

12



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

EVALUACION DASOMETRICA DEL ARBOL DEL HULE (Hevea brasiliensis Muell. Arg.), CON RELACION A LAS CONDICIONES EDAFICAS, EN LA REGION DEL PAPALOAPAN, EN EL ESTADO DE OAXACA.

300377

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERA AGRICOLA PRESENTA: MARINA FARIAS BAUTISTA

ASESOR: M. en C. EDVINO J. VEGA ROJAS



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES
ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO D.
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Evaluación Dasométrica del Arbol del Hule (Hevea brasiliensis Muell Arg.)

con Relación a Las Condiciones Edáficas, en la Región del Papaloapan en el
Estado de Oaxaca."

que presenta la pasante: Marina Farias Bautista

con número de cuenta: 9556297-9 para obtener el título de :

Ingeniera Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 9 de Julio de 2001

PRESIDENTE Ing. Juan R. Garibay Bermúdez
VOCAL M.C Edvino J. Vega Rojas
SECRETARIO Q. celia E. Valencia Islas
PRIMER SUPLENTE Ing. Adolfo José M. Ochoa Ibarra
SEGUNDO SUPLENTE Ing. José Manuel Arrijoa Guerrero

[Handwritten signatures of the board members]

Evaluación Dasométrica del Árbol del Hule (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.), con Relación a las Condiciones Edáficas, en la Región del Papaloapan, en el Estado de Oaxaca.



Plantación de hule de 3 años de edad.

DEDICATORIA.

A mi DIOS por todos los regalos tan hermosos que he recibido, por permitirme conocer a personas tan maravillosas que de manera directa o indirectamente participaron en la realización de este trabajo, asimismo disfrutar de las cosas sorprendentes que surgen día a día y darme la bendición tan grande de contar con una familia como la mía.

A mis padres: Domingo Farias y Marina Bautista de Farias.
Por todo su cariño y consejos, su apoyo incondicional, el permitir que realizara un sueño y sobre todo por que los amo.

A mis hermanos: Juan Domingo F, Veronica F, Gerardo F, y Luis G. F.
Por todo su amor, una vida compartida a su lado, por todos los momentos amargos y felices que compartimos, y sobre todo por su apoyo incondicional en este largo trayecto.

A la memoria de: mi abuelito Rafael Farias, mi amigo Marcos, la profesora Guadalupe B.

A toda mi familia que a pesar de ser muy grande, sabemos darnos la mano.

Al Profesor Edvino J. Vega por su cariño y buenos consejos.

A mis profesores, por ser una parte importante en mi formación como profesionista y dar lo mejor de ellos.

A Gustavo E. Rojo, por todos sus consejos, la gran amistad que me regalo y su apoyo incondicional.

A mi sobrino Mijail Jitskii Farias

A mis cuñados Alejandra y Sergei por su cariño.

A la persona que amo, apareciendo en mi vida dándome todo su apoyo y ocupando un lugar muy importante en mi corazón, por quien guardo un profundo respeto y admiración.

AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán del cual estoy orgulloso de ser egresado y a todos mis profesores él haberme dado la oportunidad de adquirir una formación profesional, en especial al profesor Edgar Omelas, Javier Carrillo, Arturo Ortiz, Arturo Aguirre, Hilda Carina, Rosa Navarrete, Raúl Espinosa, Aurora Vásquez y Armando Aguilar.

A los profesores e integrantes del jurado Juan R. Garibay, Edvino J. Vega, Celia E. Valencia, Adolfo J. Ochoa y José M. Arrijoja, cuya experiencia y conocimientos compartidos fueron fundamentales para la realización de este trabajo.

Al licenciado Luis Vicente Echeverría Zuno, Secretario Técnico del Consejo Mexicano del Hule A. C., él haberme apoyado económica y darme la oportunidad de adquirir conocimientos en actividades agrícolas del cultivo del hule, así como a todos mis compañeros y amigos del consejo y muy en especial al Ing. Cesar E. Aguirre Ríos por todos su apoyo y consejo.

A los técnicos SINDER, a los comisarios ejidales, productores de hule y campesinos de Tuxtepec, Oaxaca, en especial a Juan Daniel, Juan Carlos, Filiberto, Mora, Fernando, Felix, Alberto, Elvira y Maritsa por su amistad.

A mis amigos: Alejandra, Margarita, Marcela, Elizabeth, Viki, Rosario, Xochitl, Manuel, Gonzalo, Juan H., Juan R., José C., Juvenal, Héctor C., Marco, Pedro, Medellín, Oscar, Chepe, Arturo y Jesús por todos los momentos compartidos y permitir que compartiera con ellos alegrías, tristezas y brindarme su apoyo.

A la generación 16 va, 20 va. y 22, a mis amigos de la carrera de Ingeniería Agrícola.

A los muchachos de café Raúl y Sergio,

RESUMEN

Las zonas tropicales se tiene una diversidad de plantas y animales, además de ser consideradas áreas con un potencial para el sostenimiento de plantaciones forestales, pero que desafortunadamente el hombre se ha empeñado en destruirlas poniendo en peligro la permanencia de las mismas, sin embargo, estas áreas podrían ser aprovechadas para el establecimiento de plantaciones comerciales; existiendo varias especies que se pueden emplear con este fin como la teca, cedro, pino, caoba, eucalipto y hule. Donde podemos poner nuestra atención en el cultivo del hule, por las cualidades que presenta y por el valor que tiene el látex siendo este el producto de interés, así como el aprovechamiento de la madera, y se puede intercalar con otros cultivos hasta que el árbol del hule entre a la etapa de explotación.

Si consideramos que nuestro país en los últimos años ha importado más del 95 por ciento del consumo interno, por lo que se puede justificar ampliar las áreas destinadas a este cultivo. México tiene cuatro estados importantes potenciales Veracruz, tabasco, Oaxaca y Chiapas, sin embargo para el presente trabajo, sólo se considero el estado de Oaxaca, ya que a pesar del dominio de los bosque y selvas en el territorio oaxaqueño, el espacio que ocupan se ve cada vez más reducido, ante el avance de las áreas dedicadas a la agricultura y ganadería, por lo cual estas áreas podrían destinarse al establecimiento de plantaciones forestales comerciales.

Por lo que el presente trabajo tomó a la región del Papaloapan en Oaxaca como una zona representativa de la explotación del árbol del hule, dicha zona por sus condiciones de precipitación puede ser dividida en zona de alta y zona de mediana precipitación, en donde se quiere saber si existe una diferencia en cuanto al desarrollo que presentan los árboles de hule establecidos en estas zonas, y marcar si se tiene una posible correlación con alguna características físicas y químicas de los suelos, por lo que dicho trabajo tuvo como objetivo; caracterizar en forma dasométrica el árbol del hule y la correlación que existe con las principales características físicas y químicas de los suelos, en que se desarrolla y comprobar si existe diferencia en los ritmos de crecimiento en las zonas donde se establecieron plantaciones de hule en la región del Papaloapan en Oaxaca. Para llevar a cabo dicho objetivo, se consultaron los registros de precipitación, así como la realización de las siguientes mediciones: altura total, diámetro a altura de pecho, profundidad de la corteza, proyección de copa norte- sur y este-oeste, y altura de fuste, también se realizaron análisis físicos y químicos de los suelos, donde las variables de interés fueron: densidad aparente, densidad real, espacio poroso, textura, nitrógeno, fósforo, potasio, pH, capacidad de intercambio catiónico y materia orgánica, en las zonas de alta y la de mediana precipitación, siendo los rangos considerados la etapa de producción por la que atraviesa.

Asimismo para la parte de comparación se realizó el análisis de la prueba de t de student, y la correlación con el programa SAS. Por lo que se llegó a concluir que estadísticamente existía diferencia significativa en altura total, grosor de

corteza, proyección de copa norte-sur, proyección de copa este-oeste y la altura de fuste; en la etapa de producción joven y máxima producción. Para las correlaciones obtuvimos que existe una asociación elevada con algunas variables, además que se aprecia que en la zona de mediana precipitación se tienen los mejores suelos, por lo cual se recomienda que antes del establecimiento de una plantación se debe realizar un estudio de la calidad de sitio en donde la prioridad la tiene el clima y las características del suelo.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria.

Agradecimientos

Índice de gráficas.

Índice de figuras.

Índice de cuadros.

Índice de anexos.

Introducción.....	1
Objetivos.....	2
Hipótesis.....	3
1. Revisión de literatura.....	4
1.1. Historia del hule.....	4
1.1.1. Antecedentes históricos del cultivo de hule en México.....	5
1.2. Origen.....	5
1.3. Especies conocidas regionalmente como hule.....	6
1.4. Clasificación taxonómica.....	6
1.5. Estructura Morfológica.....	7
1.5.1. Raíz.....	7
1.5.2. Tallo.....	9
1.5.3. Hoja.....	11
1.5.4. Flor.....	13
1.5.5. Fruto.....	14
1.5.6. Semilla.....	15
1.6. Requerimientos ambientales.....	16
1.6.1. Temperatura.....	16
1.6.2. Precipitación.....	16
1.6.3. Radiación solar.....	17
1.6.4. Vientos.....	18
1.6.5. Terrenos aptos para la plantación.....	18
1.6.6. Relieve.....	18
1.6.7. Profundidad.....	19
1.6.8. Características físicas del perfil del suelo.....	19

1.7. Producción de plantas injertadas.....	20
1.8. Semillas y formación del semillero.	20
1.8.1. Recolección de la semilla	20
1.8.2. Cama de germinación.....	20
1.9. Producción de tocones en viveros de piso.....	21
1.9.1. Ubicación del vivero	21
1.9.2. Preparación del terreno	21
1.9.3. Clones	21
1.9.4. Época de siembra	21
1.9.5. Distribución de siembra en vivero	22
1.9.6. Riego	22
1.9.7. Selección de la planta patrón.....	22
1.9.8. Fertilización.....	22
1.9.9. Control de malezas	23
1.10. Vivero para la producción de plantas en bolsa de polietileno	23
1.10.1. Selección y preparación del terreno.....	23
1.10.2. Tipo de bolsa.....	23
1.10.3. Transplante.....	23
1.10.4. Control de maleza	23
1.10.5. Fertilización.....	24
1.10.6. Injertación	24
1.11. Jardín de multiplicación.....	25
1.12. Establecimiento y manejo de plantaciones en desarrollo.	25
1.13. Manejo de plantaciones en producción	27
1.14. Apertura del tablero de pica y equipo de recolección de látex	28
1.14.1. Profundidad de pica.....	29
1.14.2. Longitud de corte.....	29
1.14.3. Número y altura de corte	29
1.14.4. Sentido de la pica	30
1.14.5. La estimulación, factor de intensificación.....	30
1.14.6. Manejo para la producción en campo	30
1.14.7. Recolección de látex	31
1.14.8. Coagulación del látex.....	31
1.14.9. Control de maleza	31

1.15. Aspectos fitosanitarios del cultivo	31
1.15.1. Enfermedades que afectan el cultivo del hule.....	31
1.15.2. Plagas que afectan a las plantas en vivero.....	35
1.16. Dasometría en plantaciones.....	35
1.16.1. Medición directa, cálculo y estimaciones	40
1.16.2. Crecimiento e incremento del árbol	40
1.16.3. Análisis troncal	40
1.16.4. Medición de altura.....	41
1.16.5. Medición de diámetro	41
1.16.6. Medición de corteza.....	42
1.16.7. Realización del muestreo.....	42
1.17. Descripción de los principales tipos de suelo, en la zona productora de hule en Oaxaca	43
1.17.1. Regosol	44
1.17.2. Litosol	44
1.17.3. Cambiosol	45
1.17.4. Acrisol	45
2. Materiales y métodos.	46
2.1. Descripción del área de estudio.	46
2.1.1. Localización.	46
2.1.2. División municipal.....	46
2.1.3. Medio físico.....	46
2.1.4. Precipitación.....	46
2.1.5. Temperatura	48
2.1.6. Vegetación.....	48
2.1.7. Suelos.....	48
2.2. Especie estudiada	48
2.3. Zona de estudio.....	48
2.4. Método de muestreo	49
2.5. Medición de árboles.....	49
2.5.1. Medición de altura.....	49
2.5.2. Medición de diámetro	49
2.5.3. Medición de corteza	49

2.5.4. Proyección de copas.....	49
2.6. Análisis físicos y químicos de los suelos	50
2.6.1. Determinaciones físicas	50
2.6.1.1. Textura	50
2.6.1.2. Densidades	50
2.6.2. Determinaciones químicas	51
2.6.2.1. Nitrógeno	51
2.6.2.2. Fósforo	51
2.6.2.3. Potasio	51
2.6.2.4. pH del suelo	51
2.6.2.5. Capacidad de intercambio catiónico	51
2.6.2.6. Materia orgánica	51
2.7. Procesamiento de datos.....	52
3. Resultados y discusión.	53
3.1. Análisis de gráficas	53
3.2. Prueba de Student "t" para la comparación de medias.....	66
3.3. Análisis de correlación	73
4. Conclusiones.	77
5. Recomendaciones.....	79
6. Literatura citada	80
7. Anexos.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1.- Plantaciones de hule de 2 años de edad.....	6
Figura 2.- Proyección vertical (A) y horizontal (B) de un sistema radicular de hule de cuatro años	8
Figura 3.- Corte transversal de la corteza del tallo de hule.....	9
Figura 4.- Hoja de <i>Hevea brasiliensis</i>	12
Figura 5.- Fruto y semilla de <i>Hevea brasiliensis</i>	15
Figura 6.- Vivero de hule en bolsas de polietileno	24
Figura 7.- Cultivo intercalados, plantación de naranjo y hule.....	27
Figura 8.- Tablero de pica y recolección de látex en árbol de hule.....	28
Figura 9.- Equipo de medición.....	44
Figura 10.- Localización de la región del Papaloapan	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Enfermedades de la raíz del hule	32
Cuadro 2.- Enfermedades foliares del hule	33
Cuadro 3.- Enfermedades del tronco y ramas.....	36
Cuadro 4.- Plagas que afectan a las plantas en vivero.....	37
Cuadro 5.- Plagas que afectan a plantaciones definitivas	39
Cuadro 6.- Clasificación textural para la zona de estudio	63
Cuadro 7.- Comparación de altura de la etapa vegetativa de 1 a 7 años, de las zonas de alta y mediana precipitación	66
Cuadro 8.- Comparación de altura de la etapa de producción joven de 8 a 17 Años, de las zonas de alta y mediana precipitación	66
Cuadro 9.- Comparación de altura de la etapa de máxima producción de 18 a 42 años, de las zonas de alta y mediana precipitación	67
Cuadro 10.- Comparación del diámetro de la etapa vegetativa de 1 a 7 años, de las zonas de alta y mediana precipitación	67
Cuadro 11.- Comparación del diámetro de la etapa de producción joven de 8 a 17 años, de las zonas de alta y mediana precipitación.....	67
Cuadro 12.- Comparación del diámetro de la etapa de máxima producción de 18 a 42 años, de las zonas de alta y mediana precipitación.....	68
Cuadro 13.- Comparación de grosor de la corteza de la etapa vegetativa de 1 a 7 años, de las zonas de alta y mediana precipitación	68
Cuadro 14.- Comparación de grosor de la corteza de la etapa de producción joven de 8 a 17 años, de las zonas de alta y mediana precipitación	69
Cuadro 15.- Comparación de grosor de la corteza de la etapa de máxima producción de 18 a 42 años, de las zonas de alta y mediana precipitación	69
Cuadro 16.- Comparación de la proyección de copa norte – sur de la etapa vegetativa de 1 a 7 años, de las zonas de alta y mediana precipitación	70
Cuadro 17.- Comparación de la proyección de copa norte – sur de la etapa de producción joven de 8 a 17 años, de las zonas de alta y mediana precipitación	70

Cuadro 18.- Comparación de la proyección de copa norte – sur de la etapa de máxima producción de 18 a 42 años, de las zonas de alta y mediana precipitación	70
Cuadro 19.- Comparación de la proyección de copa este – oeste de la etapa vegetativa de 1 a 7 años, de las zonas de alta y mediana precipitación	71
Cuadro 20.- Comparación de la proyección de copa este – oeste de la etapa de producción joven de 8 a 17 años, de las zonas de alta y mediana precipitación	71
Cuadro 21.- Comparación de la proyección de copa este – oeste de la etapa de máxima producción de 18 a 42 años, de las zonas de alta y mediana precipitación	71
Cuadro 22.- Comparación de altura de fuste de la etapa vegetativa de 1 a 7 años, de las zonas de alta y mediana precipitación.....	72
Cuadro 23.- Comparación de altura de fuste de la etapa de producción joven de 8 a 17 años, de las zonas de alta y mediana precipitación	72
Cuadro 24.- Comparación de altura de fuste de la etapa de máxima producción de 18 a 42 años, de las zonas de alta y mediana precipitación....	72
Cuadro 25.- Análisis de correlación de la zona de alta precipitación, etapa vegetativa	73
Cuadro 26.- Análisis de correlación de la zona de alta precipitación, etapa de máxima producción	74
Cuadro 27.- Análisis de correlación de la zona de mediana precipitación, etapa vegetativa.....	74
Cuadro 28.- Análisis de correlación de la zona de mediana precipitación, etapa de producción joven	75
Cuadro 29.- Análisis de correlación de la zona de mediana precipitación, etapa de producción máxima	76

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.- Comparación de altura total de las plantaciones de hule, de 1 hasta 42 años de edad, de su establecimiento hasta el año de medición.....	54
Gráfica 2.- Comparación del diámetro de las plantaciones de hule, de 1 hasta 42 años de edad, de su establecimiento hasta el año de medición.....	54
Gráfica 3.- Comparación del grosor de corteza de las plantaciones de hule, de 1 hasta 42 años de edad, de su establecimiento hasta el año de medición.	55
Gráfica 4.- Comparación de altura de fuste de las plantaciones de hule, de 1 hasta 42 años de edad, de su establecimiento hasta el año de medición.	56
Gráfica 5.- Comparación de la proyección de copa norte – sur de las plantaciones de hule, de 1 hasta 42 años de edad, de su establecimiento hasta el año de medición.	56
Gráfica 6.- Comparación de la proyección de este - oeste de las plantaciones de hule, de 1 hasta 42 años de edad, de su establecimiento hasta el año de medición.....	57
Gráfica 7.- Contenido de nitrógeno de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad	58
Gráfica 8.- Contenido de fósforo de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad	58
Gráfica 9.- Contenido de potasio de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad	59
Gráfica 10.- Contenido de materia orgánica de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad	60
Gráfica 11.- pH del suelo, de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad.....	61

Gráfica 12.- Capacidad de intercambio catiónico, de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad	61
Gráfica 13.- Contenido de limos, de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad	62
Gráfica 14.- Contenido de Arcillas, de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad	62
Gráfica 15.- Contenido de arenas, de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad	63
Gráfica 16.- Densidad aparente de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad	64
Gráfica 17.- Densidad real de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad.....	64
Gráfica 18.- Espacio poroso de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad.	65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de correlación de la zona húmeda, etapa vegetativa.	84
Anexo 3. Análisis de correlación de la zona húmeda, etapa de máxima Producción	85
Anexo 5. Análisis de correlación de la zona mediana precipitación, etapa Vegetativa	86
Anexo 7. Análisis de correlación de la zona mediana precipitación, etapa de producción joven	87
Anexo 9. Análisis de correlación de la zona mediana precipitación, etapa de máxima producción	88
Anexo 11. Resultados de los análisis físicos y químicos de la zona de alta precipitación	89
Anexo 12 Resultados de los análisis físicos y químicos de la zona de mediana precipitación	92

INTRODUCCIÓN

Los bosques juegan un papel muy importante en el sostenimiento de los estándares de la calidad de vida, puesto que proporcionan un gran número de beneficios tangibles e intangibles, también son componentes básicos de los ecosistemas mundiales, sin embargo, el crecimiento de la demanda de madera ocasionado por el aumento de la población mundial ha puesto en peligro la permanencia de los mismos, por lo que grandes áreas forestales se pierden anualmente como consecuencia de la tala inmoderada de los bosques, estas áreas destruidas podrían ser aprovechadas con plantaciones forestales comerciales, pero desafortunadamente en nuestro país el establecimiento de plantaciones forestales, se ha limitado principalmente a la protección de áreas degradadas y poco son los ejemplos que sean destinados con fines comerciales.

Las zonas tropicales de México son de gran importancia para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales comerciales, debido a que se presentan las siguientes características: reciben grandes cantidades de energía solar, cuentan con temperaturas altas y constantes a lo largo del año, se tienen precipitaciones abundante anuales y que aunado con las condiciones favorables del suelo que las caracterizan permiten un crecimiento adecuado de las especies arbóreas.

El gobierno federal a través del programa de plantación forestal puede ser la base para aprovechar el potencial de las regiones tropicales y establecer plantaciones, existen varias especies importantes como son: teca (*Tectona grandis*), cedro (*Cupressus benthami*), Pino (*Pinus caribea*), Caoba (*Swicthia macrophyly*), eucalipto (*Eucaliptus spp.*) y hule (*Hevea brasiliensis*). De las cuales, el cultivo del hule es una especie de mayor prioridad, por que representa una de las mejores opciones para el sureste de México por su capacidad de reforestar productivamente los suelos que han sido perturbados por el hombre sobre todo en los años recientes.

Una plantación comercial de hule, proporciona productos como: recursos maderables (leña, tablonés), recursos no maderables (látex) y recursos intangibles (energía, oxígeno), considerando que el mundo moderno vive en la edad de acero y camina sobre hule, quizá mejor conocido en forma de neumáticos, suelas, mangueras, pegamentos, objetos deportivos, aislantes, entre otros, ya que se pueden elaborar más de 40 mil artículos, de ahí la importancia que tiene el látex que se extrae del árbol del hule cuando entra a la fase productiva.

Debido a la importancia que tiene la producción de látex el cual depende del manejo que se da a las plantaciones de hule, no podemos pasar por alto, que la productividad esta relacionada directamente con la absorción y disponibilidad de los nutrientes, por lo que un productor puede hacer muy poco para modificar los factores climáticos, de modo que los esfuerzos que se hacen para incrementar la productividad de una plantación de hule se concentran en

el manejo y control de los nutrientes, el árbol de hule requiere suelos profundos, fértiles, permeables para su mejor desarrollo, considerando que se nutren fuertemente, debido a que se eliminan cantidades apreciables de elementos nutritivos por el sangrado continuo durante la vida productiva de los árboles.

Actualmente, México cuenta con un potencial de 250 000 hectáreas con las condiciones edáficas y climáticas óptimas para la explotación de este cultivo, pero sólo se aprovechan 14,088 hectáreas aproximadamente, de las cuales 4,918 hectáreas se encuentran en desarrollo y 9,170 hectáreas en producción, encontrándose distribuidas en los estados de Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Veracruz, con una producción estimada de 10,000 toneladas de hule seco por año, con un rendimiento promedio de 833 kilogramos de hule seco por hectárea por año. En el Estado de Oaxaca se tiene una superficie total de 4,022 hectáreas, con una superficie en desarrollo de 668 hectáreas y una superficie en producción de 3,354 hectáreas.

En la zona hulera del Papaloapan en Oaxaca, es marcada la cantidad de lluvia que precipita, por lo que puede ser dividida en zona de alta y mediana precipitación, así mismo los suelos que ahí se encuentran presentan características diferentes.

Por lo anteriormente expuesto es importante realizar una investigación que nos permita comparar el desarrollo de las plantaciones de hule en ambas zonas, además de obtener una posible correlación entre el suelo y el fenotipo del árbol del hule, y poder inferir en que condiciones se presenta un mejor crecimiento. Para lo cual se plantearon los siguientes objetivos.

Objetivo general.

Caracterizar en forma dasométrica el árbol del hule (*Hevea brasiliensis* Mull Arg.) y la correlación que existe con las principales características físicas y químicas de los suelos en que se desarrolla y comprobar si existe diferencia en los ritmos de crecimiento en las zonas donde se establecieron plantaciones de hule en la región del Papaloapan en Oaxaca.

Objetivos particulares.

Conocer el desarrollo dasométrico que han tenido las plantaciones de hule de diferentes edades en la zona de alta y mediana precipitación.

Conocer la correlación que existe entre el crecimiento de los árboles de hule con las características físicas y químicas del suelo.

Hipótesis.

Conociendo la relación entre la precipitación, el suelo y el fenotipo de las plantaciones de árboles de hule, podremos indicar en que zona se presenta un mejor crecimiento.

Conociendo las variables adáficas que presentan una correlación positiva con el crecimiento del árbol del hule, entonces se podrán hacer recomendaciones para un mejor manejo de los suelos donde están establecidas.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Historia del hule

Después del descubrimiento del hule por Colón y los últimos exploradores españoles de los siglos XV y XVI, el hule permaneció completamente desconocido para los mercados europeos hasta que el astrónomo de la Condamine mandó muestras de una misteriosa sustancia elástica a Francia desde Perú, en 1736 que él llamó "Caoutchove" (una equivalencia fonética del nombre indígena) (Ochse, *et al.*, 1976).

La primera mención de una especie de *Hevea* fue en Guayana Francesa en 1747. El árbol que los exploradores encontraron en las tierras bajas de la cuenca del Amazonas fue posteriormente referido al género *Hevea*. La demanda de hule obtenida de diversas especies silvestres y manufacturado en impermeables, botas y otros artículos, permaneció pequeña antes de la invención de la vulcanización en 1839 por Sir Herry Goodyear en los Estados Unidos de América y los mejoramientos realizados por Hancock, en Inglaterra, así la vulcanización, o sea la aplicación de calor a mezclas de azufre y hule crudo, revolucionó la industria de la noche a la mañana (Ochse, *et al.*, 1976).

Para 1860, debido al manejo que se daba para explotar el hule, como la inadecuada mano de obra disponible, las constantes amenazas que sufrían las junglas por las enfermedades y los destructivos métodos de sangrado, traería como consecuencia dificultades a futuro para la explotación del hule, Hooker y Markham en el año de 1870 investigaron la posibilidad de introducir árboles de hule a la India, para establecer fuentes de abastecimiento más estable, y al realizarse la combinación de los precios cada vez más atractivos para el hule y en contraste una serie de desastres en cultivos como el té, cacao y tabaco que constituyeron la fuerza impulsora que llevó a muchos propietarios de plantaciones en 1897 a convertir sus propiedades en plantaciones de arboles de hule, casi por el mismo tiempo se hicieron plantaciones más pequeñas de hule en la India de los géneros *Ceara* y *Castilloa*, sin embargo, el área plantada con *Hevea* creció más rápidamente en Malaya que en Indonesia los primeros años después de 1900 (Ochse, *et al.*, 1976).

A pesar de un incremento explosivo en superficie entre 1904 y 1910, la producción de hule de plantaciones permaneció baja durante la primera década del siglo XX, puesto que el hule que era extraído de las selvas de Brasil era preferido por los manufactureros estadounidenses y europeos debido a su supuesta calidad más uniforme y a su mayor calidad, pero para 1912 Brasil era incapaz de producir el suficiente hule para satisfacer la demanda por lo que el hule del Lejano Oriente fue aceptado, y en 1938, casi el 97% del hule natural producido en el mundo provenía de Malasia, Indonesia, Ceilán y otros países del Lejano Oriente, que para el año de 1950 producían el 95%, y a partir de 1922 en adelante, varias compañías huleras y automotrices establecieron pequeñas plantaciones en las Filipinas, Liberia, Congo Belga, Centro y Sudamérica y Oceanía. En muchos casos, se han usado otras especies de *Hevea brasiliensis* (Ochse, *et al.*, 1976).

