y un pH mayor de 6.6. Tales características no permiten el desarrollo del cultivo, haciéndolo incoesteable por las limitaciones del suelo y las condiciones del medio. Dentro de esta clasificación (Anexo 9) encontramos los siguientes: Andosol húmico, Andosol molico, Andosol ocrico, Arenosol cambico, Cambisol districo, Cambisol calcio, Cambisol ferralico, Cambisol leyco, Castañozem haplico, Castañozem calacrico, Castañozem luvico, Feozem calacrico, Feozem haplico, Feozem luvico, Fluvisol calcarico, Gleysol calcarico, Gleysol Eurico, Gleysol húmico, Gleysol molico, Gleysol plintico, Gleysol vertico, Litosol, Luvisol, Calcarico, Luvisol ferrico, Luvisol gleyco, Nitosol districo, Nitosol eutrico, Regosol calcarico, Regosol districo, Regosol eutrico, Rendizina solonchak gleyco, Solonchak ortico, Vertisol pelico, Xerosol haplico. En conjunto, la superficie total de suelo (18, 660,928 has) representa el 69.83% de la superficie de los cuatro estados.

Potencial agroecológico

El potencial agroecológico de los estados de Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Veracruz para el cultivo del hule (*Hevea brasiliensis*) quedo definido con la interpolación de las zonas con potencial agroclimático y edáfico, resultando lo siguiente:

- Interpolación de zonas con clima óptimo y suelos óptimos (mapa 30).
 - A) Chiapas: (169,249 has). Representa el 0.63% de la superficie de los cuatro estados.
 - B) Oaxaca: (38,410 has). Representa el 0.14% de la superficie de los cuatro estados.
 - C) Tabasco: (149,885 has). Representa el 0.56% de la superficie de los cuatro estados.
 - D) Veracruz: (55,983 has). Representa el 0.21% de la superficie de los cuatro

estados.

- Interpolación de zonas con clima óptimo y suelos medio.
 - a) Chiapas: (17,397 has). Representa el 0.06% de la superficie de los cuatro estados.
 - b) Oaxaca: (10,636 has). Representa el 0.039% de la superficie de los cuatro estados.
 - c) Tabasco: (16,660 has). Representa el 0.06% de la superficie de los cuatro estados.
 - d) Veracruz: (74,208 has). Representa el 0.17% de la superficie de los cuatro estados.

- Interpolación de zonas de clima con potencial medio y suelo óptimos.
 - a) Chiapas: (943,844 has). Representa el 3.53% de la superficie de los cuatro estados.
 - b) Oaxaca: (593,242 has). representa el 2.21% de la superficie de los cuatro estados.
 - c) Tabasco: (410,683 has). Representa el 1.53% de la superficie de los cuatro estados.
 - d) Veracruz: (213, 335 has). Representa el 0.80% de la superficie de los cuatro estados.

- Interpolación de zonas de clima con potencial medio y suelo con potencial medio (mapa 33).
 - a) Chiapas: (105,982 has). Representa el 0.40% de la superficie de los cuatro estados.
 - b) Oaxaca: (105,669 has). Representa el 0.39% de la superficie de los cuatro estados.
 - c) Tabasco: (317,289 has). Representa el 1.18% de la superficie de los cuatro estados.
 - d) Veracruz: (347,903 has), representa el 1.30% de la superficie de los cuatro estados.
 - e)

En conclusión el potencial agroecológico de los estados de Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Veracruz asciende a 413,528 has; representando el 1.5% de la superficie total de los estados productores de hule es apto para el cultivo de hule.

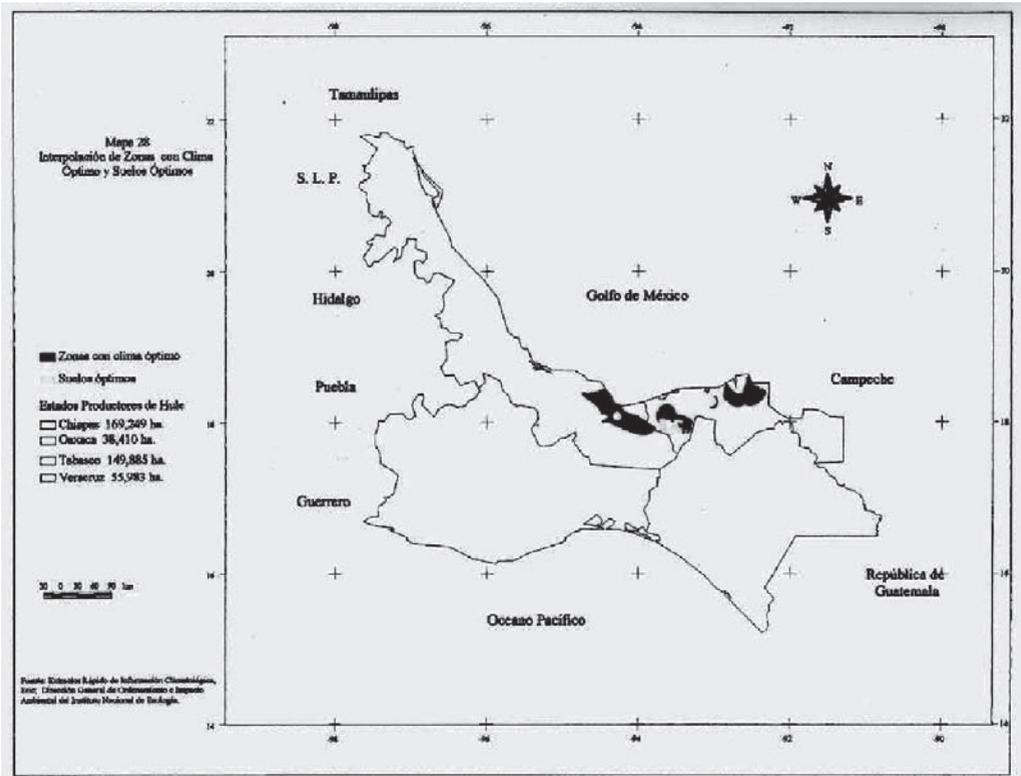


Figura 39. Interpolación de zonas con clima óptimo y suelos óptimos.

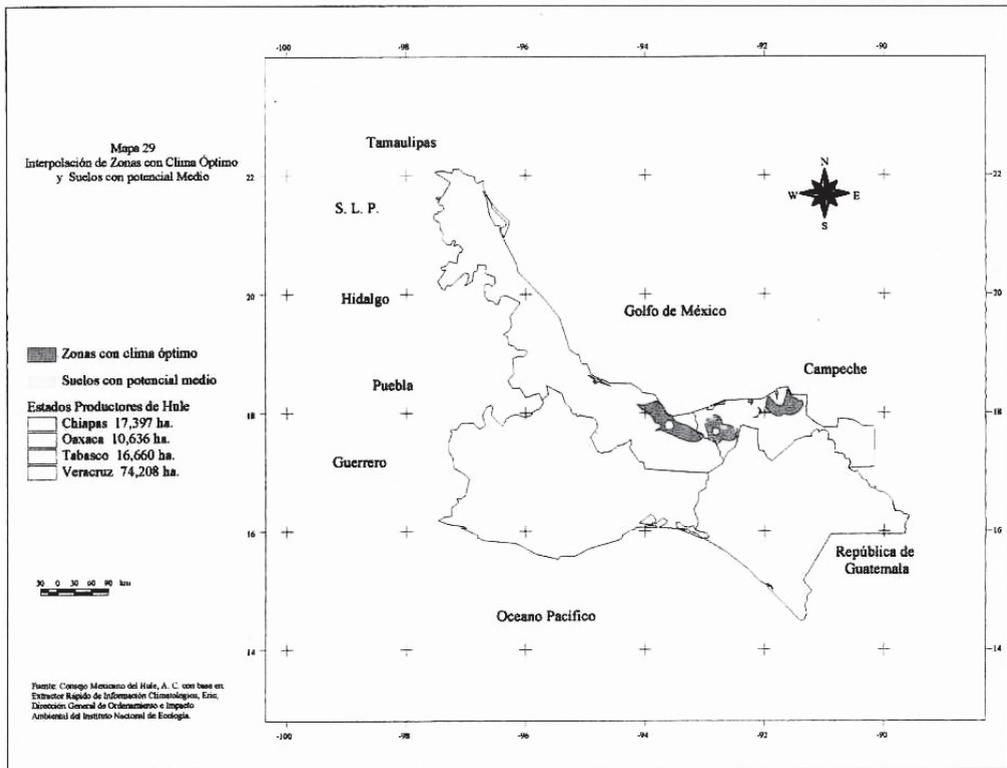


Figura 40. Interpolación de zonas con clima óptimo y suelos con potencial medio.

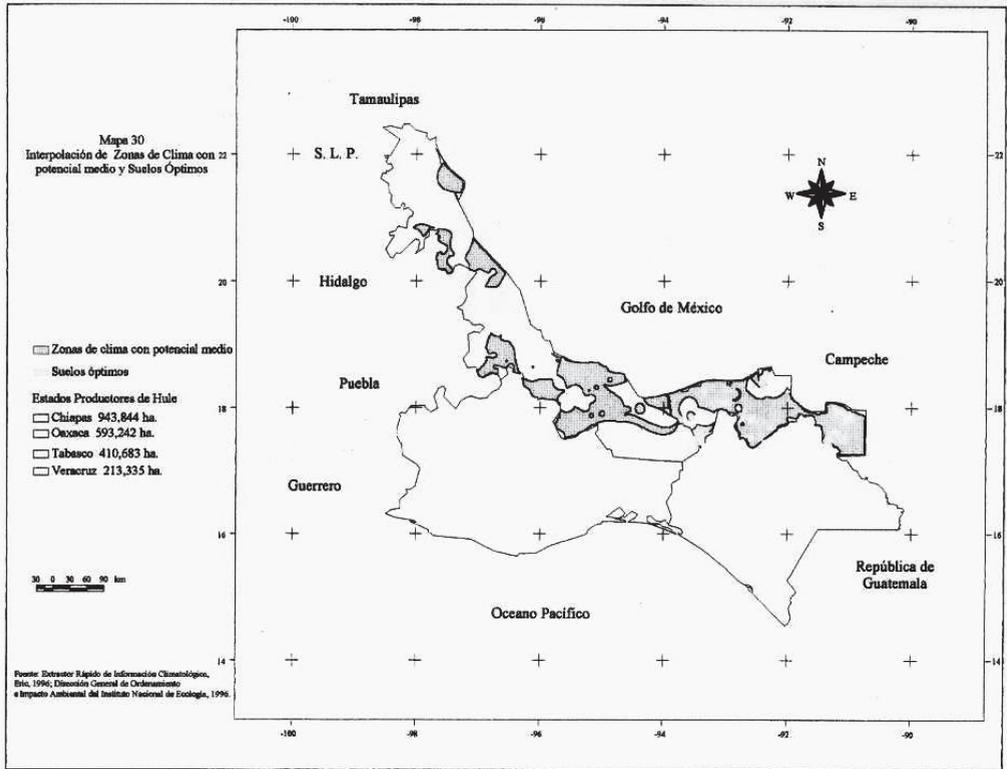


Figura 41. Interpolación de zonas de clima con potencial medio y suelos óptimos.

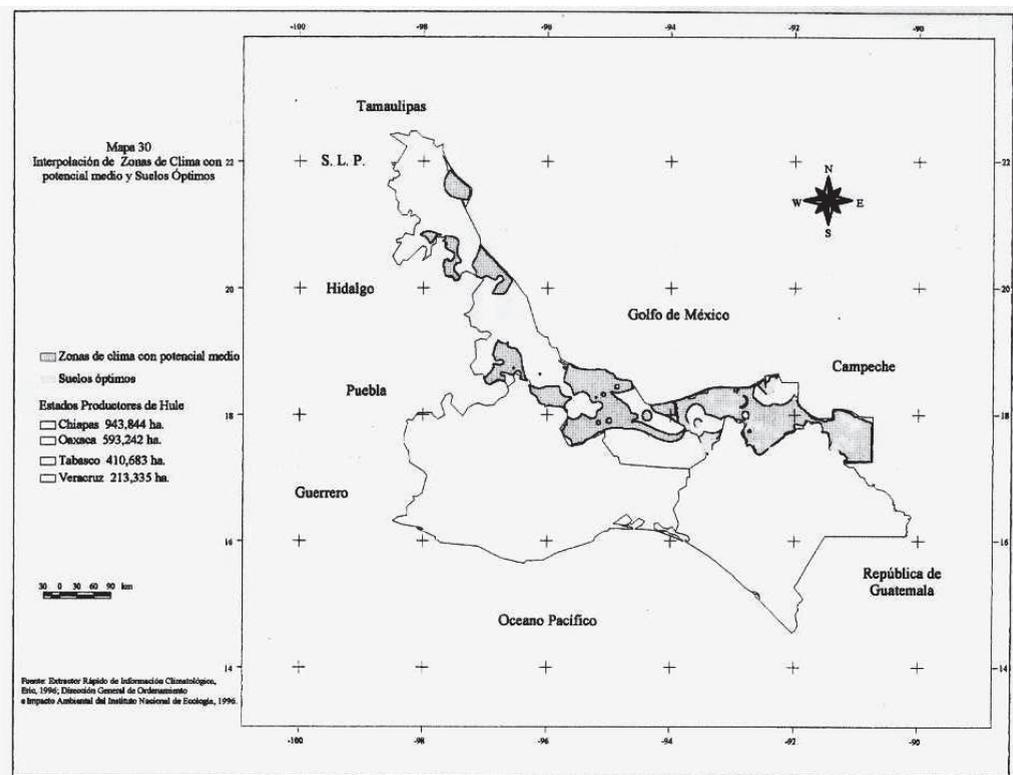


Figura 42. Interpolación de zonas de clima con potencial medio y suelos óptimos.

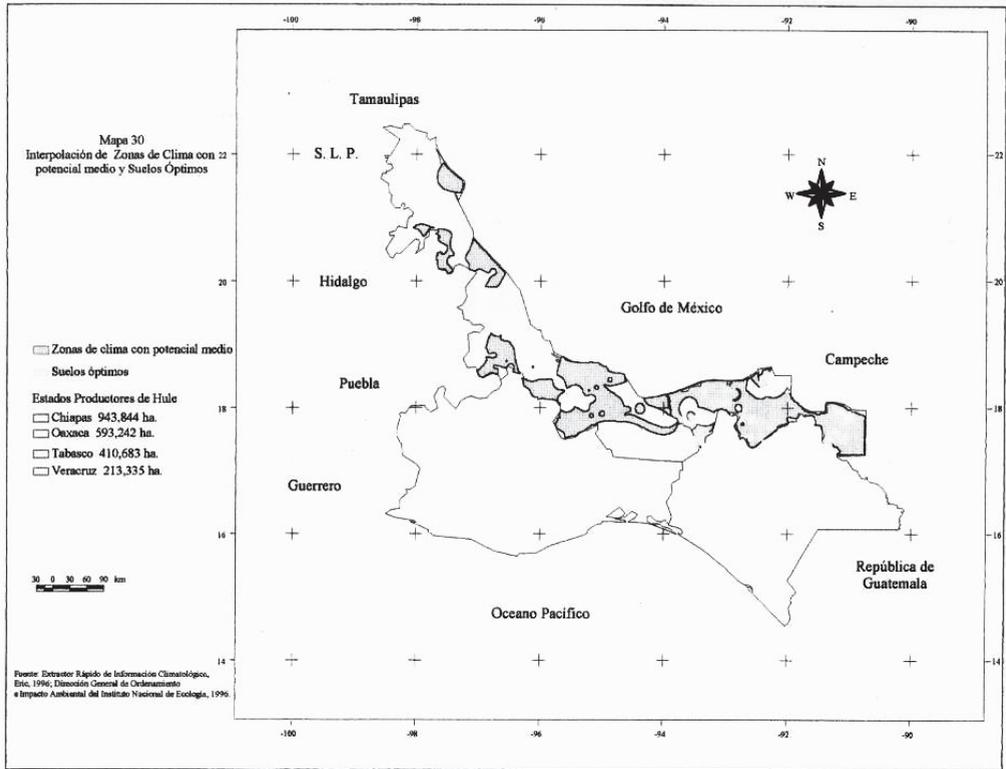


Figura 43. Interpolación de zonas de clima con potencial medio y suelos óptimos.

PARTE IV



**PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO DE PLANTACIONES
FORESTALES COMERCIALES DE HULE EN MÉXICO**



PRODUCCIÓN DE HULE NATURAL EN MÉXICO

INTRODUCCIÓN

México cuenta con 250,000 has con las condiciones edáficas y climáticas óptimas para la explotación del árbol del Hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) sin embargo, pero sólo se aprovechan 21,000 aproximadamente, de las cuales sólo se explotan comercialmente 12,000 hectáreas, con una producción estimada de 10,000 toneladas de hule seco por año y lo que genera un rendimiento promedio de 833 k de hule seco ha⁻¹ año⁻¹. Por otro lado, el consumo nacional durante 1998 fue de 100,000 toneladas lo que representa un déficit de 90,000 toneladas (90%).

Cadenas productivas primarias

La cadena agroindustrial de producción y procesamiento del hule integra tres etapas: la primera etapa, agropecuaria o primaria, que tiene como productos finales hule en forma sólida -hule seco- o líquida; la segunda es el beneficio primario, que puede consistir en el deshidratado para producir hule granulado o laminado, o la centrifugación y agregado de sustancias químicas estabilizantes para producir látex -en estado líquido-; y, la tercera etapa es el procesamiento de la industria para la obtención de productos finales como llantas, globos, calzado, guantes, impermeables productos medicinales, etc. En el caso de México, participan en la primer fase unos 4 000 pequeños productores ejidatarios y una pequeña parte de plantaciones a gran escala, algunas de ellas vinculadas a los beneficios. En la segunda etapa participan beneficios privados, vinculados o no a las organizaciones de productores y pequeños molinos artesanales que producen hule seco laminado. No hay relación entre la segunda y tercera etapa, más allá de sus relaciones como ofertantes y demandante. Las industrias consumidoras están integradas en la Cámara de la Industria Hulera, donde predominan las grandes empresas productoras de neumáticos en cuanto al volumen de demanda pero también participa un gran número de pequeñas empresas dedicadas a diversos productos.

La producción Nacional se estima en unas 10,000 Mg año⁻¹ de hule seco -sea en forma de granulado, laminado o látex-, lo que representa algo más del 10% del consumo de la industria procesadora de México. Las plantaciones promocionadas por el Programa Nacional del Hule a partir del año 1996 tienen

una mayor productividad y comenzarían a producir a partir del 2002, por lo que en el 2005 se prevé un incremento del 50% respecto a la producción actual. En el 2010 las nuevas plantaciones, cuando alcanzarían plena producción, se tendría una oferta nacional de aproximadamente 25 000 toneladas de hule seco. La industria compra el hule en estado sólido en su casi totalidad, representando la comercialización en forma líquida -látex- un porcentaje ínfimo.

Producto importado

Se importan anualmente unas 70 000 toneladas de hule, de las cuales aproximadamente el 75% corresponde a granulado -principalmente la calidad TRS-20, utilizada por la industria productora de neumáticos-, un 10% a laminado y un 15% a látex, utilizado por la industria productora de globos, guantes e hilos. El precio de paridad de importación del caucho seco tipo TRS-20 se estima actualmente en unos USD 0,72 por kg puesto en México, incluyendo todos los gastos de internación, mientras que el producto nacional se vende en promedio a USD 0,79 por kg. Los importadores de caucho seco son las compañías grandes, que se abastecen localmente de una pequeña cantidad como stock estratégico e importan para su procesamiento. La pequeña industria se abastece fundamentalmente con producto nacional. Los beneficios de hule se sostienen económicamente mediante la venta a la pequeña y mediana industria, dado que sus ventas a las grandes compañías se realizan al precio de paridad de importación.

Capacidad instalada

Existen 18 beneficios que permiten producir unas 22 000 toneladas de hule seco por año. Actualmente estas plantas tienen un alto porcentaje de capacidad ociosa. Se pueden distinguir dos tipos de empresas, las empresas privadas no vinculadas a organizaciones de productores y las empresas privadas pertenecientes a organizaciones de productores. Estas últimas son tres: la Planta Industrializadora de Hule de Tezonapa S.A. de C.V. en el estado de Veracruz, cuyas acciones pertenecen a productores miembros de la Unión de Ejidos Prof. Graciano Sánchez de Veracruz y que funciona desde 1990, creando la Sociedad Anónima separada de la organización gremial en 1993; el beneficio de Tuxtepec, que recientemente se transfirió a la Unión Estatal de Productores de Oaxaca y

comienza su producción en esta zafra; y, el beneficio de Macuspana, que está abandonado y se están haciendo gestiones para transferirlo a la Unión Estatal de Productores de Tabasco. También se encuentra el beneficio de la Unión de Ejidos Jorge L. Tamayo de Uxpanapa, Veracruz, que tiene cinco zafras sin operar.

CONCLUSIONES

Estos beneficios corresponden a plantas que anteriormente pertenecían al estado a través de FIDEHULE y que en cada caso debieron privatizarse otorgando a las organizaciones recursos de diversas fuentes para comenzar a funcionar. En el caso de Oaxaca, actualmente es un segundo intento de transferencia, dado que una primera experiencia resultó en fracaso y una parte de los productores crearon una nueva organización para acceder a la administración de las instalaciones. Todos estos beneficios han sido apoyados muy intensamente por el Programa Nacional del Hule.

LA IMPORTANCIA DE LA MADERA DEL ÁRBOL DEL HULE

Hevea brasiliensis Muell. Arg.

Introducción

La disponibilidad económica a corto plazo de madera del árbol del hule, de las plantaciones hoy existentes y en condiciones actuales de infraestructura y régimen de la propiedad, se calcula en 29 millones de m³ por año, de los cuales 8 millones de m³ serían trozas para aserrar. A largo plazo, para el año 2020, se prevé un aumento de las posibilidades de producción a 52 millones de m³ anuales, de los cuales 14 millones m³ serían trozas para aserrar. El dilatado período de rotación del árbol de l hule, de unos 30 a 35 años de edad por término medio, limita las posibilidades de gestión eficaz de la producción de madera en pequeñas explotaciones.

Desde tiempos inmemorables el ser humano ha utilizado madera para diversos fines de su vida cotidiana. La madera ha sido también la base de su desarrollo, ya que sin esta habría sido imposible viajar a través de los mares a zonas remotas y enriquecer las diferentes culturas del mundo. La madera ha sido y sigue siendo en muchos países desarrollados (Japón y Estados Unidos, por ejemplo) y en desarrollo la base de la construcción de casas, edificaciones, interiores, materiales de comercio, entre muchos otros usos.

El uso de madera ha aumentado aceleradamente, más aún debido al hecho de que ha sido imposible encontrar sustitutos plásticos, metálicos o compuestos que reemplacen la madera en su totalidad. Cada vez es más importante contar con fuentes seguras y sostenibles de madera para el consumo mundial.

La madera de hule es una fuente importante de madera en Asia. Países como Malasia, Tailandia, Indonesia e India utilizan la madera de caucho que proviene de plantaciones en las que ya no es económicamente rentable extraer látex. Esto sucede normalmente entre el año 22 y 29 de la plantación en estos países. Hoy en día la madera de caucho se utiliza para diversos fines, siendo algunos los tableros o contrachapados, pisos y muebles. Esta madera viene alcanzando un nivel de aceptación y precio cada vez mayor, representando una importante participación en el mercado internacional de productos en Malasia, por ejemplo.

En Asia un árbol de Hule de una plantación tiene un volumen de madera de aproximadamente 0.6 m³ y un hectárea produce aproximadamente 150 m³ de madera de Hule. En Colombia, debido a la realización de las plantaciones antiguas en áreas no adecuadas por la presencia del mal de Suramérica (un hongo que afecta el follaje, *Microcyclus ulei*) se estima que el volumen de madera es bastante menor que el de las plantaciones asiáticas (0.25 a 0.35 m³ por árbol). Para estimar correctamente el potencial de madera en las regiones con las mayores y más antiguas plantaciones se está obteniendo información primaria en el Caquetá en colaboración con la Universidad de la Amazonía y ASOHECA (Asociación de Heveicultores del Caquetá).