1.1.1. Antecedentes históricos del cultivo del hule en México

En el país la producción de hule natural proveniente de *H. brasiliensis* se inició a fines del siglo XIX, después de que durante siglos sólo fue una labor de recolección de la especie *Castilloa elastica* o "árbol mexicano de hule", cuya finalidad principal era la confección de objetos y la celebración de juegos ceremoniales por parte de culturas precolombinas que habitaron la zona tropical, asimismo durante la época precolombina, los habitantes de América consideraban al hule natural como una sustancia de carácter religioso, el olli o ulli de los aztecas, olmecas y mayas simbolizaba la sangre o fuerza de la vida, cuya importancia se subrayaba en la ceremonia de los juegos de pelota, estas pelotas se exigían básicamente como pago del tributo impuesto a los pueblos dominados, los aztecas también lo usaron como impermeabilizante para prendas de vestir y para fabricar botellas almacenadoras de agua (Picón *et al.*, 1997).

A pesar de estas últimas aplicaciones, en Europa, durante siglos, se le aplicó en forma industrial el proceso impermeabilizante desarrollado por los aztecas y más tarde pasó a ser una mercancía en un mercado de crecimiento explosivo, gracias a los descubrimientos y aplicaciones desarrollados principalmente por Hanckock, Goodyear y Dunlop los cuales incrementaron el consumo de 23 toneladas en 1830 a poco más de 119 mil toneladas en 1914 (Picón *et al.*, 1997).

En México, los antecedentes del cultivo se remontan a 1882 cuando compañías inglesas y holandesas establecieron las primeras plantaciones en los municipios de Tezonapa, en Veracruz; Ojiltán y Santa María Chimalapa en Oaxaca y Tecpatán en Chiapas, durante el periodo de 1895 a 1910 se establecieron 2,000 hectáreas en la hacienda "El Corte" y 500 en "La Esmeralda", localizadas en la zona ístmica de Veracruz y Oaxaca pero fueron abandonadas como consecuencia del movimiento revolucionario mexicano de esa época (Picón *et al.*, 1997).

1.2. Origen

El hule *Hevea brasiliensis*, es nativo de las selvas ecuatoriales de la cuenca baja del río Amazonas en la República del Brasil, el género *Hevea* se restringe a sudamérica, principalmente en el valle de las amazonas que se encuentra al sur de dicho río, al norte del amazonas sólo existe una pequeña área, y al oeste de Manaos, aunque Ducke (1964) la reportó fuera del área del amazonas, en Matto Grosso, en Bolivia, y en la región Peruana de la Madre de Dios, se encuentra en altiplanicies bien drenadas en la que se han encontrado diferentes ejemplares. El árbol de *Hevea brasiliensis* se introdujo al continente Asiático en 1876, a través de los jardines reales de Kew en Londres, donde germinaron 2,700 de las 70,000 semillas recolectadas por Sir Henri Wickham, la recolección de semillas fue únicamente de *H. brasiliensis*, a pesar de la existencia de otras cinco especies de *Hevea* (Hernández, 1998).

1.3. Especies conocidas regionalmente como hule

En el Sureste de México se conocen tres especies conocidas regionalmente como hule, la primera *Castilloa elastica*, especie originaria de Mesoamérica, y que en tiempos de florecimiento de la cultura Olmeca y Maya se utilizó para la elaboración de un sin número de objetos propios de la cultura, incluidos la elaboración de pelotas y revestimiento de algunos otros objetos. Actualmente esta especie se ha dejado de cultivar por la baja producción de látex fresco y seco, sustituyéndose por otras de mayor productividad, sin embargo, los árboles que se encuentran en forma silvestre son conservados por el amplio uso que presentan (Aguirre, 1996).

Otra especie de hule es el *Ficus elastica*, de uso sólo a escala regional y para fines de uso local, entre las comunidades del Sureste. En este caso, debido a la baja producción de la misma, no se cultiva bajo ninguna circunstancia y los árboles que existen se emplean mayormente por su carácter de ornamental en patios, jardines, avenidas, parques y demás. En este sentido, el uso de árboles para la obtención de látex se ha sustituido con fines ornamentales, ya que sus anchas hojas, lustrosidad y color la hacen más vistosa y llamativa (Aguirre, 1996).

Por último la especie de hule conocida en el Sureste de México es *Hevea brasiliensis* Mull Arg., especie introducida de Sudamérica y de la cual existen grandes plantaciones para la obtención de hule seco para diversos usos en la industria llantera, automotriz, calzado, eléctrica e industria farmacéutica, entre otras (Aguirre, 1996).

1.4. Clasificación taxonómica

1.4.1. Taxonomía

Reino: Vegetal.
Subreino: Fanerogamas.
Clase: Angiospermas.
Orden: Euphorbiales.
Familia: Euphorbiaceae.
Genero: *Hevea*
Especie: *brasiliensis* Muell. Arg.
Nombre común: Hule.



Figura 1. Plantación de hule de 2 años de edad.

El género *Hevea* pertenece a la familia Euphorbiaceae la cual incluye otras importantes plantas tropicales cultivadas como *Ricinus* (higuerilla) y *Manihot* (yuca) entre otras. Estudios recientes basados en el reconocimiento del material silvestre y en observaciones citológicas sugieren la existencia de sólo nueve especies, de las cuales las más importantes son *H. brasiliensis*, *H. spruceana*, *H. benthamiana*, *H. guianensis*, *H. pauciflora* y *H. rigidifolia*. La más importante de ellas es *H. brasiliensis* Muell. Arg., por su participación con el 99 por ciento en la producción mundial de hule natural, además el valor de las otras especies radica en su utilidad para trabajos de mejoramiento genético, adoptando resistencia a enfermedades foliares, del tallo y raíz o resistencia a vientos, mayor vigor, etc.

1.5. Estructura morfológica

1.5.1. Sistema radicular

La raíz del *Hevea* es pivotante que alcanza 3 metros de profundidad a los tres años, y sus raíces laterales de 7 a 10 metros de largo (Picón *et al.*, 1997). El desarrollo de la raíz pivotante como el de las raíces laterales depende del carácter genético de cada individuo, así como del método con que fueron sembradas las plantas jóvenes y el tipo de suelo donde son establecidas, la proliferación más importante de raicillas de un 30 a 60% del total de ellas teniendo lugar en el horizonte superior del suelo. Esta proliferación decrece rápidamente con la profundidad; a una profundidad de 35-45 cm, en la mayoría de los casos, ésta representa únicamente un 10% de la totalidad. Los elementos minerales contenidos en los primeros 50 cm representan las reservas limitadas en las cuales el *Hevea* podrá provisionarse para edificar su estructura (Compagnon, 1998).

La raíz pivotante entre sus principales funciones es el suministro de agua en época seca, presentando un número muy limitado de raíces pivotantes secundarias que adquiere su forma típica cuando la semilla germinada se siembra directamente y su longitud, cuando el suelo es profundo, puede alcanzar e incluso sobrepasar 5 m a los 15 años (Figura 2), las zonas de grava compacta densas o un manto freático son obstáculos para el progreso de las raíces pivotantes. Sin embargo, las raíces laterales con sus múltiples raicillas proporcionan la nutrición mineral, en los árboles adultos, las raíces laterales principales se sitúan alrededor de la raíz pivotante a una distancia generalmente inferior a 35-40 cm del cuello, su longitud puede alcanzar 10 m o más y sus zonas de desarrollo se confunden, considerándose que el desarrollo del sistema radicular esta en conjunto con la edad de los árboles, la calidad del suelo, y más prácticamente, sobre el volumen y la densidad del conjunto de raicillas y su distribución en el suelo, además que una función importante de ambos tipos de raíces es garantizar al árbol un anclaje sólido al suelo (Aguirre, 1996).

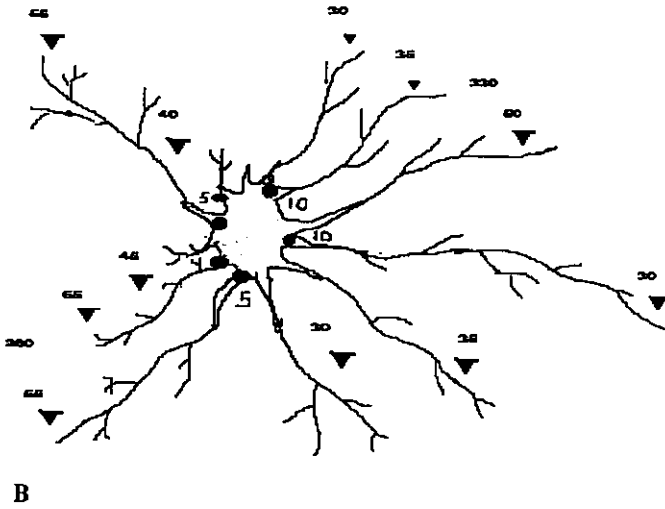
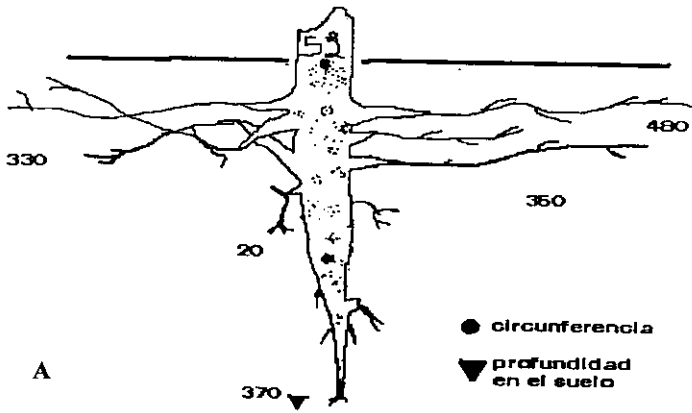


Figura 2. Proyección vertical (A) y horizontal (B) de un sistema radicular de hule de cuatro años.

1.5.2. Tallo

El tallo se forma de la médula central, a partir de la cual se desarrollan los tejidos del xilema o madera y en cuya parte exterior inmediata se encuentra un tejido de células generatrices conocidas como cambium, del cual se origina la corteza del árbol hacia la parte más externa (Compagnon, 1998). Asimismo es el grupo de tejido de mayor importancia en el árbol, aquí se obtiene la mayor producción de látex y existe la posibilidad de realizar una explotación continua y sistemática (Picón *et al.*, 1997).

La corteza del tronco se explota y pica cuando el tronco alcanza una circunferencia juzgada suficiente (en principio 0.5 m de circunferencia a 1 m del suelo). Ciertos clones pueden entrar en producción a los 5 años de edad mientras que otros deberán esperar 7 años. La corteza virgen esta constituida por: corcho, que en árboles clonales representa menos del 10 por ciento del grosor total de la corteza y usualmente es más suave que los árboles de pie franco, en los cuales el corcho es duro y constituye un tercio del total de la corteza; Feloderma, son capas celulares formadas a partir de una base generatriz subero-felodérmica, que produce células corticales hacia el interior y hacia el exterior; Corteza dura, se forma por un gran número de células pétreas, entre ellas se localizan los tejidos parenquimosos y hacia el límite interior una mezcla de vasos laticíferos; Corteza suave, se forma por células del floema, las cuales son responsables del transporte de sustancias orgánicas; células parenquimosas, con funciones de almacenamiento de alimento y haces de vasos laticíferos (Figura 3) (Picón *et al.*, 1997).

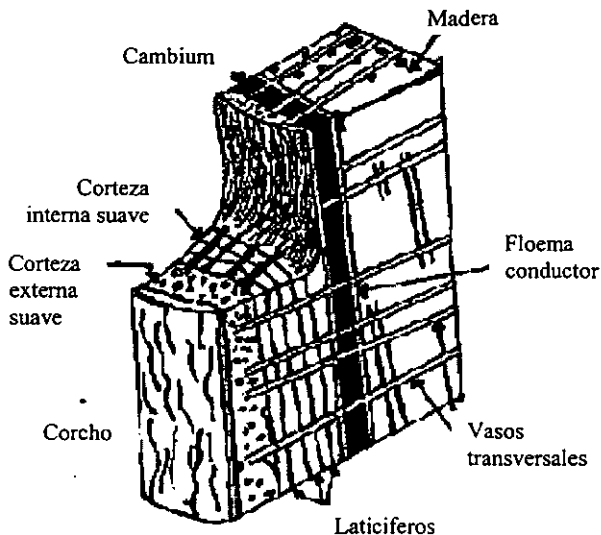


Figura 3. Corte transversal de la corteza del tallo del hule (Picón, et al., 1997).

Algunas de las generalidades anatómicas de la corteza indicadas por Picón *et al.*, en 1997 son: 1). Los vasos se originan de la fusión de células vecinas, las cuales pierden sus paredes celulares cuando alcanzan la madurez. 2). La célula de los vasos se originan en el cambium, debido a esto los vasos laticíferos se agrupan en círculos concéntricos. 3). Los vasos laticíferos se concentran transversalmente y presentan una inclinación en relación con el eje vertical del tallo. 4). El aspecto externo de la corteza depende de las condiciones ambientales, y la estructura interna de factores hereditarios. 5). En los árboles de pie franco, el número de círculos concéntricos disminuye con la altura del tallo y en los de origen clonal, permanecen constantes en toda su extensión. 6). El grosor de la corteza varía de 7 a 15 milímetros dependiendo de clon de que se trate y de la edad del árbol. En los árboles clonales, el grosor de la corteza varía muy poco con la altura mientras que en los de pie franco la variación es hasta de un 70 por ciento.

El crecimiento del sistema aéreo de *Hevea* se caracteriza por su carácter rítmico, es más 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, sin embargo en la fase de latencia y de crecimiento se suceden alternativamente. El ciclo puede distinguirse a lo largo del eje aéreo, de abajo hacia arriba, por lo que se ha convenido llamar unidad de crecimiento y está formada por (Compagnon, 1998):

1. Una zona compuesta primero por hojas bloqueadas en una fase precoz de su formación que juega un papel de escama protectora del meristemo, y luego de las hojas igualmente reducidas, los brotes axilares de las primeras son poco visibles, los brotes axilares de las segundas son un poco más desarrollados que los de las hojas escamosas.

2. 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.

El ciclo morfogénico que resulta en la formación de cada unidad de crecimiento se cumple en cuatro nudos (Compagnon, 1998):

1. Fase A: brote de las hojas, escamas perforadas en el brote terminal y constituyéndolo se abre y la nueva unidad de crecimiento aparece.
2. Fase B: crecimiento, elongación rápida de los entrenudos separados de las escamas.
3. Fase C: maduración foliar que comienza desde la fase anterior, donde los limbos experimentan un crecimiento rápido siendo colgantes, de color verde claro y muy flácidos.

En las fases B y C, las hojas son muy vulnerables a algunas enfermedades.

4. Fase D: dormancia, esta fase inicia cuando los limbos se endurecen y empieza a enderezarse.

La primera ramificación aparece en el eje primario al cabo de la fase llamada juvenil de la planta, mientras que un árbol joven tiene cerca de dos años y

alcanza 2 m, en *Hevea* injertado, el eje proveniente del injerto no presenta esta fase juvenil y las ramificaciones pueden aparecer desde la primera unidad de crecimiento, considerando que para la pica se requiere un tronco liso y parejo, los cultivos jóvenes son objeto de una poda sistemática de los brotes hasta aproximadamente 2 m de alto, por lo que las ramificaciones no son visibles en campo clonales hasta los 2 m o más, de igual manera que en las plantaciones de pie franco (Compagnon, 1998).

Los factores que de algún modo influyen en el crecimiento de cada individuo y por lo tanto de cada clon según Compagnon, 1998 son: 1) factores climáticos, 2) los que dependen de las condiciones de establecimiento y de mantenimiento de la plantación, 3) los que intervienen en la explotación y 4) por último algunas enfermedades.

1. De los primeros, tenemos la disponibilidad de agua para las raíces, su efecto es modulado por las características físicas del suelo, su capacidad de retención sobre todo, considerando que por encima de cierto umbral de sequía, el crecimiento se detiene y los brotes terminales se mantienen en el estadio de dormancia. Cuando la temperatura presenta un descenso en promedio, el crecimiento disminuye. La luz (horas sol) influye más en los árboles de *Hevea* jóvenes que vegetan a la sombra.

2. Factores dependientes de las condiciones de siembra, intervienen como para cualquier otra planta. Cierta nivel de fertilidad así como el espacio vital dejado a cada individuo para desarrollarse, es decir, la densidad de plantación. Un espaciamiento más grande resulta en un aumento del crecimiento y la capacidad de producción individual de los árboles, pero el potencial de producción por unidad de superficie de plantación disminuye.

3. La entrada en pica del *Hevea*, esta determinada en gran medida por el crecimiento de los árboles ya que cuando estos son explotados, entre los cinco y seis años de edad, el crecimiento anual en circunferencia, que puede situarse en unos 10 cm para clones vigorosos, podrá caer bajo el efecto de la pica hasta un nivel de 3 a 5 cm anuales. La disminución de la tasa de crecimiento depende del sistema de pica aplicado y de su intensidad, a primera vista puede parecer que la tasa de crecimiento disminuye conforme va aumentando la producción.

4. Agentes patógenos que atacan las hojas jóvenes y provocan defoliaciones prematuras más o menos intensas, estas defoliaciones según su intensidad y su frecuencia, implican retrasos de crecimiento más o menos importantes y en casos extremos pueden llevar un agotamiento total del árbol.

1.5.3. Hojas

Las hojas se distribuyen en espiral, son trifoliadas y dentro de los brotes las más viejas son más grandes y con pecíolos más largos que las del final, el pecíolo mide de 2 a 7 centímetros de largo, aunque su tamaño más común es de 15 centímetros, los folíolos varían en sus formas de elípticos a ovados, son enteros con base aguda y ápice acuminado, de color verde oscuro en el haz y

verde pálido y glaucos en el envés. De manera general las hojas en su conjunto y de sus componentes (folíolo, pecíolo), así como sus variaciones intraespecíficas, pueden utilizarse para la identificación de clones en la juventud y sobre todo en los jardines de multiplicación de varetas donde eventuales errores al momento de la injertación son muy perjudiciales (Compagnon, 1998).

Las plantas de hule crecen en forma de brotes periódicos acompañados de la formación de ciclos de hojas, las cuales al caer dejan pequeñas cicatrices en el tallo. Cada uno de los ciclos de las hojas forman los nudos (coronas) del tallo, con sus respectivos entrenudos que varían según el clon. En cada ciclo, las hojas tiernas se encuentran en posición colgante, con una coloración bronceada rojiza; a medida que maduran incrementan su tamaño, se tornan de color verde y al final quedan en posición horizontal, cuando alcanzan su madurez y empiezan a jugar un papel importante en la fotosíntesis, el botón apical se vuelve turgente y cambia del color café al verde brillante, lo cual indica el inicio del nuevo brote (Figura 4), la nervadura central y sus primeras ramificaciones son muy visibles en la parte inferior de la hoja, subdividiéndose en una red de nervaduras cada vez más discretas, las cuales garantizan la asimilación de agua y de minerales, el transporte de los productos de la fotosíntesis (Aguirre, 1996).



Figura 4. Hoja de *Hevea brasiliensis*

Los vasos laticíferos se encuentran en la región del floema de la nervadura, que son capaces de alimentarse directamente en las células asimiladoras. El látex se compone cerca de 95% de agua y de hidrocarburos caucho, este último está formado a partir de los productos del catabolismo de la sucrosa,

por lo que es evidente que la producción de látex, y por lo tanto de caucho, dependen estrechamente de las funciones fisiológicas de las hojas (Compagnon, 1998), entre ellas: 1). fotosíntesis de la cual depende la elaboración de los glúcidos, 2). transpiración que contribuye a la asimilación mineral de cualquier planta por su acción sobre la subida de la savia, también actúa sobre su equilibrio hídrico.

Es muy claro que los cultivos cuyo follaje se encuentra afectado por enfermedades de hojas sufren bajas de producción en relación con el avance de la enfermedad, asimismo el *Hevea* pierde sus hojas y las renueva cada año, así cada ciclo vegetativo anual se manifiesta claramente en un *Hevea* adulto (Compagnon, 1998).

En el hemisferio norte, la senescencia de las hojas se hace manifiesta en diciembre y la defoliación, empieza a finales de enero y la refoliación inicia a finales de febrero, de su aparición a su caída la hoja experimenta una evolución de su actividad biológica, en la que se distinguen tres periodos: 1). Un período de crecimiento, 2). Un período de madurez de dos a tres meses, y 3). Un período de envejecimiento, sin embargo defoliación y refoliación pueden encontrarse un poco declaradas en el tiempo, según el material vegetal y bajo el efecto de condiciones particulares locales, además de las características genéticas del material, el escalonamiento respectivo de los dos fenómenos diferentes según los clones, algunos clones se mantienen completamente deshojados durante algunos 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 de manera muy irregular, 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 seca marcada que implica un crecimiento disminuido y con la entrada en pica de los árboles, la homogeneidad de la invernación se acentúa notablemente (Compagnon, 1998).

1.5.4. Flores

La floración interviene en la temporada seca después de la caída de las hojas, con la aparición de nuevos ciclos foliares, este período se caracteriza por el perfume que impregna la atmósfera de las plantaciones bastante parecido al del jazmín. La duración de la floración es bastante breve, del orden de 2 semanas para un mismo árbol, ésta podrá escalonarse sobre aproximadamente dos meses para la totalidad de los árboles del mismo clon, este fenómeno varía según el tipo de clon, ya que en algunos existe un segundo período de floración dos o tres meses después de la época de floración normal. Una pica intensiva avanza la fecha de floración y parece determinar una segunda floración. En cuanto a la edad de floración, se ha observado en general que el *Hevea* presenta sus primeras floraciones a los cuatro o cinco años de edad, incluyendo eventualmente un año de vivero, esta es muy variable dependiendo del material vegetal (Aguirre, 1996).

Las flores masculinas y femeninas se agrupan en una inflorescencia en forma de racimo. Las flores femeninas se presentan en estado aislado y únicamente en las extremidades del eje principal de los ramos laterales primarios, y eventualmente, en los ramos laterales secundarios. Las flores masculinas están repartidas en la parte terminal del eje principal y en la totalidad de las ramificaciones del racimo, las cuales están sostenidas por un corto pedúnculo, agrupadas en ramilletes de tres a siete flores en general, que están unidos al eje o a las ramificaciones del racimo por un pedúnculo corto, encontrándose una flor femenina por unas cincuenta flores masculinas y aun estando presentes en un mismo racimo estas no maduran al mismo tiempo (Compagnon, 1998).

Las flores masculinas y femeninas se presentan como pequeñas campanillas de aproximadamente 4 mm de largo de promedio. La envoltura de las flores masculinas está directamente inserta en el pedúnculo. Las flores Masculinas y femeninas no tienen más que una única envoltura total, considerada como un cáliz y formada por 5 sépalos, por lo que estas flores no tienen pétalos, y por ende no tienen corola. Las flores son de color amarillo cuando alcanzan la madurez. Las flores femeninas, presentan algunas diferencias clonales en la forma y el tamaño. El ovario ocupa casi toda la flor y esta constituido por tres carpelos unidos, que contienen un único óvulo, el estigma está inserto en el eje directamente sin el pedúnculo. Está recubierta de una sustancia húmeda, que le permite retener el polen que llega a él, después de la apertura de la flor, el estigma se seca y se vuelve color café, el ovario toma igualmente este color oscuro y se hincha unos días después de haber sido fecundado (Picón et al., 1998).

Los granos de polen de forma triangulada miden alrededor de 10 a 40 μ de largo y de espesor, el contenido celular presenta una presión osmótica del orden de veinte atmósferas, lo que los hace más frágiles al agua (estallido del polen). La fecundación es entomófila (provocada por los insectos que transportan el polen), también puede ser anemófila (provocada por el viento), así la fecundación cruzada es la regla general del *Hevea*. La polinización artificial hizo su aparición en los años 30, época en la cual las primeras plantaciones de *Hevea* injertado llegaban a su madurez, constituye el único medio de obtener semillas llamadas "legítimas", cuyo parentesco masculino sea conocido con certeza, la tasa de éxito de la polinización artificial, son muy variables según las cruza practicadas que en promedio son bajas (Compagnon, 1998).

1.5.5. Fruto

Es una cápsula que presenta tres o cuatro celdillas conteniendo cada una semilla, solo tarda algunos días después de la fecundación para que el fruto comience su formación (Figura 5), la envoltura del fruto alcanza su tamaño definitivo aproximadamente tres meses después de la fecundación, manteniéndose verde y rica en látex hasta quince días a un mes antes de su dehiscencia, después se seca y se vuelve amarillenta, en la madurez es dura y

no puede quebrarse sin riesgo para las semillas que contienen. En el momento de la dehiscencia, el fruto estalla con un ruido de rompimiento seco según la línea mediana de cada una de las celdillas y las semillas son proyectadas hasta a unos diez metros o más (Aguirre, 1996).

1.5.6. Semilla

La semilla es generalmente de redonda a ovoide, sus dimensiones son variables de 2 a 2.5 cm como máximo y su peso según los clones, puede variar en promedio de cuatro a seis gramos, el tegumento es duro, su parte extrema es lisa y brillante cuando la semilla es fresca, presenta dibujos oscuros que se destacan netamente sobre un fondo blanquecino o café claro, el tegumento de la semilla esta formado a partir del tegumento del ovario, por ende constituye células propias del árbol madre que sostenía la flor femenina, así mismo los ornamentos, la coloración, la forma y las dimensiones de la semilla, variables dependiendo de los individuos y los clones (Figura 5) (Compagnon, 1998).

La epidermis de la cara interior del tegumento interno está constituida por una capa de células que se lignifican hacia el final del periodo de madurez y son responsables de la dureza de la envoltura de la semilla. El micrópilo, es una superficie circular de aproximadamente 4 mm de diámetro, las células no se lignifican, en este punto se encuentra una apertura cubierta de una membrana no lignificada; es el poro de germinación de la semilla madura, entre el tegumento interno y la almendra se encuentra un tejido fino esponjoso conteniendo aire, que da ligereza a la semilla y le permite flotar (Aguirre, 1996).

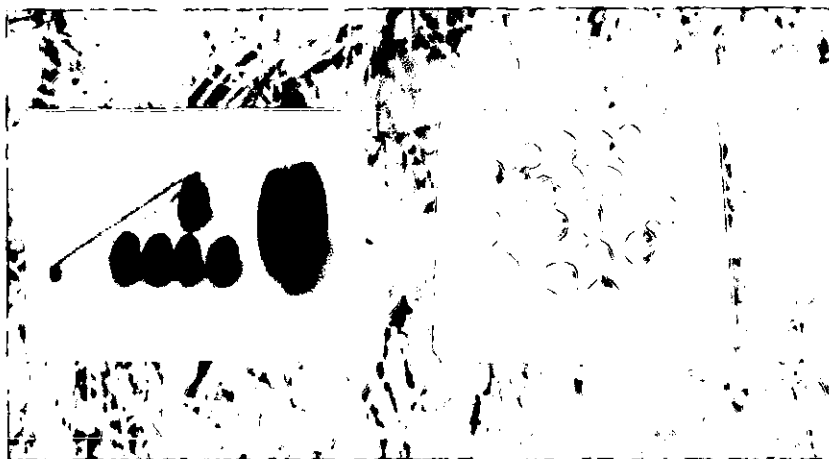


Figura 5. Fruto y semilla de *H. brasiliensis*

La almendra está formada de albumen que ocupa la mayor parte, la cual constituye un tejido de reserva el cual contiene almidón y aceite, estas reservas alimentan a la plántula desde la germinación hasta el momento en que puede bastarse a sí misma. El endospermo está formado por una capa delgada de células situadas entre el albumen y los cotiledones del embrión. El embrión constituido por la gémula, por la radícula orientada hacia el poro germinativo y por los dos cotiledones: éstos ocupan la totalidad de la superficie del plano mediano de la semilla (Compagnon, 1998).

1.6. 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 óptimo. El árbol del hule se desarrolla bien en los denominados Aw (tropical cálido subhúmedo; lluvias en verano), hasta los Am (tropical húmedo; con lluvias en invierno) (Picón *et al.*, 1997).

1.6.1. Temperatura

Para el género *Hevea* se considera una temperatura media anual de 25° C de forma general, la cual es la temperatura media a nivel del mar en las regiones situadas entre el ecuador y los 10 y 12 grados de latitud norte o sur, en donde se encuentra la gran mayoría de las plantaciones, por el contrario las temperaturas inferiores a los 20° C tienen inevitables efectos que limitan el crecimiento, estos efectos están relacionados con otros que limitan el crecimiento como son: las secas en regiones de latitudes mayores o de condiciones de suelo más mediocres, es recomendable que las plántulas no sean expuestas a temperaturas inferiores a los 14 - 15° C durante su germinación. Lo que refiere al rendimiento, la temperatura forma parte de los factores climáticos que constituyen el flujo del látex en el momento de la pica, con unas cuantas excepciones *Hevea* se cultiva en las tierras que se encuentran entre los 10° N y 10° S de latitud, estando las áreas más productivas dentro de 6° del Ecuador (Picón *et al.*, 1997).

1.6.2. Precipitación

Para que los árboles puedan asegurar un crecimiento suficiente, es indispensable que se den ciertas condiciones de precipitación, por otra parte, un déficit hídrico es una limitante de la producción, las lluvias demasiado abundantes aumentan el riesgo de perturbación de la pica y de pérdidas accidentales de la producción. Debido a la importancia de la precipitación Compagnon (1998) la considera bajo tres aspectos:

1. Precipitación anual: nivel de la lluvia de 1,800 a 2,500 mm por año que son considerados como valores medios que satisfacen las exigencias de *Hevea* y de su explotación, dependiendo de la distribución de las lluvias, de la duración de la época de seca y de la retención de agua del suelo, por lo que puede existir un retraso en el crecimiento o que surjan dificultades serias en el momento de

la siembra. Es prudente considerar como marginales aquellas regiones en donde la media anual es inferior a 1,800 mm, salvo información muy favorable en lo que concierne la distribución de lluvias y la calidad del suelo, existen zonas con una pluviometría media de 1,600 mm con mínimas de 1,300 mm y una distribución desigual implicando una temporada seca muy marcada, la cual permite una heveicultura muy próspera, pero esto sólo es posible gracias a un suelo volcánico, arcilloso y profundo, que permite una buena retención de agua. Precipitaciones anuales demasiado elevadas presentan problemas para la recolección debido a las picas perturbadas, pero en general los riesgos de pérdida de producción aumentan cuando la precipitación aumenta, al igual que un periodo muy abundante de lluvia provoca ataques de hongos que demandan curaciones costosas y pueden tener efectos desfavorables en la producción.

2. Distribución de las lluvias a lo largo del año: la irregularidad de esta distribución se traduce en periodos de seca más o menos largos, que están ligados a la latitud y se repite con regularidad en la misma época, a la inversa, ciertos periodos pueden caracterizarse por una precipitación excesiva. La época de siembra presenta un peligro muy serio si no se cuidan algunos riesgos que presenta, como el incendio debido a la acumulación de hojas o a una vegetación reseca, así como considerar a la planta que es usada como cobertera y una buena técnica de mantenimiento es primordial en las zonas con temperaturas secas marcadas.

3. Distribución de las lluvias a lo largo del día: cuando se prevé desarrollar plantaciones de árboles de hule en una región, es importante considerar en ésta la distribución de las lluvias durante el día, ya que en regiones tropicales la mayoría de las veces las lluvias ocurren durante la tarde y se prolongan hasta entrada de la noche, lo que es más compatible con los métodos de explotación. Las lluvias que duran hasta la madrugada o incluso todo el día retrasan o impiden la pica, lo que afecta a la producción. Una precipitación pluvial anual de 2,000 a 4,000 mm más o menos igualmente proporcional durante el año se considera ideal, la cantidad anual de días lluviosos debe ser de 100 a 150, puesto que es difícil operar la plantación, cuando la pica se realiza sobre una corteza aún muy húmeda, el látex se coagula en algunos puntos del canal, provocando derrames de látex sobre el tronco, lo que provoca menor calidad y una pérdida en la producción.

1.6.3. Radiación solar

En general, el número de horas de sol por año aumenta del ecuador hacia los trópicos, resultando bastante variable ya que en el ecuador puede ser inferior a 1,500 horas/año, sin embargo, a una latitud de 5° frecuentemente es superior a las 2,500 horas/año. Es normal que una insuficiente radiación solar recibida por el *Hevea* pueda ser una limitante en la producción, pero no se conocen los umbrales críticos (Compagnon, 1998).

1.6.4. Vientos

Hevea es un árbol que se fractura más o menos fácilmente, por lo que los vientos pueden causar pérdidas significantes, por tal motivo los clones que son seleccionados por su productividad, algunos han demostrado tener una mejor resistencia a los vientos y son los que de preferencia deben plantarse, pero no se debe descartar que existen muchas regiones donde los vientos son sumamente violentos y ningún *Hevea* resistiría (Aguirre, 1996).

De manera general Compagnon en 1998 cita dos tipos de situaciones en la zona intertropical:

1. La situación más frecuente es donde las tormentas vienen acompañadas de ráfagas de viento de hasta 100 km/h, en general, estas ráfagas son de corta duración y muchas veces preceden las lluvias, lo que permiten a las coronas de los árboles resistir y no reciben la mayor fuerza sobre superficies grandes, asimismo la topografía local puede influir, identificando zonas más expuestas que otras, durante el establecimiento de las plantaciones, hay que tener en cuenta el sentido en que corren los vientos violentos, para orientar las líneas de árboles en este sentido.

2. La situación geográfica en donde (con frecuencia variable) vastas regiones sufren del paso de grandes depresiones tropicales llamadas tifones o ciclones, en estas zonas, vientos violentos sobrepasan los 150 km/h y pueden soplar durante varias horas sobre grandes frentes, mientras llegan lluvias torrenciales que agregan al riesgo de fractura el de desenraizamiento de los árboles.

1.6.5. Terrenos aptos para la plantación

El árbol del hule es menos exigente que otros cultivos tales como cacao o el café, a reserva de aportar los elementos fertilizantes que necesita, puede presentar rendimientos aceptables donde otros cultivos podrían ser rentables, sin embargo el *Hevea* tiene sus exigencias propias. A grandes rasgos los aspectos favorables y desfavorables de los factores que intervienen en la aptitud de los suelos de las plantaciones de hule, esencialmente son: el relieve, la profundidad, la estructura y la textura del perfil del suelo y sus características químicas (Compagnon, 1998).

1.6.6. Relieve

El *Hevea* se puede plantar en terrenos accidentados como en terrenos planos, sin embargo los terrenos planos o de pendiente ligera son más favorables, la preparación y el mantenimiento del terreno no se puede hacer con medios mecánicos cuando la pendiente es superior a 10-15%, sin embargo los terrenos con pendientes deben de 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. Cuando la pendiente es superior a 4-5%, se recomienda sembrar en curvas de nivel,

siendo recomendable evitar plantar en pendientes superiores a 25-30% (Aguirre, 1996).

1.6.7. Profundidad

El sistema radicular de *Hevea* es a la vez pivotante y radial. El volumen de alimentación explotado por las raíces laterales depende de la profundidad del suelo, el buen desarrollo de las raíces pivotantes también es importante para un mejor anclaje del árbol y mejorar las posibilidades de aprovechamiento de agua de la planta durante la temporada de secas. La profundidad del suelo está limitada por la roca madre, o por la capa freática, pero también por capas muy densas de fragmentos 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, la profundidad más favorable para el árbol de hule es de 1-1.5 m, y una profundidad aproximadamente de 1m es aceptable e incluso buena si las características físicas del suelo son convenientes, pero con profundidades de 0.80 a 1 metro, el riesgo de desenraizamiento es mayor para árboles adultos; sin embargo, puede ser conveniente para viveros si el suelo tiene pocos elementos gruesos (Compagnon, 1998).

1.6.8. Características físicas del perfil de suelo

Los suelos juegan un papel esencial en la fertilidad frente a *Hevea*, sin embargo un perfil con características desfavorables son los de textura demasiado ligera, así como la presencia de fragmentos gruesos. Un suelo arcilloso con un contenido mayor a 55% de arcilla en su capa superior ofrece condiciones muy favorables para el *Hevea* a reserva de que esté bien aireado. En regiones de fuertes temporadas secas, el contenido de arcilla debe ser de 40 a 50% de arcilla a muy arcilloso para que responda a las exigencias del *Hevea*. En las zonas donde el clima no es muy marginal, una textura areno-arcillosa con 25-40% de arcilla presenta buenas condiciones. Una textura areno-arcillosa con 15-25% de arcilla corresponde a condiciones límites, o mediocres, con temporadas secas de mediana importancia. Una textura areno-arcillosa se debe desechar si la ligereza del suelo no se compensa con una buena profundidad, asegurando un anclaje suficiente al árbol (Compagnon, 1998).

Para el tipo de suelo, éste debe ser con menos de 15° de pendiente y ligeramente ácido (pH de 4.0 a 6.5), los suelos alcalinos o neutros no son adecuados para el cultivo del hule, las plantas de hule prospera sobre los diferentes tipos de suelos existentes en el trópico húmedo, aunque su mejor desarrollo se obtiene en los Luvisoles y Acrisoles, profundos, con buen drenaje.

Asimismo se distinguen dos clases de factores generales en el cultivo de hule, que unidos influyen decisivamente la productividad: factores intrínsecos (las clases de material de plantación) y factores ambientales (clima, suelo y condiciones simbióticas), cuatro aspectos que son de importancia básica en el

establecimiento de una plantación mencionados por Picón *et al.*, (1997) sí son industrias son: 1). Topografía, 2). Situación en relación con las facilidades de transporte, 3). Disponibilidad de mano de obra y 4). Costos de desarrollo y de cultivo.

1.7. Producción 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, convirtiendo a la propagación vegetal en el único método que retiene dichas características en la progenie, este es un proceso asexual en que las plantas se multiplican por partes vegetativas. 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 solo 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 (Picón *et al.*, 1997).

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 color café e injerto en verde. Los viveros para la producción de patrones según Aguirre (1997), pueden ser de dos tipos: 1. Los de piso, que originan dos materiales de siembra; tocón con yemas dormidas y raíz desnuda y el tocón con brotes clonales desarrollados durante 18 meses; y 2. Los viveros de bolsa de polietileno, en los que producen materiales de siembra avanzadas 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 el terreno o a las bolsas de polietileno, según sea el caso para ser injertadas posteriormente.

1.8. Semilla y formación del semillero

1.8.1. Recolección de la semilla

Generalmente se realiza durante los meses de septiembre a diciembre, pero se deben tomar en cuenta las características de cada región en particular. Una buena semilla se caracteriza por su brillo y peso de tres a cuatro gramos, considerando que el periodo de viabilidad es corto, por lo que resulta inconveniente almacenarlas por más de 10 días, ya que el porcentaje de germinación disminuye considerablemente (Aguirre, 1996).

1.8.2. Cama de germinación

De un metro de ancho, 20 centímetros de alto y lo largo que se requiera, con tierra completamente suelta y arena o aserrín. Al sembrar la semilla, la parte

redondeada se coloca hacia arriba y la parte angular hacia abajo, con una separación de 0.5 centímetros entre ellas, posteriormente la semilla se cubre parcialmente con tierra, arena o aserrín, se deja apenas visible la parte superior, la cual se cubre con pasto seco y se riega diariamente. El periodo de germinación varía de cinco a 15 días, generalmente las de mayor vigor germinan primero (Aguirre, 1996).

1.9. Producción de tocones en vivero de piso

1.9.1. 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 la precipitación es escasa y se necesitan riegos de auxilio (Solís *et al.*, 1997).

1.9.2. 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 ganso"; o bien sus raíces presentan diversas deformaciones, por lo cual no sirven para injertarse.

Para la preparación del suelo correcta Solís *et al.*, 1997 indica que es necesario:

1. Una limpieza total de la parcela y eliminación de todo el resto de la antigua vegetación.
2. Un subsoleo hasta 50 – 60 cm de profundidad.
3. Un barbecho hasta de 30 cm de profundidad.
4. Tres rastreos, dos en sentido perpendicular a la pendiente.
5. Una aplicación de herbicida pre-emergente al menos 15 días antes de la siembra.

1.9.3. Clones

Los clones sugeridos para su siembra comercial en Veracruz son: IAN-710, IAN-873, IAN-754, RRIM-600, RRIM-527 Y GU-204; para Oaxaca IAN-873 e IAN-710; y para Tabasco los malayos PB 5/51 y PB 5/63, así como el clon brasileño IAN-710 (Picón *et al.*, 1997).

1.9.4. Época de siembra

La semilla debe trasladarse al vivero cuando comience a germinar y antes de que la raíz alcance 1 centímetro de longitud; así ésta 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, permite mantenerlas húmedas, la época adecuada para sembrar el vivero es del 15 de septiembre al 15 de noviembre, aunque este período se puede alargar hasta el 30 de noviembre, siempre y cuando se cuente con semilla y agua suficiente para los riegos de auxilio, conviene utilizar una macana o espeque y una vara marcada con las distancias 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. El mismo día en que se siembra el vivero, debe establecerse un pequeño semillero, para que 10 días después se resiembre en las fallas existentes (Picón *et al.*, 1997).

1.9.5. Distancia de siembra en vivero

Esta varía según el tipo de material de plantación que se desee obtener. Para tocones con yemas dormidas y raíz desnuda se sugiere sembrar a 50 x 50, 60 x 30 ó 60 x 15 centímetros, con las que se obtienen densidades de 34,572; 48,096 plantas por hectárea respectivamente (Picón *et al.*, 1997).

1.9.6. Riego

Considerando que las necesidades de agua es de 120 mm al mes, se efectúan dos riegos de 15 mm por semana en complemento con la pluviometría local y en las horas menos calurosas del día, el sistema de riego más recomendado es por aspersión, en caso de practicarse un riego directo a la bolsa, ésta tiene que recibir un promedio de 6 litros/mes, además se debe dar un seguimiento estricto, si consideramos la rapidez del crecimiento y el volumen de tierra de que disponen las plantas (Solís *et al.*, 1997)

1.9.7. 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 dañadas por enfermedades y plagas o de escaso vigor en su crecimiento.

1.9.8. Fertilización

Deben fertilizarse tres veces durante su ciclo. La primera aplicación se realiza a los 60 días de edad, para lo cual se utiliza 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 dos a tres centímetros; conviene iniciar su aplicación cuando el primer ciclo de hojas esté maduro y evitarla 30 días antes del injerto (Picón *et al.*, 1997). Se recomienda efectuar un análisis de suelo para ajustar la dosis de fertilización en función de cada situación

1.9.9. Control de malezas

Mantener las plantas de hule libre de malezas durante los primeros 60 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.

1.10. Vivero para la producción de plantas en bolsa de polietileno

1.10.1. Selección y preparación del terreno

Para establecer este tipo de vivero, se deben tener terrenos cuya pendiente no sea mayor al 2 por ciento y cuyo suelo tenga una fertilidad de mediana a alta. Así como de contar con sistema de riego bien establecido, preferentemente de aspersión que permita satisfacer la demanda de agua de la planta. El sustrato que se utiliza es del terreno mismo que ocuparan las bolsas (Figura 6). El suelo que se ocupa en el llenado de la bolsa de polietileno, preferentemente deberá cernirse, aunque se puede omitir esta labor (Picón *et al.*, 1997).

1.10.2. Tipo de bolsa

Se recomienda utilizar bolsas de polietileno con dimensiones de 18-20 centímetros de diámetro y con 40-45 centímetros de altura, las cuales tienen una capacidad aproximada de 8-10 kilogramos de sustrato, es necesario que el polietileno de las bolsas sea del calibre 400, pigmentado y sin materiales reciclados en su fabricación, para asegurar su duración por más de 12 meses, tiempo estimado desde el llenado de la bolsa hasta el traslado del material vegetativo al terreno definitivo. Para el llenado de la bolsa, se sugiere realizarla entre los meses de abril y mayo, época con menos riesgos de lluvia, lo cual facilita el llenado de las bolsas y mejora la calidad de esta práctica, las bolsas de polietileno con el sustrato deberán de colocarse en el terreno sobre zanjas, con una profundidad aproximada de 15 centímetros, en hileras dobles dejando 70 centímetros entre ellas para facilitar la realización de diversas labores (Aguirre, 1996).

1.10.3. Transplante

El transplante de la semilla germinada proveniente de los semilleros deberá de hacerse de la misma forma que en los viveros de piso, pero en este caso deberán colocarse dos semillas por bolsa, lo que permite seleccionar la más sana (Solís *et al.*, 1997).

1.10.4. Control de maleza

La maleza presente en el sustrato de las bolsas deberán eliminarse en forma manual y las que incidan en el espacio entre las hileras dobles se deberán de controlar con azadón (Solís *et al.*, 1997).



Figura 6. Vivero de hule en bolsas de polietileno.

1.10.5. Fertilización

Se recomienda aplicar fertilizante foliar después de que hayan emergido las primeras hojas de las plantas, esta operación deberá repetirse cada 10-12 días hasta 20 días antes de realizar el injerto. También se recomienda aplicar fertilizante foliar después de recortar las copas de las plantas patrón, sobre las hojas de los brotes clonales, lo que favorece el vigor y el desarrollo de los mismos. Adicionalmente se puede aplicar fertilizante al sustrato de las bolsas, sólo que disuelto en agua, en forma de solución nutritiva (Picón *et al*, 1997).

1.10.6. Injertación

Deberá efectuarse entre los cinco y siete meses después del trasplante y es deseable hacerlo con la técnica del injerto en verde. El material vegetativo que se obtendrá de los viveros en bolsa de polietileno serán plantas con brotes clonales desarrollados con tres ciclos de hojas maduras, las cuales tienen gran potencial de prendimiento y buen desarrollo al establecerse en el lugar definitivo (Picón *et al.*, 1997).

1.11. 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 planta, para duplicar la producción de yemas (Picón *et al.*, 1997).

Para la realización de este injerto en café según Picón *et al.*, 1997, el vivero debe reunir las siguientes condiciones: 1). Humedad suficiente en el suelo para un buen flujo de savia en la planta y facilitar el despegue de la corteza. 2). 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 vareta portayemas y los patrones se desinfectan y el injerto se hace a 5 centímetros del suelo.

En caso del Injerto en verde: para obtener el "tocón" de yema 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 requieren 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 a una altura de 1.2 metros, tratando de que la poda este a 5 centímetros por encima de las cicatrices foliares formadas por un ciclo de hojas (Picón *et al.*, 1997).

Al realizar la práctica de injerto se presentan algunas ventajas, por ejemplo cuando se realiza en café, el material injertado puede permanecer en el vivero por más de 12 meses, sin disminuir el porcentaje de prendimiento cuando 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 (Picón *et al.*, 1997).

1.12. 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 adecuada y oportunamente, cuyo resultado serán plantaciones con desarrollo óptimo y con rendimientos aceptables desde el inicio de la producción. Según Picón, *et al.*, 1997 Las etapas por la que se atraviesa para un buen manejo y establecimiento son:

1. Preparación del terreno, en donde 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.

2. Trazo de la plantación, la finalidad de esta práctica es colocar las plantas en forma simétrica dentro de las plantaciones definitivas; los pasos son los siguientes: marcar las líneas principales a lo largo del terreno. Trazar las líneas perpendicularmente 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 las líneas a lo largo y ancho del polígono. Conviene orientar las calles en el sentido de los vientos dominantes de la región.

3. Época de siembra, el material 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.

4. Densidad de la 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 avanzado, ya que tienen un alto porcentaje de sobrevivencia en el terreno definitivo.

5. 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.

6. Cobertera, mediante el establecimiento de cultivos de cobertera, se evita tanto la erosión en suelos con pendientes mayores al 12 por ciento, como el desarrollo de malezas en las calles de las plantas de hule.

7. Podas de formación, el propósito de esta actividad es que las plantas tengan un fuste recto, sin ramificaciones y con un desarrollo uniforme. Se eliminan todos los brotes procedentes del pie franco usado como patrón, principalmente los primeros 60 días, para facilitar el crecimiento del brote clonal; asimismo, de éste se deben eliminar todos los brotes laterales y adicionalmente cuando se tenga maduro el tercer ciclo de hojas, se poda el primer ciclo; cuando aparezca el cuarto ciclo se poda el segundo y así sucesivamente hasta que la planta alcance una altura de 1.8 a 2 metros, después de lo cual se deja que el árbol forme su copa normal.

8. Control de maleza, durante los primeros años de desarrollo del árbol de hule se debe evitar la competencia por agua, luz, espacio y nutrimento con la maleza, de lo contrario, se tienen efectos adversos en el crecimiento del árbol, prolongándose considerablemente el período reproductivo del mismo. Para el control de la maleza se puede usar coberteras leguminosas, intercalar cultivos anuales, eliminar manualmente y aplicar productos químicos.

9. Fertilización, esta práctica se realiza para un mejor desarrollo de las plantas en suelos con una baja fertilidad. Las plantaciones que se establezcan en suelos cuya composición química - física sea similar al Valle de Tezonapa

generalmente no requieren de fertilización. El fertilizante se coloca en un círculo que abarque la zona de goteo de la planta, para lo cual se afloja el suelo con un azadón, a una profundidad de 4 a 5 centímetros, cubriendo el producto con la tierra suelta, para evitar su pérdida por volatilización.

10. Cultivos intercalados, durante los primeros tres o cuatro años de establecidas las plantaciones de hule, se sugiere intercalar cultivos anuales o bianuales como maíz, frijol, chile o piña, en los cuatro metros centrales de las calles, para lo cual se aplican los paquetes tecnológicos existentes para cada cultivo. Una de las ventajas más notables de esta práctica es la obtención de ingresos, mientras el árbol del hule se desarrolla y al mismo tiempo se evita la emergencia de la maleza en las plantaciones (Figura 7).

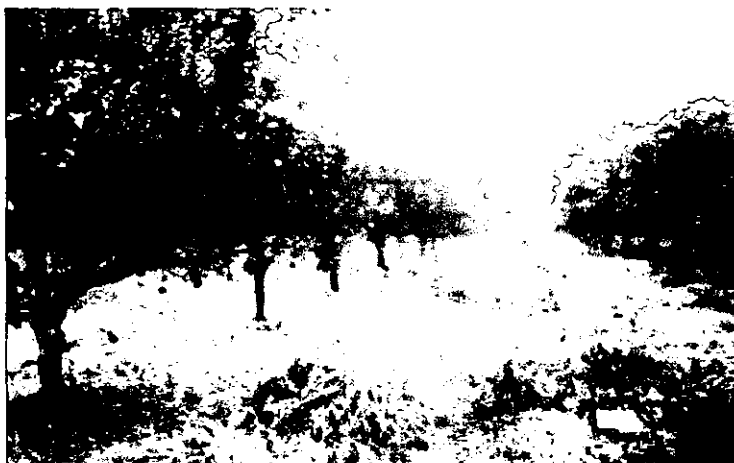


Figura 7. Cultivo intercalado. En las orillas plantación de naranjo y en el centro de hule.

1.13. Manejo de plantaciones en producción

El manejo de las plantaciones en producción tiene una gran importancia, ya que de ello depende la productividad del cultivo. Por lo cual el personal que realice la pica o el sangrado del árbol deberá estar capacitado (Solís *et al.*, 1997). Una plantación de hule se establece con 556 plantas por hectárea. En algunos casos durante el periodo reproductivo (primeros seis años de establecimiento en campo) se pierde aproximadamente 5 por ciento de su población debido a la influencia de factores naturales como viento, fuego y la eliminación de árboles raquíticos o dominados, quedando una densidad de 450 a 500 árboles por hectárea al inicio del sangrado (Picón *et al.*, 1997).

Existen tres factores básicos a considerar para iniciar el sangrado de una plantación de hule (Aguirre, 1997) los cuales son:

1. Crecimiento de los árboles: para iniciar el aprovechamiento de una plantación de hule, se requiere que el 60 por ciento de los árboles tengan una circunferencia de tallo de 45 centímetros a 1 metro de altura, a partir de la unión del patrón con el injerto.
2. Factor socio - económico: Se debe considerar el precio del hule en el mercado y la disponibilidad de picadores.
3. Condiciones climáticas: La apertura de los tableros de pica debe realizarse una semana antes de comenzar el período de lluvias, lo cual contribuye a disminuir el ataque de enfermedades del tablero de pica.

1.14. Apertura del tablero de pica y equipo de recolección de látex

El látex se sitúa en una red de vasos laticíferos que comunican más o menos entre ellos, la incisión de estos vasos permite el derrame del látex hacia el exterior, es lo que se conoce como pica que consiste en efectuar una herida llamada "Corte en la corteza del árbol" (Figura 8), esta operación se repite a lo largo del año con una frecuencia característica del sistema de pica (Compagnon, 1998).



Figura 8. Tablero de pica y recolección de látex en el árbol de hule.

El hombre interviene directamente en esta operación repetitiva durante todo el período de explotación del árbol, por tal motivo al realizar 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 permitan su regeneración (cambium) (Picón *et al.*, 1997).

1.14.1. Profundidad de pica

Las observaciones de la corteza muestran un sistema laticífero constituido de mantos laticíferos concéntricos que poseen poca conexión entre ellos, estos mantos se renuevan con periodicidad a partir del cambium y degeneran progresivamente a medida que se van alejando hacia el exterior de la corteza, los vasos más jóvenes y más activos desde el punto de vista de la biosíntesis del hule y por lo tanto los más productivos, son los más cercanos al cambium, de ahí viene la importancia de la profundidad de la corteza (Compagnon, 1998).

La incisión de la corteza no tiene que alcanzar el cambium, zona generatriz muy frágil responsable de regenerar el líber después de la pica, si esta zona se estropea en el momento de la pica, la cicatrización posterior provoca deformaciones más o menos acentuadas en la corteza regenerada, que se vuelve irregular y, por lo tanto, difícil de picar en ciclos futuros, asimismo una pica excesivamente profunda y sobre todo las heridas favorecen las enfermedades del tablero de pica, la incisión tiene que respetar una zona de 1 mm a 1.5 mm cercana al cambium (Compagnon, 1998).