La industrialización de la madera de Hule puede generarle al productor de látex una entrada significativa al final del ciclo de producción de látex, que puede ser utilizada en parte para pagar los costos del establecimiento de nuevas plantaciones. Actualmente se produce en el mundo 1.6 millones de m³ de madera de hule al año y se estima que a finales de esta década la oferta será 2.5 veces mayor que la actual. Como referencia, en el 2000 el mundo tropical produjo aproximadamente 35 millones de m³ de madera (todas las especies).

Utilización y extracción

La madera aserrada del árbol del hule se utiliza para la fabricación de muebles, piezas de muebles, molduras, mosaicos de madera, entarimado de pisos y diversos artículos de madera. Los contrachapados de madera del árbol del hule han demostrado que pueden tener un elevado valor en su utilización final, y las trozas de pequeño tamaño, así como los residuos de serrería, pueden utilizarse para la fabricación de tableros enlistonados y aglomerados, de cemento y madera y de fibra de densidad media (FMD). La madera también ofrece posibilidades como materia prima para las industrias del papel y de la pasta papelera.

Gracias a sus características físicas y mecánicas, su color claro y la facilidad que ofrece para el maquinado y el acabado, la madera del árbol del hule puede utilizarse como sucedáneo eficaz de muchas maderas tropicales de gran utilización (por ejemplo: ramin, meranti, seraya, agathis, merbau, kapur y teca, de Asia; iroko y sapelli, de África; o imbuia y virola, de América Latina).

La madera del árbol del hule tiene que ser tratada después de la tala o del trozado porque es atacada fácilmente por los hongos y los insectos. Se cuenta con productos químicos de protección, cuya utilización está difundida para asegurar productos finales de buena calidad. La durabilidad tiene que ser tomada en consideración al elaborar cualquier cadena de producción.

La madera del árbol gomero sigue extrayéndose manualmente, pero se está difundiendo la utilización de elementos de extracción mecánica más avanzados debido a los aumentos de salarios en los países productores. Existen importantes posibilidades de aumentar la productividad de las talas a fin de acentuar al máximo los beneficios económicos de las plantaciones de hule (CCI, 1997).

Producción y consumo de madera

El consumo actual de trozas del árbol del hule se calcula en 4.5 millones de m³ anuales, que en su mayor parte (3,5 millones de m³) se destinan a las serrerías. Los principales productores son Tailandia, Malasia, la India, Indonesia, Sri Lanka y Viet Nam, y la madera del árbol representa un 2.4% del consumo total de madera de esos países. Alrededor del 57% de las trozas del árbol económicamente útiles se emplea para aserrar, y un 42% de la madera económicamente disponible en trozas pequeñas se destina a combustible.

Cada año se utiliza aproximadamente 1 millón de m³ de madera de árbol del hule para la producción de tableros. Las fabricas que producen tableros aglomerados y de FDM suelen estar integradas con serrerías que aprovechan residuos. En la elaboración secundaria, la principal utilización de la madera se encuentra en la fabricación de muebles, debido a su solidez y a sus propiedades que faciliten el maquinado y la elaboración. Además, la textura regular y el color de la madera permiten teñirla y darle terminaciones que satisfacen variadas exigencias del mercado. Es común mezclar la madera del árbol del hule con la caoba, el cerezo, el nogal y el roble. La madera del árbol del hule también ha tenido éxito en los mercados de exportación de entarimados para pisos, pero otras utilidades de ese tipo se ven limitadas por la escasa longitud y el ancho limitado de la materia prima (Edgar, 1995).

Mercados de exportación

En los principales países importadores, el consumo de madera del árbol del hule en forma de tablonés, muebles, piezas para muebles y otros artículos de madera se calcula en 238 000 m³, pero el mercado está lejos de la saturación. Las perspectivas de exportación para 1996 se calculan en 350 000 m³. Los principales mercados son los Estados Unidos (39%), el Japón (31%), Europa (13%), La provincia de Taiwán (China) (11%), la República de Corea (4%) y Singapur (2%) (CCI, 1997)

ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE LÁTEX EN PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES DE HULE (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) EN EL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO

Introducción

Una de las especies que se adaptan a las selvas altas y medianas es sin duda el Hule (*Hevea brasiliensis* Muell arg.), pero actualmente la posibilidad del aprovechamiento a sido limitado y existe poca información cuantitativa sobre crecimiento, incrementos y producción de látex en plantaciones forestales comerciales.

Las ecuaciones de tablas, tanto de volumen, como de biomasa, y del rendimiento de látex, son herramientas útiles que permitan predecir con bastante exactitud los volúmenes, peso y producción de materia prima de las especies forestales en función de un número más o menos reducidos de parámetros obtenidos de árboles en pie.

A pesar de ello, la disponibilidad de las mismas para las especies forestales, principalmente para latifoliadas, es muy reducida y para muchas no existen en el país, como es el caso del *Hevea brasiliensis* Muell Arg. El árbol del hule es una especie exótica en México con un gran potencial económico, por su rápido crecimiento y su doble aprovechamiento; látex y después de 35 años de aprovechamiento, su madera para la fabricación de muebles.

Las plantaciones forestales comerciales de hule en el estado de Oaxaca, tienen como finalidad tener un óptimo crecimiento con la finalidad de tener una producción de látex competitiva a nivel mundial. Pero no existen los estudios de análisis de crecimiento y producción de látex en las regiones de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica

La región del Papaloapan en Oaxaca, se localiza al noroeste de dicho estado, entre las coordenadas 17° 20' y 18° 36' de latitud Norte y 95° 42' y 95° 42' y 96° 41' longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con variación entre los 20 y 880 msnm. Dentro del área de influencia de los Distritos Políticos 07 Choapan y 06 Tuxtepec, la región tiene 352,601 hectáreas de superficie ejidal y 75,885 hectáreas de superficie comunal, las cuales son de uso pecuario, agrícola y forestal. Dicha región está integrada por 20 municipios, los cuales engloban 530 localidades; se destacan 9 municipios en donde actualmente se localizan explotaciones de hule y son: Santiago Jocotepec y Santiago Llaveo, por el distrito de Choapan; San Juan Bautista Tuxtepec, San José Chitepec, San Juan Bautista, Valle Nacional, San Lucas Ojitlan, Loma Bonita, Santa María Jacatepec, y Acatlán de Pérez Figueroa, por el Distrito de Tuxtepec.

Esta región se caracteriza por estar en la planicie costera también llamada llanura del Golfo de México con alturas promedio de 180 m.s.n.m; las corrientes de agua son: los ríos Papaloapan y Tonto, las abundantes lluvias aumentan los caudales de sus redes originan que la mayoría de los cultivos sean de temporal. Para controlar las crecientes de estos ríos se construyeron las presas de Temascal y Cerro de Oro.

La precipitación anual varía de 1600 a 4000, mm. su media es de 2325 mm, el período de lluvias es variable y comienza en junio a noviembre. Las máximas precipitaciones son en el mes de julio y las mínimas en los meses enero y febrero. La temperatura media anual es de 25° C, las mayores temperaturas se registran en el mes de mayo mientras que las mínimas se observan en el mes de enero. Los vientos denominados “nortes” se originan en las vertientes del golfo e inciden sobre la planicie costera provocando nubosidad y vientos, estos se presentan

entre los meses de noviembre a febrero.

Por su importancia en cuanto a la superficie que ocuparon y la que aun persiste se tienen los siguientes tipos: selva mediana subperenifolia, selva baja caducifolia, bosques caducifolio, palmar de schelis, sabana y selva baja perennifolia.

Según la clasificación FAO/UNESCO existen en la región siete tipos de suelos, en orden de importancia son: Cambisol eutricto, Acrisol ortico, Litosoles, Fluvisol eutricto vertico y Vertisol pelico.

El uso actual del suelo se determina en base en la experiencia de los productores, destacándose los cultivos de caña de azúcar, maíz, piña, arroz y frijol, en relación con las plantaciones perennes se destacan el hule, café y frutas como plátano, mango, cítricos y papaya.

Metodología

Se seleccionaron 41 plantaciones en la región del Papaloapan; estas no presentaban evidencias de daños por plagas, enfermedades o acciones mecánicas; tienen un espaciamiento de 6 x 3 m y cubren edades de 1 a 42 años. En cada plantación se trazaron sitios de 1000 m² y se enumeraron consecutivamente los árboles incluidos en ellas, este trabajo se realizó en dos partes.

En la primera parte, se midieron 2255 árboles en total a los cuales se les midió la siguiente información: grosor de corteza (gc), altura de fuste limpio (altf), altura total (altt), diámetro normal (dpa), proyección de copa norte-sur y este-oeste y a 1562 árboles la producción de látex en kg/árbol/año. Con el objetivo de establecer el grado de asociación entre la producción de látex y las variables dasométricas, para esto se empleo el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., 1991).

En la segunda parte se necesitaba conocer la producción de biomasa con la finalidad de obtener de manera indirecta la producción de carbono en las plantaciones, para esto se realizó lo siguiente:

Selección de la muestra

La muestra consistió de 82 árboles tipo de *Hevea brasiliensis* del clon IAN-710. La selección los árboles tipo se efectuó cuidadosamente eligiendo aquellos árboles que se encontraran dentro de plantaciones con buenas características, no árboles aislados; también se escogieron árboles que no presentasen una ramificación excesivamente o síntomas de pudrición. Una vez elegidos estos árboles tipo, se procedió a marcar con pintura el tocón y del DAP.

Medición y apeo de los árboles tipo

Antes de cortar los árboles tipo, se procedió a medir el diámetro de tocón a 0.30 cm del suelo y el DAP con cinta diamétrica, cuando el fuste presentaba forma cilíndrica y forcípula, en el caso que no lo fuera, y hubiera necesidad de obtener un promedio del diámetro. También se midió el grosor de corteza con un calibrador para ese fin, en dos lados opuestos del DAP para obtener el promedio del grosor, tanto la medición del diámetro como del grosor de corteza se hicieron con exactitud de un decimal.

Una vez registrada la información de los árboles en pie, se procedió a tumbarlos y a medir su altura total con cinta métrica. Posteriormente, se midieron y seleccionaron trozas de 2 metros de largo hasta al punto de copa.

Cálculo del volumen

Para la cubicación de las selecciones de cada uno de los árboles talados, se utilizó la fórmula de Smalian, excluyendo el grosor de la corteza para obtener el volumen cúbico sin corteza. También se excluyó el volumen del tocón el cual se estandarizó a una altura de 30 cm. la suma del volumen de cada una de estas secciones constituyó el volumen comercial del árbol, ya que para la cubicación se utilizó la altura del fuste y no la altura total del mismo.

Ajuste por análisis de regresión

Los resultados de volumen obtenidos por cada árbol permitieron realizar la aplicación de los modelos de ecuaciones las ecuaciones siguientes:

$V = a + bD^2H$	Ecuación de las variables combinadas
$V = a D^b H^c$	Ecuación logarítmica o de Schumacher
$V = a + D^2 + cH + dD^2 H$	Fórmula australiana
$V/D^2 H = a/D^2 H + b$	Ecuación de variables combinadas ponderadas

La ecuación logarítmica o de Schumacher se encuentra expresada en su forma exponencial. En su logarítmica se expresa así:

Log V = a + b log D + c long H

Para transformar la constante “a” de la forma logarítmica a la exponencial debe obtenerse el antilogaritmo de esa constante.

Los análisis de regresión se efectuaron utilizando para ello el programa de computo SAS para cálculo estadístico.

Comparación estadística de los modelos

Para selecciones la mejor ecuación de la predicción del volumen, se utilizó los siguientes índices: diferencia agregada, desviación media, coeficiente de determinación y la desviación estándar. El índice más usado para determinar la ecuación que mejor se ajusta es la desviación estándar, pero también puede usarse la diferencia agregada o la desviación media. Lo importante es que estos índices no deben utilizarse solos para apreciar por completo la calidad del ajuste (Caillez, 1980, citado por Ferreira, 1993).

En este estudio las ecuaciones de volumen se compararon siguiendo el orden de importancia de la siguiente manera: desviación estándar, diferencia agregada, desviación media y coeficiente de determinación.

Cuantificación de biomasa

Para la cuantificación de la biomasa se tomó una submuestra de 17 árboles de los 82 apeados. Los mismos fueron seleccionados dentro de cada clase diamétrica por un sorteo, previo al trabajo de campo. Una vez medido el fuste de estos árboles, se procedió a separarlos en sus componentes: Ramas gruesas mayores de 5 cm de diámetro en su base, ramas delgadas menores de 5 cm de diámetro

y hojas. Las ramas gruesas fueron medidas con cinta diamétrica y métrica para obtener su diámetro y su largo respectivamente, mientras que las ramas delgadas y las hojas fueron pesadas en una balanza de 100 gr de precisión.

Siguiendo la metodología establecida por Philip, M. (1994), se procedió a obtener una o dos muestras de cada componente (fuste, ramas gruesas y delgadas y hojas) para determinar el contenido de humedad de cada uno de ellos. Cada muestra fue pesada inmediatamente en una balanza de 28 gramos de precisión y guardadas en bolsas plásticas herméticamente cerradas para prevenir pérdidas de humedad. Posteriormente, estas muestras fueron secadas al horno, a una temperatura de 75° C durante el día que se reducía a 55° C durante la noche, por la seguridad del equipo y de las instalaciones del laboratorio. Las muestras fueron pesadas durante el día a intervalos de cada 4 horas con la misma balanza con que se determinó el peso húmedo hasta que el peso de las mismas se estabilizó, lo que tomó entre 4 y 6 días. Obtenido el peso seco de las muestras, se establecieron relaciones entre peso seco y peso húmedo determinándose así el peso seco de cada componente del árbol, se calculó el peso específico, contenido de humedad y por último se sumaron los pesos de cada componente del árbol.

Los modelos de ecuación ensayados para predecir biomasa fueron los siguientes:

$$\begin{array}{ll} \text{Log } P = a + b \log D \text{ ó } P = a * D^b & \text{Ecuación logarítmica o exponencial} \\ P = a + b D^2 H & \text{Ecuación de variedades} \\ & \text{combinadas} \end{array}$$

Comparación de volúmenes por la prueba de Chi cuadrada

Para efectuar esta actividad se procedió a realizar la comparación estadística del volumen de los 55 árboles medidos con el relascopio de Bitterlich y su correspondiente volumen obtenido de la medición de esos mismos árboles talados, esto con el propósito de poder determinar la exactitud de este instrumento en la medición de árboles en pie.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se presentan siguiendo el orden en que fueron procesados los datos obtenidos.

Primera parte: Producción de látex

Con el paquete estadístico SAS y utilizando el programa proc glm y los procedimientos de selección de variables se obtuvieron los resultados con el programa SAS los siguientes:

Dependent Variable: PLATEX IAN-710.

Source Pr > F	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value
Model	7	77862.25403239	11123.17914748	30.07
Error	1555	575299.53666679	369.96754770	
Corrected Total	1562	79031.79069917		
R-Square		C.V.	Root MSE	PLATEX Mean
	0.985211	172.2875	19.234540	11.16420985

Se puede observar en el análisis de varianza que la hipótesis $H_0: b_1 = b_2 = b_3 = b_p$ es rechazada con un $\alpha = 0.0001$, es decir, se rechaza la hipótesis $H_0: (P < 0.0001)$. También se observa un valor del coeficiente de correlación r^2 de 0.9852, es decir, el 98.52 % de la variación en la producción de látex es explicada por el modelo que incluye las variables independientes: edad (meses), grosor de corteza (m), altura total (m), altura de fuste limpio (m), diámetro normal (m), proyección de copa norte-sur (m) y proyección de copa este-oeste, lo que nos da una gran confianza en el modelo de predicción.

Se tomó el error tipo III el cual nos presenta una suma de cuadrados parcial, la cual se basa en la contribución única de las variables al modelo y se utiliza para la comparación de efectos principales, aun cuando exista una interacción significativa y se obtuvieron los resultados siguientes:

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
EDAD	1	6754.88230437	6754.88230437	18.26	0.0001 *
GC	1	226.32130047	226.32130047	13.61	0.0001 *
ALTT	1	2474.02696388	2474.02696388	6.69	0.1998 ns
ALTF	1	74143.29704914	74143.29704914	200.40	0.0001 *
DPA	1	629.72699743	629.72699743	1.70	0.0001 *
DCNS	1	28.07538245	28.07538245	0.08	0.7830 ns
DCEO	1	1238.60799903	1238.60799903	3.35	0.0675 ns

ns: no significativa

* Estadísticamente significativa

Si se observa la SC tipo III, solamente las variables: edad, grosor de corteza, altura de fuste limpio y diámetro normal están influyendo en la producción de látex ($P < 0.0001$).

A continuación se muestran los valores de los coeficientes de regresión estimados y solo $b_0 = 10.66$, $b_1 = -0.0195$, $b_2 = -0.0945$, $b_3 = 1.4618$ y $b_4 = -0.0041$, con sus errores estándar y sus correspondientes pruebas de t, es decir, que la edad, grosor de corteza, altura de fuste y diámetro normal están influyendo en la respuesta a la producción de látex.

Parameter	T for H0: Estimate	Pr > T Parameter=0	Std Error of Estimate	
INTERCEPT	10.66617017	4.81	0.0001	2.21537294
EDAD	0.01905751	4.27	0.0001*	0.00446004
GC	-0.09450418	-0.78	0.0001*	0.12082870
ALTT	-0.22444862	-2.59	0.4298 ns	0.08679537
ALTF	-0.46183435	-14.16	0.0001 *	0.10326283
DPA	-0.00417834	-1.30	0.0001 *	0.00320265
DCNS	0.01233966	0.28	0.7830 ns	0.04479423
DCEO	0.14936024	1.83	0.0675 ns	0.08163001

ns: no significativa

* Estadísticamente significativa

Le ecuación de predicción obtenida es la siguiente:

$$\text{Plátex (gr/árbol)} = 10.66 + 0.01905751 (\text{edad meses}) - 0.0945418 (\text{gc m}) - 1.46183435 (\text{altf m}) - 0.0041183435 (\text{dpa m}).$$

Segunda Parte

Distribución de los árboles tipo por clase diamétrica

La realización del estudio contempla la corta de 5 árboles tipo por clase diamétrica, como puede observarse en la Tabla 1 se encontraron muy pocos árboles arriba de 35 cm de DAP, por lo que el resto de árboles tipo se distribuyó en las clases diamétricas inferiores.

Distribución de los árboles tipo por clase diamétrica

La realización del estudio contempla la corta de 5 árboles tipo por clase diamétrica, sin embargo, como puede observarse en la Cuadro 1 se encontraron muy pocos árboles arriba de 35 cm de DAP, por lo que el resto de árboles tipo se distribuyó en las clases diamétricas inferiores.

Coefficientes e índices obtenidos para ecuaciones de volumen

Los coeficientes obtenidos para cada una de las ecuaciones de predicción del volumen, así como también los índices que permitieron hacer una comparación de los modelos y determinar que ecuación presentó un mayor ajuste, se presentan en el Cuadro 26:

Cuadro 26. Distribución de árboles tipos por clase diamétrica.

Clase diamétrica	Número de árboles
10-14	17
15-19	20
20-24	20
25-29	20
30-34	19
35-39	3
40-45	6
TOTAL	105

Las ecuaciones ensayadas presentan una deferencia mínima en los valores obtenidos del índice de desviación estándar, cuyo valor más bajo es el que define la ecuación que mejor se ajusta, Ferreira, O. (1990). En este caso, tanto la ecuación logarítmica como la ecuación australiana, presentan una desviación estándar y un coeficiente de determinación muy similares. Al observar los otros dos índices, se puede notar que la diferencia agregada favorece a la ecuación australiana y la desviación media favorece a la ecuación logarítmica. En este se tomó la decisión de elegir la ecuación logarítmica por que tiene una mejor dispersión de los residuales, principalmente en las clases diamétricas inferiores a los 15 cm de DAP y por ser menos compleja su aplicación.

Determinación del factor de forma

A partir del DAP sin corteza y aplicando la fórmula del cilindro, se obtuvo el volumen aparente del árbol. Luego se relacionó con el volumen real obtenido mediante la cubicación de los 105 árboles tumbados y se obtuvo el factor de forma. Al obtener el valor promedio de los factores de forma de cada clase diamétrica se tiene como resultados un valor medio de 0.66. En el Cuadro 27 se presenta el factor de forma obtenido por cada clase diamétrica.

Cuadro 27. Coeficientes e índices de comparación de los modelos matemáticos para la estimación del volumen comercial.

MODELO	CONSTANTE	D.A. (%)	D.M. (%)	D.E. (M ³)	R ²
Ecuación Variables combinadas $V=a+Bd^2 H$	a= -0.00336 b= 0.00003686	0.05	10.6	0.0405	0.96
Ecuación de Schumache $V= a * D^b * H^C$	a= 0.02882823 b= 2.24237 c= 0.74475	0.81	9.4	0.0323	0.98
Ecuación Australiana $V= a + bD^2+Ch+dD^2 H$	a= -0.03046 b=0.00017592 c=-0.000087 d=0.00002363	0.64	28.9	0.0323	0.98
Ecuación Variables Combinadas Ponderada $V/D^2H = a/ D^2 H+b$	a= - 0.00413 b= 0.00003657	1.2	10.7	0.0406	0.94

D.A = Diferencia agregada

D.M.= Desviación media

D.E.= Desviación estándar

R²= Coeficiente de determinación

Cuadro 28. Factores de forma por clase diamétrica.

CLASE DIAMÉTRICA	NÚMERO DE ÁRBOLES	VOLUMEN REAL (m ³)	VOLUMEN APARENTE (m ³)	FACTOR DE FORMA
10 - 14	17	0.68751	1.02136	0.67
15-19	20	1.86082	2.87669	0.65
20-24	20	3.30760	4.88521	0.68
25-29	20	5.54326	8.44790	0.66
30-34	19	7.25820	10.84431	0.67
35-39	3	1.84971	2.89676	0.64
40-44	6	4.95499	7.75195	0.64
TOTAL	105	23.45909	38.72418	Prom.= 0.66

Constantes e índices de ecuaciones de biomasa

En los Cuadros 28 y 29 se presentan las constantes obtenidas por regresión de las ecuaciones ensayadas; así como también los índices de exactitud que permitieron definir la ecuación que mejor se ajustó en la predicción de la biomasa.

Cuadro 29. Constantes e índices de exactitud obtenidos de las ecuaciones ensayadas.

<u>MODELO</u>	<u>CONSTANTE</u>	<u>D.A.</u> (%)	<u>D.M.</u> (%)	<u>D.E.</u> (kg)	<u>R²</u>
Ecuación					
Variables Combinadas	a = - 22.78				
P = a + b D ² H	b = 0.027883	0.0015	23.28	63.401	0.959
Ecuación Logarítmica	a = - 3.1426				
Log P = a + b Long D	b = 2.69273	0.84	9.22	39.448	0.986

Como se puede observar en el anterior cuadro la ecuación logarítmica es la que presenta una menor desviación estándar, una menor desviación media y un coeficiente de determinación más alto, por lo que en conjunto se seleccionó como la ecuación de mejor ajuste, a pesar de que la ecuación de variables combinadas presenta un menor diferente agregado.

Contenido de humedad

En el Cuadro 30 se presentan los contenidos de humedad y el peso seco de cada uno de los componentes del árbol, el cual fue obtenido luego de pesar y secar las muestras al horno. Los resultados demuestran que el mayor contenido de humedad se encuentra en las hojas y que el mayor contenido de material seca se presenta en el fuste.

Cuadro 30. Peso húmedo, peso seco y contenido de humedad promedio para las diferentes clases de biomasa extraída de 56 muestras.

Componente del árbol	<u>Peso</u> Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Peso Seco (%)	Contenido de Humedad (%)
Fuste	822.138	516.092	62.8	37.2
Ramas gruesas	269.320	159.256	59.1	40.9
Ramas delgadas	62.536	36.688	58.7	41.3
Hojas**	1233.204	481.942	39.1	60.9

* En relación al peso húmedo

** Las hojas fueron secadas a temperatura ambiente durante 7 días. No se secaron al horno por alta probabilidad de que se incineraran.