1.14.2. Longitud del corte

Este factor es muy importante para producción del látex ya que influye sobre la superficie de la corteza drenada, esta superficie no es proporcional a la longitud del corte, en caso de cortes largos, la corteza situada en los dos extremos del corte puede llegar a ser drenada por ambos extremos del corte, esto implica que la producción por centímetro del corte será más reducida en el caso de cortes largos que en cortes cortos, por otra parte, un corte largo aun siendo muy productivo ahorcara al árbol y puede ocasionar a la larga un disturbio en la circulación de la savia elaborada, la alimentación insuficiente de los laticíferos en sacarosa puede causar cierta improductividad, la longitud del corte puede también condicionar la duración del derrame, los cortes largos tienen un derrame más largo; estarían en principio mejor adaptados a los clones cuyo índice de obstrucción es el más elevado y por lo tanto, el tiempo de derrame es inferior conforme los cortes son de menor tamaño (Compagnon, 1998).

1.14.3. Número y altura de cortes

A causa de la progresiva coagulación del látex después de la pica, el derrame disminuye, por lo tanto, un vaso laticífero picado no se vaciará completamente de su contenido, por lo tanto la zona de interés para la pica es limitada, a consecuencia de esto, la productividad de un árbol puede ser mejorada aumentando el número de cortes, este aumento de rendimiento será más importante cuanto más alejados estén los cortes. En el caso de la altura, la cual esta influenciada en primer lugar sobre el volumen de corteza drenada ya que el espesor y el número de mantos laticíferos de esta corteza varían con la altura del corte, este punto es más sensible con árboles de pie franco, de

tronco cónico del cual el número de mantos laticíferos, es muy superior en la parte baja del tronco en árboles injertados, las diferencias son menores. La altura de corte también influye sobre las características del látex, la productividad y ciertas características del derrame, en un corte alto, el índice de obstrucción es más elevado (Compagnon, 1998).

1.14.4. Sentido de la pica

La explotación de la corteza se puede efectuar picando hacia arriba o hacia abajo es decir pica ascendente o inversa y de pica descendente o normal. En la pica normal, el área de drenaje se sitúa debajo del corte. En la pica inversa, el área de drenaje se sitúa por encima del corte donde los elementos nutritivos le llegan libremente, la regeneración del látex puede hacerse en las mejores condiciones; pero la corteza en regeneración, situada por debajo del corte, se ve con desventaja, ya que esta corteza se regenera más lentamente. La pica inversa se maneja sobre todo en edad avanzada de los árboles, con el objeto de rentabilizar la parte superior de los troncos (por encima de 1.30 m aproximadamente), ya que esta parte sería difícil de rentabilizar con una pica normal. Cuando se realiza la pica, ésta con el derrame induce a una serie de procesos: migración del látex, reservas y de los elementos nutritivos desde las zonas de su elaboración o almacenamiento hacia el lugar donde se produce la biosíntesis del hule, la puesta en marcha de este fenómeno es progresiva y la regeneración del área drenada necesita cierto plazo de tiempo, este plazo depende de la cantidad de látex que se habrá obtenido para la explotación (Aguirre, 1996).

1.14.5. La estimulación, factor de intensificación

El descubrimiento de la estimulación mostró la posibilidad de modificar los procesos fisicoquímicos mediante la aplicación de productos químicos aplicados de manera adecuada sobre el corte (Compagnon, 1998). Para incrementar la producción de látex, se recomienda utilizar Etherl (ácido cloroetilfosfónico), aplicado sobre el corte de pica o sobre la corteza, el ácido deberá usarse en árboles clonales y evitarlo en aquellos con síntomas de agotamiento, identificados por un secamiento de la corteza y por que el látex no fluye al realizar la pica en pequeñas áreas del canal de escurrimiento (Picón *et al.*, 1997).

1.14.6. Manejo para la producción en campo

El látex que se obtiene por medio de la pica del árbol de hule se colecta en tazas, cuya producción se transfiere a cubetas tres horas después del sangrado. El hule coagulado sobre el corte de la pica se le conoce como greña, así como el coagulado en la taza el cual se llama quesillo deberá recogerse en una cubeta antes de hacer la pica, normalmente este tipo de hule constituye de 10 a 20 por ciento del total de la producción. El hule cosechado es

altamente susceptible a la acción de las bacterias, debido a su contaminación durante el almacenamiento y mercadeo (Aguirre, 1997).

1.14.7. Recolección de látex

Se inicia a más tardar a las 11 de la mañana; el látex de las tazas se recolecta en cubetas de 18 litros que posteriormente se vacían en tambores de 2000 litros, previa colocación en su interior de una bolsa de polietileno, en la que se adicionan 7 litros de amoníaco concentrado para evitar su coagulación. Al efectuar el vaciado de las latas a los tambores, deberá filtrarse el látex con una coladera de aluminio para separar las impurezas como basura, greña entre otras, el látex colectado de esta manera contiene aproximadamente un 33 por ciento de su peso en hule aunque varía de acuerdo a la estación del año entre 28 y 43 por ciento (Picón *et al.*, 1997).

1.14.8. Coagulación del látex

Cuando la producción se va a beneficiar en forma sólida, se recomienda usar coagulantes del látex; de ninguna manera debe dejarse coagular naturalmente, para coagular la producción después de colectada, se deposita en las piletas para este fin y se agrega 67 centímetros cúbicos de una solución de ácido fórmico o acético al 2 por ciento, por cada litro de látex, la concentración del ácido puede ser del 2 al 5 por ciento, sin embargo la cantidad empleada por litro de látex será siempre la misma (Picón *et al.*, 1997).

1.14.9. Control de maleza

En plantaciones adultas, el control de maleza se reducen a dos limpiezas manuales en los meses de mayo y octubre, para el control químico se recomienda herbicidas, Ametrina + Simazina en una dosis de 3 kg por hectárea, Diuron en 3 kg por hectárea, Paraquat en 2 lt por hectárea y Glifosato en 1.5 lt por hectárea (Picón *et al.*, 1997).

1.15. Aspectos fitosanitarios del cultivo

1.15.1. Las enfermedades que pueden afectar al cultivo del hule durante su ciclo de vida son muy diversas y causan daños de importancia económica.

De las enfermedades que atacan la raíz, no todas son de importancia económica, siendo el árbol del hule más susceptible a las pudriciones en el cuadro 1, se mencionan las de mayor importancia.

Las enfermedades foliares del hule son numerosas; sin embargo, la mancha sudamericana de la hoja *Microcyclus ulei* y la causada por *Phytophthora palmívora* (Cuadro 2) constituyen los principales problemas limitantes para la producción, además de *M. ulei* y *P. palmívora*, existen otros patógenos que defolían al cultivo y si no se controlan producen fuertes daños económicos.

Cuadro 1. Enfermedades de la raíz del hule.

En México, los daños producidos por estas enfermedades son ocasionales, pero siempre se han presentado en su mayoría en plantaciones de uno a dos años de edad.

Nombre común	Nombre científico	Sintomatología
Pudrición blanca de la raíz. *	<p><i>Rigidoporus lignosus</i> Kl.</p> <p>Es la más importante de las enfermedades de la raíz, y está presente en todos los países donde se cultiva hule (Aguirre, 1996)</p>	<p>Se presenta en las plantas jóvenes hasta los siete años de edad pudiéndose extender con una rapidez explosiva, los árboles infestados muestran una decoloración típica y el rizado de las hojas es más o menos por todas sus coronas, mientras que la raíz principal, las raíces más pequeñas se cubren con una reticulación de micelios o rizomorfos fuertes, blancos y en algunas veces amarillentos o rojizos, los árboles que están ligeramente infestados, tienen una banda de micelios blancos en la corteza del cuello de la raíz justamente abajo del suelo, los síntomas de las hojas y la banda blanca juntos forman un método seguro para la detección en un estado inicial (Ochese, 1976). Este hongo vive como saprofito facultativo sobre materia orgánica en descomposición, aunque en ocasiones puede desarrollarse sobre raíces vivas.</p>
Pudrición roja de la raíz. Es poco frecuente.	<p><i>Ganoderma pseudoferreum</i> (Wake field)</p>	<p>Al contrario de la pudrición blanca el color permanece sin cambio ya sea que el suelo esté húmedo o seco, los rizomorfos crecen a través del suelo a distancias considerables, con frecuencia varios metros del árbol a otro, lo que complica el control de este organismo, la pudrición roja de la raíz se ha encontrado sólo en Java y Sumatra, pero los suelos arcillosos en que se estanca mucho el agua y en las plantaciones más antiguas puede ser tan peligrosa como la pudrición blanca de la raíz (Ochese, 1976).</p>
Pudrición café de la raíz.	<p><i>Phellinus noxius</i> Cunn</p>	<p>Sus principales síntomas de infección son arrugamiento del follaje, acompañado de defoliación parcial, la cual ocurre por lo regular después de la "invernación" del árbol, lo que en ocasiones provoca la muerte, la enfermedad puede identificarse mediante la exposición y examen del sistema radicular, particularmente de las raíces secundarias que aparecen cubiertas por una "tela" fina de color café, la infección se inicia en forma similar a la pudrición blanca, excepto que el hongo no produce formaciones extrañas que crezcan rápidamente (Picón et al, 1997).</p>

* Enfermedades importantes para México.

Cuadro 1. Continuación.

Nombre común	Nombre científico	Sintomatología
Pudrición negra de la raíz	<i>Xylaria thwaitesii</i> Berk	Su presencia se confirma identificando los cuerpos fructíferos que rodean la base del árbol (Aguirre, 1996).
Pudrición del cuello de la raíz	<i>Ustulina vulgaris</i> Tul.	Ampliamente distribuida atacando a más hospederas además del <i>Hevea</i> , pero rara vez constituyen problemas serios, excepto en algunos casos aislados (Ochese, 1976)

Cuadro 2. Enfermedades foliares del hule.

Nombre común	Nombre científico	Sintomatología
Mancha sudamericana de la hoja. *	<i>Microcyclus ulei</i> Erx	Esta enfermedad se encuentra únicamente en América tropical y su área de dispersión abarca las selvas tropicales desde el sur del continente en Bolivia hasta las existentes en el sureste de México. El hongo produce manchas negras en las hojas de cinco a ocho días de edad, aún pigmentadas de rojo, y esto causa su caída prematura, sobre las hojas las hojas maduras, aparecen manchas de color verde olivo; posteriormente, si las hojas no caen, se forma una costra de color oscuro sobre la cual aparecen pequeñas masas de ascosporas que fácilmente se dispersan por el viento, el agua de lluvia y los insectos, por lo que las lesiones pueden presentarse también sobre los tallos verdes, inflorescencia y frutos jóvenes. El control químico de fungicidas se realiza con éxito principalmente en viveros y plantaciones jóvenes, con aspersiones semanales durante la época de alta humedad ambiental y bajas temperaturas. Los daños causados en plantaciones adultas, pueden prevenirse utilizando clones tolerantes (Picón <i>et al</i> , 1997).

* Enfermedades importantes para México.

Cuadro 2. Continuación.

Nombre común	Nombre científico	Sintomatología
Enfermedades causadas por <i>Phytophthora</i> . *	<i>P. botryosa</i> <i>P. capsici</i> <i>P. citrophthora</i> <i>P. meadii</i> y <i>P. palmívora</i> Butl	Los daños causados por esta enfermedad varían en intensidad en todos los países del mundo donde se desarrolla el hule. Por ejemplo en la India, Sri Lanka, Malasia y Sudamérica <i>Phytophthora palmívora</i> causa defoliación completa de los árboles año con año a pesar de las medidas de control adoptadas. Este hongo provoca la caída de las hojas maduras, el secamiento de tallos verdes e incluso la pudrición de las raíces, sus daños sobre el follaje pueden identificarse fácilmente, ya que la abscisión de las hojas ocurre hasta con su pecíolo, donde además de la necrosis del hongo, se observa pequeñas gotas de látex (Picón <i>et al</i> , 1997). En México los daños se han producido sólo ocasionalmente en las regiones de Tezonapa y Uxpanapa, en Veracruz y Tuxtepec en Oaxaca (Aguirre, 1996).

* Enfermedades importantes para México.

Dentro de éstos se encuentran: *Drechslera heveae*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Corynespora cassiicola*, *Guignardia heveae*, *Elsinoe heveae*, *Phyllacora huberi*, *Periconia manihoticola*, *Ascochyta heveae*, *Sphaerella heveae* y una alga identificada como *Cephaleuros mycoidea* (Picón et al., 1997).

En el tronco, ramas y tablero de pica (Cuadro 3), se presentan otras enfermedades de importancia económica para el cultivo, principalmente el pudrimiento mohoso, la gangrena rayada, el parche gangrenoso, la enfermedad rosada y el líber moreno. Los cuales se presentan principalmente en las heridas recientes producidas durante la pica o sangrado del árbol, el agente causal es *Ceratocystis fimbriata* Elliot ascomiceto que puede afectar otros cultivos como cacao, café, coco y mango. Los síntomas de esta enfermedad son fácilmente identificables, ya que en el corte de pica aparecen pequeñas manchas de color oscuro, sobre las cuales posteriormente aparece un micelio de color gris, durante la época lluviosa, esta enfermedad puede dispersarse por el viento, la cuchilla de pica e incluso por insectos pertenecientes al género *Xyleborus*, las temperaturas y humedad atmosférica altas favorecen la infección y desarrollo de la enfermedad (Picón et al., 1997).

1.15.2. Plagas que afectan al cultivo del hule

En esta etapa se debe evitar la presencia de insectos nocivos que pueden afectar las plantas de hule: a continuación se mencionan las de mayor importancia económica. De las principales plagas que resultan un peligro para las plantaciones en vivero se mencionan en el cuadro 4 y para plantaciones definitivas encontramos a las tuzas, gusano del cuerno, trips, barrenadores entre otras (Cuadro 5).

1.16. Dasometría en plantaciones

Cuando la existencia de cualquier recurso es relativamente abundante en relación con las exigencias de la población, resulta poco indispensable conocer su magnitud, pero cuando ese recurso es limitado y se puede prever su agotamiento, es impredecible determinar su cantidad y calidad como punto de partida para lograr una adecuada administración. Por lo cual, cuando se requiere conocer o saber de las existencias que hay en rendimiento, así como la comparación de producción y el desarrollo de algunas plantaciones, en ocasiones no siempre es posible medir ciertas dimensiones que resultaría en algunos casos más costosos, que la realización de cálculos, con los cuales se obtienen estimaciones y poder hacer predicciones (Musálem et al., 1998).

Cuadro 3. Enfermedades del tronco y ramas.

Nombre común	Agente causal	Sintomatología
Gangrena rayada	<i>Phytophthora palmivora</i> Butl	Afecta al tablero de pica del árbol; este hongo se identifica fácilmente, ya que sobre el corte de pica aparecen líneas verticales paralelas, de color oscuro con exudación de látex y se continúa hasta la parte leñosa (Picón <i>et al.</i> , 1997).
Parche gangrenoso ó Cáncer del tallo	<i>P. palmivora</i>	Actúa sobre el tablero de pica o en cualquier otra zona de la corteza del árbol y produce agrietamientos, de los cuales fluye un látex amarillento (Aguirre, 1996).
Enfermedad rosada	<i>Corticium salmonicolor</i> Berk	Ataca el tallo y las ramas del hule de tres a siete años y persiste en árboles maduros, los síntomas iniciales son agrietamientos y exudación de látex en la unión de las ramas, que posteriormente toman una coloración oscura y al paso del tiempo se tornan color rosa, lo cual debilita la corona de los árboles que con un viento moderado caen al suelo o se resquebrajan, además provoca una brotación anormal de las yemas presentes en el tronco y las ramas (Aguirre, 1996).
Muerte descendente	<i>Botryodiplodia theobromae</i> Pat, aunque puede deberse a <i>Phytophthora</i> spp., <i>Diplodia</i> sp. ó <i>Colletotrichum</i> sp.	Los daños se presentan en plantas recién brotadas (tocones) de hasta dos años de edad, cuya parte apical se necrosa tomando un color café oscuro que avanza hacia la base del tallo hasta provocar la muerte de la planta (Picón <i>et al.</i> , 1997).

Cuadro 4. Plagas que afectan a las plantas en vivero.

Nombre común	Nombre científico	Sintomatología
Catarina o doradilla *	<i>Diabrotica</i> spp.	Son una plaga común en los viveros de hule y ocasionan daños en las plantas, cuya edad fluctúa entre los 25 ó 30 días, pues al alimentarse lesionan la parte apical del epicótilo y provocan un retraso en el crecimiento y en la emisión de dos o más brotes, los adultos son de color amarillo-verdoso con manchas negras, tienen una longitud de 6 milímetros y sus larvas viven en el suelo alrededor de la base de las plantas (Picón et al., 1997).
Grillos *	<i>Grillotalpa</i> sp.	Estos insectos producen daños sobre las plantas recién emergidas, ya que trozan el tallo a corta altura sobre el nivel del suelo y se alimentan de la parte superior (Picón et al., 1997).
Pulgones *	<i>Aphies</i> spp.	Estos son pequeños, de colores amarillo, verde-amarillento, café o negros que se alimentan de la savia que obtienen de las partes tiernas de las plantas, cuando los ataques son muy intensos, pueden provocar la pérdida de la yema apical y la brotación de las yemas axilares lo que retrasa el crecimiento de las plantas (Aguirre, 1996).
Acaros	<i>Eryophyes</i> spp.	Estos insectos son de color blanco-amarillento, de 0.5 milímetros de longitud, se alimentan de la savia que obtienen del envés de las hojas, el mayor daño lo pueden ocasionar durante la época de sequía, lo cual disminuye el crecimiento de las plantas (Picón et al., 1997).
Gusano de cuerno ó primavera *	<i>Erinnys</i> ello.	Esta larva mide hasta 10 centímetros de longitud y son de coloración verde o café-grisáceo, se alimentan de hojas tiernas y si la infección es muy fuerte provoca defoliaciones serias que pueden acabar con las plantas de viveros, el adulto de esta larva es una palomilla grisácea de hábitos nocturnos (Picón et al., 1997).

Cuadro 4. Plagas que afectan a las plantas en vivero, continuación.

Nombre común	Nombre científico	Sintomatología
Hormigas *	<i>Atta</i> sp.	Existen varias especies de hormigas que pueden afectar el follaje y el ápice de las plantas de hule en el vivero; la más peligrosa es la hormiga arriera <i>Atta</i> sp. (Aguirre, 1996)
Termita *	<i>Termita</i> sp.	Esta plaga es más frecuente en áreas donde la selva se ha derribado recientemente, las termitas no están asociadas con el hule, pero constituyen sus caminos y "enjambre" debajo de las raíces, sobre troncos derribados o tocones favoreciendo pérdidas de humedad del suelo, pueden afectar árboles jóvenes y su tratamiento químico es muy difícil (Picón <i>et al.</i> , 1997).
Gallina ciega *	<i>Phyllophaga</i> sp.	Esta plaga afecta las raíces de las plantas y puede provocar la pérdida total del vivero si no se controla a tiempo, en plantaciones adultas, el daño a las raíces es menor (Picón <i>et al.</i> , 1997)

* Enfermedades importantes para México.

Cuadro 5. Plagas que afectan plantaciones definitivas.

Nombre común	Nombre científico	Sintomatología
Tuza *	<i>Geomys mexicana.</i>	Es un mamífero roedor que pasa su vida excavando galerías de hasta 250 metros de longitud en el suelo; se alimentan de las raíces de hule en el vivero o en plantaciones y puede ocasionar la pérdida total de las plantaciones, es posible controlar esta plaga en forma química y en forma mecánica (Picón <i>et al.</i> , 1997).
Gusano de cuerno *	<i>Erinnys ello</i> (Linn).	Como ya se describió sus efectos en vivero, en México los daños en plantaciones adultas son ocasionales y sólo se presentan en época de sequía (Aguirre, 1996).
Trips *	<i>Scirtotrips dorsalis.</i>	Estos insectos son de color blanco o anaranjado y se encuentran en el envés de las hojas donde se alimentan de la savia y atacan durante la sequía después del periodo de refoliación (Aguirre, 1996).
Barrenadores *	Pertenecen a los géneros <i>Xyleborus</i> sp y <i>Platypus</i> sp.	Estos insectos perforan el tablero de pica cuando esta labor no se realiza adecuadamente y se ha dejado al descubierto la madera del árbol; su daño es fácilmente identificable, porque sobre el corte de pica se acumula "polvillo" y "virutillas" muy finas (Picón <i>et al.</i> , 1997).

* Enfermedades importantes para México.

Apoiados en la, dasonomía: como la ciencia forestal que trata de las relaciones de los bosques y el bienestar humano. Constituye la ciencia y el arte de controlar, proteger, producir y utilizar los bosques, a partir de su existencia y utilización con el fin de lograr los óptimos beneficios que pueden ser tangibles o intangibles. La dasometría es la parte de la dasonomía que se encarga de la medición cálculo o estimación de los volúmenes, edad e incremento de las masas forestales. A su vez ésta se divide en dos partes: dendrometría; que es la medición, cálculo y/o la estimación de las dimensiones de los árboles y bosques, desde un punto de vista de análisis estático. epidometría; es la medición, cálculo y/o estimación del crecimiento y producción de árboles y bosques, desde el punto de vista de análisis dinámico (Romahn *et al.*, 1994).

La medición de las dimensiones de árboles a su vez, debe considerar a cada dimensión por separado para, finalmente, de la complementación de esas dimensiones conocer el volumen de madera que cada árbol contiene. Por otra parte, no siempre es el volumen la dimensión de interés, sino que pueden serlo otras como la altura total, alguna altura parcial, el área basal, entre otras. (Romahn *et al.*, 1994).

1.16.1. Mediciones directas, cálculo y estimaciones

Es un procedimiento sencillo que sólo requiere el conocimiento de ciertos instrumentos especiales que se usan para medir dimensiones accesibles. En la dasometría no es tan sólo saber las dimensiones de árboles y bosques por sí mismas, si no que se trata de un medio básico en la administración del recurso. Por ejemplo, la altura de los árboles puede reflejar la capacidad productiva de un terreno; el volumen de madera aprovechable permite determinar el valor económico de un bosque y el tamaño de las industrias a instalar, etc. (Romahn *et al.*, 1994).

1.16.2. Crecimiento e incremento del árbol

La forma del tronco, el rendimiento, la producción de derivados, está sujeto a una gran cantidad de factores y varía no sólo de una especie a otra sino dentro de la misma, Por lo que se mencionarán algunos cálculos a considerar de importancia en el crecimiento del árbol (Dusan, 1983).

1.16.3. Análisis troncal

En las zonas de clima templado las capas del incremento anual se aprecian claramente. Estas sirven bien para estimación del crecimiento e incremento del árbol, debido a que es posible por medio de ellas saber que tan grande era el árbol, cuál era el diámetro y cuál era su volumen en un determinado año de su vida (Dusan, 1983).

1.16.4. Medición de altura

La variable altura se refiere a la dimensión de un objeto desde su base hasta el vértice del mismo, la medición de la altura de un árbol entonces es la longitud vertical que existe desde su base hasta su yema terminal, la altura se mide desde la base del árbol hasta la punta, en metros con aproximación a decímetros; se recomienda medir todos los árboles del sitio (Olvera *et al.*, 1996).

En relación con las alturas dependerá de la parte del árbol de que se trate, se distinguen:

1. Altura total: del suelo hasta el ápice de la copa.
2. Altura del fuste: del suelo hasta la base de la copa.
3. Altura de la copa: la diferencia entre las dos anteriores.
4. Altura comercial: la parte del fuste que se aprovecha.

Cuando se mide la altura, la precisión está en función de los fines para los cuales se hace esa medición, y varía de 10 cm a un metro de aproximación; es factible obtener mayor precisión pero esto implica más tiempo y el uso de aparatos sofisticados (Pieter *et al.*, 1992).

En la medición de altura de árboles se emplean dos procedimientos básicos que son:

a) Para realizar la medición directa de la altura, se escala el árbol y se efectúa la toma de longitud mediante el empleo de cintas métricas o pértigas graduadas. También cabe, en su caso, el derribo del árbol. Apeado éste, se mide la longitud de su tronco o fuste y se obtiene la altura (Romahn *et al.*, 1994).

b) Los procedimientos indirectos incluyen varios métodos donde se recurre a principios geométricos o trigonométricos. Dentro de cada uno de estos procedimientos caben nuevas divisiones correspondientes a otras tantas circunstancias especiales que se pueden presentar, entre las que se mencionan:

1. Que el pie del árbol sea accesible o inaccesible;
 2. Que el ojo del observador esté arriba o abajo de la cima y base del árbol o que quede entre ambas;
 3. Que la distancia entre observador y árbol sea fija obligada o variable.
- (Romahn *et al.*, 1994)

1.16.5. Medición de diámetro

La medición de diámetro consiste en determinar la longitud de la recta que pasa por el centro del círculo y termina en los puntos en que toca la circunferencia (Olvera *et al.*, 1996). El diámetro más comúnmente requerido en dasonomía es el de las porciones maderables del árbol son las del tronco principal y ramas o porciones cortadas (trozas). La importancia básica de la medición del diámetro radica en que es una dimensión que casi siempre se puede medir directamente y con ésta se puede calcular el área de la sección

transversal y el volumen (Romahn *et al.*, 1994).

Las partes maderables de un árbol: fuste principal, trozas o ramas, comúnmente se asimilan a la forma circular en su sección transversal y para muchos casos se asume como tal. En ocasiones el contorno de la sección transversal difiere de la forma circular y a veces esa excentricidad puede tener importancia (Romahn *et al.*, 1994).

Uno de los objetivos principales de la medición del diámetro del fuste es determinar el área de la sección transversal en el punto de medición. Diámetro normal. La medición del diámetro de árboles en pie, se ha estandarizado mundialmente a una altura de 1.30 metros a partir del suelo, al cual se denomina diámetro normal. Cuando el fuste es circular no es problema encontrar el área y será suficiente con medir simplemente el diámetro o la circunferencia. Para aquellos casos en que la sección transversal no es circular, para propósitos de cálculo, se usa la fórmula para el área del círculo y el problema es encontrar algún "diámetro" que proporcione la aproximación más cercana al valor verdadero del área (Romahn *et al.*, 1994).

En terrenos con pendientes se hace esta medición a 1.30 metros de altura por el lado de arriba de la pendiente. Ocasionalmente, el fuste a la altura del diámetro normal tiene deformaciones o protuberancias que falsearían el dato; en tales casos las mediciones del diámetro se harán en el punto más cercano hacia arriba o hacia abajo, donde el fuste sea regular. En árboles tropicales es usual encontrar que en su base se han formado "contrafuertes" o "costillas", en estas circunstancias se recurre a la normalización del diámetro, que consiste en hacer la medición un metro arriba del punto en que el fuste ya es regular, esto es, donde han terminado los contrafuertes (Romahn *et al.*, 1994).

El diámetro de los árboles en pie se mide de manera directa, ya sea utilizando forcípulas, cinta diamétrica o reglas especiales, (Figura 9) las cuales sirven para calcular el área de las secciones transversales, y con ellas y la longitud, se pueden determinar los volúmenes (Pieter *et al.*, 1992).

1.16.6. Medición de la corteza

Para conocer el diámetro o calcular el área de una sección que permita cubicar el volumen de madera sin la corteza es necesario, conocer el grosor de ésta. (Romahn *et al.*, 1994)

1.16.7. Realización del muestreo

Para elegir una muestra existen algunas interrogantes fundamentales como; ¿Cuántos árboles en total ha de medir?, ¿Cuántos árboles debe escoger por categoría diamétrica?, ¿Cuántos individuos ha de seleccionar por especie?, ¿Cuál es el criterio a seguir para escoger los árboles en el monte o plantación?, ¿Qué género o especie deberán entrar en la muestra?. Considerando que no siempre es posible llevar a cabo un muestreo preliminar, por limitantes económicas y/o de tiempo (Ramírez, 1983).

Con relación al tamaño de muestra ha sido común en México emplear sitios de 1000 m² con densidades de muestreo de 0.02% (INIF), 0.08% (PROFORMEX, Loreto y Peña Pobre), 0.1% (Compañía forestal de Oaxaca), esto es un centro de sitio por cada 5 000, 1 250 y 1 000 hectáreas, respectivamente (Ramírez, 1983).

Algunos puntos que se deben considerar según Ramírez (1983), para realizar el muestreo son: 1. La muestra debe ser plenamente representativa de la población, 2. El área de distribución de la muestra debe coincidir con el de población, 3. La muestra debe incluir sujetos de todas las categorías diamétricas ocurrentes, 4. El número de árboles que se requiere para asegurar la obtención de una buena tabla de volumen aumenta con la amplitud de variación de diámetro y de la altura.

Asimismo no se debe pasar por alto, la importancia que tiene el conocer y manejar los equipo de medición que ayudan a la obtención de datos, para la realización de los cálculos, como son: dendrógrafo; para la medición de las variaciones del diámetro, cinta de acero; especial para medir variaciones en circunferencia del árbol, medidor de corteza, forcípulas; sirve para realizar medición en pie del diámetro de un árbol, nivel de Abner; es usado en la medición de altura de los árboles, clinómetro Suunto así como la pistola Haga; exclusivamente para medir altura de los árboles (Figura 9), todos estos con el fin de apoyar un estudio dasonómico que satisfaga los requisitos de un proyecto.

1.17. Descripción de los principales tipos de suelo, en la zona productora de hule en Oaxaca.

El suelo es la capa de materiales orgánicos y minerales que cubre la corteza terrestre y en la cual las plantas desarrollan sus raíces y toman los alimentos que les son necesarios para su nutrición. Los procesos físicos, químicos y biológicos que intervienen en la formación de los suelos están gobernados por factores del medio ambiente tales como el clima y la vegetación. Ellos actúan en forma combinada y variable, de manera que los suelos resultantes de su acción son complejos organismos sujetos a mudanza continua y que nunca alcanzan una condición estática (Suarez, 1980).

La clasificación de los suelos es una herramienta fundamental para el conocimiento detallado y sistemático de este recurso, cuyo aprovechamiento es y ha sido desde el inicio de la historia, la fuente principal de alimentos para la humanidad, a través de la agricultura y ganadería (Gaona, 2000). Los sistemas de clasificación de suelos se utilizan con mayor intensidad actualmente, fundamentalmente para cualquier plan de desarrollo ganadero y agrícola. (Gaona, 2000) menciona algunos de los principales suelos del estado de Oaxaca:



Figura 9. Equipo de medición.

A. Cinta de acero.

B. Medidor de corteza.

D. Forcípula.

E. Pala recta.

F. Pistola Haga.

G. Brújula.

H. Clinómetro Suunto.

I. Cinta diámetrica.

J. Medidor de diámetro.

K. Pintura

1.17.1. REGOSOL: (suelo que cubre la roca)

Sus características generales son: suelos pobres en materia orgánica, característicos de las pendientes donde el rejuvenecimiento por la erosión interviene de forma intensa; en general, la materia orgánica se incorpora mal a la materia mineral con la cual no forman verdaderos complejos húmico-arcillosos (Duchaufour, 1984). Son suelos poco desarrollados, que generalmente están constituidos por material suelto que cubre la roca, que sustentan principalmente lo forestal y ganadero pero puede ser agrícola, esto dependerá del tipo de clima y del relieve sobre el que se encuentre. En Oaxaca abarcando gran parte del Oeste del estado y parte en la zona Centro Este (Gaona, 2000).

1.17.2. LITOSOL: (suelo de piedra)

Características generales: son delgados, su espesor es de 10 cm y descansan inmediatamente sobre un estrato duro y continuo, tal como roca, tepetate o caliche. Sostiene cualquier tipo de vegetación dependiendo del clima. Su uso es principalmente forestal, ganadero. En Oaxaca se encuentran al centro y norte del estado.

1.17.3. CAMBISOL: (suelo que cambia)

Características generales: suelos de color claro, con desarrollo débil, presentando sólo cambios en su estructura debido a la intemperización. Presenta características semejantes al material de origen. Su vegetación depende del tipo de clima y puede ser matorral, pastizal, bosque o selva. Su uso es principalmente forestal y cuando el suelo es plano y ondulado, puede ser agrícola y ganadero. En Oaxaca se localizan en la zona Sureste y Suroeste.

1.17.4. ACRISOL (suelos ácidos)

Características generales: Muy semejante al luvisol, pero se diferencia por su acidez en el subsuelo, debido a un lavado intenso y a la rápida formación de minerales arcillosos. También es muy susceptible a la erosión. Su vegetación es de bosques o selvas, de acuerdo al tipo climático y su uso de manera general es forestal y pecuario, obteniéndose buenos rendimientos. Pero en algunas regiones se utiliza en la agricultura con rendimientos bajos. Un lugar representativo es en la sierra del Estado de Oaxaca, asociados con Andosol, Regosol y Gleysol.

2. MATERIALES Y METODOS:

2.1. Descripción del área de estudio

2.1.1. Localización

La región del Papaloapan en Oaxaca se localiza al norte de dicho Estado, entre las coordenadas 17° 20' y 18° 36' de latitud Norte y 95° 42' y 96° 41' longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con variación entre los 20 y 880 m.s.n.m. Dentro del área de influencia de los Distritos Políticos 07 Choapam y 06 Tuxtepec, la región cuanta con 352,601 hectáreas de superficie ejidal y 75,885 hectáreas de superficie comunal, las cuales son de uso pecuario, agrícola y forestal (Figura 10).

2.1.2. División municipal

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 Choapam; San Juan Bautista Tuxtepec, San José Chiltepec, San Juan Bautista Valle Nacional, San Lucas Ojitlán, Loma Bonita, Santa María Jacatepec, y Acatlán de Pérez Figueroa, por el distrito de Tuxtepec.

2.1.3. Medio Físico

Se caracteriza por estar en planicie costera también llamada llanura del Golfo de México con altura 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 y originan que la mayoría de los cultivos sean de temporal. Para controlar la creciente de estos ríos se construyeron las presas de Temazcal y Cerro de Oro.

2.1.4. Precipitación

Presenta una precipitación anual de 1000 a 4000 mm distribuidos durante todo el año; el período de lluvias abarca de junio a octubre. La región del Papaloapan presenta diversos factores que determinan la presencia de tres diferentes zonas: zona de alta precipitación con un volumen de 3655 mm anuales, donde el periodo de lluvias abarca de mayo a noviembre presentando un promedio de 300 mm mensuales; zona de mediana precipitación, con un volumen de 2316 mm anuales, siendo los meses más lluviosos de junio a octubre, presentando un promedio de 190 mm mensuales; y la zona de baja precipitación, con un volumen de 1860 mm siendo los meses más lluviosos de junio a octubre, presentando una media de 155 mm mensuales.

Con el fin de hacer una evaluación y comparar el comportamiento de los árboles de hule se tomaron en cuenta las plantaciones establecidas en la zona de alta y mediana precipitación.

1. Acatlan de Pérez Figueroa.
2. Ayotzintepec.
3. Cosolapa.
4. Loma Bonita.
5. Nuevo Soyaltepec Temascal
6. San Felipe Jalapa de Díaz.
7. San Felipe Usila.
8. San José Chiltepec.
9. San Juan Bautista Tuxtepec.
10. San Juan Bautista Valle Nacional.
11. San Juan Comaltepec.
12. San Juan Lalana.
13. San Juan Petlapa.
14. San Lucas Ojitlan.
15. San Pedro Ixcatlan.
16. Santa María Jacatepec.
17. San Tiago Choapam.
18. San Tiago Jacotepec.
19. San Tiago Yaveo.

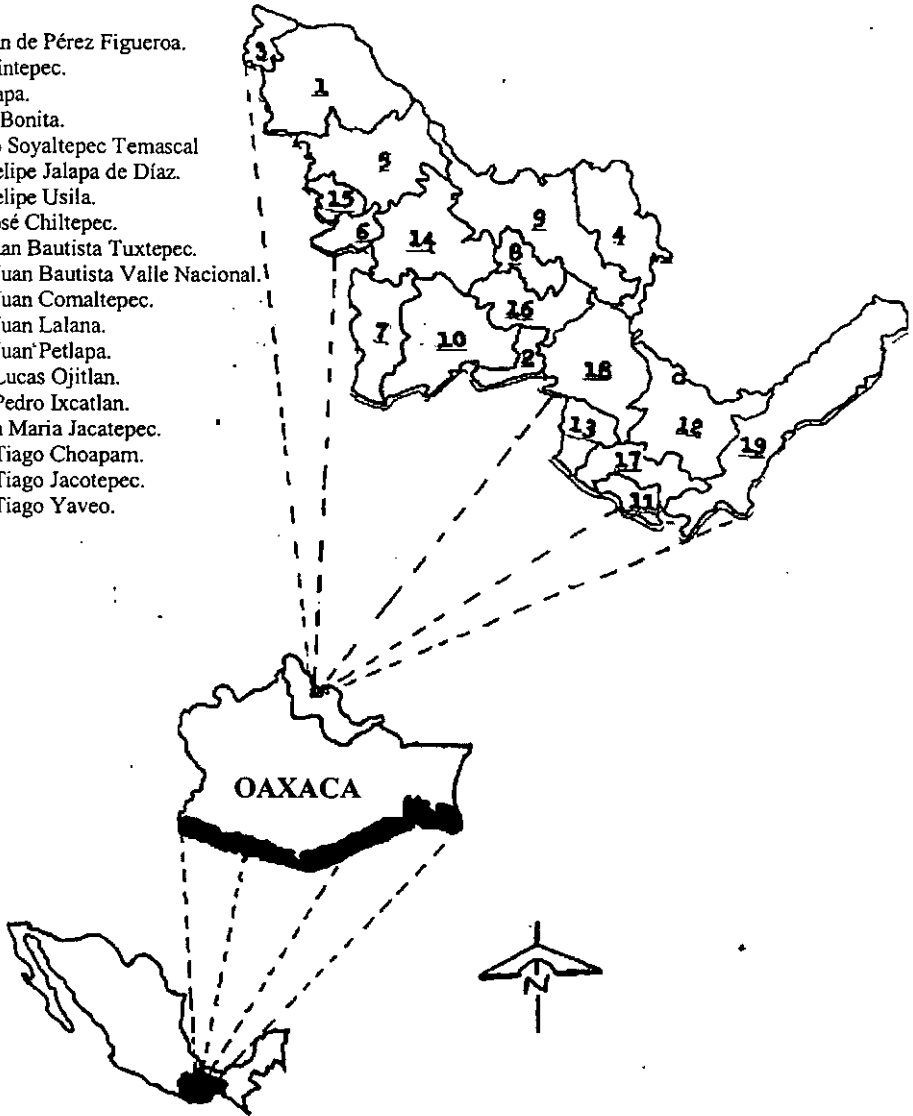


Figura 10. Localización de la región del Papaloapan

2.1.5. Temperatura

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 la vertiente del golfo e inciden sobre la planicie costera provocando nubosidad y vientos, estos se presentan entre los meses de noviembre y febrero.

2.1.6. Vegetación

Por su importancia en cuanto a la superficie que ocuparon y la que aún persiste se tienen los siguientes tipos: selva mediana subperenifolia, selva baja caducifolia, bosque caducifolio, palmar de schelis, sabana y selva baja perenifolia.

2.1.7. Suelos

Según la clasificación FAO/UNESCO existen en la región siete tipos de suelos, en orden de importancia son: Cambisol eútrico, Acrisol órtico, Litosoles, Fluvisol eutricto, Luvisol vértico y Vertisol pélico.

El uso actual del suelo se determina basándose en la experiencia de los productores, destacándose los cultivos de caña de azúcar, maíz, piña, arroz, chile y frijol, con relación a las plantaciones perennes se destacan el hule, café y frutas como plátano, mango, cítricos y papaya.

2.2. Especie estudiada

El Hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.).

2.3. Zona de muestreo

Se realizaron muestreos al azar en la zona de alta y mediana precipitación donde se encuentran plantaciones establecidas en el año de 1958 hasta las establecidas en 1999, quedando ubicados y muestreados 37 sitios, a través de mediciones únicas. El rango considerado fue con base a las etapas que atraviesa el árbol del hule durante su desarrollo citadas por Correa (1981), las cuales son: desarrollo vegetativo de 1 a 7 años y etapa de producción que dura de 30 a 35 años, esta última se clasifica en etapa joven, que comprende los 10 primeros años de sangrado, la etapa máxima de producción, de los 11 a 25 años y la etapa final, de los 26 años en adelante.

2.4. Método de muestreo

El muestreo que se realizó en las plantaciones de hule es con base al establecimiento de sitios circulares, ya que basta con situarse al centro del lugar elegido y tirar una cuerda de radio conocido (17.84m para tener sitios de 1000m²) e ir girando en el sentido de las manecillas del reloj. Asimismo cada sitio quedó debidamente identificado pintándose sus árboles de color rojo y con un número progresivo que los identifique, quedando medidos una media de más o menos 48 árboles por sitio, además, se registró la distancia y rumbo de los árboles con respecto al centro del sitio para poder ubicarlo fácilmente.

Para el muestreo de los suelos, se tomaron cuatro submuestras al azar por sitio medido dasométricamente para obtener una muestra compuesta a 30 centímetros de profundidad, teniendo así 37 muestras compuestas y un total de 148 muestras individuales. De la muestra compuesta se tomaron aproximadamente dos kilogramos de suelo, el cual preparamos secándolo y tamizándolo, así como su correcto etiquetado para que posteriormente realizáramos los análisis físicos y químicos.

2.5. Medición de árboles

2.5.1. Medición de altura

- Para la medición de las alturas de los árboles de hule se utilizó la pistola Haga y el clinómetro Suunto. La unidad de medición son metros.

2.5.2. Medición de diámetro

- Para la medición de los diámetros a la altura del pecho se utilizó cinta diamétrica, forcípula y medidor de diámetro. La unidad de medición son centímetros.

2.5.3. Medición de la corteza

- Para ello se usa el medidor de corteza y el vernier milimétrico. La unidad de medición son centímetros.

2.5.4. Proyección de copas

Para conocer la proyección de las copas se mide la proyección de Norte a Sur y de Este a Oeste. La unidad de medición son metros.

- Utilizando cinta normal graduada en metros.

2.6. Análisis físico y químico de los suelos

El análisis físico y químico de las muestras lo realizamos en el laboratorio de suelos y de química de la Facultad de Estudios Superiores Cuatitlán Campo 4, empleando metodología conocida para las determinaciones de interés.

2.6.1. Determinaciones físicas.

2.6.1.1. Textura

- El método empleado para esta determinación fue el de Bouyouccos modificado por Day, que se basa en las diferentes velocidades de sedimentación de esferas, cuyo diámetro, sería la longitud mayor de las partículas.

2.6.1.2. Densidades y espacio poroso

- Densidad aparente: es la masa o peso de una unidad de volumen total del suelo seco. Donde el volumen total comprende al ocupado por el material sólido y por el espacio poroso. La masa de las partículas se determina pesándolas y su volumen se calcula a partir de la masa y densidad del agua que es desplazada por la muestra del suelo. La densidad aparente se expresa mediante la siguiente ecuación.

$$\delta_{ap} = \frac{M}{v_t}$$

Siendo la unida de medición gramos por centímetro cúbico (g/cm³)

- Densidad real: es la relación de la masa de la partículas sólidas del suelo, sin incluir la masa del agua y del aire del mismo. La masa se determina pesando la muestra desecada a 105° C y el volumen de la muestra que se haya tomado en el campo. Se presenta por la siguiente relación.

$$\delta_{real} = \frac{M}{v_s}$$

Siendo la unida de medición gramos por centímetro cúbico (g/cm³)

- Espacio poroso: se expresa en % con relación al volumen total del suelo, y se puede calcular a partir de los valores de las densidades aparente y real del mismo.

Se calcula con la siguiente expresión.

$$100 - \frac{D_a}{D_r} \times 100 = \% \text{ de volumen de los poros}$$

2.6.2. Determinaciones químicas

2.6.2.1. Nitrógeno

- Previa destrucción de la materia orgánica (digestión), determinándose por el método de Kjeldhal, el cual incluye las formas orgánicas y amónica y presenta ciertas modificaciones, permite también la determinación de los nitratos simultáneamente. La unidad de medición empleada es kg/ha.

Los métodos de determinación de N se encuentran generalmente basados en la espectrofotometría.

2.6.2.2. Fósforo

- La determinación de fósforo en suelos ácidos, se determinó por el método de Bray I. El suelo se extrae con una solución de fluoruro (NH_4F o NaF) 0.03M y de HCl 0.025M. La unidad de medición empleada es kg/ha.

2.6.2.3. Potasio

- Este elemento se determinó utilizando el Fotómetro de llama. La unidad de medición empleada es kg/ha.

2.6.2.4. pH del suelo

- Esta es una medida de alcalinidad o acidez del suelo o la concentración de iones hidrógeno calculado sobre una escala logarítmica donde 1 es el más ácido y el 14 es el más básico.

2.6.2.5. Capacidad de intercambio catiónico

- Es la capacidad que posee un suelo de retener ciertos elementos en forma aprovechable para la planta. Se utilizó la metodología para suelos ácidos, siendo la titulación con vesenato, y se expresa en miliequivalentes/cantidad de suelo empleada. Se determinó con sustracción de CaCl_2 y desplazamiento en NaCl .

2.6.2.6. Materia orgánica (M.O.)

- Para esta determinación se empleó el método de Walkley y Black, se evalúa la materia orgánica más activa, la cual tiene un mayor significado agrícola. La unidad de medición es en porcentaje.

2.7. Procesamiento de datos

Para el análisis de correlación se realizó con el paquete de computo SAS versión 6.1, Institute Inc. (Statistical Analysis System) 1992, así como Microsoft Excel para Windows 98 para la captura de resultados y la realización de las gráficas y cálculos matemáticos.

Se obtuvo el valor de t Calculada, mediante la prueba de t de Student para la comparación de medias de muestras independientes (Herrera y Barrera, 2000). El Programa de SAS tiene un procedimiento denominado TTEST el cual realiza la prueba de " t " para la variable de interés, el cual considera los casos donde la varianza poblacional son iguales o distintas (Rebolledo, 1996).

La relación de las mejores variables se hizo de acuerdo en los coeficientes de correlación, con el programa SAS.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Uno de los objetivos de este trabajo fue conocer el desarrollo dasométrico que tienen las plantaciones de los árboles de hule en las zonas donde se desarrollan (zona de alta y mediana precipitación), asimismo el rango considerado fue como ya se mencionó con base a las etapas que atraviesa el árbol del hule durante su desarrollo citadas por Correa 1981, desarrollo vegetativo, etapa de producción joven y etapa de máxima producción. Para este análisis se realizó la comparación de medias obtenidas mediante gráficos de las variables.

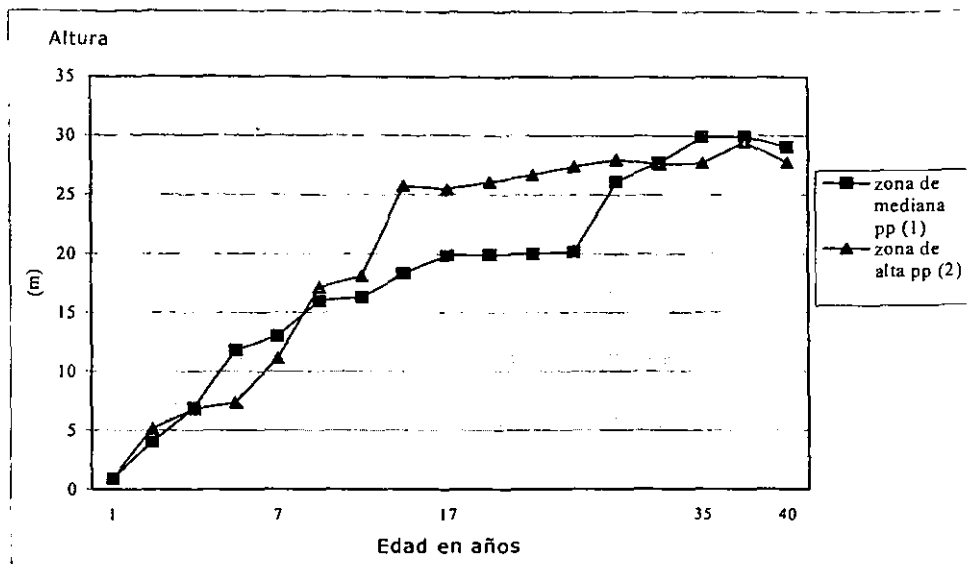
Las variables dasométricas consideradas para comparar el desarrollo del árbol del hule fueron: Altura total (gráfica 1). Diámetro a altura de pecho 1.30 m. (gráfica 2). Profundidad de la corteza, (gráfica 3). Altura de fuste (gráfica 4). Proyección de copa norte - sur, (gráfica 5) y Proyección de copa este - oeste (gráfica 6). En las que se analizó la diferencia del desarrollo de las plantaciones de la zonas de alta y mediana precipitación, asimismo al analizar la prueba de t Student de las variables ya mencionadas. Además se realizó el análisis gráfico de las determinaciones físicas: Textura, densidad aparente, densidad real y espacio poroso, así como las químicas: Nitrógeno, fósforo, potasio, pH, capacidad de intercambio catiónico y contenido de materia orgánica, las cuales son de interés para obtener una posible correlación con el crecimiento de los árboles.

Altura total

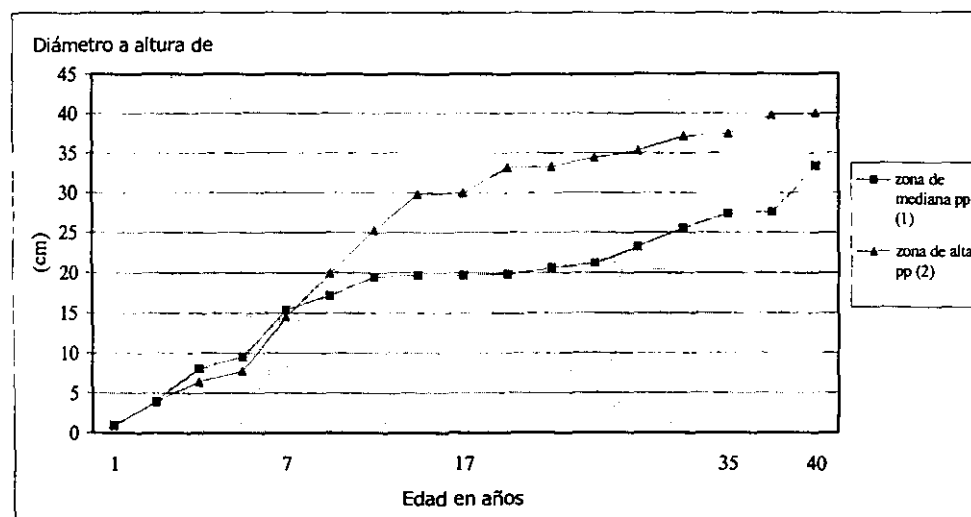
Como se puede apreciar en la gráfica 1, no existe diferencia en el crecimiento en los primeros 3 años donde los árboles se encuentran en una etapa vegetativa, al igual que en los últimos años en donde no es marcada la diferencia en cuanto al crecimiento, sin embargo a partir del cuarto año hasta el séptimo año de la plantación, los árboles de la zona de mediana precipitación presentan un desarrollo mayor; pero a partir del octavo año hasta los 33 años, la zona de alta precipitación presenta un desarrollo mayor.

Diámetro a altura de pecho, 1.30 m

En la gráfica 2. Se observa que los árboles de hule en su etapa de desarrollo vegetativo el diámetro que presentan son similares, pero a partir de la etapa de producción la zona de alta precipitación presenta un diámetro mayor. El diámetro que tienen los árboles es muy importante, ya que éste nos indica cuando el árbol esta listo para la realización del tablero de pica y comenzar la extracción del látex, para un árbol de hule es suficiente que tenga 7 cm de diámetro a 1 metro de altura, a partir de la unión del patrón con el injerto que aproximadamente es del sexto al séptimo año de vida y dependiendo del clon empleado, así como el manejo del cultivo.



Gráfica 1. Comparación de altura total de las plantaciones de hule, de 1 hasta 42 años de edad, de su establecimiento hasta el año de medición.

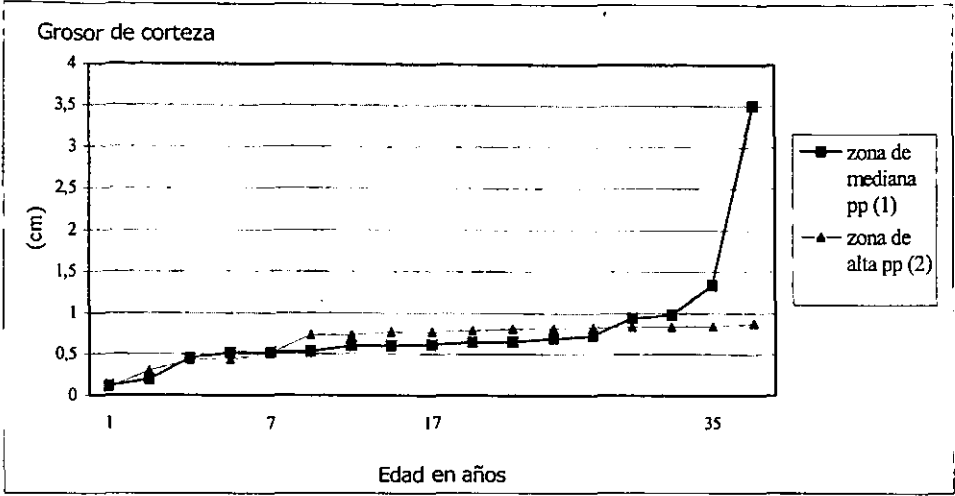


Gráfica 2. Comparación del diámetro de las plantaciones de hule, de 1 hasta 42 años de edad, de su establecimiento hasta el año de medición.

Grosor de la corteza

Podemos apreciar en la gráfica 3 que la profundidad de la corteza es muy similar en los primeros años, sin embargo en la etapa productiva, la zona de alta precipitación es un poco más gruesa, no así en los últimos años donde apreciamos que la zona de mediana precipitación la corteza es más profunda.

Sin embargo ambas zonas en la etapa de producción presentan una corteza en la que se puede trabajar ya que se requieren 2 milímetros por pica y una profundidad de 1 a 1.5 milímetros de la zona generatriz de la corteza y evitar daños en el cambium.