Distribución de cada componente en el árbol

El mayor contenido de biomasa de la especie se encuentra en su fuste, representando un 48.5% del total del árbol, incluyendo sus hojas y 50.4 % sin incluirlas, esto significa que el Clon IAN-710 de *Hevea brasiliensis* es **una especie de tronco corto y con abundantes ramas, si se compara con especies de coníferas que reportan de un 80 a 85% de biomasa en su fuste y otras que reportan entre 75 a 80 % de biomasa en este mismo componente del árbol (Russo, 1983). En el Cuadro 30 se presentan los resultados obtenidos de cada uno de los componentes de los 17 árboles muestreados.**

Biomasa expresada en peso seco

En los Cuadros 31 y 32 se presenta la biomasa del peso seco por clase diamétrica obtenida de los 17 árboles tumbados y pesados. En la última columna del cuadro se incluye el valor promedio de biomasa por clase diametral.

Cuadro 31. Distribución de biomasa (peso seco) por cada componente de los 17 árboles muestreados del Clon IAN-720 de *Hevea brasiliensis*.

Biomasa	Fuste	Ramas gruesas	Ramas delgadas	Hojas	Total
Peso, en Kg.	2,743.45	1,841.81	854.03	15.72	5,655.01
Porcentaje	48.5	32.6	15.1	3.8	100

Cuadro 32. Biomasa de peso por componente del árbol por clase diamétrica.

CLASE DAP	No. ARB.	FUSTE (kg)	R. G. (kg)	R. D. (kg)	HOJAS (kg)	TOTAL (kg)	PROM. (kg)
10-14	3	80.60	6.43	36.51	10.95	134.49	44.83
15-19	3	192.17	65.55	80.30	18.26	356.28	118.76
20-24	4	374.35	318.45	139.77	39.73	772.30	193.07
25-29	2	367.12	308.74	134.78	28.19	838.83	419.42
30-34	3	750.37	501.46	162.07	43.91	1457.81	485.94
35-39	1	412.77	266.35	127.38	39.80	846.30	846.29
40-44	1	566.07	474.83	173.22	34.88	1249.00	1294.00
total	17	2743.45	1841.81	854.03	215.72	5655.01	332.65

Asumiendo que una plantación forestal comercial de 5 años de edad tiene una densidad promedio de 555 árboles por hectárea de 10-14 cm de diámetro distribuidas dentro de estas clases diamétricas, tendríamos una biomasa expresada en peso seco en kilogramos de 24880.65 (24.88065 toneladas) por hectárea, lo cual representa una buena cantidad de carbono acumulado en la madera de estas plantaciones (Cuadro 33).

Prueba de Chi cuadrado para determinar exactitud del relascopio de Bitterlich

Los resultados obtenidos por la pruebas de Chi cuadrado determinaron que el relascopio es un aparato de mucha precisión, pues el resultado obtenido no alcanza el 1% de error.

Cuadro 33. Volumen obtenido con el relascopio por clase diamétrica.

<u>CLASE</u> DIAMÉTRICA	<u>NÚMERO DE</u> <u>ÁRBOLES</u>	<u>VOLUMEN</u> <u>REAL (m³)</u>	<u>VOLÚMEN</u> Relas, <u>(m³)</u>	<u>(VR/VE-1) ²</u>
10-14	11	0.46144	0.46495	0.0000569900
15-19	7	0.58009	0.57634	0.00004233600
20-24	11	1.71274	1.71170	0.00000036916
25-29	9	2.66939	2.66025	0.00001180400
30-34	12	4.65658	4.65779	0.00000006749
35-39	1	0.66816	0.64380	0.00143170000
40-44	4	3.26025	3.24164	0.00003295800
total	55	14.00865	13.95647	0.00157622400

Prueba de Chi cuadrada:

$$E (\%) = \frac{(1.983)^2 * (0.001576224)}{128.804} * 100$$

$$E (\%) = 0.69$$

El valor de Z obtuvo de la tabla t de Student para 105 grados de libertad y para una significación de 5%, tomando en cuenta que para muestras mayores de 30 unidades el valor de t se aproxima al valor de Z.

El valor de Chi cuadrado se obtuvo de la tabla de Chi cuadrado para 104 grados de libertad y una significación de 5%, que es el nivel más utilizado en la investigación forestal.

Predicción de secuestro de carbono

Los métodos para cuantificar el secuestro de carbono buscan medir el C con relación a los árboles. Los métodos dependen de la aplicación de lo que se llama “relaciones alométricas” que es el cálculo de la biomasa a partir del diámetro del árbol a la altura del pecho (1.30 m) o por encima de las raíces en el caso de árboles con raíces superficiales. Para lo cual se tomó el método de Woomer y Palm (1999) para obtener el modelo de predicción de secuestro de carbono para el clon IAN-710 de *Hevea brasiliensis* donde se obtuvieron los resultados siguientes:

$$P = 0.04317 * D^{2.69273}$$

Donde DPA es el diámetro a 1.3 m de altura en cm y P es biomasa en peso seco kg/árbol

Se conoce que el 50% aproximado de la biomasa del árbol es carbono, por lo cual a través de esta ecuación se puede obtener la cantidad de carbono según su DPA. Por lo que el cálculo del secuestro de carbono sería el siguiente:

Secuestro de carbono:

$$P/2 = 0.04317 * D^{2.69273}$$

CONCLUSIONES

De acuerdo a la comparación de los 4 modelos matemáticos para predecir el volumen comercial del clon IAN-710 de *Hevea brasiliensis* Muell Arg. El modelo de la ecuación logarítmica y la ecuación australiana presentaron los mejores ajustes para la predicción del volumen. Sin embargo, se eligió el modelo logarítmico por la mejor distribución de valores residuales y por ser más fácil de aplicar que la ecuación australiana. La ecuación elegida expresada en su forma exponencial es: $V = 0.02882823 * D^{2.24237} H^{0.74475}$

Las ecuaciones fueron ajustadas con la altura del fuste, por lo que esta ecuación funciona para obtener volúmenes comerciales y no totales.

Con base a la relación de volumen real y volumen aparente realizada a partir del diámetro sin corteza, se determinó que el factor de forma para esta especie es de 0.66.

La ecuación que mejor ajuste tuvo para la estimulación de la biomasa fue la ecuación logarítmica con un error estándar de 39.448 y un coeficiente de determinación de 0.99 en comparación con la ecuación de variables combinadas, cuyo error estándar fue de 63.401 y un coeficiente de determinación de 0.96. esta ecuación permite predecir la biomasa de peso seco de fuste, ramas gruesas y delgadas. La ecuación seleccionada expresada en su forma exponencial es: $P = 0.04317 * D^{2.69273}$

La biomasa promedio por árbol expresada en kilogramo de peso seco fue de 332.65 kg; el 485% de esta biomasa se encontró en el fuste, 47.7% en las ramas gruesas y delgadas y el 3.8% en el follaje.

El porcentaje del peso seco encontrado en cada uno de los componentes del árbol fue de 62.8% para el fuste, 59.1 para ramas gruesas y 58.7% para ramas delgadas. Estos datos permiten inferir que las plantaciones de esta especie almacenan una buena cantidad de carbono en su madera.

La prueba de Chi cuadrado demostró que el Relascopio de Bitterlich un aparato que posee buena precisión para la medición de diámetros a diferentes alturas en árboles en pie, en este tipo de bosques.

RECOMENDACIONES

Existen muy pocos estudios sobre el árbol del hule y en general sobre los clones de esta especie en México, por lo tanto es importante continuar realizando estudios sobre esta especie, que permitan conocer sus características intrínsecas y extrínsecas.

Las formulas de predicción de producción de látex, volumen y de biomasa fueron elaboradas para la región del Papaloapan del Estado de Oaxaca, particularmente para los Municipios huleros del Estado de Oaxaca, cualquier uso que se le dé fuera de esta región podría representar sesgos en la información obtenida.

El Relascopio de Bitterlich es un instrumento de comprobada precisión, por lo que se recomienda para la medición de diámetros a diferentes alturas de árboles en pie que permitan la obtención de factores de forma o tablas de volumen, siempre y cuando el tipo de bosques lo permita.

MODELOS DE ÍNDICE DE SITIO PARA *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. DEL CLON IAN-710 EN EL NORTE DE CHIAPAS

El crecimiento de un árbol o de una masa forestal está representado por su respectivo desarrollo, es decir, por el aumento en sus dimensiones: altura, diámetro, área basal y volumen. Este crecimiento, considerado en un período de tiempo determinado se denomina incremento, el cual representa un aumento en la cantidad de tejido acumulado de floema y xilema en forma de corteza y madera respectivamente (Klepac, 1983).

En general, los modelos de crecimiento y rendimiento son modelos simbólicos que representan procesos de la realidad. En manejo forestal, se elaboran con la finalidad de estimar la producción futura, determinar el turno óptimo, realizar análisis financieros, estimar el crecimiento bajo condiciones donde no existen datos, comparar alternativas de manejo para analizar las mejores opciones de uso de la tierra, simular prácticas silviculturales y sintetizar hipótesis, conocimientos y datos experimentales a una expresión entendible del comportamiento de los bosques (Dykstra, 1984).

Para modelar el crecimiento de árboles y masas forestales, en la actualidad se consideran dos métodos de construcción: los modelos de proceso y los empíricos. Los primeros simulan los procesos biológicos mediante las cuales se elabora la biomasa del organismo, y los segundos, basados en la experiencia. El crecimiento es considerado como la respuesta de un sistema complejo, sobre el que actúa un gran número de variables, pero en pocas de ellas, frecuentemente sólo la edad se considera para el modelaje (Ramírez y Zepeda, 1994).

Los modelos de crecimiento y de rendimiento constituyen una herramienta de gran valor para la planificación de las actividades de manejo forestal. El concepto básico del bosque o de una plantación forestal comercial, como fuentes continuas de productos forestales descansa en la capacidad que se tiene para

crecer. Los bosques o plantaciones usualmente son manejados para obtener un rendimiento sostenido de productos. Un rendimiento sostenido requiere un nivel de producción constante para una intensidad de manejo particular, lo cual implica que el crecimiento del bosque o plantación debe ser estimado y balanceado con la cosecha. De esta manera el rendimiento sostenido se refiere al rendimiento potencial del bosque o plantaciones (Ramírez y Zepeda, 1994).

Cualquier planeación de la producción forestal debe involucrar la predicción del rendimiento futuro. Las empresas forestales deben saber cuales son los rendimientos futuros esperados en sus áreas forestales, con el fin de planear la producción de la planta y examinar las posibilidades de expansión (Meyer *et al.*, 1961).

En general, estos modelos se elaboran para efectuar estimaciones confiables del crecimiento y del rendimiento futuro; para generar la información necesaria que permita mantener las cosechas dentro de la capacidad sustentable de los rodales; para comparar alternativas de manejo que permitan analizar las mejores opciones de uso de la tierra; para determinar la edad óptima de cosecha, la programación de las cortas intermedias, la estimación de la producción anual, periódica o total durante el período de rotación y las clases de productos a obtener; para realizar análisis financieros, para explorar opciones de manejo y alternativas silviculturales; para examinar los impactos del manejo forestal y de la cosecha sobre otros valores del bosque; y, para determinar un régimen de manejo que maximice el volumen maderable o el valor de la producción (Vanclay, 1995).

Generalidades sobre modelos de crecimiento

El crecimiento de un árbol o de una masa forestal está representado por su respectivo desarrollo, es decir, por el aumento en sus dimensiones: altura, diámetro, área basal y volumen (Klepac, 1983).

Este crecimiento, considerado en un período de tiempo determinado se denomina incremento, el cual representa un aumento en la cantidad de tejido acumulado de floema y xilema en forma de corteza y madera respectivamente (Klepac, 1983).

En general, los modelos de crecimiento y rendimiento son modelos simbólicos que representan procesos de la realidad. En manejo forestal, se elaboran con la

finalidad de estimar la producción futura, determinar el turno óptimo, realizar análisis financieros, estimar el crecimiento bajo condiciones donde no existen datos, comparar alternativas de manejo para analizar las mejores opciones de uso de la tierra, simular prácticas silviculturales y sintetizar hipótesis, conocimientos y datos experimentales a una expresión entendible del comportamiento de los bosques (Dykstra, 1984).

De acuerdo con Zeide (1993), el crecimiento resulta de la interacción de dos fuerzas opositoras: un componente positivo manifestado por la expansión de un organismo que tiende hacia la multiplicación exponencial, este componente está asociado con el metabolismo constructivo o anabolismo. Un componente opositor que representa las restricciones impuestas por factores externos como la competencia por recursos, respiración, estrés, es decir el catabolismo.

En el ámbito forestal, el crecimiento es considerado como una función que depende directamente de los factores del sitio que se encuentran interactuando en el rodal, formulado en términos de tasa de crecimiento e integrado en el tiempo. La forma general de dicha función en un tiempo dado es:

$$\text{Crecimiento} = f(\text{especie, edad, densidad, calidad de sitio})$$

Alder (1980), considera que el crecimiento es un proceso biológico que involucra dos procesos: uno que impulsa al organismo a aumentar de tamaño mediante la acumulación de la energía bioquímica y, el otro, que frena el crecimiento mediante el gasto de energía para realizar sus funciones fisiológicas. Estos dos procesos son conocidos como los procesos anabólicos y catabólicos respectivamente. Estos procesos se expresan con la relación siguiente:

$$\text{Crecimiento} = b_0 (\text{superficie}) - b^1 (\text{volumen})$$

Si se conoce la función para determinar la superficie de un organismo (conocer la magnitud de los procesos anabólicos) y la del volumen o biomasa (conocer la magnitud de los procesos catabólicos), es posible obtener la ecuación específica del crecimiento (incremento corriente anual). Bertalanffy en 1957 fue el primero en desarrollar esta ecuación, la cual, generalmente, se presenta en la forma siguiente (Ramírez y Zepeda, 1994):

$$ICA = aW^m - b W$$

Donde:

ICA: Incremento corriente anual

W: Volumen

m: 2/3 y

a, b: Parámetros a ser estimados.

Desde el punto de vista biológico, el crecimiento de los árboles es resultado de un proceso biológico muy complejo que intercala con la herencia, los factores ambientales y con las prácticas de cultivo, resultando un desarrollo en tamaño de los árboles, como producto de la división y expansión celular.

Aunque varios autores piensan que un proceso tan complejo como el crecimiento, difícilmente puede ser expresado por una ecuación matemática que refleje el fenómeno biológico del árbol; pero visto desde el punto de vista de manejo silvícola, los resultados son de extremo valor (Amo y Nieto, 1983).

VARIABLES GASOMÉTRICAS COMO LA ALTURA, EL DIÁMETRO NORMAL O EL VOLUMEN, COMO UNA FUNCIÓN DE LA EDAD DEL ÁRBOL, ES UNA RELACIÓN QUE SIGUE UN PATRÓN QUE PUEDE SER REPRESENTADA POR UNA CURVA LOGÍSTICA, QUE A SU VEZ ES DESCRITA POR UNA ECUACIÓN. Esta curva tiene un crecimiento inicial lento, seguido de una fase de crecimiento acelerada; otra etapa en que ese crecimiento se desacelera gradualmente, hasta que el organismo deja de crecer, permanece de un mismo tamaño durante algún tiempo y finalmente muere. A la primera derivada de la curva de crecimiento se le conoce como incremento corriente y, a la razón entre la ordenada y la abscisa de la curva de crecimiento incremento se le llama incremento medio. La culminación del incremento corriente coincide con el punto de inflexión de la curva de crecimiento, mientras que la culminación del incremento medio ocurre siempre después y corresponde al punto donde la tangente del ángulo máximo trazado desde el origen de los ejes coordenados toca a la curva de crecimiento; el incremento corriente es igual al incremento medio cuando este último culmina (Davis y Johnson, 1987; Ramírez y Zepeda, 1994).

La predicción del rendimiento, es una aplicación importante de los modelos de crecimiento, pero el rendimiento también puede ser estimado por técnicas de

simulación. Los modelos de crecimiento facilitan la estimación del rendimiento en rodales homogéneos en varios regímenes de manejo, pero la estimación del estado del bosque, también debe involucrar el espacio y distribución temporal de los rendimientos, por lo que, la estimación del rendimiento puede apoyarse en las técnicas de programación matemática para encontrar la ruta óptima, que maximice el rendimiento sustentable y flujo declinante de la corta (Vanclay, 1995).

El crecimiento y rendimiento de un bosque, puede ser modelado a tres niveles básicos (Zepeda, 1990):

- 1) con modelos de totalidad del rodal
- 2) con modelos de distribuciones por clases de tamaño y
- 3) con modelos para árboles individuales

Los modelos de totalidad del rodal, se caracterizan porque la solución de las ecuaciones que comprende el sistema, proporcionan la estimación del volumen por unidad de área y la predicción puede ser para estimar el rendimiento actual, el cual no considera la densidad de la proyección futura o rendimiento futuro. Los modelos por clases de tamaños aportan más detalles por simular varias clases dentro del rodal por ejemplo: proyección de tablas a nivel rodal. La aproximación es una premisa en los modelos para el rodal (una clase simple para todos los árboles) y un modelo de árboles individuales (una clase para cada árbol). La mínima entrada requerida para modelos de árboles individuales es una cantidad de árboles dentro del mismo rodal (Vanclay, 1995).

Para el manejo del bosque, se requiere además de ecuaciones de crecimiento simples como el volumen, modelos para predecir tamaños; por ejemplo, la altura y el volumen pueden ser expresados como funciones alométricas del diámetro, y su distribución en tamaños, puede ser estimada con la distribución Weibull (Vanclay, 1995).

Un modelo de crecimiento se considera efectivo si está expresado en función de variables predictoras fáciles de medir, con un coeficiente de determinación relativamente alto, por arriba de 0.8. Mientras menor número de variables predictoras estén implicadas en un modelo, más apropiado es para ser usado; con muchas variables predictoras, el modelo se vuelve muy sensible a las relaciones entre ellas, especialmente, si algunas de esas variables están altamente correlacionadas (Alder, 1980).

Los métodos estáticos de predicción de rendimiento, son aquellos en los cuales el rendimiento se predice directamente como una función de la edad, clase de sitio e historia de la densidad del rodal. Los métodos se consideran estáticos porque las funciones resultantes del rendimiento no permiten variación alguna en la historia de los tratamientos del rodal, excepto dentro de amplias clases de tratamientos de aclareos implícitos en los datos. Los componentes del rendimiento de mayor interés para el administrador forestal son: el volumen y el diámetro promedio. Para conocer el volumen de los rodales, es necesario conocer su número de árboles, la altura y el diámetro promedio (Alder, 1980).

En cuanto al modelaje del crecimiento de especies forestales, (Zepeda, 1990), efectuó una revisión muy completa de las técnicas aplicadas al modelaje, principalmente para árboles de clima templado; siendo escasa su aplicación en la predicción de crecimiento en árboles tropicales.

De acuerdo con Clutter *et al.* (1983), el modelo de Schumacher es muy utilizado para generar curvas anamórficas de índice de sitio. Este modelo inicialmente se desarrolló para relacionar el volumen con la edad, y parte del supuesto que el crecimiento relativo varíe inversamente con el cuadrado de la edad, que para la altura queda expresado de la forma siguiente:

$$H = b_0 * e^{(-b_1 * E - 1)}$$

Donde:

H : Altura de los árboles dominantes y codominantes (m)

E : Edad (años)

e : Base de logaritmos naturales

b_0 : Parámetro del valor asintótico y

b_1 : Parámetro de la tasa de cambio.

Una curva de crecimiento es una representación gráfica de tamaños acumulados, ésta representa la suma de todos los incrementos anuales acumulados sobre el período de observación. Así, el crecimiento puede ser considerado como la suma de los incrementos anuales, y el incremento, como la tasa de cambio de ese crecimiento. Debido a lo anterior, la función del incremento corriente anual puede ser obtenida tomando la primera derivada de la función del crecimiento con respecto a la edad. De igual forma, la función del crecimiento

puede generarse mediante integración matemática de la función del incremento corriente (Zeide, 1993).

Una curva de crecimiento típica toma generalmente una forma sigmoide. Empieza en el origen o en un punto fijo, sube lentamente al principio y luego con mayor velocidad. Posteriormente hay un cambio del gradiente (punto de inflexión) de la curva, disminuyendo el incremento, para después moverse asintóticamente hacia adelante a algún valor final, determinado por la naturaleza genética del organismo y de sus limitaciones ambientales (Klepac, 1983).

La curva del incremento corriente inicia en el valor de cero, aumenta lentamente al principio y después rápidamente. Después de un máximo, el incremento disminuye, para posteriormente acercarse asintóticamente a cero. La culminación del incremento en esta curva coincide con el punto de inflexión de la curva de crecimiento (Klepac, 1983).

El rendimiento, por otra parte, se refiere a la cantidad total de madera susceptible de ser cosechada (o realmente cosechada) en un tiempo y en un sitio dado. A diferencia de la producción, que representa toda la madera inventariable producida en un sitio (sea bruta o neta), el rendimiento es la cantidad total efectiva de producto útil, por eso, el rendimiento de un rodal, puede ser menor o igual que su producción (Zeide, 1993).

La información para generar estos modelos generalmente se obtiene a través de parcelas permanentes ubicadas en los rodales, evaluados desde su establecimiento hasta su cosecha; pero en la práctica tradicional, la información puede ser obtenida a partir de parcelas temporales ubicadas en los rodales de modo tal que se cubra un rango amplio de edades y calidades de sitio (Zeide, 1993).

Las mejores variables independientes para predecir el crecimiento, ya sea en volumen, altura, diámetro o área basal, deben ser seleccionadas mediante un análisis estadístico objetivo, a través del cual se determine que estas variables estén relacionadas individualmente y en forma conjunta con la variable dependiente de interés (Vanclay, 1995).

El manejo actual de las plantaciones forestales comerciales ha obligado a los especialistas en el tema a generar modelos matemáticos para estimar de índice (Vanclay, 1995).

Las ecuaciones de índice de sitio son herramientas útiles que permiten predecir con bastante exactitud los volúmenes de las especies forestales en función de un número más o menos reducido de parámetros obtenidos de árboles en pie. Sin embargo, la disponibilidad de las mismas para especies latifoliadas es muy reducida (Alder, 1980).

En México se han desarrollado este tipo de ecuaciones (Rodríguez y Flores, 1989). Sin embargo, no se disponen de ecuaciones de biomasa para el árbol del hule (*H. brasiliensis*), a pesar de su importancia industrial en México, con un consumo medio anual de látex natural de 70 mil Mg año⁻¹.

La producción de látex se ha estimado en alrededor de 7,000 Mg año⁻¹, por lo que se tiene una importación anual promedio de 63 mil Mg año⁻¹, que representa el 90 % de las necesidades del país (CMH, 2000). Por lo que el objetivo de este estudio fue determinar el índice de sitio para *Hevea brasiliensis* Müll Arg. del clon IAN-710 en el norte de Chiapas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio comprende la zona hulera ubicada en la zona norte de Chiapas en el municipio de Palenque. Se localizaron plantaciones de hule del clon IAN-710 de 1 a 42 años de edad, siendo en la práctica, en muchos casos, muy difícil diferenciar si las plantaciones fueron procedentes de planta en bolsa o tocón; representando la muestra una mezcla de todo tipo de producción de planta en vivero.

Se instalaron 36 sitios de muestreo temporales de forma circular. En cada parcela se señalaron y se apearon dos árboles dominantes que no diferían ± 5 % del diámetro dominante y altura dominante de la parcela, siguiendo para ello la metodología propuesta por Madrigal en 1992.

Cada árbol de la muestra se troceó y se extrajeron rodajas de madera cada metro de longitud del fuste. El análisis de tronco de estos árboles dominantes permite

reconstruir las curvas de altura de cada árbol y su distancia a la base del árbol.

De acuerdo con los datos de parcelas disponibles, aquí se consideró razonable considerar como edad de referencia 42 años. Asignando un índice de calidad de estación a cada árbol se cuenta con un conjunto de datos en el que se conocen tres variables: altura dominante (H_0), edad (t) e índice de sitio (IS). Se utilizaron modelos denominados con restricciones en los que se fuerza a que la altura dominante coincida con el índice de calidad de estación a la edad de referencia. Los modelos empleados son los que aparecen en el Cuadro 34.

Cuadro 34.- Modelos utilizados en el ajuste de las curvas de calidad de estación.

Chapman-Richards polimórfica (Payandeh y Wang, 1994)	$H_0 = b_0 \cdot IS^{b_1} \cdot (1 - \exp(-b_2 \cdot t))^K$ [1]
	$K = \frac{\text{Ln} \left(\frac{IS^{1-b_1}}{b_0} \right)}{\text{Ln} (1 - \exp(-50 \cdot b_2))}$
Weibull polimórfica (Payandeh y Wang, 1994)	$H_0 = K \cdot (1 - \exp(-b_2 \cdot t^{b_3} \cdot IS^{b_4}))$ [2]
	$K = IS / (1 - \exp(-b_2 \cdot 50^{b_3} \cdot IS^{b_4}))$
Chapman-Richards anamórfica (Biging y Wensel, 1985)	$H_0 = K \cdot IS^h (1 - \exp(b_2 \cdot t))^{b_3}$ [3]
	$K = IS / IS^h (1 - \exp(b_2 \cdot 50))^{b_3}$
Chapman-Richards polimórfica (Burhart y Tennent, 1977)	$H_0 = K \cdot (1 - \exp(-b_2 \cdot IS \cdot t))^{b_3}$ [4]
	$K = IS / (1 - \exp(-b_2 \cdot IS \cdot 50))^{b_3}$
Weibull anamórfica (Bailey, 1980)	$H_0 = K \cdot IS^{b_1} (1 - \exp(-b_2 \cdot t^{b_3}))$ [5]
	$K = IS / IS^{b_1} (1 - \exp(-b_2 \cdot 50^{b_3}))$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros obtenidos se presentan en el Cuadro 40. La regresión no lineal se efectuó sobre 1034 pares de datos altura-diámetro, a los que previamente les fue asignado el correspondiente índice de sitio mediante interpolación lineal sobre la serie temporal de cada árbol.

La comparación de las estimaciones de los modelos se ha basado en estadísticos obtenidos a partir de los residuos y que son usados con frecuencia en la literatura. Estos estadísticos son el Cuadrado medio del error (CME), la desviación estándar de los residuos (S), la media de los valores absolutos de los residuos (E) y el sesgo (G). Como los modelos se han ajustado al mismo conjunto de datos y la variable dependiente es común a todos ellos, también se usó el coeficiente de determinación R^2 para compararlos (Cuadro 35).

Cuadro 35. Valores de los parámetros estimados mediante el análisis de regresión.

Modelo	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4
1	2.0210	0.9661	0.0195	-	-
2	-	-	0.00659	0.5273	0.3249
2	-	0.9661	0.0195	1.3043	-
4	-	-	0.00144	1.3563	-
5	-	0.9672	0.00707	1.2217	-

Los datos del cuadro 36 muestran un buen ajuste de todos los modelos empleados. Se ha representado la función de Weibull modificada por Payandeh y Wang (1994) como modelo con mejor coeficiente de determinación; sin embargo, al representar las curvas para distintos índices de sitio se observa un mal comportamiento de la asíntota para las calidades superiores, por lo que se ha decidido utilizar el modelo que presenta menor valor de CME, modelo 1, basado en la función de Chapman y Richards y modificada por Payandeh y Wang (1994). Por lo tanto, la expresión definitiva de la curva es la siguiente:

$$H_0 = 2,0210 \cdot IS^{0,9661} \cdot (1 - \exp(-0,0195 \cdot t))^K$$

Cuadro 36. Comparación entre funciones mediante estadísticos basados en residuos y el R².

Modelo	CME	E	S	G	R ²
1	0.7780	-0.0617	0.8785	0.6323	0.9700
2	0.8083	-0.0169	0.8729	0.6463	0.9723
3	0.7887	-0.0814	0.8866	0.6306	0.9700
4	0.8109	-0.0970	0.8944	0.6366	0.9668
5	0.7846	-0.0147	0.8844	0.6279	0.9702

CONCLUSIONES

Es posible estimar curvas de índice de sitio para *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. del clon IAN-710 a partir de ecuaciones de regresión. El ámbito de aplicación de las curvas es en el norte de Chiapas en el Municipio de Palenque y el rango de aplicación de las curvas está entre los 1 y 42 años.

Cualquier uso que se le dé fuera de esta región podría representar sesgos en la estimación de la producción. Existen muy pocos estudios sobre el árbol del hule en México y en general sobre los clones de esta especie en México. Por lo Tanto, es importante realizar más estudios sobre esta especie, que permitan conocer las características de productividad de madera.

PREDICCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LÁTEX EN PLANTACIONES COMERCIALES DE HULE (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.) EN EL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO

Introducción

El árbol del hule (*H. brasiliensis*), originario de Brasil, es una de las 11 especies del género *Hevea* (familia Euphorbiaceae) que actualmente se utiliza en plantaciones a gran escala. Existen cerca de 10 millones de ha en el mundo para satisfacer la demanda mundial de la industria del látex que actualmente es de 5'852,000 Mg año⁻¹. El 92 % de las plantaciones comerciales se concentra en el sudeste asiático (International Rubber Study Group [IRSG], 2000). Indonesia, Tailandia y Malasia poseen el 36 %, 20 % y 17 %, respectivamente, de la superficie mundial plantada con la especie (IRSG, 2001). En América Latina los principales productores son Brasil con 180,000 ha y Guatemala con 37, 500 ha (CMH, 2000). De la producción mundial de hule natural Indonesia, Tailandia y Malasia contribuyen con el 30.5 %, 18.6 % y 24.9 %, respectivamente (IRSG, 2000). El mayor consumo mundial de látex ocurre en los países de Europa, con 19 %, y en Estados Unidos de Norte América, con el 18.4 % (IRSG, 2000).

México cuenta con más de 25,500 ha de plantaciones; 14,000 ha en desarrollo y sólo un poco más de 11,500 están en producción. Se ha estimado una producción anual de alrededor de 7,000 Mg; sin embargo, el consumo medio anual de hule natural en México es de 70 mil Mg, por lo que la importación es de 63 mil Mg año⁻¹, lo que representa el 90 % de las necesidades del país (CMH, 2002). Por otro lado, en el país se cuenta con un potencial de más de 400,000 ha para realizar plantaciones en los estados de Veracruz, Oaxaca, Chiapas y Tabasco (CMH, 2001). De las aproximadamente 25,500 ha de plantaciones; el 54 % se localiza en el Estado de Veracruz (Tezonapa, Las Choapas, Uxpanapa y Acayucan); el 32 % en Oaxaca (región del Papaloapan, con predominio de la zona de Tuxtepec); el 8 % en Chiapas (regiones Selva, Palenque y Tapachula) y el 6 % en Tabasco (Macuspana y Huimanguillo) (CMH, 2002). El rendimiento promedio en México es de 1,880 k (de hule fresco)/ha x año que corresponde a 940 k(de hule seco)/ha x año (Picón, 1999). En el mundo la producción media es de 1,500 k(de hule seco)/ha x año (Planting Recommendations Committee, 1998).

Tradicionalmente el árbol del hule ha sido utilizado en plantaciones desde hace más de cien años para la producción de látex en México y en el mundo (Martínez, 1986). Sin embargo, el apoyo a las plantaciones de hule se redujo considerablemente en las décadas de 1980 y 1990 debido a la producción de hule sintético a base de petróleo (Grist *et al.*, 1995). En los últimos años ha resurgido el interés por las plantaciones de *H. brasiliensis* por el uso del látex natural por sus características físico-químicas que no se pueden obtener de otras sustancias para la manufactura de preservativos y guantes quirúrgicos, así como en neumáticos de mayor seguridad en los vehículos y aviones (Frederico *et al.*, 1995). A pesar de la importancia industrial del árbol del hule, en México no existe suficiente información sobre el potencial productivo de la especie. Un aspecto esencial en la planeación del manejo de las plantaciones es determinar los factores que influyen sobre la producción de látex en una plantación (Priyani, 1996; Grist *et al.*, 1995).

En la actualidad, los modelos matemáticos son una herramienta analítica muy usada para la generación de conocimiento en el estudio del crecimiento y producción de masas forestales sujetas a un régimen de cultivo (Vanclay, 1995; Castedo *et al.*, 2001). La diversidad de modelos en cuanto a estructura, componentes, construcción y propósitos de utilización es debido a que el crecimiento y producción son procesos complejos y dinámicos (Zeide, 1993; Vanclay, 1995). La cualidad de abarcar procesos dinámicos que implican un cambio continuo en el tiempo, ha sido uno de los puntos más relevantes para la adopción generalizada de los modelos matemáticos como herramienta de investigación biológica (Siavanen *et al.*, 1988; Álvarez *et al.*, 1999).

En especies forestales es común utilizar los modelos de rendimiento forestal basados en relaciones funcionales entre la magnitud del crecimiento y los factores o variables que explican este rendimiento, para estimar y predecir la productividad de las especies (Pienaar y Harrison, 1988; Newnham, 1992; Bailey, 1994; Tewari y Dadow, 1999; Valdez y Lynch, 2000). También es común estimar la producción de biomasa o de cualquier otro producto de interés (resinas, látex, etc.) en función de características dendrométricas fáciles de medir directamente en campo, tales como el diámetro a la altura del pecho, el área basal, etc. (Wykoff, 1990; Muhairwe *et al.*, 1993; Návar *et al.*, 1997). Estos modelos se refieren a un sistema de ecuaciones que predicen el rendimiento de un rodal o plantaciones bajo una amplia variedad de condiciones (Benavides y Manzanilla, 1993; Zamudio y Rivero, 1997; Arteaga, 2000). En sentido amplio, el término

incluye curvas y tablas de rendimiento, que son análogas a las ecuaciones, pero que han sido formuladas en una forma gráfica o tabular (Zeide, 1993; Davel y Trincado, 2000). Sin embargo, la mayoría de las ecuaciones se han desarrollado fundamentalmente para especies de coníferas que tienen una arquitectura de copa mucho más simples que las especies leñosas de angiospermas (Ramírez, 1981; Fuente *et al.*, 1998; Castedo y Álvarez, 2000; Maldonado y Návar, 2000). De los pocos trabajos en México sobre angiospermas para predicción del rendimiento son los realizados en caoba (García, 1998). A pesar de la importancia económica-industrial de *H. brasiliensis* no existen estudios relacionados al desarrollo de ecuaciones de predicción para estimar la productividad de esta especie (Grist *et al.*, 1995).

El objetivo del presente estudio fue determinar el grado de asociación de las variables gasométricas con la producción de látex en plantaciones de diferentes edades de *H. brasiliensis*, y generar la función matemática para predecir la producción de látex por árbol.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción general del área de estudio

El estudio se realizó en la región del Papaloapan, en el Estado de Oaxaca, donde existen cerca de 7,500 ha de plantaciones comerciales de hule. La mayoría de estas plantaciones tienen entre 1 y 42 años de edad (Farías, 2001). Las plantaciones se encuentran distribuidas geográficamente en una franja que se extiende entre las coordenadas 17° 20' a 18° 36' L. N. y 95° 42' a 96° 41' L. O. Dentro de esta zona, las plantaciones de hule se encuentran ocupando los sitios de mayor calidad, en elevaciones entre 20 y 880 msnm y un área de un poco más de 350,000 ha de superficie ejidal y más de 700,000 ha de terreno comunal, con usos pecuario, agrícola y forestal (Gaona, 2000).

Variables evaluadas

Los datos empleados en este trabajo provienen de una muestra de 1562 árboles seleccionados de 82 sitios de muestreo temporales en 41 plantaciones del clon IAN-710 de *H. brasiliensis*, con edades comprendidas entre 7 y 42 años. Se trató de cubrir la variabilidad de edades, de modo que en la muestra final estuviesen adecuadamente representadas todas las edades de plantación. Los criterios para

incluir dichas plantaciones en la muestra fueron: (a) que no existieran evidencias de daños por plagas, enfermedades o deterioro por acciones mecánicas; (b) tener un espaciamiento de 6 x 3 m; y (c) tener una edad entre 7 y 42 años. En cada plantación seleccionada se establecieron 2 sitios temporales de forma circular (500 m² cada uno), identificándose con un número secuenciado cada uno de los árboles incluidos en ellos. A cada uno de los árboles muestra se les registró la edad (e) con base en los registros existentes de la plantación, asegurándose que todos correspondieran al clon en estudio. Además, en los meses de junio a julio de 2000 se midieron las siguientes variables gasométricas: (1) altura total (h) y altura de fuste limpio (altf) en metros, utilizando un clinómetro Haga; la altura del fuste limpio se definió con base en el punto del tronco donde se encontró la primera bifurcación; (2) diámetro normal con corteza (d) en centímetros, medido con cinta diamétrica a una altura de 1.30 m del suelo; (3) grosor de corteza (gc) en centímetros, medido a 1.30 m de altura del nivel del suelo con un medidor de corteza marca Suunto; (4) proyección de copa en dirección norte-sur (pcns) y este-oeste (pceo) en metros, medida con cinta métrica como la proyección vertical de la copa sobre el terreno; y (5) la producción de látex (p) en k (peso fresco) árbol/x año. Para determinar la producción de látex se aplicó un sistema de pica de media espiral descendente (1/2 S) en la corteza cada 3 días (d/3) durante 10 meses al año (10m/12), de junio 2000 a marzo 2001. Durante este periodo de estudio en los días preestablecidos se efectuó la pica al amanecer (6:00 a 9:00 hrs.) con una profundidad de pica de entre 1.2 y 1.5 mm, asegurándose que el tablero de pica estuviera limpio para evitar desbordamiento de látex. Entre 5 y 6 horas después de iniciada la pica se cosechó el látex de los árboles, siguiendo el orden de pica de los mismos. El látex de cada árbol se llevó al centro de acopio en donde se registró el peso fresco correspondiente en gramos.

Análisis estadístico

En el análisis preliminar de la información, los datos de campo fueron codificados, ordenados, almacenados, corregidos, complementados, sintetizados y elaborados hasta el punto de tener valores de las variables que alimentaron los modelos en formato de Excel para Windows para su empleo inmediato. Después del registro se efectuaron estimaciones del grado de asociación entre variables independientes (e, d, h, altf, gc, pcns y pceo) usando las técnicas de correlación con el procedimiento PROC CORR de SAS (SAS, 1992), con el objetivo de evadir la colinealidad y eliminar las variables altamente correlacionadas.

Después, para determinar la naturaleza de la respuesta de la producción de látex con respecto a las variables independientes, se realizó un análisis gráfico de la relación entre estas variables, con el fin de determinar la forma en que la variable de interés aparecería en el modelo, es decir, si ésta debería incluirse en forma lineal, cuadrática, exponencial, etc. Después del análisis gráfico que configuró una función cuadrática, se determinó utilizar varios modelos de los tipos, (a) variable combinada generalizada de forma cuadrática (Clutter *et al.*, 1983); (b) logarítmica generalizada (Clutter *et al.*, 1983) y (c) la gamma incompleta de forma exponencial (Herrera y Barreras, 2000):

- a) Variable combinada generalizada..... $Y = b_0 + b_1X_1^2 + b_2X_2 + b_3X_3^2 X_4 + \dots + b_nX_n^2 X_n + x_i$
- b) Logarítmica generalizada..... $Y = b_0 + X_1^{b1} X_2^{b2} \dots X_n^{bn} + x_i$
- c) Gamma incompleta..... $Y = b_0 X_1^{b1} e^{-b2x1} + x_i$

Donde: Y = variable dependiente; b_0, b_1, \dots, b_n = coeficientes de regresión; $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ = variables independientes, e = base de logaritmo natural y x_i = elementos aleatorios de error no correlacionados, con media 0 y varianza constante s^2 .

Para la generación del modelo definitivo con las variables que influyeran en la producción de látex, se procedió a efectuar un análisis de regresión, mediante el procedimiento PROC STEPWISE (Max R) del paquete estadístico SAS (SAS, 1992). Los datos con los que se alimentó el modelo fueron: d, e h, altf, gc, pcns y pceo como variables independientes y p como variable dependiente.

Una vez seleccionados los modelos con las variables que contribuyeron a explicar la variabilidad de la producción de látex, se realizó el ajuste de las ecuaciones de regresión que mejor predijera el comportamiento de ésta. Para el análisis de regresión se utilizó el procedimiento PROC REG de SAS (SAS, 1992). Se utilizaron las opciones VIF y COLLIN (factores de inflación de varianza y diagnóstico de colinealidad) para detectar posibles problemas de multicolinealidad. El criterio para la selección del mejor modelo se basó en el menor cuadrado medio del error (CME), mayor coeficiente de determinación (R^2), menor desviación estándar, significancia de modelo (F), prueba de normalidad, análisis gráfico de residuales y un mínimo de variables independientes (Draper y Smith, 1981; Clutter *et al.*, 1983; Ferreira, 1990). Para evaluar la normalidad de los residuales y la homogeneidad de varianzas, se utilizó la prueba de normalidad

del procedimiento PROC UNIVARATE de SAS (SAS, 1992) y el análisis de residuales (Martínez y Castillo, 1987; Rebolledo, 1996). Una vez elegido el mejor modelo para la predicción de producción de látex, en base a los criterios indicados, se procedió a generar la curva de producción de látex.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis previo de la correlación entre variables independientes permitió detectar una alta correlación ($r=0.99$) y dependencia entre la edad y el diámetro normal. Debido a la singularidad entre estas dos variables independientes se optó por trabajar con el diámetro normal, ya que dicha variable además de obtenerse directamente, también es más fácil y rápida de medir en campo y permite aplicar el concepto de alometría (Brown *et al.*, 1989; Ketterings *et al.*, 2001). Las demás variables independientes (h, altf, gc, pcns y pceo) no presentaron evidencias de colinealidad con el diámetro normal, por lo que fueron consideradas en el procedimiento de regresión por pasos.

Esta técnica permitió seleccionar al diámetro normal y a la altura total como las variables adecuadas para el caso.

Se compararon diferentes funciones de predicción de producción de látex, para elegir la de mejor ajuste a los datos de campo. En el Cuadro 37 se presenta un resumen de las mejores funciones, derivado del análisis de varianza y regresión. Se observa que todas fueron significativas, con valores de coeficiente de determinación relativamente elevados, cuadrado medio del error pequeño y desviación estándar aceptable, indicando así un ajuste adecuado de los modelos. Sin embargo, los modelos que utilizaron al diámetro y la altura en forma lineal, cuadrática o logarítmica, que tuvieran los valores de ajuste ($R^2 < 0.75$), los valores de error (CME > 0.09) y de desviación estándar ($SD^3 > 0.30$), por lo que no fueron considerados.

A pesar de que los seis modelos restantes fueron significativos y todos presentaron buenos ajustes ($R^2 > 0.80$), se eligió el modelo $\text{Log}(P) = \log b_0 + b_1 \log d - b_2 d$ (gamma incompleta). Este modelo dio uno de los mejores ajustes de todas las funciones para predecir la producción de látex ($R^2 = 0.875$), con el menor CME (0.015) y desviación estándar (0.12) y utiliza una sola variable predictora, el diámetro normal, que es fácil de medir directamente en el campo. La producción de látex está asociada al número de mantos laticíferos y a la densidad de los

vasos en el interior del manto (Narayanan *et al.*, 1990). Aunque el grosor de corteza influye en cierto grado, es el diámetro normal del tronco del árbol el que determina el número de mantos laticíferos, por lo que no es extraño que sea una variable útil para predecir la producción del látex en *H. brasiliensis* (Narayanan *et al.*, 1990). Además el diámetro del tronco es una medida indirecta de la actividad del cambio en los árboles, por lo que representa al mismo tiempo un índice de la actividad fisiológica del individuo. Por estas razones, el diámetro normal generalmente es muy utilizado con el principio de alometría para predecir el rendimiento o crecimiento de otros órganos en los árboles (Álvarez *et al.*, 1999; Tewari y Dadow, 1999). El modelo que tuvo el mayor ajuste ($R^2 = 0.926$) tiene el gran inconveniente de que requiere la medición de la altura además del diámetro normal y tuvo un CME y una desviación estándar lógicamente mayor que el modelo de la gamma incompleta.

Cuadro 37. Indicadores de ajuste para los modelos de predicción de la producción de látex del clon IAN-710 de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg.

Modelo	R ² %	CM Error	Desviación estándar	Pr > F
<i>Variable combinada generalizada</i>				
$P = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \xi_1$	50.86	0.167	0.40	0.0001
$P = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \xi_1$	72.53	0.093	0.30	0.0001
$P = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3 h^2 + \xi_1$	83.79	0.055	0.23	0.0001
$P = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 h + \beta_3 h^2 + \beta_4 dh^2 + \xi_1$	91.85	0.029	0.17	0.0001
$P = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 dh + \beta_3 d^2 + \beta_4 h + \xi_1$	92.56	0.025	0.15	0.0001
$P = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3 d^2 h + \xi_1$	84.34	0.053	0.23	0.0001
$P = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 h + \beta_3 d^2 h + \xi_1$	86.46	0.046	0.21	0.0001
<i>Logarítmica generalizada</i>				
$\text{Log}(P) = \beta_0 + \beta_1 \text{log}d + \beta_2 \text{log}h + \xi_1$	76.86	0.092	0.16	0.0001
<i>Gamma incompleta</i>				
$\text{Log}(P) = \log \beta_0 + \beta_1 \text{log}d - \beta_2 d + \xi_1$	87.55	0.015	0.12	0.0001

P = producción de látex (k árbol x año); b_0, b_1, b_2, b_3 y b_4 = coeficientes de regresión; d = diámetro normal en cm; h = altura total en m; log = logaritmo natural; y x_1 = elementos aleatorios de error no correlacionados, con media 0 y varianza constante s^2 .

En el Cuadro 38 se presentan los resultados básicos del análisis de regresión correspondientes a la ecuación $\text{Log}(P) = \log b_0 + b_1 \log d - b_2 d$. Esta ecuación permite estimar satisfactoriamente la producción anual de látex por árbol, lo que se confirma al observar los errores estándar de los estimadores de los parámetros (variación mínima) y la prueba de “t” que muestran evidencia significativa del efecto de la variable involucrada sobre la producción de látex. La prueba de normalidad “W” ($\text{Pr}^3 0.0001$) (Cuadro 43) sugiere una distribución normal de las desviaciones (errores) del modelo. De igual forma, los factores de inflación de varianzas (FIV) y los eigenvectores (EG) muestran un comportamiento satisfactorio, ya que valores FIV mayores de 4 y valores EG cercanos a cero indicarían problemas de colinealidad, lo que sugeriría existencia de dependencia lineal entre variables (Draper y Smith, 1981). En este caso los valores de FIV y EG están cumpliendo con los requisitos mínimos.

Cuadro 39. Resumen del análisis de varianza correspondiente a la ecuación que predice la producción anual de látex con base en el diámetro normal del árbol para el clon IAN-710 de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg.

CM Modelo	CM Error	Desviación estándar	Valor de F	Valor de W	R ²	C.V
84.41	0.015	0.12	562.73	0.8862	0.8755	9.43
Variable	Estimación Parámetro	Error estándar	Prob> T	FIV	Eigenvectores	
β_0	5.9420	0.10218116	58.152	0.0000	2.83603	
β_1	3.0591	0.04336070	70.153	1.19906	0.13078	
β_2	- 0.1204	0.00145291	82.891	2.42167	0.22958	

En la Figura 39 se muestra la tendencia de los residuales donde se observa un comportamiento adecuado de los mismos (Draper y Smith, 1981).

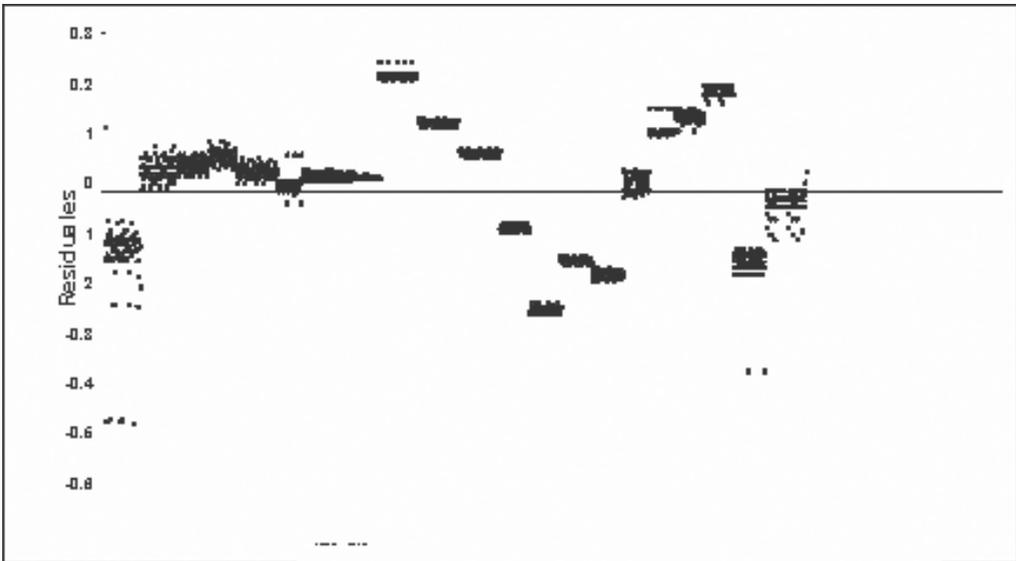


Figura 39. Diagrama de dispersión de residuales de la ecuación $\text{Log}(P) = \log b_0 + b_1 \log d - b_2 d$.