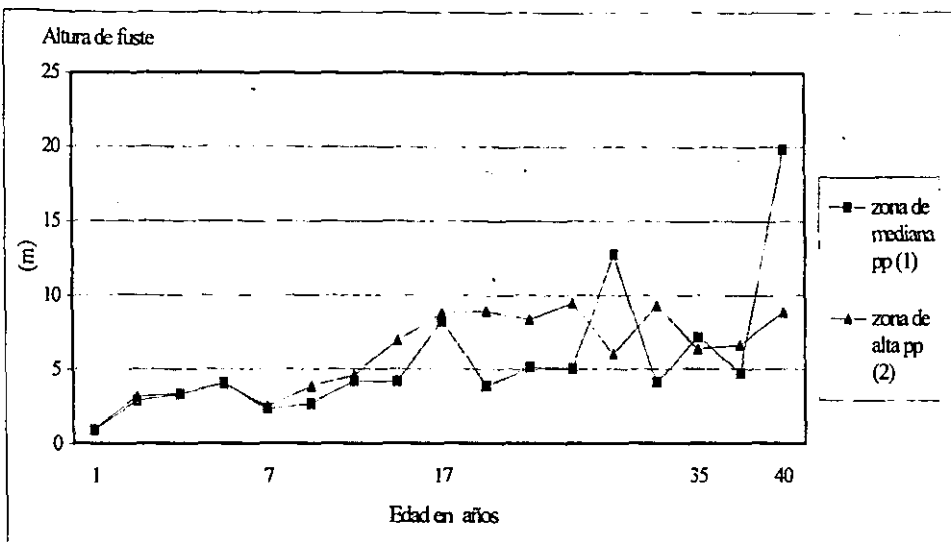
Gráfica 3. Comparación de la profundidad de la corteza de las plantaciones de hule, de 1 a 42 años de edad, de su establecimiento hasta el año de medición.

Altura de fuste

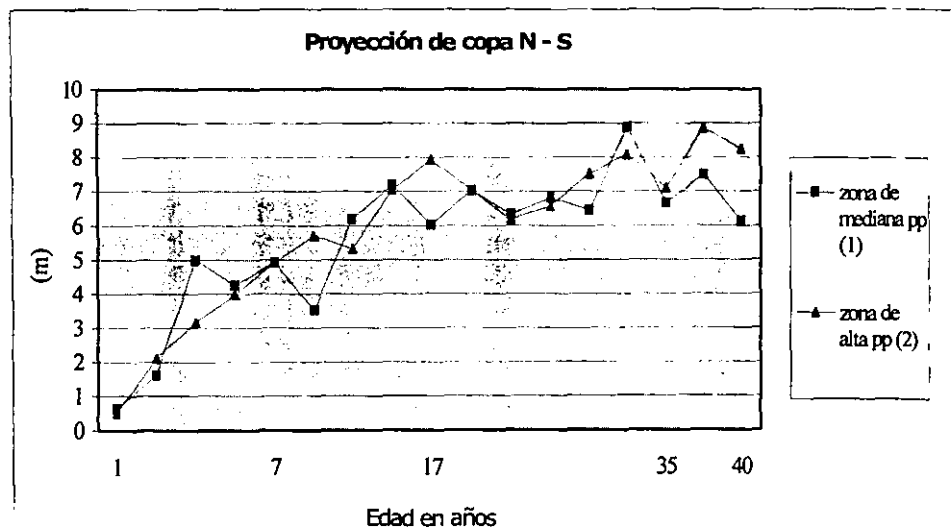
En la gráfica 4. Observamos que los resultados obtenidos en las mediciones indican que la altura de fustes es muy parecida, además que esta variable depende más del manejo que se tiene en la plantación y principalmente en que momento se realiza el descopado.

Para la proyección de copa ya sea norte - sur (Gráfica 5) ó este - oeste (Gráfica 6)

El crecimiento de la copa es similar en las dos zonas de estudio, lo que indica que la distancia a la que están establecidas las plantaciones ya sea a 6 m entre hilera por 3 metros entre planta ó 6 metros por 4 metros favorece el desarrollo de la copa, permitiendo una extensión mayor del área foliar.

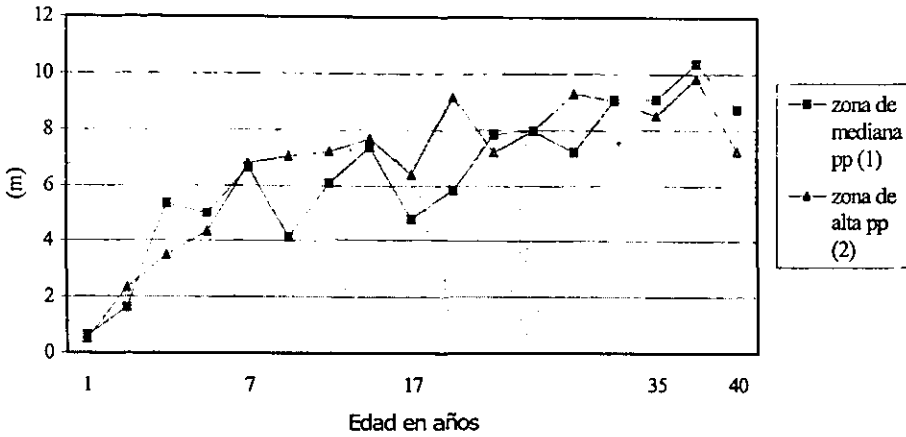


Gráfica 4. Comparación de la altura de fuste de las plantaciones de hule, de 1 a 42 años de edad, desde su establecimiento hasta el año de medición.



Gráfica 5. Comparación de la proyección de copa norte - sur de las plantaciones de hule, de 1 a 42 años de edad, desde su establecimiento hasta el año de medición.

Proyección de copa E-O



Gráfica 6. Comparación de la proyección de copa este - oeste de las plantaciones de hule, de 1 a 42 años de edad, desde su establecimiento hasta el año de medición.

Para realizar el análisis de los resultados físicos y químicos de las muestras de suelo, se realizó una comparación mediante gráficas. En las cuales observamos que las variaciones existentes en los análisis no son muy significativas para las dos zonas de estudio, sobre todo para las dos primeras etapas de desarrollo; no así para la etapa de máxima producción.

Nitrógeno

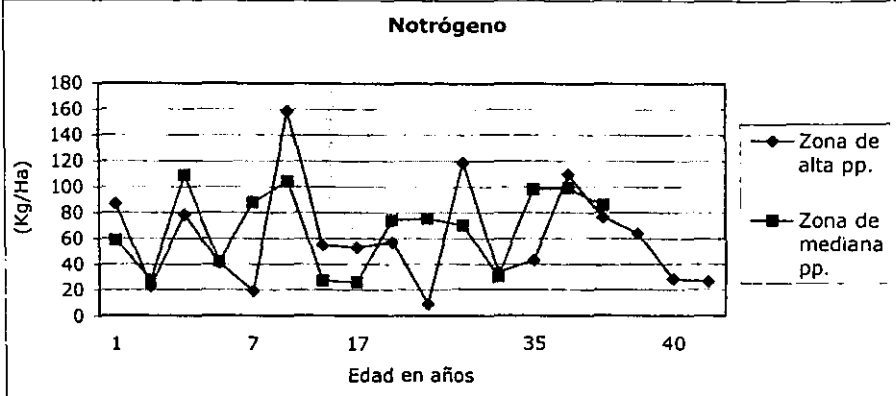
En la gráfica 7, observamos que las variaciones existentes en el contenido de nitrógeno expresado en kilogramos por hectárea, obtuvimos que para la zona de alta precipitación la concentración de nitrógeno total es baja, un contenido medio en su mayoría y en pocos el contenido es alto, asimismo para la zona de mediana precipitación el contenido de nitrógeno es de medio a alto contenido. Considerando que la región del Papaloapan es una región donde se tiene marcada la precipitación, por lo que la pérdida de nitrógeno del suelo es más frecuente por lixiviación, volatilización, desnitrificación, erosión y absorción por las plantas.

Varios autores coinciden en que el contenido de los niveles de nitrógeno para las regiones tropicales es menor o más baja que los valores correspondientes a las regiones templadas.

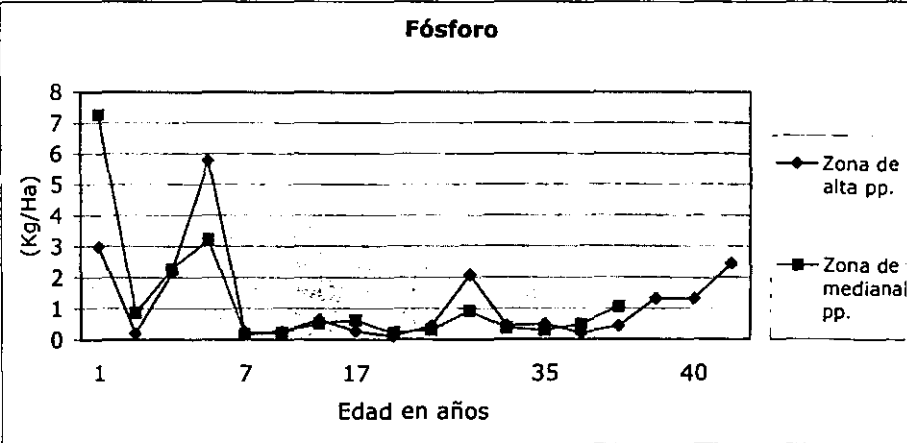
Fósforo

En la gráfica 8, podemos apreciar que los suelos donde están establecidas las plantaciones, el contenido de fósforo es bajo a extremadamente pobres, asimismo podemos apreciar que el contenido en las dos zonas es muy similar.

Podemos apreciar que en la etapa vegetativa es donde se tiene una diferencia del contenido de fósforo. Primavera 1982, indica que un suelo debe tener bioestructura grumosa (aireación) y suficiente materia orgánica y calcio, para garantizar un abastecimiento normal de las plantas con fósforo. Además de que el pH sea mayor de 5.5 y menor de 7.5 para que el fósforo se encuentre disponible.



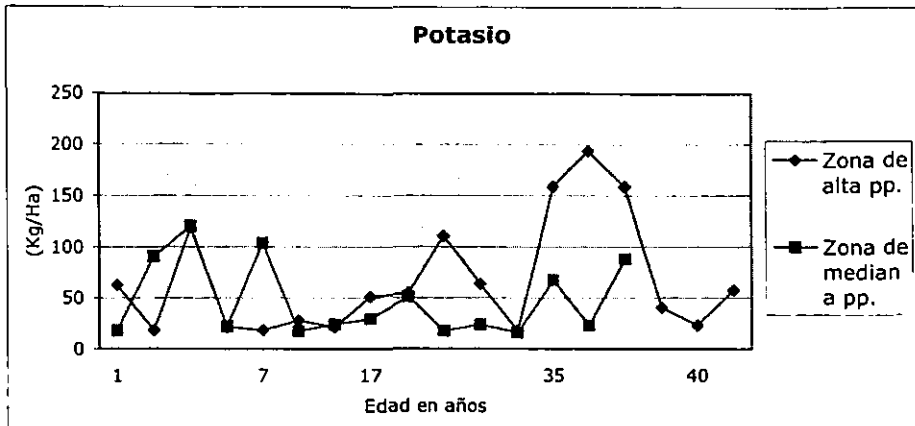
Gráfica 7. Contenido de nitrógeno de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad.



Gráfica 8. Contenido de fósforo de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad.

Potasio

Podemos apreciar en la gráfica 9, que el contenido de potasio en los suelos es menor de 200Kg/Ha, por lo que se consideran suelos pobres a extremadamente pobres, sin embargo, la zona de alta precipitación presenta una concentración mayor de este elemento a partir de lo 27 años hasta los 35 años de edad de las plantaciones de hule.

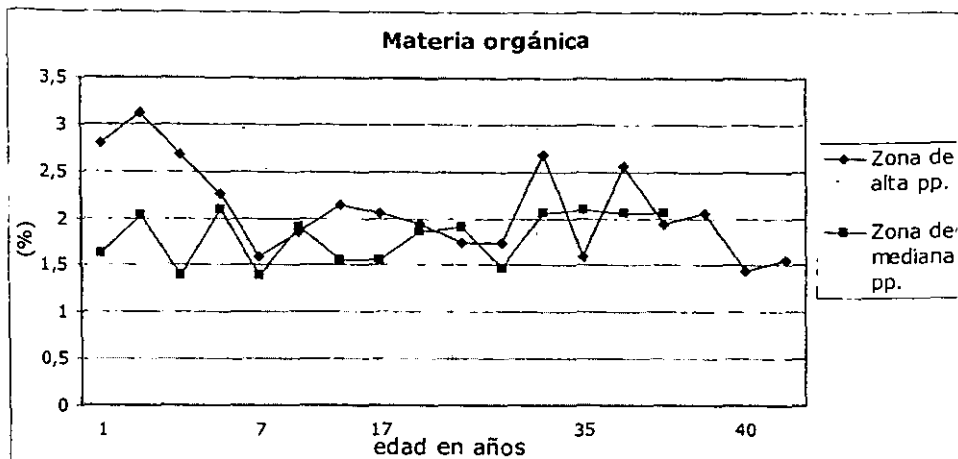


Gráfica 9. Contenido de potasio de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad.

El potasio es uno de los elementos que más aumenta la resistencia de las plantas contra enfermedades, por aumentar la respiración y con eso la absorción de otros nutrientes. Por lo que el efecto del potasio depende de la riqueza del suelo en otros nutrientes, especialmente fósforo y nitrógeno. Así cuando la eficiencia del nitrógeno es baja debido a un manejo errado y a su nitrificación deficiente, y la falta de fósforo y calcio, el efecto del potasio es reducido o negativo.

Materia orgánica

Sabemos que la materia orgánica juega un papel importante en los suelos tropicales como banco de nutrientes, además de tener una alta capacidad de intercambio catiónico y de ayudar al mejoramiento de la estructura del suelo. Como se puede apreciar en la gráfica 10, el contenido de materia orgánica en el suelo, tiene un rango de 3.2 por ciento hasta 1.3 por ciento, por lo que se considera dentro de la clase de mediana a medianamente rica, así mismo podemos apreciar que sólo existe una diferencia del contenido de materia orgánica en los suelos que sostienen plantaciones de 1 a 3 años de edad, siendo más elevada en la zona de alta precipitación y a partir de ahí el contenido es muy parecido.



Gráfica 10. Contenido de materia orgánica de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad.

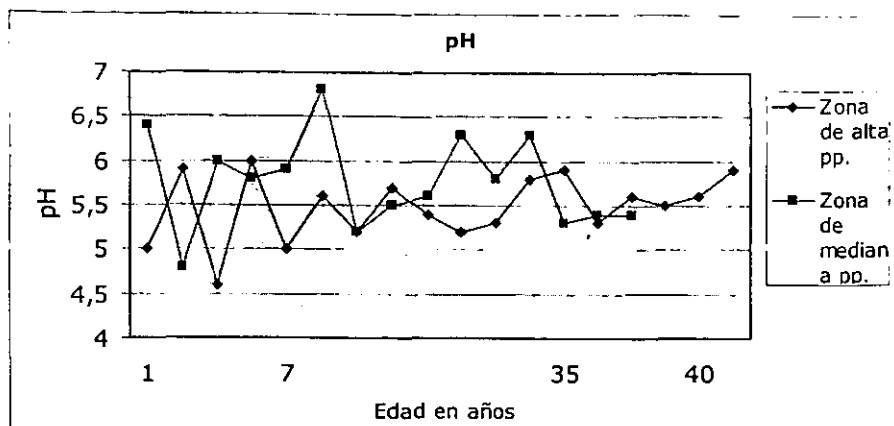
La apreciación que realizamos en campo, nos indica una mayor cantidad de hojarasca, algunas en proceso de descomposición y muy poca en humus, lo cual no podemos generalizar para todos los suelos muestreados.

Primavesi 1982, menciona que en los climas tropicales ofrecen condiciones extremadamente favorables a la actividad microorgánica favoreciendo la descomposición y mineralización de ésta y además que se provoca una acumulación muy pobre de humus.

Asimismo debemos considerar la importancia que tiene en pH para que se lleve acabo una descomposición adecuada de la Materia orgánica, y su efecto indirecto sobre la concentración de elementos nutritivos a disposición del vegetal.

pH

En la gráfica 12, podemos apreciar que el pH presenta una inclinación hacia un agrupación de suelo ácido, sin embargo la zona de alta precipitación se tiene un rango de pH de 4.6 a 6; que van de los muy fuertemente ácidos a los ligeramente ácidos, 5.2 a 5.7; donde se designa un suelo fuertemente ácido, 5.2 a 5.9; donde encontramos que la mayoría son fuertemente ácidos, estos rangos y designaciones para los suelos donde los árboles se encuentran en una etapa vegetativa, producción joven y máxima producción respectivamente. Para la zona de mediana precipitación, el pH se encuentra en una agrupación de ácido a neutro, encontrando para los suelos de la etapa vegetativa un rango de 4.8 a 6.4, siendo su designación de muy fuertes a ligeramente ácidos, en la etapa de producción joven el rango es de 5.2 a 6.8, donde se tiene un pH fuertemente ácido a neutro y en la etapa de máxima producción el rango que tiene el pH es de 5.3 a 6.3, donde se tiene fuertemente ácidos a ligeramente ácidos. Con este resultado estaríamos de acuerdo con algunos autores que indican que los suelos de las regiones tropicales son más ácidos.



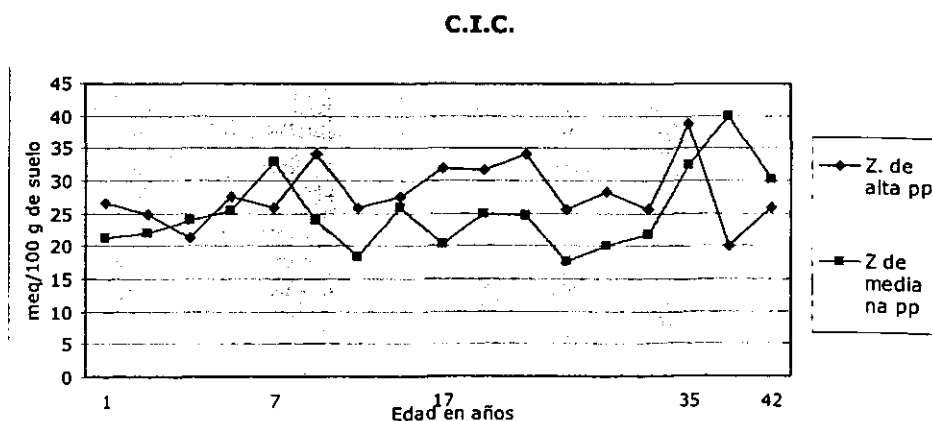
Gráfica 11. pH del suelo, de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Sabemos que la CIC, es uno de los procesos más importantes que sucede en el suelo, ya que es a través de este proceso que la planta puede obtener los elementos que le son necesarios para su nutrición.

La capacidad de cambio se mide en términos de meq/100g de suelo. Los valores de los suelos minerales oscilan entre 3 y 3,5 meq/100g y la de los orgánicos de 120 a 180 meq/100g.

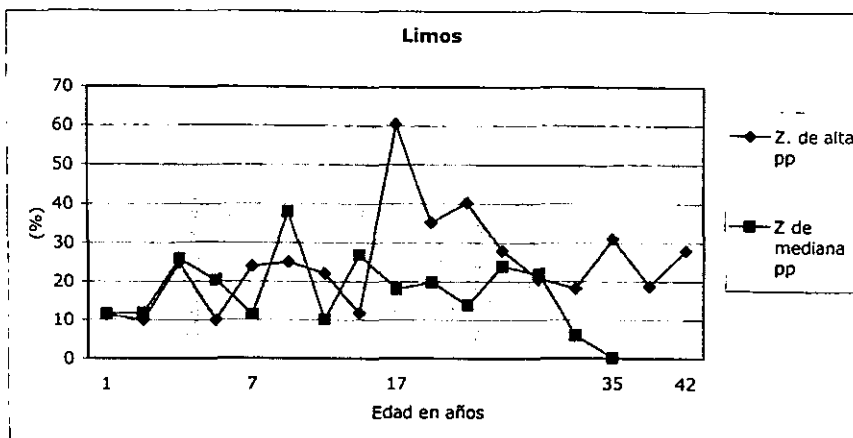
En la gráfica 12, podemos observar que la CIC no es muy diferente para las dos zonas de estudio, el rango que presentan los suelos es de 16 a 41 meq/100g de suelo por lo que según una evaluación que cita Siebe *et al.*, 1996 de una tabla de (Blume, 1990), concentraciones menores a 50 meq / kg son consideradas muy bajas.



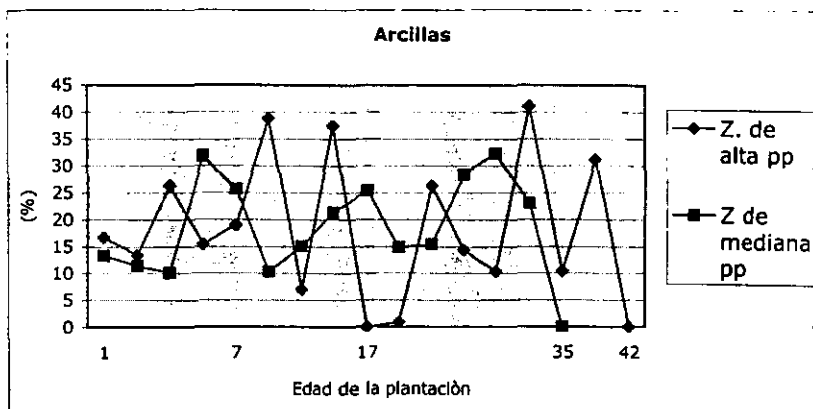
Gráfica 12. Capacidad de intercambio catiónico, de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad.

Textura del suelo

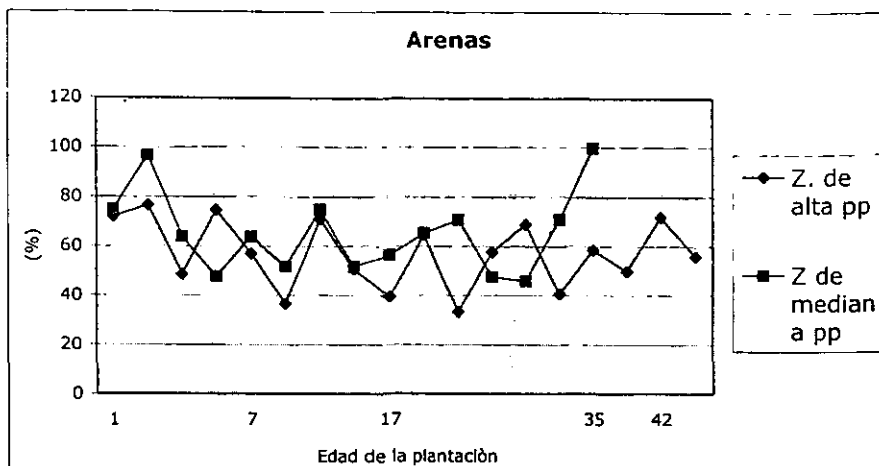
En la gráfica 13, se presenta el contenido de limos en porcentaje, de igual forma en la gráfica 14 y 15 donde se expone el contenido de arcillas y arenas respectivamente. Así la clasificación textural se detalla en el cuadro 6, donde podemos apreciar que la zona de alta precipitación o húmeda dominan los suelos franco arenosos, sin embargo en la zona de mediana precipitación, los suelos presentes en su mayoría son de textura franco arcillo arenosa, seguidos de los franco arenosos.



Gráfica 13. Contenido de limos, de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad.



Gráfica 14. Contenido de Arcillas, de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad.



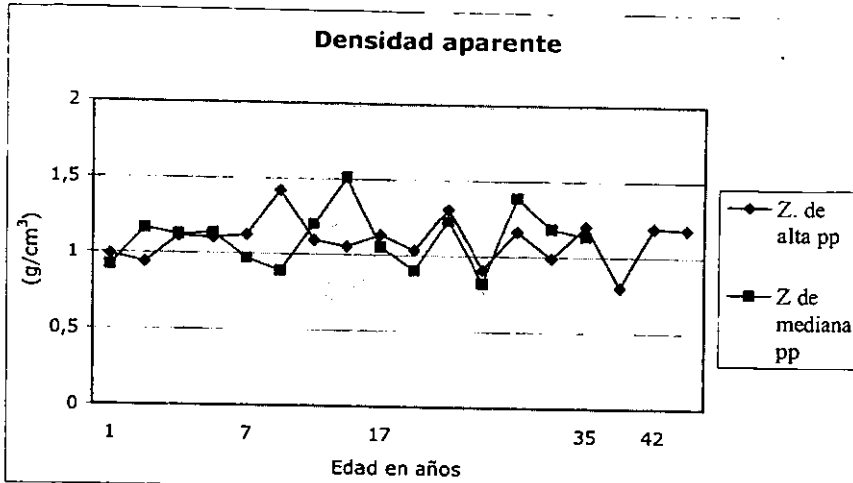
Gráfica 15. Contenido de Arenas, de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad.

Etapa	Zona de alta precipitación	Zona de mediana precipitación
Vegetativa	Franco arenoso Franco arcillo arenoso Arena franca	Franco arenoso Franco arcillo arenoso
Producción joven	Franco arenoso	Franco arenoso Franco arcilloso arenoso Franco
Máxima producción	Franco arenoso Franco Franco limoso Arcilla Arena franca Franco arcillo arenoso	Franco arcillo arenoso Arena

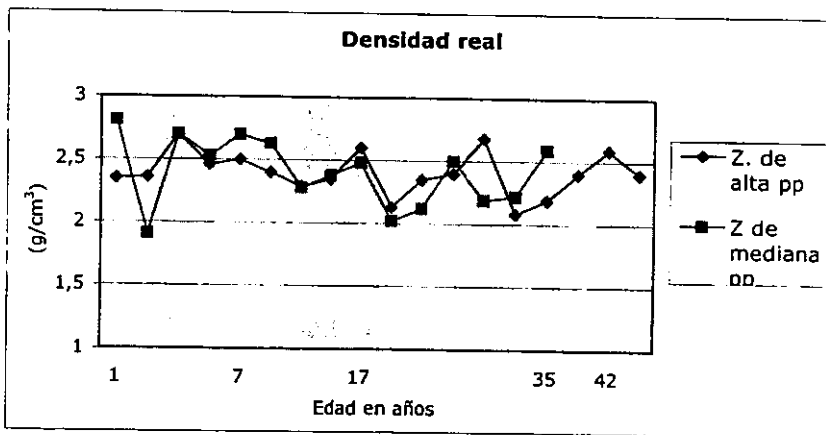
Cuadro 6. clasificación textural para la zona de estudio.

Densidad del suelo

Los resultados mostrados en las gráficas 16, 17 y 18 que corresponden a la densidad aparente (D_a), densidad real (D_r) y espacio poroso (E.P.) respectivamente, en ellas se muestra los valores obtenidos para las zonas de estudio, donde se obtiene un rango de la D_a como mínimo de $0.8g/cm^3$ y un máximo de $1.51g/cm^3$, la D_r que se obtuvo es de $2.08g/cm^3$ como mínima y un máximo de $2.9g/cm^3$, por lo que se puede indicar que las dos zonas presentan una densidad aparente y una densidad real para un buen desarrollo de las plantas, ya que Valencia, 199, menciona que la D_a del suelo debe ser menor de $1.4g/cm^3$ y para la D_r de 2.6 a $2.75g/cm^3$.

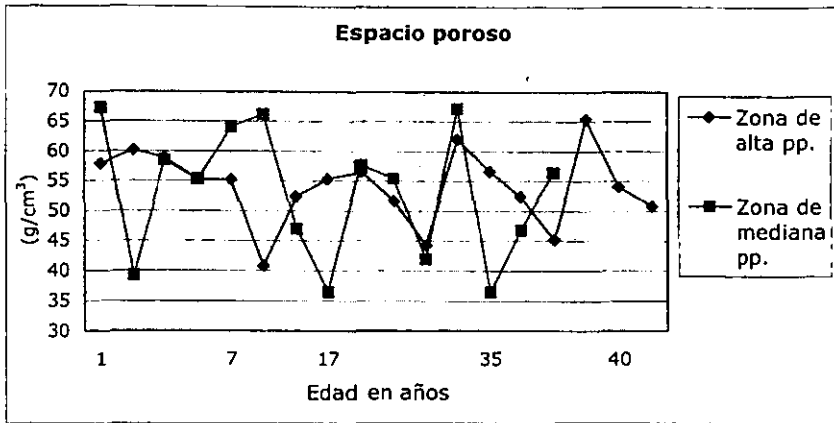


Gráfica 16. Densidad aparente, de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad.



Gráfica 17. Densidad real, de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad.

En la gráfica 18, se muestra el espacio poroso que presenta la zona de estudio, donde observamos que el valor más alto es de 65% para la zona de alta precipitación y de 67% para la zona de mediana precipitación.



Gráfica 18. Espacio poroso, de las zonas de alta y mediana precipitación, en plantaciones establecidas de 1 hasta 42 años de edad.

Sabemos que el árbol del hule presenta un enraizamiento a la vez pivotante y radial, por lo que se considera que las propiedades físicas del suelo influyen sobre la densidad de la red radicular. Para el presente estudio es importante conocerlas, al igual que todas las determinaciones mencionadas y así poder determinar una posible correlación con el crecimiento de los árboles de hule. Asimismo en los anexos 11 y 12 se detallan los resultados que se obtuvieron de los análisis de suelo.

3.2. Prueba de Student "t" para la comparación de medias.

Al realizar la prueba de "t" de Student para saber si existe o no una diferencia estadística en el desarrollo del árbol del hule en la zona de alta (2) y mediana (1) precipitación, para las variables dasométricas de las tres etapas de desarrollo, observamos los siguientes resultados.

En altura total podemos observar que no existe diferencia estadística significativa en la etapa vegetativa, así como en la de producción joven en las dos zonas, no así para la etapa de máxima producción donde se aprecia que si existe una diferencia, ya que podemos apreciar que en la zona de mediana precipitación los árboles tienen un crecimiento mayor (Cuadro 7, 8 y 9)

Cuadro 7. Comparación de altura de la etapa vegetativa de 1 a 7 años de las zonas de alta y mediana precipitación.

Variable: Altura									
Zona	n	Media	Desviación estándar	Error estándar	Varianza	t	gl	Prob> T	
1	5	7.33582082	5.11978246	2.28963632	Unequal	0.3775	7.3	0.7166	NS
2	5	6.26799951	3.71501566	1.66140551	Equal	0.3775	8.0	0.7156	NS
DF = (4,4) Prob>F' = 0.5497									

NS no significativo.

Cuadro 8. Comparación de altura de la etapa de producción joven de 8 a 17 años de las zonas de alta y mediana precipitación.

Variable: Altura									
Zona	n	Media	Desviación estándar	Error estándar	Varianza	t	gl	Prob> T	
1	2	17.17727303	1.63696575	1.15750959	Unequal	1.8578	4.2	0.1340	NS
2	7	13.89552472	3.53046525	1.33439044	Equal	1.2304	7.0	0.2583	NS
DF = (6,1) Prob>F' = 0.6815									

NS no significativo.

Cuadro 9. Comparación de altura de la etapa de máxima producción de 18 a 42 años de las zonas de alta y mediana precipitación.

Variable: Altura								
Zona	n	Media	Desviación estándar	Error estándar	Varianza	t	gl	Prob> T
1	10	32.77137885	5.11528568	1.61759536	Unequal	3.8902	9.9	0.0031 *
2	5	26.31292929	0.83561391	0.37369790	Equal	2.7542	13.0	0.0164 *
DF = (9,4) Prob>F' = 0.0033								

* estadísticamente significativo

Para el diámetro a altura de pecho (1.30 m.), se muestra que estadísticamente no existe una diferencia significativa en las tres etapas de desarrollo de las dos zonas, donde observamos que los árboles tienen un diámetro muy parecido o que no es tan grande la diferencia que podría existir entre ellos e indicarnos en donde es mejor el crecimiento, además es importante considerar que el diámetro es una variable que por si sola nos indicaría en donde se produce un crecimiento mejor de los árboles y poder decidir en donde convendría establecer más plantaciones del cultivo de hule (Cuadro 10, 11 y 12)

Cuadro 10. Comparación de diámetro de la etapa vegetativa de 1 a 7 años de las zonas de alta y mediana precipitación.

Variable: Diámetro								
Zona	n	Media	Desviación estándar	Error estándar	Varianza	t	gl	Prob> T
1	5	7.59371387	5.47534317	2.44864791	Unequal	0.2690	8.0	0.7948 NS
2	5	6.69568140	5.07329187	2.26884510	Equal	0.2690	8.0	0.7947 NS
DF = (4,4) Prob>F' = 0.8860								

NS no significativo.

Cuadro 11. Comparación de diámetro de la etapa de producción joven de 8 a 17 años de las zonas de alta y mediana precipitación.

Variable: Diámetro								
Zona	n	Media	Desviación estándar	Error estándar	Varianza	t	gl	Prob> T
1	2	18.44872336	1.71473555	1.21250114	Unequal	1.2960	6.6	0.2387 NS
2	7	15.16799549	5.87908379	2.22208481	Equal	0.7465	7.0	0.4797 NS
DF = (6,1) Prob>F' = 0.4393								

NS no significativo.

Cuadro 12. Comparación de diámetro de la etapa de máxima producción de 18 a 42 años de las zonas de alta y mediana precipitación.

Variable: Diámetro								
Zona	n	Media	Desviación estándar	Error estándar	Varianza	t	gl	Prob> T
1	10	32.21860959	6.07409696	1.92079811	Unequal	-0.1884	13.0	0.8534 NS
2	5	32.66056785	3.00917559	1.34574423	Equal	-0.1516	13.0	0.8818 NS
DF = (9,4)		Prob>F' = 0.1893						

NS no significativo.

Para el grosor de corteza observamos que en la etapa vegetativa no existe una diferencia estadística significativa, además debemos considerar que los árboles se encuentran en un estado más de desarrollo que productivo (Cuadro 13) y que el grosor de la corteza va en aumento dependiendo de la edad de la plantación, sin embargo para las etapas de producción joven la zona de alta precipitación la media es mayor que la zona de mediana precipitación (Cuadro 14) y para la etapa de máxima producción (Cuadro 15), observamos que la zona de mediana precipitación presenta una media mayor, observando que en estas dos últimas etapas si existe una diferencia estadística significativa.

Cuadro 13. Comparación del grosor de la corteza de la etapa de desarrollo vegetativo de 1 a 6 años de las zonas de alta y mediana precipitación.

Variable: Corteza								
Zona	n	Media	Desviación estándar	Error estándar	Varianza	t	gl	Prob> T
1	5	0.36074559	0.19172241	0.08574087	Unequal	0.0486	7.8	0.9625 NS
2	5	0.35529915	0.16162787	0.07228218	Equal	0.0486	8.0	0.9625 NS
DF = (4,4)		Prob>F' = 0.7488						

NS no significativo.

Cuadro 14. Comparación del grosor de la corteza de la etapa de producción joven de 8 a 17 años de las zonas de alta y mediana precipitación.

Variable: Corteza									
Zona	n	Media	Desviación estándar	Error estándar	Varianza	t	gl	Prob> T	
1	2	0.57310030	0.05824497	0.04118541	Unequal	-3.5943	6.0	0.0114	*
2	7	0.89238006	0.614594640	2.32294939	Equal	-1.8304	7.0	0.01099	*
DF = (6,1)		Prob>F [*] = 0.0001							

* estadísticamente significativo

Cuadro 15. Comparación del grosor de la corteza de la etapa de máxima producción de 18 a 42 años de las zonas de alta y mediana precipitación.

Variable: Corteza									
Zona	n	Media	Desviación estándar	Error estándar	Varianza	t	gl	Prob> T	
1	10	1.92487969	1.886283836	0.596495323	Unequal	3.0939	9.0	0.0128	*
2	5	0.79375839	0.02837753	0.01269082	Equal	2.1468	13.0	0.0513	*
DF = (9,4)		Prob>F [*] = 0.0001							

* estadísticamente significativo

En la proyección de copa norte - sur, observamos que existe una diferencia estadística significativa en la etapa de producción joven en donde tenemos que la media de la zona de alta precipitación es mayor (Cuadro 17), y en la etapa de máxima producción observamos que la zona de mediana precipitación presenta una media mayor (Cuadro 18), para la etapa de desarrollo vegetativo no se tiene diferencia significativa (Cuadro 16), además que en esta etapa la copa de los árboles casi podría ser de forma circular.

Cuadro 16 Comparación de la proyección de copa norte - sur de la etapa de desarrollo vegetativo de 1 a 6 años de las zonas de alta y mediana precipitación.

Variable: Copa norte - sur									
Zona	n	Media	Desviación estándar	Error estándar	Varianza	t	gl	Prob> T	
1	5	3.28545221	2.02203671	0.90428231	Unequal	0.2936	7.8	0.7767	NS
2	5	2.93752158	1.71227641	0.76575329	Equal	0.2936	8.0	0.7765	NS
DF = (4,4) Prob>F' = 0.7551									

NS no significativo.

Cuadro 17 Comparación de la proyección de copa norte - sur de la etapa de producción joven de 8 a 17 años de las zonas de alta y mediana precipitación.

Variable: Copa norte - sur									
Zona	n	Media	Desviación estándar	Error estándar	Varianza	t	gl	Prob> T	
1	2	4.78209609	1.76307095	1.24667942	Unequal	-2.7511	4.7	0.0436	*
2	7	10.28723569	4.14130201	1.56526503	Equal	-1.7644	7.0	0.1210	*
DF = (6,1) Prob>F' = 0.6297									

* estadísticamente significativo

Cuadro 18 Comparación de la proyección de copa norte - sur de la etapa de máxima producción de 18 a 42 años de las zonas de alta y mediana precipitación.

Variable: Copa norte - sur									
Zona	n	Media	Desviación estándar	Error estándar	Varianza	t	gl	Prob> T	
1	10	22.05887436	15.92790186	5.03684482	Unequal	2.9323	9.1	0.0166	*
2	5	7.25490983	0.77093806	0.34477398	Equal	2.0384	13.0	0.0624	*
DF = (9,4) Prob>F' = 0.0000									

* estadísticamente significativo

En la proyección de copa este - oeste, observamos que no existe diferencia estadística en la etapa de desarrollo vegetativo, sin embargo para la etapa de producción joven y de máxima producción si existe una diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 19, 20 y 21)

Cuadro 19 Comparación de la proyección de copa este - oeste de la etapa de desarrollo vegetativo de 1 a 6 años de las zonas de alta y mediana precipitación.

Variable: Copa norte - sur									
Zona	n	Media	Desviación estándar	Error estándar	Varianza	t	gl	Prob> T	
1	5	3.85755131	2.58566634	1.15634514	Unequal	0.2338	7.9	0.8211	NS
2	5	3.49336905	2.33437841	1.04396576	Equal	0.2338	8.0	0.8210	NS
DF = (4,4) Prob>F' = 0.8477									

NS no significativo.

Cuadro 20. Comparación de la proyección de copa este - oeste de la etapa de producción joven de 8 a 17 años de las zonas de alta y mediana precipitación.

Variable: Copa este -oeste									
Zona	n	Media	Desviación estándar	Error estándar	Varianza	t	gl	Prob> T	
1	2	5.75252888	2.29563714	1.62326059	Unequal	-2.4487	2.6	0.1083	
2	7	10.89730524	3.52915802	1.33389635	Equal	-1.8981	7.0	0.0995	*
DF = (6,1) Prob>F' = 0.9210									

* estadísticamente significativo

Cuadro 21. Comparación de la proyección de copa este - oeste de la etapa de máxima producción de 18 a 42 años de las zonas de alta y mediana precipitación.

Variable: Copa este - oeste									
Zona	n	Media	Desviación estándar	Error estándar	Varianza	t	gl	Prob> T	
1	10	22.95333695	14.99703731	4.74247961	Unequal	3.1515	9.2	0.0114	*
2	5	7.91214499	1.19970157	0.53652285	Equal	2.1976	13.0	0.0467	*
DF = (9,4) Prob>F' = 0.0001									

* estadísticamente significativo

Aunque la altura de fuste depende más de cuando se realiza es descopado, podemos apreciar que estadísticamente existe una significancia en la etapa de producción joven y de máxima producción, considerando que una altura adecuada de fuste en promedio es de 2.5 metros de altura (Cuadro 22, 23, 24).

Cuadro 22. Comparación de altura de fuste limpio de la etapa de desarrollo vegetativo de 1 a 6 años de las zonas de alta y mediana precipitación.

Variable: Altura de fuste									
Zona	n	Media	Desviación estándar	Error estándar	Varianza	t	gl	Prob> T	
1	5	2.68428984	1.19770418	0.53562959	Unequal	-0.1420	8.0	0.8906 NS	
2	5	2.79044768	1.16588761	0.52140079	Equal	-0.1420	8.0	0.8906 NS	
DF = (4,4) Prob>F' = 0.9596									

NS no significativo.

Cuadro 23. Comparación de altura de fuste limpio de la etapa de producción joven de 8 a 17 años de las zonas de alta y mediana precipitación.

Variable: Altura de fuste									
Zona	n	Media	Desviación estándar	Error estándar	Varianza	t	gl	Prob> T	
1	2	3.40027947	1.07578680	0.76069614	Unequal	-3.4552	7.0	0.0106 *	
2	7	10.05668360	4.68288125	1.76996274	Equal	-1.9065	7.0	0.0983 *	
DF = (6,1) Prob>F' = 0.3481									

* estadísticamente significativo

Cuadro 24. Comparación de altura de fuste limpio de la etapa de máxima producción de 18 a 42 años de las zonas de alta y mediana precipitación.

Variable: Altura de fuste									
Zona	n	Media	Desviación estándar	Error estándar	Varianza	t	gl	Prob> T	
1	10	23.36600959	15.19702544	4.80572141	Unequal	3.0871	9.1	0.0128 *	
2	5	8.47585859	0.91978989	0.41134254	Equal	2.1482	13.0	0.0511 *	
DF = (9,4) Prob>F' = 0.0000									

* estadísticamente significativo

3.3. Análisis de correlación.

Para realizar el análisis de correlación entre las variables dasométricas ya mencionadas con las variables físicas y químicas de los suelos, se realizó depuración de los resultados obtenidos, por lo que a partir del cuadro 25 hasta el 29 se muestran las variables de los suelos que presentaron una correlación positiva, cabe mencionar que una correlación del 99% nos está indicando que existe una asociación alta de las variables. Es preciso mencionar que para la zona de alta precipitación en la etapa de producción joven, no se consideró la posible correlación debido a que no se tiene un rango muy amplio de edades.

En el cuadro 25, se presentan los resultados correspondientes a la correlación de la zona de alta precipitación, de la etapa vegetativa expresados en por ciento, donde observamos que las densidades, los limos y las arcillas, nos están indicando una relación con todas las variables dasométricas, siendo la densidad aparente quien tiene un porcentaje mayor del 70%, asimismo el potasio presenta una relación con la mayoría de las variables aunque ésta no sea muy elevada, el fósforo, el pH y la C.I.C., presentan una relación con sólo algunas de las variables.

Cuadro 25. Análisis de correlación, de la zona alta precipitación, etapa vegetativa.

Variable	Densidad aparente	Densidad real	% de Limos	% de arcillas	fósforo	Potasio	pH	C.I.C.
Altura total	72.12	49.03	60.32	25.90		6.21		
Diámetro	74.07	40.29	61.97	23.10		7.68		
Grosor de la corteza	77.29	63.51	59.70	36.70		13.38		2.14
Copa norte - sur	79.07	50.20	52.93	24.32		2.41	4.99	
Copa este - oeste	75.72	43.14	58.27	22.22		4.15		
Altura de fuste	38.39	43.82	4.58	8.36	26.52			51.57

C.I.C. Capacidad de intercambio catiónico.

En la etapa de producción máxima de la zona de alta precipitación (cuadro 26), podemos apreciar que todas las determinaciones físicas así como las químicas que se determinaron presentan una relación con una variable dasométrica o con la mayoría de ellas, siendo la altura total, el diámetro a altura de pecho y el grosor de la corteza quienes presentan una relación mayor. Considerando que el árbol se encuentra en una etapa de extracción de látex y que se tiene una demanda importante de nutrientes principalmente nitrógeno, fósforo y potasio, el nitrógeno sólo mostró una relación con el grosor de la corteza y altura de fuste siendo estas no muy elevadas, sin embargo el fósforo presentó una relación

mayor de 20% con la mayoría de las variables al igual que el potasio, el pH del suelo también presenta una relación con el crecimiento del árbol.

Cuadro 26. Análisis de correlación de la zona de alta precipitación, etapa máxima producción.

Variable	Da	Dr	Ep	% de limos	% de arenas	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	pH	C.I.C	M.O
Altura total	19.76	21.73			56.67		35.63	3.69	39.50		
Diámetro	21.85				43.74		47.65	12.44	30.78		
Grosor de la corteza	25.88				28.75	0.68	56.11	16.55	42.07		
Copa norte - sur	6.03	4.56	16.93		31.69			7.25	15.63		
Copa este - oeste			5.35		70.86			41.19			
Altura de fuste			16.40	32.55		5.77	21.30			69.71	52.40

C.I.C. Capacidad de Intercambio catiónico

M.O. Materia orgánica.

Da. Densidad aparente.

Dr. Densidad real.

Ep. Espacio poroso.

Respecto a la relación que se obtiene de la zona de mediana precipitación, etapa vegetativa (Cuadro 27), observamos que se presenta una correlación con casi todas las variables edáficas determinadas en donde la densidad aparente presenta una relación del 84.98% con la altura de fuste, los limos con el grosor de corteza, la proyección de copa norte-sur y la altura de fuste su relación es mayor del 50%, las arenas con altura total del 81.19% considerándose elevada y mayor del 505 con el diámetro, el grosor y copa este - oeste, el nitrógeno presenta una relación mayor del 60% con la proyección de copa norte - sur y este - oeste, no así para el potasio que presenta una relación con la proyección de copa norte - sur mayor del 50% y por último la capacidad de intercambio catiónico que presenta una correlación mayor del 75% con la altura y el diámetro, así como el 54 y 55% con grosor y copa este - oeste respectivamente.

Cuadro 27. Correlación de la zona de mediana precipitación, etapa vegetativa.

Variable	Da	Dr	Ep	% de Limos	% de arcillas	Nitrógeno	Potasio	pH	C.I.C.	M.O.
Altura total	15.38	15.85	11.52	22.48	81.19	25.25	22.51		76.32	
Diámetro	1.35	22.25	20.05	14.13	64.25	45.07	44.58	3.64	75.30	
Grosor de la corteza	23.48	28.33	17.77	51.15	66.50	46.57	32.31	12.12	54.70	
Copa norte - sur	26.06	29.70	17.15	59.97	45.88	64.93	51.27	12.37	44.06	
Copa este - oeste	13.07	32.56	23.78	44.11	55.12	60.26	48.07	14.39	55.12	
Altura de fuste	84.98				65.94	40.61	20.54		39.10	41.70

C.I.C. Capacidad de Intercambio catiónico

M.O. Materia orgánica.

Da. Densidad aparente.

Dr. Densidad real.

Ep. Espacio poroso.

En la etapa de producción joven (Cuadro 28), de la zona de mediana precipitación, se presentan las variaciones de los suelos que presentan una asociación, en donde las densidades, el contenido de arcillas y arenas de las características físicas, son las arenas las que presentan una relación mayor del 505 con el diámetro, el grosor de la corteza, la proyección de copa norte - sur y la altura de fuste, de las variables química el fósforo con la proyección de copa este - oeste presenta una relación de 72%, y el potasio con la altura de fuste presenta una correlación del 845 que estadísticamente se consideran altas.

Cuadro 28. Correlación de la zona mediana precipitación, etapa de producción joven.

Variable	Densidad aparente	Densidad real	% de arcillas	% de arenas	Fósforo	potasio	Materia orgánica
Altura total	24.38				15.42	31.58	22.34
Diámetro	13.44		66.07	13.06	43.54	4.46	
Grosor de la corteza			61.53	6.25	28.76		14.65
Copa norte - sur	22.30		54.08	16.12	36.68	9.00	
Copa este - oeste	25.91		41.40	5.41	72.50		
Altura de fuste	18.33	6.3	68.87			84.56	7.06

M.O: Materia orgánica.

Da: Densidad aparente.

Dr: densidad real.

En el cuadro 29, se presentan las seis variables dasométricas bajo análisis; con la posible correlación de los resultados obtenidos de los análisis físicos y químicos de los suelos, donde obtuvimos que tanto las variables físicas así como las químicas presentan una relación ya sea con la altura total, el diámetro, grosor, proyección de copas y altura de fuste. Donde la altura total presenta un relación mayor del 80% con la densidad real, el espacio poroso, contenido de arena, fósforo y pH, el diámetro de los árboles presentaron una relación mayor del 60% con el contenido de arcillas. Fósforo y pH, el grosor presenta una relación por encima del 60% con la densidad real, espacio poroso, contenido de arenas, fósforo y pH, la proyección de copa norte - sur con el pH, altura de fuste con la densidad aparente, contenido de limos, potasio y materia orgánica. No debemos olvidar que donde se presente una correlación mayor del 90% esta es considerada alta y si es mayor del 99% esta se considera muy alta.

Cuadro 29. Correlación de la zona mediana precipitación, etapa de producción máxima.

Variable	Da	Dr	Ep	% de limos	% de arcillas	% de arenas	Nitrógeno	Fósforo
Altura total		93.30	99.38			99.88		98.40
Diámetro	13.44				66.07	13.06		94.39
Grosor de la corteza		67.77	94.04			91.70		80.39
Copa norte - sur			10.23		16.11	3.92	48.49	
Copa este - oeste		55.39	87.54			84.31		70.06
Altura de fuste	85.76			81.38	43.32		10.34	

Da: Densidad aparente.

Dr: Densidad real.

Ep: Espacio poroso.

Cuadro 29. Correlación de la zona mediana precipitación, etapa de producción máxima.

Variable	Potasio	pH	C.I.C.	M.O.
Altura total	38.83	81.85		
Diámetro	23.87	89.86		
Grosor de la corteza		98.82		
Copa norte - sur		56.72	96.19	
Copa este - oeste		99.99	32.43	
Altura de fuste	54.03			93.66

C. I. C: Capacidad de intercambio catiónico.

M.O: Materia orgánica

CONCLUSIONES

1. Aún cuando la zona del Papaloapan se puede dividir en alta y mediana precipitación, la cantidad de agua que precipita es considerada suficiente para cubrir con las necesidades del árbol del hule.
2. Se aprecia que existe una diferencia en el desarrollo de las plantaciones a partir de la etapa de producción joven y máxima producción, no así en la etapa vegetativa donde el comportamiento de las variables dasométricas determinadas es muy parecido o existe una pequeña diferencia, que estadísticamente no es significativa.
3. La mejor altura y diámetro la presenta la zona de alta precipitación, aunque sólo existe diferencia estadística en la variable altura para la etapa de máxima producción.
4. En el caso de las copas norte - sur y este - oeste, existe una diferencia significativa, en donde ambas zonas presentan un área foliar bastante rica y similar. Sin embargo, para la copa este - oeste la zona de alta precipitación es mayor en su etapa de producción máxima.
5. El grosor de la corteza mostró diferencia estadística, siendo la etapa de producción joven en la zona de alta precipitación la que es mayor, no así para la etapa de máxima producción donde el grosor es mayor en la zona de mediana precipitación.
6. En el fuste que presentan los árboles del hule, existe una diferencia estadística, donde la zona de alta precipitación en su etapa de producción joven es menor, y en el caso de la etapa de máxima producción, la zona de alta precipitación es la mayor.
7. Tanto los suelos de la zona de alta y mediana precipitación el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio son similares en su concentración; así también lo que se refiere a la cantidad de materia orgánica es adecuada en la mayoría de los sitios muestreados.
8. Los suelos de la zona de alta precipitación presenta suelos más ácidos que la zona de mediana precipitación, en esta última los suelos tienden a ser de ligeramente ácido a neutros. La capacidad de intercambio catiónico es mayor en los suelos de la zona de alta precipitación y menor en la zona de mediana precipitación.
9. Físicamente los suelos presentan características favorables para el anclaje de la raíz y su red radicular, siendo en su mayoría suelos francos arenosos, franco arcillo arenoso, por lo que en las plantaciones donde se tiene establecido hule, los suelos presentan buenas características físicas que son las que requiere un árbol del hule para su buen desarrollo. Podemos destacar que la zona de mediana

precipitación presenta los suelos más fértiles y con características más favorables para el hule.

10. Como otra conclusión importante se puede decir que cuando se realizó la correlación entre las variables de interés, del suelo y el crecimiento de los árboles, donde obtuvimos que de alguna manera intervienen en el desarrollo o buen crecimiento de los árboles de hule.

11. La zona de alta precipitación en su etapa vegetativa la correlación mayor fue con la densidad aparente; la densidad real y textura, para la etapa de máxima producción la relación se presentó con todas las variables aún cuando estas no es muy elevadas.

12. En la zona de mediana precipitación, la etapa vegetativa, la relación más elevada es con la textura; nitrógeno y la capacidad de intercambio catiónico. En la etapa de producción joven las variables que presentaron una relación son la densidad aparente; textura; fósforo, potasio y materia orgánica, aunque no sea muy elevada. Para la etapa de máxima producción la densidad real; espacio poroso; textura; fósforo y pH presentaron una correlación elevada. Sin embargo existen parámetros evaluados que influyeron con una variable dasométrica determinada o dependiendo de la etapa de desarrollo por la que atraviesa el árbol.

13. Asimismo, un factor importante es el manejo que se da a las plantaciones de hule, sin olvidar que el crecimiento de los árboles depende principalmente de la especie, de su edad y de la calidad de sitio en el cual crecen (suelo), el clima, tipo de clon y de otros factores.

14. Basado en las conclusiones anteriores, se deduce que el establecimiento del cultivo arbóreo del hule, puede constituir una alternativa ecológicamente viable para la región del Papaloapan.