En general se puede observar que los puntos se distribuyen aleatoriamente a ambos lados del eje X con valor de cero, sin ninguna tendencia o sesgo de la ecuación. La gráfica demuestra que existe una variabilidad que oscila entre 0.25 y -0.48 en $k/\text{árbol} \times \text{año}$. Por lo tanto, el análisis de los residuales no muestra tendencias anómalas que permitan sospechar la presencia de problemas de heteroscedasticidad (heterogeneidad de varianzas).

Como resultado de lo anterior se deduce que el modelo de la función gamma incompleta permite realizar estimaciones de la producción de látex en función del diámetro normal del árbol. La función gamma incompleta ha sido utilizada también para explicar la tasa de incremento de la producción de leche en los semovientes desde el parto, hasta su pico máximo y su declinación gradual hasta que la hembra se seca (Herrera y Barreras, 2000). Este fenómeno es similar a la producción de látex ya que los árboles de hule por sus características fisiológicas y de vigor tienden a un pico máximo de producción en su madurez y posteriormente presentan una declinación gradual hasta su declive comercial (Devakumar *et al.*, 1988).

Como una herramienta de apoyo a la evaluación de plantaciones de hule se elaboró la curva de producción de látex por árbol (Figura 40) con respecto al diámetro normal del mismo, con la ecuación $P = b_0 d^{b_1} e^{-b_2 d}$. Los datos de la curva inician con una categoría diamétrica de 14 cm que es cuando se inicia la pica comercial en el árbol del hule. Como podemos observar, la producción de látex inicia con 1.561 k/árbol x año, incrementando hasta alcanzar un pico máximo de 2.446 k/árbol x año en árboles de 25 cm de diámetro normal. Con base en los datos de crecimiento en diámetro de las plantaciones muestreadas, la máxima producción se obtendría a los 18 años de edad. A partir de este valor inicia su declinación gradual hasta 1.065 k/árbol x año en árboles con diámetro de 49 cm. Sin embargo, debe considerarse que la producción de látex, como cualquier otra expresión del crecimiento de los árboles está determinada por la naturaleza genética de los árboles y las condiciones ambientales del sitio donde se desarrollan (Daniel *et al.*, 1982; Klepac, 1983). Por lo tanto, la curva de producción de látex podría variar ligeramente en otros clones de hule u otros sitios de plantación. Por ejemplo, Labarre y Serier (1995) encontraron que el clon GT1 en Malasia, con manejo intensivo (fertilización, podas y uso de estimulantes en la pica) tiene una producción inicial de 1.05 k (de hule fresco)/árbol x año a los 7 años, una producción máxima de 4.02 k/árbol x año a los 18 años de edad y una declinación gradual hasta 0.8 k/árbol x año a los 39 años de edad. En esas condiciones, el clon GT1 duplica la producción de látex del clon IAN-710 en Oaxaca, México, con una madurez fisiológica similar en ambos clones. Es importante mencionar que en México las prácticas de manejo después de establecida la plantación de hule se limitan generalmente al control de malezas y a la poda de los árboles.

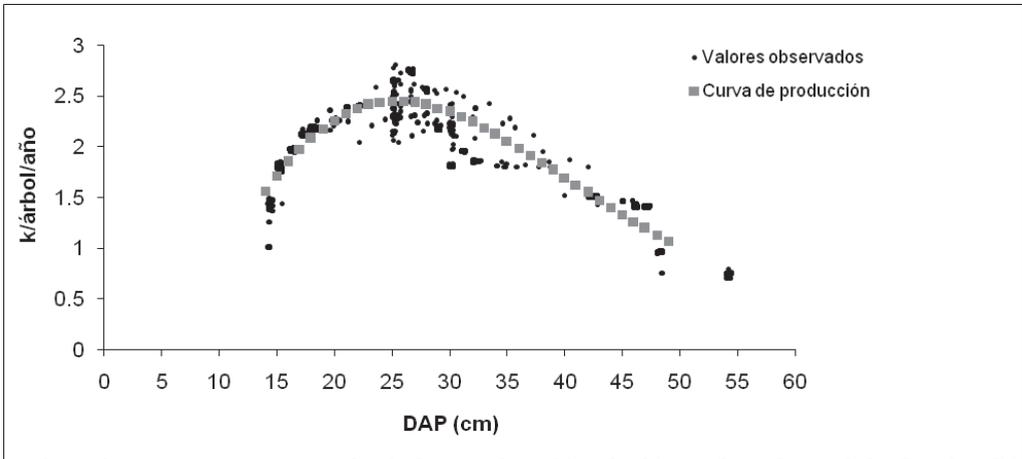
Figura 40. Relación entre la producción de látex y el diámetro normal del árbol del hule (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.).

De acuerdo a la curva de producción (Figura 40) que concuerda con los estudios realizados por Labarre y Serier (1995), que distinguen tres períodos en el ciclo de producción del clon GTI: un periodo juvenil de 7 a 12 años (14 a 18 de diámetro normal); un período de madurez entre 13 y 20 años (20 a 27 cm de diámetro normal); y un período de vejez después de los 25 años de edad (32 cm de diámetro normal). Durante el tercer período disminuye la producción de la enzima polimerasa que sintetiza el látex por el metabolismo en los vasos laticíferos, debido al aprovechamiento continuo del árbol y a los desequilibrios nutritivos u hormonales (Annamalainathan *et al.*, 1998).

En este período con el fin de aprovechar al máximo el potencial productivo del árbol se recomienda una pica intensiva (descendente e inversa) y finalmente pica a muerte (Narayanan *et al.*, 1990). Debido a que un gran número de árboles muere en esta etapa, la producción de látex por unidad de superficie de terreno disminuye considerablemente, hasta que ya no es rentable mantener la plantación con ese propósito. Debido a lo anterior, la vida útil de la plantación se alcanza alrededor de los 30 años, cuando los árboles tienen un diámetro normal entre 37-40 cm. En ese momento se puede aprovechar la madera de los árboles, ya que ésta no sufre deterioro con el exudado de látex, como sucede con la resina en los pinos, cuando ésta fluye a través de los vasos resiníferos que se localizan en el xilema. En el árbol del hule los vasos laticíferos se encuentran en el floema y sólo reciben nutrientes, almidón y azúcares del cambium, pero no modifican la estructura del xilema (Compagnon, 1998).

CONCLUSIONES

Es posible estimar razonablemente la producción de látex de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. del clon IAN-710 a partir de ecuaciones de regresión. Las variables gasométricas diámetro normal y altura total, son variables que influyen en la producción de látex en el árbol del hule del Clon IAN-710. En cambio la altura de fuste limpio, el grosor de corteza y la proyección de las copas del árbol del hule no fueron útiles para predecir la producción de látex. La ecuación que



mejor ajuste tuvo para predecir la producción de látex fue el modelo $P = b_0 d^{b_1} e^{-b_2 d}$ (función gamma incompleta) con una desviación estándar de 0.1239 y un coeficiente de determinación (R^2) de 0.8755.

El diámetro normal fue la variable que mejor predice la producción de biomasa debido a que está asociada al número de mantos laticíferos y a la densidad de los vasos en el interior del manto, y es el diámetro normal del tronco del árbol el que determina el número de mantos laticíferos, por lo que no es extraño que sea una variable útil para predecir la producción del látex en *H. brasiliensis*. Además el diámetro del tronco es una medida indirecta de la actividad del cambium en los árboles, por lo que representa al mismo tiempo un índice de la actividad fisiológica del individuo.

La ecuación de predicción de producción de biomasa fue elaborada para la región del Papaloapan del Estado de Oaxaca, con datos de las plantaciones establecidas en los Municipios productores de hule del Estado de Oaxaca. Cualquier uso que se le dé fuera de esta región podría representar sesgos en la estimación de la producción. Existen muy pocos estudios sobre el árbol del hule y en general sobre los clones de esta especie en México. Por lo tanto, es importante realizar más estudios sobre esta especie, que permitan conocer las características de productividad, calidad de látex y madera.

MODELOS DE CRECIMIENTO PARA *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. del clon IAN-710 EN BUERGOS, TABASCO

Es necesario el conocimiento de la dinámica de crecimiento de las plantaciones forestales, la productividad del sitio, así como la respuesta de la especie de interés a los factores del medio ambiente, con esto se pueden hacer planes de manejo forestal. *Hevea brasiliensis* es una especie de importancia para el sureste de México. Por lo que el objetivo de este estudio fue construir modelos de crecimiento en DAP, altura y volumen cúbico en pie de el análisis de tallo de 50 árboles de la región de Buergos en el Estado de Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODOS

De las parcelas de muestreo temporal (desde donde se extrajeron los árboles) se obtuvo información del tipo de formación, densidad, espaciamiento, vegetación acompañante, descripción de suelo, y otras características del entorno.

La información entregada proveniente de los 50 árboles se procesó de manera de obtener el DAP (diámetro a 1,3 m) y la altura del fuste (tronco) para cada edad. La altura de extracción de rodela fue desde el nivel de tocón, entre 0,15 y 0,2 m y luego cada 1 metro hasta que el fuste se bifurcara en copa. No se utilizó un diámetro mínimo de utilización. El volumen cúbico en pie se obtuvo mediante el método de Smalian, hasta la última rodela en altura.

Una vez completada la información necesaria se procedió al procesamiento, análisis de datos y obtención de resultados. Para los ajustes se utilizaron modelos lineales y no lineales probados con anterioridad en otras especies.

Los seis modelos de crecimiento utilizados para determinar índices de sitio son no lineales, pero pueden ser transformados en modelos lineales (Draper y Smith, 1981).

Después de seleccionar los modelos se realizó la comparación de modelos de crecimiento, se graficaron los valores de la altura dominante (Y) con la edad del los árboles (t), a través de un diagrama de dispersión obtenidos del análisis troncal individual de cada árbol a diferentes alturas. En este diagrama se revisaron los puntos alejados o puntos aberrantes (Vanclay, 1994), definidos

como observaciones desviadas considerablemente del curso general e indican puntos que no son comunes del resto de los datos, estos puntos antes de ser eliminados se revisaron cuidadosamente, se eliminaron sólo si éstos fueron causa de errores, para que no influyeran en la estimación de mínimos cuadrados y que guiaran a predicciones sesgadas.

Después se estimaron los parámetros de cada modelo por el procedimiento de cuadrados mínimos, para regresiones no lineales (Draper y Smith, 1981), con el fin de minimizar la suma de cuadrados residual (Ratkowsky, 1983; Clutter *et al.*, 1983).

Para desarrollar este procedimiento se utilizaron técnicas interactivas como las que utiliza el paquete estadístico SAS. En este paquete se utilizó el procedimiento de regresión no lineal (Non Linear regression o NLIN) y el método utilizado fue el procedimiento DUD, que es similar al de Gauss-Newton, excepto que las derivadas son estimadas de la historia de interacciones más que siendo suplidas analíticamente (SAS Institute, 1999).

RESULTADOS

A continuación se detallan los modelos seleccionados para cada variable:

Función de DAP

$$Dap\ s/corteza\ (cm) = a * Densidad\ (m)^b + c * edad\ (años)^d$$

Donde: a = 3.101; b = -0.753; c = 1.737; d = 0.738

Función de altura:

$$Altura\ media\ (m) = a + b * Dap\ s/corteza\ (cm)^c * edad\ (años)^d$$

Donde: a = -2.3105; b = 4.1634; c = 0.4615; d = 0.0159

Funciones de volumen VI

$$Volumen\ ssc\ (m^3) = a * Edad\ (años) + b * Dap\ sc\ (cm)^2 * H\ (m)^7$$

Donde: a=0.00026; b = 0 . 2 0 3 4 0

CONCLUSIONES

Los modelos de crecimiento obtenidos representativos de las situaciones analizadas. A juzgar por los estadísticos calculados estos son de buena calidad. El volumen estimado a través de los modelos ajustados entrega el volumen cúbico en pie, menos el tocón de 0,2 m de altura, y hasta la altura en que el fuste se pierde en la copa, o se bifurca. Luego no permite calcular volumen de productos.

BIOMASA AÉREA EN PLANTACIONES COMERCIALES DE HULE (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.) EN EL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO

Actualmente existe gran preocupación a escala mundial por el aumento acelerado de la concentración de algunos gases conocidos como de efecto invernadero, causantes del cambio climático global (Ludevid, 1998). De éstos, el dióxido de carbono (CO₂) está relacionado con la presencia de la vegetación, debido a la capacidad de ésta de fijar grandes cantidades de carbono atmosférico y al papel que juega al ser la segunda fuente emisora de CO₂, después de la quema de combustibles fósiles (Delcourt y Harris, 1980; Sedjo, 1990). Esto debido a los incendios naturales o antropogénicos, a los procesos de industrialización y a la destrucción de grandes áreas de bosques por el aprovechamiento para combustible y por cambios en el uso de la tierra (Brown *et al.*, 1994; Dale, 1994; Houghton y Hackger, 1994).

Numerosos autores (Ortiz, 1997; Ramírez *et al.*, 1997; Prebble, 1998; Bashkgin y Binkgley, 1998) señalan la importancia de las masas forestales como sumideros de CO₂. Ellos plantean incrementar la biomasa forestal como una estrategia para reducir la concentración de este gas, lo cual permite almacenar el carbono en los tejidos de las plantas y en otros componentes del bosque como los suelos, la hojarasca y la necromasa.

La producción de biomasa aérea y su distribución en los componentes del árbol son dos características importantes de estimar en las especies forestales. Con esa información se pueden clasificar las plantaciones por su capacidad para producir biomasa y definir la cantidad de madera aprovechable por la industria o como fuente de energía para el hombre. También permite evaluar la dinámica de acumulación de combustible que podría generar incendios y estimar la

acumulación y dinámica del carbono en cada uno de los componentes (Hu y Wu, 1994; Hoen y Solberg, 1994; Ramírez *et al.*, 1997).

El manejo actual de las plantaciones forestales comerciales ha obligado a los especialistas en el tema a generar modelos matemáticos para estimar el peso de los diferentes componentes de los árboles, que puedan aplicarse a inventarios de biomasa (Brown *et al.*, 1994; Ayala *et al.*, 2001; Acosta *et al.*, 2002). Las ecuaciones de biomasa son herramientas útiles que permiten predecir con bastante exactitud los volúmenes y peso de las especies forestales en función de un número más o menos reducido de parámetros obtenidos de árboles en pie (Garcidueñas, 1987; López y Keyes, 1987; Castellanos *et al.*, 1996). Sin embargo, la disponibilidad de las mismas para las especies forestales, principalmente en las especies latifoliadas (Dey *et al.*, 1996), es muy reducida.

En México se han desarrollado este tipo de ecuaciones para especies de *Pinus montezumae* Lamb. (Garcidueñas, 1987), *Pinus cembroides* Zucc. (López y KGeyes, 1987), *Pinus patula* Schl. et Cham. (Castellanos *et al.*, 1996), *Agnus glabrata*, *Chltrha hartwegii* Britt, *Rapanea myricoides* Schl., *Quercus peduncularis*, *Liquidambar macropylla* e *Inga* sp. (Acosta *et al.*, 2002). Sin embargo, no se disponen de ecuaciones de biomasa para el árbol del hule (*H. brasiliensis*), a pesar de su importancia industrial en México, con un consumo medio anual de látex natural de 70 mil Mg año⁻¹. La producción se ha estimado en alrededor de 7,000 Mg año⁻¹, por lo que se tiene una importación anual promedio de 63 mil Mg año⁻¹, que representa el 90 % de las necesidades del país (CMH, 2000).

Mediante la captación de recursos internacionales a través de instrumentos económicos como los Mecanismos de Desarrollo Limpio y Conservación Ambiental (Grubb *et al.*, 1999; Rivera, 1999; UNFCCC, 2002), se abre la posibilidad de establecer plantaciones forestales comerciales de hule con fines de captura de carbono (Corbett, 2001). Estas plantaciones pueden ser aprovechadas con fines maderables posteriormente (excepto para leña y carbón vegetal). La combinación de usos podría traer innumerables beneficios ambientales, incluyendo la disminución de la presión sobre los bosques naturales, la protección de fuentes de agua, la infiltración de ésta para el enriquecimiento de mantos acuíferos, el mejoramiento de la calidad paisajística, y la mitigación del cambio climático global (Bolin, 1970; Goudriaan, 1992; Houghton y Hackger, 1994). También

se obtendrían beneficios en la conservación de recursos genéticos forestales y biodiversidad en general (Tans et al., 1990; Morrissey y Justus, 1998); así como beneficios por la generación de empleo y la reactivación económica del campo en las zonas huleras del país que actualmente se encuentran marginadas.

Con base en lo anterior, dado que el componente aéreo de las plantaciones de hule constituye uno de los principales almacenes de biomasa, y por tanto de carbono, el objetivo del presente estudio fue conocer la biomasa total y su distribución en los diferentes componentes en el clon IAN-710 del árbol del hule (*H. brasiliensis*) mediante el uso de ecuaciones, en la región del Papaloapan en Oaxaca, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción general del área de estudio

El estudio se realizó en plantaciones de hule en la región del río Papaloapan, en el norte del Estado de Oaxaca, las cuales presentan en su mayoría edades entre 1 y 42 años de edad (Fariás, 2001). Estas plantaciones se encuentran distribuidas geográficamente en una franja que se extiende entre las coordenadas 17° 20' a 18° 36' L. N. y 95° 42' a 96° 41' L. O. Dentro de esta zona, las plantaciones de hule se encuentran ocupando los mejores sitios, en elevaciones que van desde los 20 a los 880 msnm en un área de 352,601 ha de superficie ejidal y 75,885 ha de terreno comunal, con usos pecuario, agrícola y forestal (Gaona, 2000). De esta superficie sólo un poco más de 7, 500 has están plantadas con el árbol del hule (CMH, 2000; Fariás, 2001).

Datos utilizados

La muestra consistió de 28 árboles del clon IAN-710 de *H. brasiliensis* con diámetros a la altura del pecho (DAP) de 10 a 40 cm. La selección de la muestra se efectuó cuidadosamente a finales del mes de marzo y principios del mes abril, eligiendo aquellos árboles que se encontraran dentro de plantaciones con buenas características de desarrollo. En las muestras no se incluyeron árboles que presentaran síntomas de pudrición en los tallos. Una vez elegidos los árboles de la muestra, con permiso de las autoridades y propietarios de las plantaciones, se procedió a marcar con pintura el tocón y la circunferencia en la corteza a la altura del pecho.

Cuantificación de biomasa

Antes de cortar los árboles muestra se procedió a medir el DAP con cinta diamétrica. Después de cortarlos se midió su altura total con cinta métrica. Posteriormente se midieron y seccionaron trozas de 2 metros de largo hasta el punto de inserción de la copa. En campo se separaron los diferentes componentes del árbol incluyendo fuste, ramas gruesas (>5 cm de diámetro), ramas delgadas (< 5 cm de diámetro) y hojas. Estos componentes se pesaron en fresco con una báscula de 100 y 200 kg (con una precisión de ± 0.5 kg).

Con la finalidad de calcular la relación Peso Seco: Peso Fresco de los diferentes componentes y calcular la biomasa total de cada árbol, se siguió la metodología establecida por KGuusela y Nyyssonen (1981) y Philip (1994). Para ello se obtuvieron dos muestras de cada componente (fuste, ramas gruesas y delgadas, y hojas) por árbol para estimar el contenido de humedad en ellas. Para el fuste se obtuvieron rodajas de 6 cm de grosor aproximadamente, en dos posiciones del tallo principal, a 0.30 m y a 1.30 m. Además, se incluyeron dos ramas gruesas y dos delgadas, así como dos muestras de follaje, de aproximadamente 2 kilos cada una.

Las muestras se pesaron inmediatamente y se colocaron en bolsas de polietileno herméticamente cerradas para prevenir pérdidas de humedad. Posteriormente, las muestras fueron secadas al horno, a una temperatura de 75° C durante el día y 55° C durante la noche, para mayor seguridad del equipo y de las instalaciones del laboratorio. Las muestras se pesaron durante el día a intervalos de 4 horas con la misma balanza con que se determinó el peso húmedo hasta que el peso de las mismas se estabilizó, lo que tomó entre 4 y 6 días. Con el peso seco de las muestras se estimó la relación entre peso seco y húmedo para cada una de ellas, aplicando esta relación para estimar el peso seco total de cada uno de los componentes aéreos. Finalmente, se sumaron los pesos de cada componente para obtener la biomasa total aérea de cada árbol muestra.

Análisis de la información

Los datos de campo y de laboratorio fueron ordenados, sistematizados y capturados en una hoja de cálculo del programa Excel 5. Con base en los datos de peso seco total de los 28 árboles muestreados se generaron ecuaciones utilizando

las técnicas de regresión, con base en el método de mínimos cuadrados con el procedimiento Proc GLM de SAS (1992).

Se compararon los modelos logarítmico o exponencial ($\text{Log } P_i = b_0 + b_1 \log d_i + e_i$) y de variables combinadas ($P_i = b_0 + b_1 d_i^2 h_i + e_i$) ya que éstos son los más utilizados para predecir biomasa en árboles (Brown y Lugo, 1992), donde:

P_i = biomasa total del i -ésimo árbol; b_0 y b_1 coeficientes de regresión del modelo; d_i = diámetro a la altura del pecho del i -ésimo árbol; h_i = altura total del i -ésimo árbol; \log = logaritmo natural; y e_i = elementos aleatorios de error no correlacionados, con media 0 y varianza s^2 .

Para seleccionar el modelo con mejor ajuste de la predicción de biomasa total se consideraron como criterios el valor de F, la desviación estándar, coeficiente de determinación (R^2), la distribución homogénea de residuales y el número de variables independientes incluidas en el modelo (Draper y Smith, 1981; Clutter *et al.*, 1983).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución de la biomasa aérea

El peso seco de los árboles varió en promedio, de 89.74 kg para árboles con diámetro de 10 cm a 807.06 kg para árboles con diámetro normal de 40 cm (Cuadro 39). Rahaman y Sivakumaran (2001) para plantaciones de hule reportan valores de biomasa total de 602.7 kg/árbol de 37 cm DAP; en este trabajo se encontraron valores mayores ya que la biomasa total fue de 644.18 kg en árboles de 35 cm DAP (Cuadro 44). El peso seco del follaje representó el 5.4% del peso seco total, en árboles 10 cm de DAP, hasta llegar a sólo el 1.7% en los árboles de 40 cm DAP. Proporcionalmente, la biomasa del follaje fue mayor en los árboles con diámetros menores y disminuyó en forma progresiva con el aumento del diámetro y tamaño del árbol.

Cuadro 39. Distribución de biomasa por componente de los árboles muestreados del clon IAN-710 de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. para las diferentes clases diamétricas.

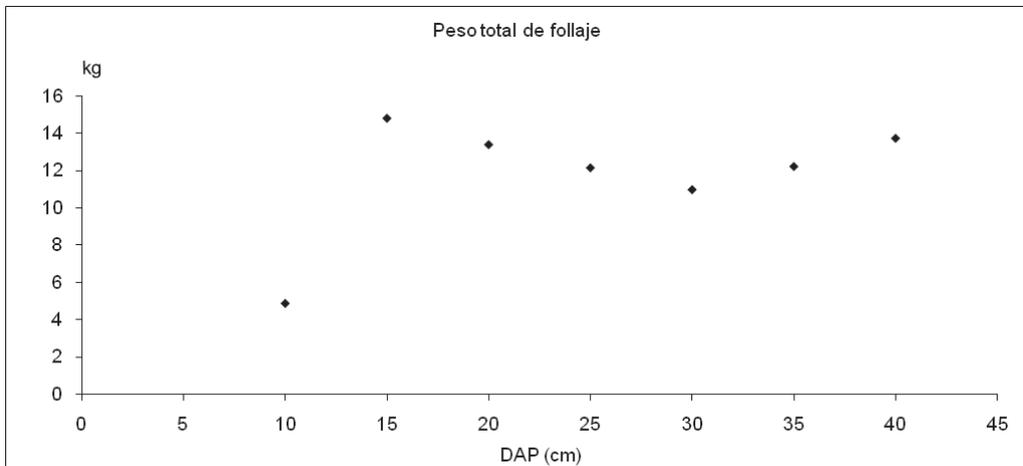
Distribución de biomasa (%)						
DAP (cm)	Fuste	R a m a s gruesas	R a m a s delgadas	Hojas %	kg	Peso total (kg)
10	87.3	5.0	2.3	5.4	4.84	89.74
15	87.4	6.1	2.4	4.1	14.83	361.76
20	87.5	6.6	2.5	3.4	13.41	394.51
25	87.7	6.8	2.7	2.8	12.16	434.58
30	88.0	7.0	2.8	2.2	10.98	499.35
35	88.4	7.9	2.0	1.9	12.23	644.18
40	88.9	8.1	1.3	1.7	13.72	807.06

Respecto al peso seco de las hojas observamos que hasta los 15 cm DAP en los árboles hay un crecimiento lineal positivo, pero a partir de este momento el peso permanece relativamente constante de 13.72 kg y 10.98 kg (Figura 41). La estabilización de peso foliar puede ser debido a dos factores principales: 1) el árbol del hule presenta periodos marcados de defoliación, 2) abatimiento en la foliación como consecuencia de la pica que en el árbol del hule inicia a partir de los 14 cm de DAP (Labarre y Serrier, 1995).

Figura 41. Distribución de biomasa del follaje con respecto al DAP en el clon IAN-710 de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg.

Respecto a la defoliación el árbol del hule pierde sus hojas y las renueva cada año. Este fenómeno es muy marcado principalmente en países tropicales donde se tiene una estación seca (Companon, 1998). En el caso de la región hulera del Papaloapan, la defoliación empieza en el mes de enero y la refoliación inicia a finales de febrero. La defoliación y refoliación pueden encontrarse un poco intercaladas en el tiempo, según el material vegetal y bajo el efecto de condiciones particulares locales. Así se tiene que, en una plantación clonal en la cual todos los árboles son genéticamente idénticos en cuanto a su sistema aéreo, este fenómeno de caída y renuevo de las hojas sucede de manera uniforme (Companon, 1998). Como el escalonamiento respectivo de los dos fenómenos difiere según los clones, algunos se mantienen completamente deshojados durante días, mientras que otros forman hojas nuevas antes de que hayan caído todas las hojas antiguas. En parcelas de pie franco, la renovación del follaje se presenta siempre de manera muy irregular, los árboles no defolian ni al mismo tiempo ni de la misma manera; sin embargo, el conjunto de fenómenos se produce de uno a dos meses en la misma época (Shorrocks, 1961). En general las plantas jóvenes no invernan durante los primeros años, sino después de la ramificación cuando las copas tienden a cerrarse que es cuando el periodo de invernación se hace más notable. Con la entrada en pica de los árboles (14 cm DAP) la homogeneidad de la invernación se acentúa notablemente. En este trabajo la fecha de muestreo fue a finales de marzo y principios de abril por lo que el fenómeno de estabilización de los pesos en biomasa del follaje no puede ser debido al fenómeno de la defoliación.

Según Shorrocks (1961) la explotación del árbol del hule produce efectos muy marcados sobre su follaje los cuales se han podido evaluar en el crecimiento de los árboles en el que la masa foliar de estos árboles, aumenta bastante rápido hasta la entrada de la pica, se estabiliza pocos años después y puede incluso disminuir de manera importante durante los años de explotación. También Haridas *et al.* (1979), evidenciaron que la masa foliar podía reducirse masivamente bajo el efecto de la intensificación de la pica. Esto concuerda con los datos obtenidos sobre el peso de biomasa en hojas (Figura 41) donde observamos valores de 4.8



kg a los 10 cm DAP, seguido de un aumento hasta los 14.84 kg a los 15 cm DAP, posteriormente cuando el árbol sigue siendo sometido a la pica (>15 cm DAP) observamos un descenso y estabilización en los valores de 13.41 kg a los 20 cm DAP y a 13.72 kg a los 40 cm DAP. Rahaman y Sivakgumaran (2001), reportan valores menores a los de este trabajo con 10.5 kg/árbol de masa foliar en árboles de 30 años de edad (aproximadamente con 37 cm DAP).

Por los datos obtenidos en esta investigación podemos inferir que los árboles (de 10 cm a 15 cm DAP) sólo se concretan a producir hojas y madera, por lo que su follaje incrementa linealmente (Figura 41), pero que al iniciar el sangrado (14 cm DAP), el árbol resiente el efecto de la energía perdida al excretar el hule y de ahí en adelante debe atender tanto producción de follaje, más producción de madera, más producción de látex y por lo tanto, siendo éste último el dominador, la producción de hojas disminuye y por ende también el peso en valores absolutos. Esto trae como consecuencia una estabilización de la cantidad de follaje por árbol en valores absolutos y la proporción hojas/peso total al seguir creciendo el árbol. Como ulterior consecuencia se tiene el impacto de que la producción de hule va en descenso a partir de los 25 cm DAP (Rojo *et al.*, 2003).

El porcentaje de ramas gruesas y ramas delgadas en relación con el peso seco del árbol total, se mantuvo relativamente ascendente, entre 5.0 % a 8.1 % (en ramas gruesas) y en cierta forma constante, entre 1.3 y 2.8 % (en ramas delgadas). La mayor parte de la biomasa aérea se concentra en el fuste, conformado de madera y corteza. La proporción de esta biomasa está correlacionada positivamente con

el crecimiento y tamaño del árbol. Los valores oscilan de 87.3 % para árboles de 10 cm DAP a 88.9 % en árboles de 40 cm DAP.

Esto significa que el Clon IAN-710 de *H. brasiliensis* es una especie de tronco largo y con abundantes ramas, si se compara con especies de coníferas que reportan de un 80 a 85 % de biomasa en su fuste y otras latifoliadas que reportan entre 75 a 80 % de biomasa en este mismo componente del árbol (Russo, 1983).

Modelos para la predicción de biomasa aérea

En el Cuadro 40 se presentan los coeficientes de regresión estimados para cada ecuación, así como los índices de exactitud que permitieron definir el modelo. Las dos ecuaciones presentan buenos ajustes sólo que la ecuación logarítmica $\text{Log } P = \beta_0 + \beta_1 \log d$ es la que presentó un mayor coeficiente de determinación ($R^2 = 0.986$), con el menor CME (0.021), desviación estándar (0.16) y utiliza una sola variable predictora, el DAP, que es fácil de medir en campo.

Cuadro 40. Indicadores de ajuste para los modelos de predicción de biomasa del clon IAN-710 de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg.

<u>MODELO</u>	R^2 (%)	Desviación estándar (%)	CME	P>F
$P = \beta_0 + \beta_1 D^2 H$	95.90	0.26	0.023	0.0001
$\text{Log } P = \beta_0 + \beta_1 \log d$	98.60	0.16	0.021	0.0001

Las dos ecuaciones de regresión ensayadas presentaron coeficientes de determinación (R^2) mayores a 0.95. Este tipo de ecuaciones para estimar la biomasa ha proporcionado buenos ajustes en el caso de *H. brasiliensis* pero en clones diferentes al utilizado en este trabajo. Por ejemplo, Chaudhuri *et al.* (1995) obtuvieron valores de $R^2 \geq 0.97$ en muestras de 17 árboles de los clones RRIM 600 y RRIM 118. Sin embargo, en algunos casos hay resultados menos satisfactorios, como es el caso del Clon RRIM 570 donde la ecuación tuvo una $R^2 < 0.70$, al emplear el DAP como variable predictora (Dey *et al.*, 1996).

La ecuación logarítmica ($\text{Log } P = \beta_0 + \beta_1 \log d$) permite estimar satisfactoriamente la producción de biomasa aérea total por árbol, lo que se confirma al observar los errores estándar de los estimadores de los parámetros (variación mínima) y la prueba de “t”. La prueba de normalidad “W” ($\text{Pr}^3 0.0001$) (Cuadro 41) sugiere una distribución normal de las desviaciones (errores) del modelo (Draper y Smith, 1981).

Cuadro 41. Resumen del análisis de varianza correspondiente a la ecuación que predice la producción de biomasa con base en el diámetro normal del árbol para el clon IAN-710 de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg.

CM Modelo	C Error	M	Desviación estándar	Valor de F	Valor de W	R ²	C.V
30.63	0.021	0.16		510.5	0.7342	0.9860	7.11
Variable	Estimación Parámetro		Error estándar	Prob> T			
β_0	- 3.142		0.11531	25.251			
β_1	2.69273		0.02859	62.315			

Los residuales presentan un comportamiento adecuado de los mismos (Figura 42). En general se puede observar que los puntos se distribuyen aleatoriamente a ambos lados del eje X con valor de cero, sin ninguna tendencia y con varianza homogénea.

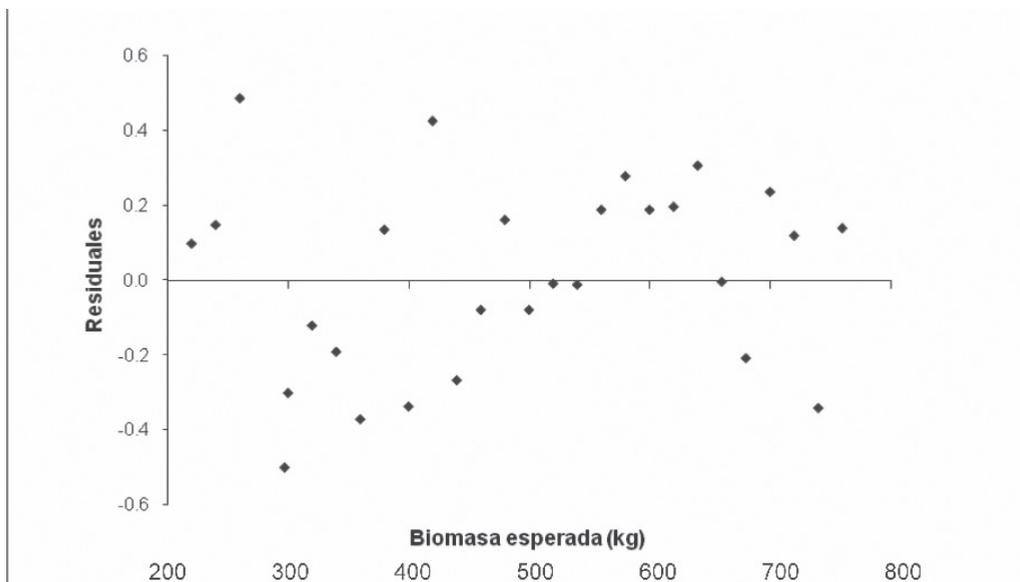


Figura 42. Diagrama de dispersión de residuales (errores) con respecto a los valores esperados de biomasa total con base en el modelo $\text{Log } P = \beta_0 + \beta_1 \log d$, en el clon IAN-710 de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg.

Como una herramienta de apoyo a la evaluación de plantaciones de hule se elaboró la curva de producción para la estimación de la producción de biomasa total con respecto al DAP del mismo (Figura 43), con la ecuación $\text{Log } P = \beta_0 + \beta_1 \log d$. El peso seco total estimado de los árboles varió, en promedio, de 89.74 kg para árboles con 10 cm DAP a 807.06 kg para árboles de 40 cm DAP. Los datos de la producción de biomasa inician con una categoría diamétrica de 10 cm y termina aproximadamente a los 40 cm DAP. Sin embargo, debe considerarse que la producción de biomasa, como cualquier otra expresión del crecimiento de los árboles está determinada por la naturaleza genética de los árboles y las condiciones ambientales del sitio donde se desarrollan (Daniel *et al.*, 1982; KGlepac, 1983). Por lo tanto, la curva de producción de biomasa podría diferir en otros clones de hule u otros sitios de plantación. Por ejemplo, en estudios sobre estimación de biomasa total en la misma especie el árbol del hule, reportan para *Hevea* en promedio valores de 60 kg por árbol con 14 cm de diámetro normal en plantaciones policlonales (Rahaman y Sivakgumaran, 2001). En Malasia, se reportan valores de biomasa de 940.71 kg para árboles de 40 cm de diámetro

normal del clon RRII 118 (Chaudhuri *et al.*, 1995) y valores de 1115.09 kg para árboles de 40 cm de diámetro normal del clon RRIM 600 (Dey *et al.*, 1996). Corbett (2001) reporta biomásas de 1048.6 kg/árbol, en árboles del clon RRIM 600 de 40 cm DAP, en Papua Guinea.

La cantidad de biomasa aérea fue menor en este trabajo que en la mayoría de los estudios mencionados anteriormente. Esto se puede atribuir a las diferencias entre sitios y clones, así como a las condiciones climáticas y características de las plantaciones, entre las que destacan la densidad, tamaño del árbol y la explotación intensiva del Hule (Corbett, 2001; Mo y Liang, 1990). Si se desea extrapolar la función alométrica generada en este estudio para estimar biomasa de plantaciones diferentes en los estados de Tabasco, Chiapas y Veracruz, es necesario considerar el tipo de clon, ya que la variación por genotipo, el ambiente del lugar y su interacción respectiva influirían en los resultados.

La información sobre la estimación de biomasa para estimar la cantidad de carbono en diferentes sistemas forestales es necesaria para los procesos de certificación en la venta de carbono y a los modelos de flujos de C que exigen la mayor exactitud posible en la cuantificación de biomasa en plantaciones forestales de hule. En el caso del hule su crecimiento depende sobre todo del material genético utilizado, el número de árboles por hectárea y la calidad del sitio (Chaudhuri *et al.*, 1995; Dey *et al.*, 1996; Rahaman y Sivakumaran, 2001; Corbett, 2001).

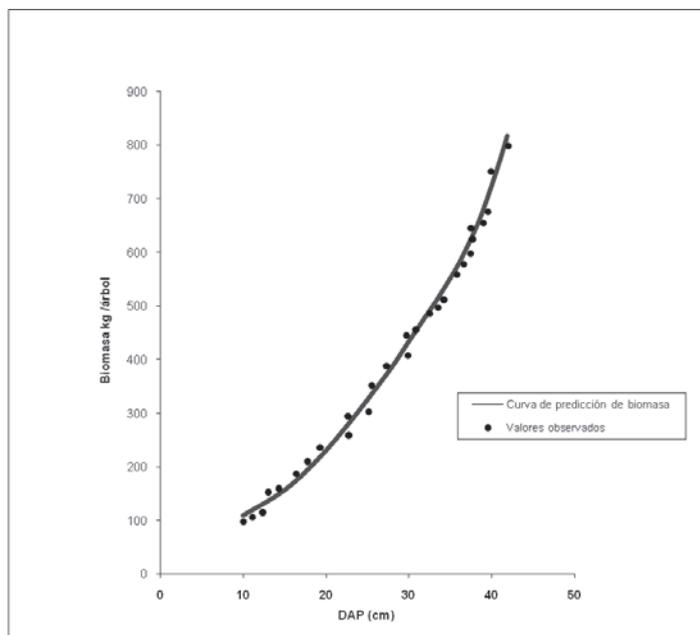


Figura 43. Relación entre la producción de biomasa y el diámetro a la altura del pecho (DAP) del árbol del hule (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.) expresada en peso seco.

Al usar los valores de biomasa total con un factor de conversión de 0.5, la cantidad de carbono estimada para una plantación con un DAP promedio de 30 cm y una densidad promedio de 555 árboles/hectárea sería de 124.69 Mg de carbono por hectárea. Considerando la tasa de crecimiento en DAP de una plantación tomaría alrededor de 23 años para que los árboles alcanzaran estas dimensiones. Esto implica una acumulación promedio de 5.4 Mg de carbono por hectárea por año exclusivamente en la biomasa aérea de los árboles. Aunque las transacciones económicas por secuestro de captura de carbono han sido escasas en México, el pago económico por tonelada fluctúa entre 10 y 40 USD en el mercado internacional (Ortiz, 1997), lo que representa para las regiones de producción de hule —de alta marginación social— una alternativa viable de supervivencia para las familias que actualmente se dedican al cultivo del árbol del hule.

CONCLUSIONES

Las dos ecuaciones utilizadas para la estimación de la biomasa total tuvieron buenos ajustes, pero la ecuación logarítmica presentó un coeficiente de determinación de 0.986, con un CME de 0.21, desviación estándar de 0.16 y una sola variable predictora, DAP, que es fácil de medir en campo. La ecuación logarítmica permite predecir la biomasa total de los árboles del Clon IAN-710 de *H. brasiliensis*. En comparación con la ecuación de variables combinadas, con un mayor CME de 0.023, un coeficiente de determinación de 0.95 y se utilizan dos variables independientes.

La proporción de biomasa del tallo está correlacionada positivamente con el tamaño del árbol; en los árboles grandes se incrementa la proporción de la biomasa total contenida en el fuste, los valores oscilan de 87.3 % para árboles de 10 cm de DAP a 88.9 % en árboles de 40 cm. El peso seco del follaje representó el 5.4 % del peso seco total, en árboles con DAP de 10 cm, hasta descender a sólo el 1.7 % en los árboles de 40 cm DAP. Proporcionalmente, la biomasa del follaje fue mayor en los árboles con diámetros menores y disminuyó en forma progresiva con el aumento del diámetro y tamaño del árbol.

Por los datos obtenidos en esta investigación podemos inferir que los árboles (de 10 cm a 15 cm DAP) sólo se concretan a producir hojas y madera, por lo que su follaje incrementa linealmente, pero que al iniciar el sangrado (14 cm DAP), el árbol resiente el efecto de la energía perdida al excretar el hule y de ahí en adelante debe atender tanto producción de follaje, más producción de madera, más producción de látex y por lo tanto, siendo éste último el dominador, la producción de hojas disminuye y por ende también el peso en valores absolutos. Esto trae como consecuencia una estabilización de la cantidad de follaje por árbol en valores absolutos y la proporción hojas/peso total al seguir creciendo el árbol. Como ulterior consecuencia se tiene el impacto de que la producción de hule va en descenso a partir de los 25 cm DAP.

La ecuación seleccionada expresada en forma exponencial es $\text{Log } P = \beta_0 + \beta_1 \log d$. El porcentaje del peso seco total encontrado en los árboles permite inferir que las plantaciones de esta especie almacenan 124.69 Mg de carbono por hectárea a los 30 cm de DAP. Las fórmulas de acumulación de biomasa fueron elaboradas para la región del Papaloapan del Estado de Oaxaca, particularmente

para los Municipios huleros de este Estado; cualquier uso que se le dé fuera de esta región podría representar sesgos en la información obtenida.

Se recomienda hacer estudios que involucren determinaciones destructivas del peso seco (biomasa) de tronco, ramas y hojas para establecer ecuaciones alométricas desarrolladas específicamente para plantaciones de hule con el material genético madre utilizado.

MODELOS DE CRECIMIENTO PARA *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. DEL CLON PB-5/63 EN BUERGOS, TABASCO

Introducción

El conocimiento de la dinámica del crecimiento de las plantaciones forestales en distintos ambientes es de primordial importancia, ya que esto permite inferir la productividad del sitio, así como la respuesta de la especie de interés a los factores del medio ambiente, con esto se pueden hacer planes de manejo forestal en plantaciones de hule. *Hevea brasiliensis* es una especie de importancia socio-económica para el sureste de México, por lo que el objetivo de este estudio fue construir modelos de crecimiento en DAP, altura y volumen cúbico en pie de el análisis de tallo de 50 árboles de esa especie en la región de Buergos en el Estado de Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio se utilizó la especie productora de hule, *Hevea brasiliensis* Müll. Arg., específicamente el clon PB-5/63 en la región de Buergos, Tabasco; se seleccionaron 16 sitios de muestreo temporal con variación en, altitud, exposición, pendiente y supuestamente en calidad de sitio. Para el análisis troncal se utilizaron 50 árboles extraídos de las parcelas temporales, donde se obtuvo información del tipo de formación, densidad, espaciamiento, vegetación asociativa, descripción de suelo, y otras características del entorno.

A los 50 árboles se les obtuvo el DAP (diámetro a 1.30 m) y la altura del fuste (tronco) para cada edad. La altura de extracción de rodajas fue desde el nivel de

tocón, entre 0.15 y 0.20 m y luego cada 1 metro hasta que el fuste se la copa. El volumen cúbico en pie se obtuvo mediante el método de Smalian.

Toda la información, una vez capturada y codificada se sometió al análisis estadístico respectivo (4), y obtención de resultados.

Para los ajustes se utilizaron modelos lineales y no lineales probados con anterioridad en otras especies (5). Los seis modelos de crecimiento utilizados para determinar índices de sitio son no lineales, pero pueden ser transformados en modelos lineales (2).

Posterior a la selección de modelos se realizó la comparación de modelos de crecimiento, se graficaron los valores de la altura dominante (Y) con la edad del los árboles (t), a través de un diagrama de dispersión obtenidos del análisis troncal individual de cada árbol a diferentes alturas. En este diagrama se revisaron los puntos alejados o puntos aberrantes (5), definidos como observaciones desviadas considerablemente del curso general, eliminándose sólo si éstos fueron causa de errores, para que no influyeran en la estimación de mínimos cuadrados y que guiaran a predicciones sesgadas.

Después se estimaron los parámetros de cada modelo por el procedimiento de cuadrados mínimos, para regresiones no lineales (2), con el fin de minimizar la suma de cuadrados residual (3) (1).

Para desarrollar este procedimiento se utilizaron técnicas interactivas como las que utiliza el paquete estadístico SAS. En este paquete se utilizó el procedimiento de regresión no lineal (Non Linear Regression o NLIN) y el método utilizado fue el procedimiento DUD, que es similar al de Gauss-Newton, excepto que las derivadas son estimadas de la historia de interacciones más que siendo suplidas analíticamente (SAS Institute, 1999).

RESULTADOS

Cada árbol de la muestra se troceó y se extrajeron rodajas de madera cada metro de longitud del fuste. El análisis de tronco de estos árboles dominantes permite reconstruir las curvas de altura de cada árbol y su distancia a la base del árbol.

Los estadísticos representativos de la muestra de árboles empleados para este estudio se reflejan en la Cuadro 42.

Cuadro 42. Estadísticos descriptivos para los 50 árboles de la muestra.

Estadístico	D (cm)	H (m)
Mínimo	14,75	10,30
Máximo	49,80	27,10
Media	30,10	18,65
Varianza	39,89	11,70
Desviación estándar	5,22	3,76
Coef. de variación (%)	19,76	20,39

A continuación se detallan los modelos seleccionados para cada variable.

Función de DAP:

$$Dap\ s/corteza\ (cm) = a * Densidad\ (m)^b + c * edad\ (años)^d$$

Donde: a = 3.101; b = -0.753; c = 1.737; d = 0.738

Función de altura:

$$Altura\ media\ (m) = a + b * Dap\ s/corteza\ (cm)^c * edad\ (años)^d$$

Donde: a = -2.3105; b = 4.1634; c = 0.4615; d = 0.0159

Funciones de volumen

$$Volumen\ ssc\ (m^3) = a * Edad\ (años) + b * Dap\ sc\ (cm)^2 * H\ (m)^7$$

Donde: a = 0.00026; b = 0.20340

CONCLUSIONES

Es posible estimar modelos de crecimiento para a *Hevea brasiliensis* Müll Arg. del clon PB-5/63 a partir de ecuaciones de regresión. El ámbito de aplicación de los modelos de crecimiento es la región de Buergos en el estado de Tabasco el rango de aplicación de las curvas está entre los 1 y 42 años. Cualquier uso

que se le dé fuera de esta región podría representar sesgas en la información. Existen muy pocos estudios sobre el árbol del hule en México y en general sobre los clones de esta especie en México. Por lo Tanto, es importante realizar más estudios sobre esta especie, que permitan conocer las características de crecimiento y productividad de madera.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, R., C. 1996. **Manual para el cultivo del hule**. C.M.H.A.C. México D.F. 300 p.
- Barlov, C. 1978. **The natural rubber industry, its development technology and economy in Malasya**. Oxford Univ. 500 p.
- CCI Centro de Comercio Internacional. 1993. **Madera de árbol gomero**. 1993. Ginebra, Suiza. 103 p.
- CMH, AC. 1988. **Consejo Mexicano Del Hule A.C.** Estadísticas básicas. México D.F. 90 p.
- Compagnon, P. 1988. **El caucho Natural**. Consejo Mexicano del hule y Cirad. México, D.F. 710 p.
- Compagnon, P. 1998. **El caucho Natural, biología –cultivo- producción**. Consejo Mexicano del hule-CIRAD. México, D.F.
- Consejo Mexicano del hule, A. C. 2000. **Determinación de un programa de control integral de la enfermedad sudamericana de la hoja, causada por *Microcyclus ulei* en hule (*Hevea brasiliensis*)**. Proyecto de investigación, cuarto informe. México, D.F.
- Chee K.H. y Holliday y paúl. 1986. **South American Leaf Blight of *Hevea Rubber***. Monograph no: 13. Malaysia Rubber Research and Development Board.
- Draper N., R. y H. Smitt. 1981. **Applied regression analisis**. Second edition. Jonh Wiley and sons. New York. 709 p.
- Edgar, A., T. 1960. **Manual of Rubber. Planting**. Inc. Soc. Plant., Malaya, Londd., 3e ed., 411 p.
- Fahn, A. 1979. **Laticifers in Secretary tissues in plants**. Académic Press Lond., N.Y., 223-243.
- Frey-Wyssling A. 1933. **Uber die Physiologische bedentung der extra floraalem nektarium van *hevea brasiliensis* Mill**. Arg. Ber. Svhweit Bot. Ges., p. 42.
- Gener P. 1966. **Le greffage de l'hévée. Influence des stades de poussées foliaires du greffon et du prote-greffes sur la réussite au greffage**. Opusccule technique SA 2/IRCA. 33 p.
- Genin G., M. 1958. **Encyclopédie technologique de l'industrie du caoutchouc**. Vol. I, 1958, 658 p.; vol II, 1960, 784 p.; vol III, 1956 614 p.; vol IV, 578 p., éd. Dunod, Paris.

- Halle F., Martin R. 1968. **Étude de la croissance rythmique chez l'hévéa.** *Andansonia*, ser. 2 (8), 475-503.
- Hebant Ch. 1981. **Ontogénie des laticifères du système primaire de l'*Hevea brasiliensis*: une étude ultrastructurale ET cytochimique.** *Can. J. Bot.*, 59, 974-985.
- Hocker H., W. 1984. **Introducción a La biología forestal.** Traducción del inglés por flor A. bellomo López. A.G.T. Editor. México. 446 p.
- Husch B., Ch. I. Miller y W.T. Beers. 1982. **Forest mensuration.** Third edition. John Wiley and sons. New York. 401 p.
- International Rubber Study Group. 1997. **Rubber Statistical Bulletin.** Vol. 51. No. 8 47 p.
- Ir. S.G. 1994. **Rubber statistical bull.** Vol. 37, No. 12.
- IRCA, Avril. 1980. **Conservation du pouvoir germinatif des graines d'hévéa: efficacité comparée de différentes méthodes.** Rapport interne IRCA.
- IRSG. 2001. **Rubber statistical bull.** Vol. 55, No. 12 Sept. de 2001.
- Islas G., F. 1987. **Un modelo de regeneración y mortalidad para *Pinus arizonica engelm.*** Tesis de maestría. Programa Forestal. Colegio de postgraduados. Montecillo, Méx. 82 p.
- Klepac D. 1983. **Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales.** Segunda edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 365 p.
- Krajicek J., E. K. A. Binkman y S. f. Gingrich. 1961. **Crown competition- a measure of density.** *For. Sci.* 7 (19): 35-42.
- Landeros S., s. 1994. **Índices de sitio para *Pinus duranguensis* y *P. teocote*, en el área de influencia de la unidad de administración forestal "Santiago Papasquiaro", S. C.** Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 46 p.
- Langlois S. 1967. **Production d'une Demi-spirale en fonction de sa Hauteur sur le tronc.** *Doc. Comm. Techn. IRCC.* N° 272.
- Le Bras J. 1969. **Le caoutchouc** Presse Univ. Paris, «Que sais-je», n° 136, 126 p.
- Le Bras J. 1958. **Éléments de science et de Technologies du caoutchouc.** SECTO Paris, 3^e éd., 435 p.
- Leak W., B. 1981. **Do. Stocking guides in the Eastern united States related to stand growth?** *J. For.* 79: 661-664.
- Mendoza B., M.A. 1993. **Conceptos básicos de manejo forestal.** UTHEA NORIEGA Editores. México. 161 p.

- Meyer H., A., A.B. Recknagel D.D. Stevenson y R.A. Bartoo. 1961. **Forest Management**. Ronald Press Company. New York. 281 p.
- Monserud R., A. 1976. **Simulation of forest tree mortality**. Forest science 22 (4): 438-444.
- Moraes V., h.M. 1977. **Rubber**. In. P.T. Kolowki, Ecophysiology of tropical crops.acad. Pres.Lond., 318 p.
- Myers C., A. 1966. **Yield tables for managed stands with special reference to the Black Hill**. US Forest. Service. Research paper RM-21.20 p.
- Myers C., A. 1967. **Yield tables for managed of lodgepole pine in colorado y Wyoming**. US Forest Service. Researchpaper 26.20 p.
- Nicolas D. 1979. **Sythense sur comportement de quelques clones dans le sud-est de la Côte-d' Ivore**. Rapport IRCA, SEA, n° 1, 14 p.
- Oldenmann R., A.A. 1974. **L'architecture de la forêt guayanaise**. Thèse de Doct. Sciences U.S. T. L. Montpellier, 245 p., 1972 et Mèmoire Orstom, 73 p.
- Picón R., L, Cervantes O., E., y Hernández C., J.M. 1997. **Manual para el cultivo el hule *Hevea brasiliensis* Muell Arg**. Folleto técnico Núm. 18. INIFAP. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo experimental El palmar, Tezonapa, Ver.
- Picón R., L, Cervantes O., E., y Hernández C., J.M. 1999. **Manual para el cultivo del hule en Tabasco**. Gobierno del estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco.
- Picón R., L, Cervantes O., E., y Hernández C., J.M. 1999. **Manual para el cultivo del hule**. INIFAP-SAGAR-CMH. A.C. México D.F. 1997.
- Pienaar, L. V. y R. J. Turbull. 1973. **The Chapman Richards generalization of Von Bertalanff's Growth Model for basal area growth and Yield in even-aged stands For. Sci.** 19 (1): 2-21.
- Polhamus L., G. 1962. **Rubber: Botany cultivation and utilization**. Leonard Hill Ltd, Lond. Et. Interscience. Publi. Inc., N. Y., 488 p.
- Prodan M. 1968. **Forest biometrics**. Pergamon Press Ltd. London. 447 p.
- Prodan., Peter, F. Cox y P. Real. 1997. **Mensura Forestal**. IICA_BMZ/GTZ. San José, Costa Rica. 586 p.
- R.R.I.M. 1958. **Rooting habitad**. Planters's Bull., 39, 120-128.
- R.R.I.M. 1977. **Enviromanx planting recommendations 1977-1979**. Planters's Bull., 153, 163-182.
- Radhakrishna Pillai P.N., George M.K. 1973. **Recent experiments on the control abnormal leaf fall disease of rubber in India**. Quat. Journ. R. R.

- I. Ceylon, 50, 223-227.
- Rivano F. 1997. **South American Leaf Blight of Hevea I. Variability of *microcyclus ulei* pathogenicity en: plantations, recherché, development.** Vol. 4, No.2. Montpellier Cedex 1, France.
- Samosorn S. 1977. **Study on Yield sucrose level of latex and other important characteristics of hevea brasiliensis as influenced by microtapping system.** These doctorat université des Philippines.
- Shultes R.E. 1970. **The history of taxonomic studies in hevea.** The Bot. Rev., 36, 197-265.
- Shultes R.E. 1977. **Wild hevea: an untapped source of germplasm.** *Journ. R.R.I. Sri-Lanka*, 54, 227-237.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1997. **Dirección de la Industria básica.** Subdirección de la Industria Petroquímica. México.
- Sherpherd R. 1969. **Aspects of hevea breeding and selection investigations undertaken on prag Besar Estate.** *Planters' Bull.*, 104, 206-219.
- Soong N.K. 1976. **Feeder root development of *Hevea brasiliensis* in relation to clones and environment.** *Journ. R.R.I.M.*, 24 (5), 283-298.
- SPurr S. H. 1952. **Forest Inventory.** Ronald Press Co. New York. 476 p.
- Sullivan A., D. and J.L. Clutter. 1972. **A simultaneous growth and yield model for loblolly pine.** *Forest Science* 18:76-86.
- Tan K., J. Y Lee K.W. 1979. **Underplanting: an effective method of replanting rubber on steep terrain.** *Proceed. R.R.I.M. planters' conf.* 1979, 346-359.
- Tonnellier M., Gener P. 1979. **Interêt et choix d'une periode d'arrêt de saignée de l'hwwa.** *Rev. gen. caout. Plast.*, 56 (590), 83-88.
- Vernou P. (De), 1980. **preparation et mise en phase des plants d'hevée en côte-d'ivoire.** *Rev. Gen. Caout. Plast.*, 57 (604), 103-108.
- Wester C.C. y Baulkwill W.J. 1989. **Rubber.** Tropical Agriculture Series. Longman Scientific & Technical. UK. (En línea). Disponible en www.irrdb.org/disease/salbinf.htm
- Young R., 1991. **Introducción a las ciencias forestales.** Traducción del inglés por José Hurtado Vega. Ed. LIMUSA. México. 636 p.
- Aguirre, R. C. 1996. **Manual para el Cultivo del Hule: *Hevea brasiliensis* en México.** Consejo Mexicano del hule, A. C., México, D. F. 168 pp.
- Baca, R. B. 1997. **Aserrío e Impregnación, Procedimientos de Carpintero S.A. de C.V. Manuales de uso interno.** México, D.F.
- Centro de Comercio Internacional CCI. 1993. **Madera del árbol gomero.** Ginebra, Suiza. 103 p.

- CIRAD-INIFAP-CMH. 2000. **Parámetros Técnicos para la Zonificación de Áreas Aptas para el Cultivo del Hule (*Hevea brasiliensis*) en México.**
- CMH (Consejo Mexicano del Hule A.C.). 1995. **Acta constitutiva.**
- Colegio de Postgraduados (CP). 1990. **Retrospectiva y Perspectivas de la Investigación en el Uso de los Recursos Naturales del Trópico Mexicano.** Memoria del coloquio realizado en el CRECIDATH (Centro de Enseñanza, Capacitación e Investigación para el Desarrollo Agropecuario del Trópico Húmedo), Altamirano, Veracruz, 193 pp.
- Compagnon, P. 1986. **Le caoutchouc naturel.** Éditions G.P. Maisonneuve-Larose. País, Francia. 589 pag.
- Consejo Mexicano del Hule CMH, A.C. Estadísticas básicas. México D.F. 1988. 90 p.
- Consejo Mexicano del Hule CMH, A.C. Estadísticas básicas. México D.F. 2000. 90 p.
- Consejo Mexicano del Hule, A. C. 1999. Quinta Reunión de la Comisión de Regulación y Seguimiento que abarca los períodos: enero-diciembre de 1998, enero-marzo 1999 (sexto informe) y abril-junio 1999 (séptimo informe).
- Consejo Mexicano del Hule, A. C. 2002a. **Ficha Técnica N° 1. El vivero en bolsa brotada.** versión 1.1/98, 11 pp.
- Consejo Mexicano del Hule, A. C. 2002b. **Ficha Técnica N° 2. Establecimiento de jardines clonales de multiplicación.** Versión 2.1./20002b, 11 pp.
- Consejo Mexicano del Hule, A. C. 2002c. **Ficha Técnica N° 4. Establecimiento de plantaciones comerciales.** Versión 4.1./20002b, 15 pp.
- Consejo Mexicano del Hule, A. C. 2002c. **Ficha Técnica N° 5. Mantenimiento de plantaciones en desarrollo (etapa preproductiva.** Versión 5.1./20002d, 15 pp.
- Consejo Mexicano del Hule, A. C. 2002f. **Ficha Técnica N° 3. Plantaciones que inician su eplotación.** Versión 3.1./20002d, 16 pp.
- Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental del Instituto Nacional de Ecología. 2000. **Características Climáticas, Edáficas y Límites Municipales en Formato Export para ARC/INFO y Arc View de la región que comprende los estado Oaxaca, Chiapas, Tabasco y Veracruz.** Disco compacto.
- Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional, Departamento de Sistematización de datos. 1985. **Relación de Estaciones y Observatorios de la Red Meteorológica Nacional: Tabasco.** pp 30.

- FIRA. 1998. **Cultivo y Beneficio del Hule. Alternativas de inversión rentable para el trópico húmedo mexicano.** Núm. 307, volumen XXX, 8ª época, año XXVIII, 1º de Agosto de 1998, 68 pp.
- Gaona, J. R. G. 2000. **Caracterización de Áreas Productoras de Hule Natural en México.** (Estudio Caso. Tuxtepec, Oaxaca, 1997-1998), TESIS, UNAM, México, D. F., 149 pp.
- García, E. 1989. **Apuntes de Climatología.** Sexta edición, México, D. F., 155 pp.
- Gobierno del Estado de Tabasco, 1995. **“Manual para el Cultivo del Hule”**, Villahermosa, Tabasco., 30 pp.
- Gobierno del Estado de Tabasco, Secretaria de Comunicaciones, Urbanización y Obras Públicas, Carta geográfica, 1993. Villahermosa, Tabasco.
- Gómez, J.B. 1982. **Anatomy of Hevea and its influence on latex production.** Malaysian Rubber Research and Development Board. Malaysian. 73 p.
- Grupo Consultor Independiente. 1996. **Alternativas de Comercialización Nacional e Internacional del Hule en México.** México, D. F., 158 pp.
- Herrera, V. G. 1983. **Importancia de la Investigación Agroclimática.** TESIS, UNAM-FESC.
- IMTA, Coordinación de Tecnología Hidrológica. 1996. **Extractor Rápido de Información Climatológica ERIC.** Manual del Usuario, Jiutepec, Morelos, 62 pp.
- INEGI. 1998. **Datos básicos de la geografía de México.** Aguascalientes, México. 850 p.
- Instituto Mexicano del Transporte, 1998. **Sistema de Información Geoestadística para el Transporte, (SIGET)**, Sanfandila, Querétaro, disco compacto.
- IR.S.G. 1984. **Rubber statistical bull.** (37) -12 y (38)- 12.
- IR.S.G. 1994. **Rubber statistical bull.** Vol. 37, No. 12.
- Ircá, avril. 1980. 1980. **Conservation du pouvoir germinatif des graines d'hévéa: efficacité comparée de différentes méthodes.** In: Rapport interne IRCA.
- IRSG. 2001. **Rubber statistical bull.** Vol. 55, No. 12. Sept. de 2001
- Le Bras J. 1969. **Le caoutchouc.** In: Presse Univ., Paris, «Que sais-je», n° 136, 126 p.
- Le Bras J. 1958. **Éléments de science et de technologie du caoutchouc.** SETCO Paris, 3ª éd. 435 p.
- López, C.M. s/a. **Apuntes de la vegetación de México.** UNAM. 300 p.
- Majumdar, S.K. 1966. **Pollen longevity studies in Hevea brasiliensis.**

- Transactions Kentucky Acad. Of Sc. 27:108-114.
- Martínez, C.F. 1986b. *In: El hule en México*. Ediciones copilco S.A. México, D.F. 95-102 pag.
- Martínez, C.F. 1986c. **Las lecciones de Historia**. 1986. *In: El hule en México*. Ediciones Copilco S.A. México, D.F. 113-102 pag.
- Martínez, C.F. 1986a. **Gentes, tiempo y espacio**. *In: El hule en México*. Ediciones Copilco S.A. México, D.F. 1-19 pag.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 1997. **Determinación de las Áreas Aptas Técnica y Económicamente para el Cultivo del caucho**. Colombia.
- Moraes V., H.M. 1977. **Rubber**. Acad. Press. Lond. 318p.
- Palma D. y Cisneros J. 1997. **Plan de Uso Sustentable de los Suelos de Tabasco**. Fundación Produce Tabasco, A. C., Villahermosa, Tabasco, 115 pp.
- Picón, L. R. 1999. **Manual para el Cultivo del Hule en Tabasco**. Gobierno del Estado de Tabasco–INIFAP, Villahermosa, Tabasco, 53 pp.
- Picón, R. L. 1997. **Manual para el Cultivo del Hule *Hevea brasiliensis* Muell Arg.** SAGAR-CMH-INIFAP, Campo Experimental, El Palmar, Tezonapa, Veracruz, 103 pp.
- R.R.I.M. 1977. **Enviromax planting recommandations 1977-1979**. *In: Planters' Bull.*, Vol. 153, pp. 163-182.
- Rivano, F. 1999. **Informe de Misión en México**. Consejo Mexicano del Hule, A. C.
- Rojo, M.G. 2001. **Información de campo**. Unidad de Investigación y Desarrollo. Consejo Maxicano del Hule A. C.
- Samosorn S. Study on yield sucrose level of latex and other important characteristics of *Hevea brasiliensis* as influenced by microtapping system**. Thèse doctorat Université des Philippines. 1977.
- Sanfilippo, B.J. 1986. **El juego de pelota**. *In: El hule en México*. Ediciones Copilco S.A. México, D.F. 45-62 pag.
- Schultes R.E. 1970. **The history of taxonomic studies in Hevea**. *In: The Bot. Rev.*, Vol. 36, pp. 197-265.
- Serier J.B. y Van A. Dyk. 1989. **Le cauoutchouc en B.D. Institut de Recherches sur le Cauoutchouc**. París, Francia Pag. 67.
- Tan K., J. and Lee K. W, "Underplanting: an effective method of replanting rubber on steep terrain", en *Proceed. R.R.I.M Planters' Conf. (1979)*, pp. 346-359.
- Tonnellier M., Gener P. 1979. **Intérêt et choix d'une période d'arrêt de saignée de l'hévéa**. *Rev. Gen. Caout. Plast.*, Vol.56 no. 590. pp. 83-88.

- Valdés, G.J. y Flores, O.H. 1986. **El árbol del hule**. *In*: El hule en México. Ediciones Copilco S.A. México, D.F. 63-94 pag.
- Viesca, T.C. 1986. **El hule en la religión prehispánica**. *In*: El hule en México. Ediciones Copilco S.A. México, D.F. 21-44 pag.
- Aguirre R. C. 1996. **Manual para el Cultivo del Hule: *Hevea brasiliensis* en México**. Consejo Mexicano del Hule, A. C., México, D. F. 168 pp.
- Consejo Mexicano del Hule A. C. (CMH)
 1995. “**Estadísticas básicas**”. México D. F. 76 pp.
 1998. “**Estadísticas básicas**”. México D.F. 100 pp.
 2002. “**Estadísticas básicas**”. México D.F. 90 pp.
- Farías B. M. 2001. “**Evaluación dasométrica del árbol del hule (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.), con relación a las condiciones edáficas, en la región del Papaloapan, en el Estado de Oaxaca**”. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 94 pp.
- Gaona C. X. 2000. “**Caracterización de las áreas productoras de hule natural en México (estudio de caso: Tuxtepec, Oaxaca 1997-1998)**”. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 149 pp.
- Grupo Consultor Independiente (GCI). 1996. “**Alternativas de Comercialización Nacional e Internacional del Hule en México**”. México, D. F. 158 pp.
- Martínez, C. F. 1996a. **Gentes, tiempo y espacio**. *In*: El hule en México. Ediciones Copilco S.A. México, D.F. p. 1-19.
- Martínez, 1996b. **El hule en las culturas prehispánicas**. *In*: El hule en México. Ediciones Copilco S.A. México, D.F. p. 95-102.
- Martínez, C. F. 1996c. **Las lecciones de Historia**. *In*: El hule en México. Ediciones Copilco S.A. México, D.F. p. 102-113.
- Picón, R. L. 1997. **Manual para el Cultivo del Hule *Hevea brasiliensis***. SAGAR-CMH-INIFAP, Campo Experimental, El Palmar, Tezonapa, Ver. 103 pp.
- Sanfilippo, B. J. 1986. **El juego de pelota**. *In*: El hule en México. Ediciones Copilco S.A. México, D.F. p. 45-62.
- Biseca, T. C. 1986. **El hule en la religión prehispánica**. *In*: El hule en México. Ediciones Copilco S.A. México, D.F. p. 21-44.
- Aguilar, R. M. 1981. **Armonización de crecimiento para determinar la calidad de estimación**. pp. 169-183.
- Arteaga M., B. 1982. **Evaluación de la calidad de estación con base a características fisiográficas**. *In*: Resumen de Seminario de Investigación.

- Centro de Genética. Colegio de Postgraduados. Chapingo México.
- Ferreira, O. 1993. **Tablas preliminares de volumen general y relaciones dasométricas para cuatro especies de *Eucalyptus*. Proyecto Conservación y Mejoramiento de los recursos forestales de Honduras.** Serie miscelánea N. 45-27-93. 41 p.
- Philip, M. 1994. **Mesuring trees and Forests.** 2a. Edición. CAB International Wallingford, Oxon, UK. 310 p.
- Russo, R. 1983. **Mediciones de biomasa en sistemas agroforestales. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza- CATIE.** Turrialba, Costa Rica.
- Woomer, P. L. y Palm, C.A. 1999. **An approach to estimating system carbon stocks in tropical forests and associated land uses.** Commonwealth Forestry Review (In press).
- Aguilar R., M. 1981. **Armonización de crecimiento para determinar la calidad de estimación.** pp. 169-183.
- Arteaga M., b. 1982. **Evaluación de la calidad de estación con base a características fisiográficas.** *In:* Resumen de Seminario de Investigación. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados. Chapingo México.
- Ferreira, O. 1993. **Tablas preliminares de volumen general y relaciones dasométricas para cuatro especies de *Eucalyptus*.** Proyecto Conservación y Mejoramiento de los recursos forestales de Honduras. Serie miscelánea N. 45-27-93. 41 p.
- Philip, M. 1994. **Measuring trees and Forests.** 2a. Edición. CAB International Wallingford, Oxon, UK. 310 p.
- Russo, R. 1983. **Mediciones de biomasa en sistemas agroforestales.** Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza- CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Woomer, P.L. and Palm, C.A. 1999. **An approach to estimating system carbon stocks in tropical forests and associated land uses.** Commonwealth Forestry Review (In press).
- Álvarez G J, R Rodríguez S, A Vega G. 1999. **Elaboración de un modelo de crecimiento dinámico para rodales regulares de *Pinus pinaster* Ait en Galicia.** Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales 8(2): 319-334.
- Annamalainathan K, D Nair, J Auzac. 1998. **Respiration in soft bark tissue of tapped and untapped trees of *Hevea*.** Indian Journal of Natural Rubber Research 11(1) 23-30.
- Arteaga, M. B. 2000. **Evaluación dasométrica de plantaciones de cuatro**

- especies de pinos en Ayotoxtla, Guerrero.** Revista Chapingo serie Ciencias Forestales 6(2):151-157.
- Bailey, R. L. 1994. **A compatible volume taper model based on the Schumacher and Hall generalized constant form factor volume equation.** For. Sci. 40:303-313.
- Benavides S J de D, H Manzanilla B. 1993. **Estimación de la calidad de sitio mediante índices de sitio de *Pinus michoacana cornuta* Martínez y *Pinus oocarpa* Schiede para el A.D.F. Tapalpa, Jalisco.** Ciencia Forestal 18(74):121-138.
- Brown S, J. R. Gillespie, E. A. Lugo. 1989. **Biomass estimation methods tropical forest with applications to forest inventory data.** Forest Science 35(4): 881-902.
- Castedo D F, G Álvarez J. 2000. **Construcción de una tarifa de cubicación con clasificación de productos para *Pinus radiata* D. Don. en Galicia basada en una función de perfil del tronco.** Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales 9(2): 253-268.
- Castedo D F, G Ruiz, G Álvarez. 2001. **Modelización de la relación altura diámetro para *Pinus pinaster* Ait. en Galicia mediante la función de densidad bivalente S_{bb} .** Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales 10(1): 111-125.
- Clutter J L, J C Forston, L V Pienaar, G H Brister, R L Bailey. 1983. **Timber Management: a quantitative approach.** John Wiley and Sons. New York. 333 p.
- Compagnon, P. 1998. **El caucho natural biología-cultivo-producción.** CIRAD-CMH. Mexico, D.F. 695 p.
- Consejo Mexicano del Hule A.C. 2000. **Manual para el cultivo del hule: *Hevea brasiliensis* en México.** Consejo Mexicano del Hule, A.C. México, D.F. 168 p.
- Consejo Mexicano del Hule A.C. 2001. **Información de campo. Unidad de Investigación y Desarrollo.** Consejo Mexicano del Hule, A. C. México D.F. 60 p.
- Consejo Mexicano del Hule A.C. 2002. **Estadísticas básicas.** Consejo Mexicano del Hule, A.C. 90 p.
- Daniel T W, A J Helms, S F Baker. 1982. **Principios de silvicultura.** McGraw-Hill. New York. 492 p.
- Davel M, G Trincado. 2000. **Evaluación de modelos fustales para *Pseudotsuga menziesii* en la Patagonia Andina Argentina.** Investigación Agraria:

- Sistemas y Recursos Forestales 9(1): 319-334.
- Devakumar A S, R. G. Gururaja, R. Rajagopal, R. P. Sanjeeva, M. J. George, K. R. Vijayakumar, D. F. Sethuraj. 1988. **Studies on soil-plant-atmosphere system in *Hevea*: seasonal effects on water relations and yield.** Indian Journal of Natural Rubber Research 1:25-60.
- Draper N, H. Smith. 1981. **Applied regression analysis.** John Wiley and Sons. New York. 709 p.
- Farías, B. M. 2001. **Evaluación dasométrica del árbol del hule (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.), con relación a las condiciones edáficas, en la región del Papaloapan, en el Estado de Oaxaca.** Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 94 p.
- Ferreira, O. 1990. **Métodos estadísticos aplicados a la medición forestal.** Honduras. 123 p.
- Frederico J C, P C Aparecida, A Atamar. 1995. **Rubber growing soils Sao Paulo, Brazil.** Indian Journal of Natural Rubber Research 8(2): 75-84.
- Fuente A E, A Velázquez M, J Torres R, H Ramírez M, C Rodríguez F, S Trinidad A. 1998. **Predicción del crecimiento y rendimiento de *Pinus rudis* Endl. en pueblos mancomunados, Ixtlán, Oaxaca.** Ciencia Forestal 23 (84): 1-8.
- Gaona, C. X. 2000. **Caracterización de las áreas productoras de hule natural en México (estudio de caso: Tuxtepec, Oaxaca 1997-1998).** Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 149 p.
- García, C. X. 1998. **Predicción del rendimiento de *Swietenia macrophylla* King (caoba) en plantaciones forestales.** Tesis de maestría en Ciencias. Programa forestal. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Estado de México. 114 p.
- Grist P, M Ken, T Lo. 1995. **Modelling rubber growth as a function of climate and soils.** Indonesian Rubber Research Institute: Imperata Project Paper 1995/6. 67 p.
- Herrera H J, S Barreras A. 2000. **Análisis estadístico de experimentos pecuarios.** Colegio de postgraduados, Montecillo, Edo. de México. 117 p.
- International Rubber Study Group (IRSG). 2000. **Rubber statistical bull.** (37): 12-60.
- International Rubber Study Group (IRSG). 2001. **Rubber statistical bull.** (40): 15-70.
- Ketterings M Q, R Coe, V N Meine, Y Ambagau, C A Palm. 2001. **Reducing**

- uncertainty in the use of allometric equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests.** *Forest Ecology and Management* 146(1-3): 199-209.
- Klepac, D. 1983. **Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales.** Segunda edición. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 95 p.
- Labarre M A, J B Serier. 1995. **L'hevea.** Editions Maisonneuve et Larousse. París, Francia. 238 p.
- Maldonado A D, J Návar. 2000. **Ajuste de funciones de ahusamiento de cinco especies de pino en plantaciones en la Región del Salto, Durango, México.** *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales* 6(2):159-164.
- Martínez, C. F. 1986. **Las lecciones de historia.** *In:* El hule en México. Ediciones Copilco S.A. México. pp: 102-113 .
- Martínez G A, M Castillo A. 1987. **Teoría de la regresión con aplicaciones agronómicas.** Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, México. 418 p.
- Muhairwe C, V Lemay, A Kozak. 1993. **Effects of adding tree, stand, and site variables to Kozak's variable-exponent taper equation.** *Can. J. For. Res.* 24:252-259.
- Narayanan R, Ho Y H, Chen K. 1990. **Clonal Correlation between yield structural characters latex constituents and plugging index.** *Journal of the Rubber Research Institute of Malaysia* 24:1-14.
- Návar C J, C Domínguez A, A Contreras C, M Estrada C. 1997. **Ajuste de siete modelos de ahusamiento a los perfiles fustales de *Pinus hartwegii* Lindl. del nordeste de México.** *Agrociencia, serie de Recursos Naturales Renovables* 31(1):73-81.
- Newnham, R. M. 1992. **Variables form taper functions for four Alberta tree species.** *Can. J. For. Res.* 22: 210-223.
- Picón, R. L. 1999. **Manual para el cultivo del hule *Hevea brasiliensis* Müll. Arg.** SAGARPA-CMH-INIFAP. Veracruz, México. 103 p.
- Pienaar L V, N W Harrison. 1988. **A stand table projection approach to yield prediciton in unthinned even-aged stands.** *Forest Science* 34:804-808.
- Planting Recommendations Committee. 1998. **Planter's Bulletin.** *Malaysian Rubber Board* 3(3): 1-17.
- Priyani, S. 1996. **The growth, phase change and rejuvenation of trees with special reference to *Hevea brasiliensis* Müll. Arg.** *Journal of the Rubber Research Institute of Malasia* 78:1-14.

- Ramírez, M. H. 1981. **Comparación de cuatro modelos matemáticos aplicados al crecimiento forestal.** Ciencia Forestal en México. 16(70): 87-108.
- Rebolledo, R. H. 1996. **SAS en microcomputadoras.** Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 93 p.
- SAS Institute Inc. 1992. **System for regression.** Cary, NC USA. 210 p.
- Siavanen R, E Burk, R E. k. 1988. **Construction of a stand growth model utilizing photosynthesis and respiration relationships in individual trees.** Canadian Journal of Forestry Research 18:1027-1035.
- Tewari VP, K Dadow. 1999. **Modeling the relationship between tree diameters and heights using S_{bb} distribution.** Forest Ecology and Management 199: 171-176.
- Valdez L R, B Lynch T. 2000. **Ecuaciones para estimar volumen comercial y total en rodales aclareados de *Pinus patula* en Puebla, México.** Agrociencia, serie de Recursos Naturales Renovables 43(6):747-758.
- Vanclay, J. K. 1995. **Growth models for tropical forest: A synthesis of models and methods.** Forest Science 14: 7-42.
- Wykoff, W. R. 1990. **A basal area increment model for individual conifers in the northern Rocky Mountains.** Forest Science 36:1077-1104.
- Zamudio B. B. Rivero. 1997. **Modelos de crecimiento.** Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales 3(51):3-38.
- Zeide, B. 1993. **Analysis of growth equations.** For. Sci. 39(3): 594-616.
- Bailey, R.L. 1980. **The potential of Weibull-type fuctions as flexible growth curves: discusion.** Canadian Journal of Forest Research, 10: 117-118.
- Biging, G.S.; Wensel, L.C. 1985. **Improved estimates of site index curves using a varying parameter model.** For. Sci.31(1): 248-259.
- Madrigal Collazo, A., Álvarez González, J.G., Rodríguez Soalleiro, R.J., Rojo Alboreca, A. 1999. **Tablas de producción para los montes españoles.** Fundación Conde del Valle de Salazar, 253 pp. Madrid.
- Payandeh, B.; Wang, Y. 1994. **Modified site index equations for major canadian timber species.** Forest Ecology and Management, 64: 97-101.
- SAS INSTITUTE INC. 1999. **SAS/STAT™ User's Guide, Relase 8.0 Edition.** Cary. N.C. USA.
- Clutter, J. L., J.C. Fortson, L.V. Pienaar, J. H. Bristery and R. L. Balley. 1983. **Timber management a quantitative approach.** John Wiley. New York. 333 p.
- Draper, N.R. y H. Smith. 1981. **Applied regression analysis.** Second Edition. Wiley Series In Probability And Mathematical Statistics. USA. 709 p.

- Ratkowsky, D.A. 1983. **Nonlinear regression modeling a unified practical approach.** Volume 48. Marcel Dekker. New York. 276 p.
- Vanclay, J.K. 1994. **Modelling forest growth and yield; applications to mixed tropical forest.** Centre for Agriculture and Biosciences International. Wallingford, U.K. 312 p.
- SAS INSTITUTE INC. 1999. *SAS/STAT™ User's Guide, Release 8.0 Edition.* Cary. N.C. USA.
- Bailey, R.L. 1980. **The potential of Weibull-type functions as flexible growth curves: discussion.** Canadian Journal of Forest Research, 10: 117-118.
- Biging., G.S. WENSEL, L.C. 1985. **Improved estimates of site index curves using a varying parameter model.** For. Sci. 31(1):248-259.
- Madrigal Collazo, A., Álvarez González, J.G., Rodríguez Soalleiro, R.J., Rojo Alboreca, A. 1999. **Tablas de producción para los montes españoles.** Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid. 253 p.
- Payandeh, B. Wang, Y. 1994. **Modified site index equations for major canadian timber species.** Forest Ecology and Management. 64: 97-101.
- SAS INSTITUTE INC. 1999. *SAS/STAT™ User's Guide, Release 8th. Edition.* Cary. N.C. USA.
- Alder D. 1980. **Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento, con referencia especial a los trópicos.** Vol 2: predicción del rendimiento. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estudio FAO: Montes. Roma. 118 pp.
- Amo Del. R., C. y J. Nieto De P. 1983. **Aplicación de ecuaciones y modelos matemáticos en la evaluación en las tasas de crecimiento y determinación de la edad en árboles tropicales.** pp. 133-138. In: F.H. Bormann y G. Berlyn (ed.) Edad y tasa de crecimiento de los árboles tropicales. Trad. Del inglés por Carmen Alicia de la Parra. ed. Continental, Xalapa, Veracruz. México.
- Bayley R.L. 1980. **The potential of Weibull-type functions as flexible growth curves: discussion.** Canadian Journal of Forest Research, 10: 117-118.
- Biging G y Wensel L.C. 1985. **Improved estimates of site index curves using a varying parameter model.** For. Sci. 31(1):248-259.
- Burhart T. y Tennent W. 1977. **Predicting height increment of young-growth mixed conifes.** USDA, For. Sev. Pacific Southwest Forest and Range Exp. Sta. Berkeley, CA. Res. Paper PSW-191. 7 p
- Clutter, J.; Forston, J.; Penaar, L.; Brister, G. y Bailey, R. 1983. **Timber management: a quantitative approach.** New York: Jhon Wiley & Sons. 333 pp.

- Consejo Mexicano del Hule A.C. 2000. **Estadísticas Básicas**. Consejo mexicano del Hule A.C. 90 pp.
- Davis S., L. y Johnson K.N. 1987. **“Forest Management”**. Third edition. McGraw-Hill. New York. 730 pp.
- Drkstra D., P. 1999. **“Mathematical Programming for Natural Resource Management”**. McGraw-Hill. USA. 318 pp.
- Klepac D. 1983. **“Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales”**. Segunda edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 365 pp.
- Madrigal Collazo, A., Álvarez González, J.G., Rodríguez Soalleiro, R.J., Rojo Alboreca, A. 1999. **Tablas de producción para los montes españoles**. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid. 253 pp.
- Meyer H., A., Recknagel A. B., Stevenson D.D. y Bartoo R.A. 1961. **Forest management**. Ronald press Company. New York. 281 p.
- Payandeh B y Wang Y. 1994. **Modified site index equations for major canadian timber species**. Forest Ecology and Management. 64: 97-101.
- Ramírez M., H. y M. Zepeda B. 1994. **Rendimientos maderables de especies forestales; actualidades en México**. In: IV Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. SF y de FS/INIFAP. México, D.F. s/p.
- Rodríguez F., C. y E. Flores A. 1989. **Caracterización de factores básicos silvícolas para planes de manejo”**. In Memoria del Congreso Forestal Mexicano. Toluca, México. 45 pp.
- SAS Institute Inc. 1999. **“SAS/STAT™ User’s Guide, Relase 8th”**. Edition. Cary. N.C. USA. 73 pp.
- Zepeda B., E.M. 1990. **Predicción de rendimientos maderables probables de *Pinus patula* Schiede y Deppe de Perote Ver. México**. Tesis de Maestría. Programa Forestal. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. 331 pp.
- Ziede B. 1993. **Analysis of growth ecuations**. For. Sci. 39(3):594-616.
- Acosta M M J J, Vargas H, A Velázquez M, J Etchevers B. 2002. **Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México**. Agrociencia 36:725-736.
- Ayala L, D Jong B, H Ramírez M. 2001. **Ecuaciones para estimar biomasa en la Meseta Central de Chiapas**. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente Vol. VII Núm. 2. 153-158.
- Bashkgin M A, Binkgley D. 1998. **Changes in soil carbon following afforestation in Hawaii**. *Ecology* 79 (3): 828-833.
- Bolin, B. 1970. **The carbon cycle**. *Scientific American* 223: 125-132.

- Brown S, Lugo A. 1992. **Aboveground biomass estimates for tropical moist forest of the Brazilian Amazon.** *Interciencia* 17: 8-18.
- Brown S, Iverson L, Lugo A. 1994. **Land-use and biomass changes of forest in Peninsular Malaysia from 1972 to 1982: a GIS approach.** Cap. 4. pp: 117-144 pp. *in*: DALE, V.H. (Ed.). Effects of land-use changes on atmospheric concentrations. South and Southeast Asia as a case study. New Yorkg: Springer-Verlag.
- Castellanos F J, A Velázquez M, J J Vargas H, C Rodríguez F, A M Fierros G (1996)** Producción de biomasa en un rodal de *Pinus patula* Schl. et Cham. *Agociencia* 30: 123-128.
- Chaudhuri D, Vinod KG KG, Potty S N, Sethuraj M R, Pothen J, Nanja R (1995)** Estimation of biomass in *Hevea* clones by regression method: relation between girth and biomass. *Indian Journal of Natural Rubber Research* 8(2): 113-116.
- Clutter J L, J C Forston, L V Pienaar, G H Brister, R L Bailey. 1983. **Timber Management: a quantitative approach.** John Wiley and Sons. New Yorkg. 333 p.
- Companion, P. 1998. **El caucho natural biología-cultivo-producción.** CIRAD-CMH. México, D. F. 695 p.
- Consejo Mexicano del Hule A.C. (CMH). 2000. **Manual para el cultivo del hule: *Hevea brasiliensis* en México.** Consejo Mexicano del Hule, A.C. México, D.F. 168 p.
- Corbett, P.S. 2001. **Carbon sequestration through rubber (*Hevea*) production on grassland in Papua New Guinea.** *Journal of Rubber Research* 4: 222-254.
- Dale, V. H. 1994. **Effects of land-use changes on atmospheric concentrations.** South and Southeast Asia as a case study. New Yorkg: Springer-Verlag. 102 p.
- Daniel, T. W.; A. J. Helms, S. F. Bakger. 1982. **Principios de Silvicultura.** McGraw-Hill. New Yorkg. 492 p.
- Delcourt H, Harris W. 1980. **Carbon budget of the southeastern U.S. biota: analysis of historical change in trend from source to sinkg.** *Science* 210 (4467): 321-323.
- Dey S KG, Chaudhuri D, Vinod KG KG Pothen J y Sethuraj R. M. 1996. **Estimation of biomass in *Hevea* clones by regression method: relation of girth and biomass for mature trees of clone RRIM 600.** *Indian Journal of Natural Rubber Research* 9(1):40-43.

- Draper N, H Smith. 1981. **Applied regression analysis**. John Wiley and Sons. New York. 709 p.
- Fariás, B. M. 2001. **Evaluación dasométrica del árbol del hule (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.), con relación a las condiciones edáficas, en la región del Papaloapan, en el Estado de Oaxaca**. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 94 p.
- Gaona, C. X. 2000. **Caracterización de las áreas productoras de hule natural en México (estudio de caso: Tuxtepec, Oaxaca 1997-1998)**. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 149 p.
- Garcidueñas, M. A. R. 1987. **Producción de biomasa y acumulación de nutrientes en un rodal de *Pinus montezumae* Lamb.** Tesis de Maestría en Ciencias Colegio de Postgraduados. México. 243 p.
- Goudriaan, J. 1992. **A dónde va el gas carbónico?: el papel de la vegetación**. *Mundo Científico* 126(12): 687-692.
- Grubb M, Vrolijk C, Brackg D. 1999. **The KGYoto Protocol: a guide and assessment**. London: The Royal Institute of International Affairs. 342 p.
- Haridas G, Sinavadyan KG, Tan KG T, Ping T C, Pushparajah E (1975)** Interrelationship between nutrition and exploitation of *Hevea brasiliensis*. Proceed.Intern. Rub. Conf. R.R.I.M. KG.L.) Vol. II:263-277.
- Hoeh H, Solberg B. 1994. **Potential and economic efficiency of carbon sequestration in forest biomass through silvicultural management**. *Forest Science* (3): 429-451.
- Houghton R, Hackger J. 1994. **The net flux of carbon from deforestation and degradation in South and Southeast Asia**. Cap 7: pp: 301-328. In: DALE, V.H. (Ed.). Effects of land-use changes on atmospheric concentrations. South and Southeast Asia as a case study. New York: Springer-Verlag.
- Hu l, Wu Y. 1994. **Studies on respiration of *Hevea* population**. 1. The frequency distribution of wood organs of various sizes on a tree and their relationship between its girth at 1.5 m above the union and maximum diameter or dry matter weight. *Chinese Journal of Tropical Crops* 4:49-56.
- KGlepac, D. 1983. **Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales**. Segunda edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 95 p.
- KGuusela I, Nyssonen A. 1981. **Cuantificación de la energía forestal: métodos de determinación de la biomasa**. *Unasyuva* 33(133): 31-34.

- Labarre M A J B Serier. 1995. **L'è hevea**. Editions Maisonneuve et Larose. París Francias 238 p.
- López R C, KGeyes R. 1987. **Modelos para estimación de biomasa de *Pinus cembroides* Zucc.** II Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros. México. pp: 211-220.
- Ludevid, A. M. 1998. **El cambio global en el medio ambiente: introducción a sus causas**. Madrid: Boixareu. 99 p.
- Mo S, Liang S. 1990. **Regression analysis of stem girth and dry weight of aerial parts of rubber tress**. Chinese of Tropical Crops, 1:73:82
- Morrissey W, Justus J. 1998. **Global climate change**. Washington: Committee for the National Institute for the Environment. 18 p. www.enie.org.
- Ortiz, R. 1997. **Costa Rican secondary forest: an economic option for joint implementation initiatives to reduce atmospheric CO₂**. Draft paper presented for inclusion in the Beijer Seminar in Punta Leona. Costa Rica. 19 p.
- Philip, M. 1994. **Mesuring trees and Forests**. 2nd edition. CAB International Wallingford, Oxon, UKG. 254 p.
- Prebble, C. 1998. **Cambios climáticos: el factor bosque**. *Actualidad Forestal Tropical* (Boletín de la OIMT) 6(1): 2-5.
- Rahaman W. y Sivakgumaran E. 2001. **Studies of carbon sequestration in rubber**. Malaysian Rubber Board 4: 5-20.
- Ramírez O.; Gómez M. y Shultz S. 1997. **Valuing the contribution of plantation forestry to the national accounts of Costa Rica from the ecological economics perspective**. Beijer Research Seminar. Costa Rica. 28 p.
- Rivera, A. 1999. **La cumbre de Bonn apremia a ratificar el Protocolo de Kgyoto: la conferencia prepara acuerdos definitivos para el año 2000**. EL PAIS, viernes 5 de noviembre de 1999.
- Rojo M G.; J Jasso M.; J J Vargas H.; A Velázquez M.; D J Palma L. 2003. **Predicción de la producción de látex en plantaciones comerciales de hule (*Hevea brasiliensis* Müll Arg.) en Oaxaca, México**. Rev. Fitotec. Mex. 26 (3):183-190.
- Russo, R. 1983. **Mediciones de biomasa en sistemas agroforestales**. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza- CATIE. Turrialba, Costa Rica. 27 p.
- SAS Institute Inc. 1992. **System for regresion**. Cary, NC USA. 210 p.
- Sedjo, R. 1990. **The global carbon cycle: are the forest the missing sinkg?**. *Journal of Forestry* 88(10): 33-34.

- Tans P, Fung Y, Takghasshi T. 1990. **Observational constraints on the global atmospheric CO₂ budget.** *Science* 247: 1431-1447.
- UNFCCC. 2002. **Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.** (En línea). Disponible en [http:// unfccc.int/resource/docs/convkgp/convesp.pdf](http://unfccc.int/resource/docs/convkgp/convesp.pdf) (17 de julio de 2002).
- Bailey, R.L. 1980. **The potential of Weibull-type fuctions as flexible growth curves: discusion.** *Canadian Journal of Forest Research*, 10: 117-118.
- Biging., G.S. Wensel, L.C. 1985. **Improved estimates of site index curves using a varying parameter model.** *For. Sci.* 31(1):248-259.
- Madrigal Collazo, A., Álvarez González, J.G., Rodríguez Soalleiro, R.J., Rojo Alboreca, A. 1999. **Tablas de producción para los montes españoles.** Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid. 253 p.
- Payandeh, B. Wang, Y. 1994. **Modified site index equations for major canadian timber species.** *Forest Ecology and Management.* 64: 97-101.
- SAS INSTITUTE INC. (1999). *SAS/STAT™ User's Guide, Release 8th. Edition.* Cary. N.C. USA.
- Clutter, J. L.; J.C. Fortson; L.V. Pienaar; J. H. Bristery y R. L. Balley. 1983. **Timber management a quantitative approach.** John Wiley. New York. 333 p.
- Draper, N.R. y H. Smith. 1981. **Applied regression analysis.** Second Edition. Wiley Series *In: Probability And Mathematical Statistics.* USA. 709 p.
- Ratkowsky, D.A. 1983. **Nonlinear regression modeling a unified practical approach.** Volume 48. Marcel Dekker. New York. 276 p.
- SAS INSTITUTE INC. 1999. *SAS/STAT™ User's Guide, Release 8.0 Edition.* Cary. N.C. US.
- Vanclay, J.K. 1994. **Modelling forest growth and yield; applications to mixed tropical forest.** Centre for Agriculture and Bioscienses International. Wallingford, U.K. 312 p.

***“EL CULTIVO DEL HULE
EN MÉXICO”*** Libros
Técnicos: Serie Forestal. Se
terminó de imprimir en enero
de dos mil once. Se tiraron mil
ejemplares en los talleres de la
imprensa universitaria.

DIRECTORIO DEL COLEGIO DE POSTGRADUADOS



Dr. Félix V. González Cossio
Director General

Dr. Francisco Gavi Reyes
Secretario Académico

Dr. Jesús Vargas Hernández
Director del Campus Montecillo

Dr. Miguel Caballero Deloya
Director de Vinculación

Dr. Enrique Rubiños Panta
Subdirector de Vinculación

Dra. María Cristina López Vargas
Subdirectora de Educación

Dr. Fernando Gómez Merino
Director de Investigación

Dr. Gustavo Ramírez Valverde
Subdirector de Investigación

Lic. Manuel Carrillo Jara
Subdirector Administrativo

Esta investigación, arbitrada por pares académicos,
se privilegia con el aval de la institución coeditadora.



**Cuerpo Académico Desarrollo Sustentable
Universidad Autónoma Indígena de México**

ISBN: 968-899-345-1

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA INDÍGENA DE MÉXICO

uaim

Toda la Gente, Todos los Pueblos

Simen Yoemia, Simen Pa?lia Yole'men