RECOMENDACIONES

El convivir tanto tiempo con campesinos y productores huleros, nos enseña que no es tan sólo realizar investigación que en la mayoría de los casos ni siquiera llega a sus manos, o que se queden en las hojas; por ejemplo la importancia que tienen los análisis de suelos, ya que en una ocasión un productor nos comentaba que sus suelos se inundaban mucho y que él sabía que ahí no se daba el hule, pero que el Ingeniero tenía que cubrir un requisito de plantaciones y que ni modo se tenía que sembrar sabiendo que las plantitas morirían, o que no se daba una preparación adecuada a las personas que realizan la pica y por ese motivo las enfermedades atacan los tableros de pica, o también que no sabían a quien deben vender su producto; estos son algunos de los ejemplos de las necesidades por las que atraviesan los productores de hule.

Por lo cual primeramente se debe continuar con la investigación del cultivo del hule ya que es muy poca la que existe para nuestro país.

Realizar análisis de suelos de cada sitio para decidir sobre el establecimiento de plantaciones futura y/o darle un manejo adecuado a los suelos donde existen plantaciones de hule.

Revisar la información que se tiene de las estaciones climatológicas, con el fin de tomar decisiones sobre el manejo de los semilleros, viveros y las plantaciones.

Continuar con las evaluaciones del comportamiento de los clones en nuestro país.

Encontrarle utilidad y valorar más la madera de los árboles de hule después de ser explotado o cuando se termine su etapa productiva.

Ampliar las áreas destinadas a este cultivo, para generar fuentes de trabajo y sobre todo valorar la experiencia que tienen los campesinos con este cultivo.

BIBLIOGRAFÍA.

1. ACEVES N. L. A., JUAREZ L. F. y ROJO M. G., 1999. **Apuntes del curso de agrometeorología tropical**. Colegio de Posgraduados, México. pp 20 - 32.
2. AGUIRRE C. E. 1996. **Manual para el cultivo del hule (*Hevea brasiliensis* Mull Arg.)**. Consejo Mexicano del Hule A. C. 168p.
3. BINKLEY D. 1993. **Nutrición forestal**. Grupo Noriega editores (Limusa). México. 340p.
4. BUOL S. W. H., HOLE F. D. y Mc CRACKEN R. J. 1988. **Génesis y clasificación de suelos**. Editorial Trilla. México. 417p.
5. CARO P. U. R. 1993. **Terminología técnica forestal**, tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, 475p.
6. CONSEJO MEXICANO DEL HULE, ASOCIACION CIVIL. 1998. **"Listas de municipios y ejidos involucrados en el cultivo del hule"**. México.
7. COMPAGNON P. 1998. **El caucho natural**. Edición en español, Consejo Mexicano del Hule y CIRAD. México. 701p.
8. CORREA H. A. 1998, **Medición a cuatro clones de Hule en villa Hermosa Tabasco**, tesis profesional, Universidad de Tabasco.
9. **Diario Oficial**, primera sección. Tomo DLXV N. 12, martes 17 de octubre de 2000.
10. Disco compacto ERIC, (**Extracción Rápida de Información Climatológica**). Comisión Nacional del Agua (1996). Observatorio de Tacubaya.
11. DUSAN KLEPAC. 1983. **Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales**. 2a. Edición. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp 27 -89.
12. FRANCO B. M. 1983. **Problemas y métodos en el estudio de crecimiento de árboles**. Instituto de biología de la UNAM, México. pp 55-71.
13. GAONA G. J. R. 2000. **Caracterización de las áreas productoras de hule natural en México (estudio de caso: Tuxtepec, Oaxaca, 1997 - 1998)**. Universidad Nacional Autónoma de México, Colegio de Geografía. 149 p.

14. HABER A, RUNYON P. R. 1973. **Estadística elemental**, Addison - Wesley Iberoamericana, S. A. 371p.
15. HERNÁNDEZ U. R. 1998. **Estudio de viabilidad económica y financiera para el establecimiento de unidades productivas de hule natural (*Hevea brasiliensis*), en la región del Papaloapan, en Oaxaca.** Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Nárro, México. 110p
16. HERRERA H. J., BARRERAS S. A. 2000. **Análisis estadístico de experimentos pecuarios (utilizando el programa SAS)**, 1ª Edición: Colegio de Posgraduados. 199p.
17. JOHNSON R. KUBY P. 1999. **Estadística elemental**, 2ª edición Internacional Thomson Editores. México. 469p.
18. LÓPEZ R. J. LÓPEZ M. J. 1990. **El diagnostico de suelos y plantas.** Ediciones Mundi - Prensa. Madrid. 263p.
19. MUSÁLEM M. S., ROJO, M. G., MARTÍNEZ, R. R. 1998. **Apuntes de silvicultura de plantaciones forestales comerciales.** Universidad Autónoma Chapingo, México. 144p.
20. OCHESE J. J., SOULEM M. J. DUKMAN M. J. y WEKLBURG C. 1976. **Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales.** Volumen II, México. pp 1017 - 1090.
21. OLVERA V. M, MORENO G. y FIGUEROA R. 1996. **Sitios permanentes para la investigación silvícola.** Universidad de Guadalajara. México, 55 p.
22. PICON R. P. ORTIZ C. E. y HERNÁNDEZ C. J. 1997. **Manual para el cultivo del hule *Hevea brasiliensis* Muell Arg.** SAGAR, INIFAP. 103p.
23. PITER GRIJPMA, 1992. **Producción forestal**, Editorial Sep/ trillas. México. pp 85 - 111.
24. PRIMAVESI A. 1982. **Manejo ecológico del suelo** (ka agricultura en regiones tropicales). %a Edición. Editorial "El Ateo". Argentina, pp 497.
25. RAMÍREZ M. H. 1983. **Diseño de muestreo para estudio de crecimiento con base en un inventario forestal continuo.** Departamento de bosques de la UACH. México 99 137 - 139.
26. REBOLLEDO R. H. 1996. **SAS en microcomputadoras.** Universidad Autónoma Chapingo. México, 93p.

27. ROMANHN DE LA V. C., RAMIREZ M. y J. L. TREVIÑO G. 1996. **Dendrometría**. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 354p.
28. ROY L. D. MILLER W. R. y SHICKLUNA C. J. 1981. **Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas**. Madrid, España pp 463 – 493.
29. RUÍZ B. A. ORTEGA T. E. 1979. **Prácticas de laboratorio de química de suelos**. Universidad Autónoma Chapingo, México. 75p.
30. SÁNCHEZ A. P. 1981. **Suelos del trópico**. Instituto Internacional de cooperación para la agricultura. San José, Costa Rica. 634p.
31. SIEBE C., R. JAHN y k. STAHR. 1996. **Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo**. Publicación especial 4. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México. Pp 57.
32. SOLÍS R. J. recopilador de la Ficha técnica No. 12 (Versión 12.1). **El vivero de piso**, consejo Mexicano del Hule A. C.
33. SUÁREZ DE C, F. 1980. **Conservación de los suelos. Instituto**. 3a. Edición. Internacional de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica. pp 3-19.
34. Subsecretaría Forestal e Instituto Nacional De Investigaciones Forestales. 1983. **Primera reunión sobre modelos de crecimiento de árboles y masas forestales**. México. 209p.
35. VALENCIA I. C., HERNÁNDEZ B. A. **Manual de muestreo de suelos, preparación de muestras y guía de campo para ingenieros agrícolas**. Universidad Nacional autónoma de México (UNAM). 64p.
36. VALENCIA I. C. 199 . Apuntes del curso de suelos, Universidad Nacional Autónoma de México.

ANEXOS

ANEXOS.

Anexo 1. Análisis de correlación de la zona húmeda, etapa vegetativa.

Variable	Densidad aparente	Densidad real	Espacio poroso	% de Limos	% de arcillas	% de arenas
Altura total	0.72124	0.49031	-0.54601	0.60322	0.25904	-0.48466
	0.1691	0.4017	0.3411	0.2815	0.6739	0.4080
Diámetro	0.74077	0.40299	-0.67049	0.61971	0.23102	-0.48363
	0.1521	0.5011	0.2155	0.2649	0.7085	0.4091
Grosor de corteza	0.77293	0.63516	-0.47026	0.59706	0.36709	-0.52474
	0.1254	0.2496	0.4241	0.2878	0.5433	0.3639
Copa norte - sur	0.79071	0.50200	-0.64044	0.52934	0.24326	-0.43179
	0.1113	0.3888	0.2444	0.3590	0.6934	0.4678
Copa este-oeste	0.75727	0.43140	-0.66485	0.58271	0.22224	-0.45680
	0.1382	0.4683	0.2208	0.3025	0.7194	0.4393
Altura de fuste	0.38390	0.43820	-0.10049	0.04584	0.08363	-0.06284
	0.5235	0.4605	0.8723	0.9417	0.8936	0.9200

Anexo 1. Continuación.

Variable	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	pH	C.I.C.	Materia Orgánica
Altura total	-0.66447	-0.22287	0.06210	-0.01899	-0.21891	-0.78867
	0.2212	0.7186	0.9210	0.9758	0.7235	0.1129
Diámetro	-0.62111	-0.22978	0.07681	-0.10602	-0.33800	-0.90345
	0.2635	0.7100	0.9023	0.8653	0.5780	0.0355
Grosor de corteza	-0.55372	-0.07869	0.13386	-0.00499	0.02140	-0.67678
	0.3329	0.8999	0.8301	0.9937	0.9728	0.2096
Copa norte -sur	-0.61046	-0.02699	0.02411	0.04995	-0.05158	-0.80723
	0.2742	0.9656	0.9693	0.9364	0.9343	0.0986
Copa este-oeste	-0.63971	-0.16332	0.04155	-0.03420	-0.24328	-0.87597
	0.2451	0.7930	0.9471	0.9565	0.6933	0.0515
Altura de fuste	-0.43508	0.26525	-0.18278	0.46102	0.51571	-0.09710
	0.4640	0.6663	0.7686	0.4345	0.3738	0.8766

Anexo 2. Análisis de correlación de la zona húmeda, etapa de máxima producción.

Variable	Densidad	Densidad	Espacio poroso	% de Limos	% de Arcillas	% de Arenas
Altura total	0.19768	0.21735	-0.02070	-0.36796	-0.16025	0.56676
	0.5841	0.5464	0.9547	0.2955	0.6583	0.0876
Diámetro	0.21857	-0.07664	-0.24439	-0.29205	-0.11647	0.43746
	0.5441	0.8333	0.4962	0.4129	0.7486	0.2061
Grosor de corteza	0.25889	-0.01793	-0.24312	-0.28502	0.00700	0.28757
	0.4701	0.9608	0.4985	0.4247	0.9847	0.4204
Copa norte - sur	0.06039	0.04565	0.16935	-0.04032	-0.23809	0.31692
	0.8684	0.9004	0.6400	0.9119	0.5077	0.3723
Copa este- oeste	-0.16648	-0.14850	0.05354	-0.53279	-0.13507	0.70862
	0.6458	0.6822	0.8832	0.1128	0.7099	0.0218
Altura de fuste	-0.47253	-0.11315	0.16401	0.32552	0.14129	-0.50077
	0.1679	0.7556	0.6507	0.3587	0.6970	0.1404

Anexo 2 Continuación.

Variable	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	pH	C.I.C.	Materia orgánica
Altura total	-0.10584	0.35632	0.03695	0.39500	-0.54157	-0.24517
	0.7710	0.3122	0.9193	0.2586	0.1059	0.4948
Diámetro	-0.10001	0.47650	0.12443	0.30786	-0.44484	-0.25746
	0.7834	0.1638	0.7320	0.3868	0.1977	0.4727
Grosor de la corteza	0.00689	0.56117	0.16555	0.42071	-0.35576	-0.20755
	0.9849	0.0914	0.6476	0.2260	0.3130	0.5650
Copa norte - sur	-0.28007	-0.04579	0.07250	0.15630	-0.76218	-0.33014
	0.4332	0.9000	0.8422	0.6663	0.0104	0.3515
Copa este - oeste	-0.23206	-0.23825	0.41191	-0.01170	-0.33292	-0.12667
	0.5188	0.5074	0.2369	0.9744	0.3472	0.7273
Altura de fuste	0.05770	0.21303	-0.09148	-0.38344	0.69717	0.52404
	0.8742	0.5546	0.8015	0.2740	0.0250	0.1200

Anexo 3. Análisis de correlación de la zona de mediana precipitación, etapa vegetativa.

Variable	Densidad aparente	Densidad real	Espacio Poroso	% de Limos	% de Arcillas	% de Arenas
Altura total	0.15388	0.15859	0.11520	0.22485	0.81198	-0.78573
	0.8048	0.7989	0.8536	0.7161	0.0951	0.1152
Diámetro	0.01350	-0.22250	0.20056	0.14134	0.64257	-0.58882
	0.9828	0.7191	0.7464	0.8206	0.2423	0.2962
Grosor de corteza	0.23486	0.28333	0.17778	0.51144	0.66509	-0.83248
	0.7037	0.6441	0.7748	0.3784	0.2206	0.0802
Copa norte- sur	0.26067	0.29700	0.17157	0.59976	0.45887	-0.71100
	0.6719	0.6275	0.7826	0.2850	0.4370	0.1782
Copa este-oeste	0.13074	0.32568	0.23782	0.44117	0.55127	-0.69136
	0.8340	0.5928	0.7001	0.4571	0.3355	0.1960
Altura de fuste	0.84982	-0.32905	-0.48909	0.65944	0.40610	-0.72749
	0.0683	0.5887	0.4031	0.2260	0.4975	0.1636

Anexo 3 continuación.

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	pH	C.I.C.	Materia orgánica
Altura total	0.25258	-0.68504	0.22517	-0.00136	0.76323	-0.06176
	0.6819	0.2019	0.7157	0.9983	0.1333	0.9214
Diámetro	0.45075	-0.69447	0.44588	0.03642	0.75306	-0.32874
	0.4462	0.1932	0.4517	0.9536	0.1417	0.5891
Grosor de corteza	0.46571	-0.67313	0.32319	0.12124	0.54705	-0.19743
	0.4292	0.2130	0.5958	0.8460	0.3400	0.7503
Copa norte-sur	0.62934	-0.70092	0.51275	0.12371	0.44069	-0.36071
	0.2553	0.1873	0.3770	0.8429	0.4576	0.5509
Copa este-oeste	0.60268	-0.68358	0.48077	0.14399	0.55122	-0.38636
	0.2820	0.2032	0.4123	0.8173	0.3355	0.5206
Altura de fuste	-0.05895	-0.75203	0.20542	-0.40861	0.39105	0.41702
	0.9250	0.1426	0.7403	0.4946	0.5151	0.4849

Anexo 4. Análisis de correlación de la zona de mediana precipitación, etapa de producción joven.

Variable	Densidad aparente	Densidad real	Espacio poroso	% de Limos	% de Arcillas	% de Arenas
Altura total	0.24385	-0.39176	-0.73737	-0.15116	-0.79124	-0.49606
	0.5982	0.3848	0.0586	0.7463	0.0341	0.2575
Diámetro	0.13447	-0.43888	-0.22458	-0.61431	0.66071	0.13066
	0.7738	0.3246	0.6283	0.1422	0.1062	0.7801
Grosor de corteza	-0.10143	-0.45047	-0.02535	-0.50467	0.61534	0.06254
	0.8287	0.3104	0.9570	0.2480	0.1413	0.8940
Copa norte-sur	0.22530	-0.58830	-0.49071	-0.56476	0.54083	0.16123
	0.6272	0.1647	0.2635	0.1865	0.2100	0.7298
Copa este-oeste	0.25919	-0.36388	-0.44011	-0.35329	0.41405	0.05410
	0.5746	0.4223	0.3230	0.4369	0.3558	0.9083
Altura de fuste	0.18339	0.06330	-0.00003	-0.45931	0.68873	-0.02254
	0.6939	0.8928	0.9999	0.2998	0.0870	0.9617

Anexo 4 Continuación.

Variable	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	pH	C.I.C.	Materia orgánica
Altura total	-0.06812	0.15427	0.31586	0.00095	-0.39424	0.22347
	0.8846	0.7412	0.4901	0.9984	0.3815	0.6300
Diámetro	-0.59032	0.43542	0.04468	-0.36023	-0.62795	-0.06534
	0.1629	0.3288	0.9242	0.4273	0.1310	0.8893
Grosor de corteza	-0.46115	0.28767	-0.08390	-0.12927	-0.63956	0.14659
	0.2976	0.5316	0.8581	0.7824	0.1219	0.7538
Copa norte-sur	-0.69721	0.36684	0.09004	-0.52098	-0.45665	-0.20001
	0.0817	0.4183	0.8478	0.2305	0.3030	0.6672
Copa este-oeste	-0.67968	0.72501	-0.26475	-0.28816	-0.55603	-0.32122
	0.0930	0.0652	0.5661	0.5309	0.1949	0.4824
Altura de fuste	-0.08157	-0.08961	0.84561	-0.44010	0.00020	0.07066
	0.8620	0.8485	0.0165	0.3231	0.9997	0.8803

Anexo 5. Análisis de correlación de la zona de mediana precipitación, etapa de máxima producción.

Variabes	Densidad aparente	Densidad real	Espacio poroso	% de Limos	% de Arcillas	% de Arenas
Altura total	-0.9091	0.93308	0.99382	-0.93946	-0.98832	0.99884
	0.2735	0.2342	0.0708	0.2227	0.0974	0.0306
Diámetro	0.13447	-0.43888	-0.22458	-0.61431	0.66071	0.13066
	0.7738	0.3246	0.6283	0.1422	0.1062	0.7801
Grosor de corteza	-0.99959	0.67776	0.94043	-0.99413	-0.81897	0.91709
	0.0181	0.5259	0.2208	0.0690	0.3891	0.2611
Copa norte-sur	-0.40857	-0.36786	0.10230	-0.33439	0.16110	0.03929
	0.7321	0.7602	0.9348	0.7829	0.8970	0.9750
Copa este-oeste	-0.98273	0.55392	0.87540	-0.96482	-0.71873	0.84313
	0.1185	0.6263	0.3212	0.1694	0.4894	0.3614
Altura de fuste	0.85768	-0.23104	-0.65361	0.81389	0.43321	-0.60451
	0.3438	0.8516	0.5465	0.3947	0.7148	0.5867

Anexo 5 continuación.

Variable	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	pH	C.I.C.	Materia orgánica
Altura total	-0.87880	0.98408	0.38831	0.81856	-0.28162	-0.81856
	0.3167	0.1137	0.7461	0.3895	0.8183	0.3895
Diámetro	-0.79296	0.94397	0.23878	0.89861	-0.12745	-0.89861
	0.4171	0.2141	0.8465	0.2892	0.9186	0.2892
Grosor de corteza	-0.57710	0.80399	-0.05934	0.98821	0.17183	-0.98821
	0.6084	0.4054	0.9622	0.0979	0.8901	0.0979
Copa norte-sur	0.48491	-0.18635	-0.92491	0.56720	0.96197	-0.56720
	0.6777	0.8807	0.2483	0.6161	0.1761	0.6161
Copa este-oeste	-0.44173	0.70067	-0.21532	0.99999	0.32435	-0.99999
	0.7087	0.5058	0.8618	0.0025	0.7897	0.0025
Altura de fuste	0.10342	-0.40996	0.54043	-0.93666	-0.63209	0.93666
	0.9340	0.7311	0.6365	0.2278	0.5644	0.2278

ANEXOS.

Anexo 6. Resultados de los análisis físicos y químicos de la zona de alta precipitación.

No.	Densidad aparente (g/cm ³)	Densidad real (g/cm ³)	Espacio poroso (%)	Textura			Clasificación textural
				% de limos	% de arcillas	% de arenas	
1	0.99	2.35	57.87	11.36	16.72	71.92	Franco arenoso
2	0.94	2.36	60.16	10	13.44	76.56	Arena franca
3	1.11	2.7	58.88	25	26.36	48.64	Franco arcillo arenoso
4	1.1	2.46	55.28	10	15.44	74.56	Franco arenoso
5	1.12	2.5	55.2	24	19.08	56.92	Franco arenoso
6	1.42	2.4	40.83	25.1	38.8	36.72	Franco arenoso
7	1.09	2.29	52.40	22.076	7.004	70.92	Franco arenoso
8	1.05	2.35	55.31	11.82	37.44	50.74	Arcillo arenoso
9	1.13	2.6	56.53	60.42076	0.01124	39.568	Franco limoso
10	1.03	2.13	51.64	35.31032	0.09368	64.596	Franco arenoso
11	1.31	2.35	44.25	40.252	26.36	33.388	Franco
12	0.91	2.4	62.08	28	14.36	57.64	Franco arenoso
13	1.16	2.68	56.71	20.64	10.44	68.92	Franco arenoso
14	0.99	2.08	52.40	18.18	41.08	40.74	Arcilla
15	1.2	2.19	45.20	30.978	10.442	58.58	Franco arenoso
16	0.83	2.4	65.41	18.83	31.25	49.92	Franco arcillo arenoso
17	1.19	2.59	54.05	27.9772	0.1008	71.92	Arena Franca
18	1.18	2.4	50.83	28.36	15.72	55.92	Franco arenoso

Cuadro 6. Continuación.

No.	Fósforo (P)		Nitrógeno (N)		Potasio (K)	
	Kg/Ha	Interpretación *	Kg/Ha	Interpretación *	Kg/Ha	Interpretación **
1	2.98	Bajo	87.11	Alto	62.84	Extremadamente pobre
2	0.20	Muy bajo	22.56	Bajo	18.44	Extremadamente pobre
3	2.161	Bajo	78.42	Alto	119.34	Pobre
4	5.770	Bajo	41.05	Medio	21.58	Extremadamente pobre
5	0.241	Muy bajo	19.38	Bajo	ND	Extremadamente pobre
6	0.261	Muy bajo	185.52	Alto	27.86	Extremadamente pobre
7	0.644	Muy bajo	55.19	Medio	21.38	Extremadamente pobre
8	0.280	Muy bajo	53.17	Medio	51.37	Extremadamente pobre
9	0.118	Muy bajo	57.22	Medio	55.29	Extremadamente pobre
10	0.441	Muy bajo	9.60	Bajo	110.74	Pobre
11	2.082	Bajo	118.76	Alto	64.09	Extremadamente pobre
12	ND		33.96	Medio	17.85	Extremadamente pobre
13	0.497	Muy bajo	43.29	Medio	158.72	Medio
14	0.213	Muy bajo	109.53	Alto	193.49	Medio
15	0.435	Muy bajo	76.78	Alto	ND	Extremadamente pobre
16	ND		64.16	Medio	40.61	Extremadamente pobre
17	1.317	Bajo	28.56	Medio	23.34	Extremadamente pobre
18	2.449	Bajo	26.72	Medio	57.73	Extremadamente pobre

* Valores del rango de laboratorio de FERTIMEX.

** Valores del Instituto Nacional de Investigaciones agrícolas

Cuadro 6. Continuación.

No.	pH	Interpretación	% de materia orgánica	Interpretación *	C.I.C. Meq/100g de suelo	Interpretación
1	5	Muy fuertemente ácido	2.804	Medianamente rico	26.66	Bajo
2	5.9	Ácido	3.118	Muy rico	25	Bajo
3	4.6	Muy fuertemente ácido	2.686	Medianamente rico	30.66	Bueno o medio
4	6	Ligeramente ácido	2.255	Medianamente rico	33	Bueno o medio
5	5	Muy fuertemente ácido	1.589	Mediana	21.33	Bajo
6	5.6	Fuertemente ácido	1.863	Mediana	27.66	Bajo
7	5.2	Fuertemente ácido	2.138	Medianamente rico	34	Bueno o medio
8	5.7	Fuertemente ácido	2.059	Medianamente rico	26	Bajo
9	5.4	Fuertemente ácido	1.942	Mediana	27.66	Bajo
10	5.2	Fuertemente ácido	1.746	Mediana	32	Bueno o medio
11	5.3	Fuertemente ácido	1.746	Mediana	31.66	Bueno o medio
12	5.8	Fuertemente ácido	2.686	Medianamente rico	34	Bueno o medio
13	5.9	Fuertemente ácido	1.589	Mediana	25.66	Bajo
14	5.3	Fuertemente ácido	2.569	Medianamente rico	28.33	Bajo
15	5.6	Fuertemente ácido	1.942	Mediana	25.66	Bajo
16	5.5	Fuertemente ácido	2.059	Medianamente rico	38.66	Bueno o medio
17	5.6	Fuertemente ácido	1.432	Mediana	20	Bajo
18	5.9	Fuertemente ácido	1.55	mediana	26	Bajo

* Siebe *et al.*, 1996.

Anexo 7. Resultados de los análisis físicos y químicos de la zona de mediana precipitación.

No.	Densidad aparente (g/cm ³)	Densidad real (g/cm ³)	Espacio poroso (%)	Textura			Clasificación textural
				% de limos	% de arcillas	% de arenas	
1	0.92	2.81	67.25	11.712	13.368	74.92	Franco arenoso
2	1.16	1.91	39.26	11.84	11.44	76.72	Franco arenoso
3	1.12	2.7	58.51	25.964	10.144	63.892	Franco arenoso
4	1.13	2.53	55.33	20.36	31.82	47.82	Franco arcillo arenoso
5	0.97	2.7	64.07	11.36	25.72	63.92	Franco arcillo arenoso
6	0.89	2.63	66.16	38	10.36	51.64	Franco
7	1.2	2.28	47.36	10.18	15.08	74.74	Franco arenoso
8	1.51	2.38	36.55	26.964	21.36	51.676	Franco arcillo arenoso
9	1.05	2.48	57.66	18.036	25.404	56.56	Franco arcillo arenoso
10	0.9	2.02	55.44	19.82	14.9	65.28	Franco arenoso
11	1.23	2.12	41.98	13.82	15.44	70.74	Franco arenoso
12	0.82	2.5	67.2	24	28.36	47.64	Franco arcillo arenoso
13	1.39	2.19	36.52	21.82	32.36	45.82	Franco arcillo arenoso
14	1.18	2.22	46.84	6	23.08	70.92	Franco arcillo arenoso
15	1.13	2.59	56.37	0.20308	0.0154	99.78152	Arena

Cuadro 7. Continuación

No.	Fósforo (P)		Nitrógeno (N)		Potasio (K)	
	Kg/Ha	Interpretación *	Kg/Ha	Interpretación *	Kg/Ha	Interpretación *
1	20.01	Bajo	58.87	Medio	18.05	Bajo
2	0.87	Bajo	27.84	Medio	90.75	Bajo
3	2.28	Bajo	108.99	Alto	120.42	Bajo
4	3.22	Bajo	42.17	Medio	22.17	Bajo
5	0.17	Bajo	87.94	Alto	104.29	Bajo
6	0.24	Bajo	104.42	Alto	17.46	Bajo
7	0.51	Bajo	27.18	Medio	ND	
8	0.63	Bajo	26.13	Bajo	29.62	Bajo
9	0.22*	Bajo	74.18	Medio	51.37	Bajo
10	0.32	Bajo	75.6	Medio	17.65	Bajo
11	0.92	Bajo	70.51	Medio	24.02	Bajo
12	0.37	Bajo	30.60	Medio	16.08	Bajo
13	0.30	Bajo	98.2	Alto	68.01	Bajo
14	0.50	Bajo	99.12	Alto	23.15	Bajo
15	1.06	Bajo	85.86	Alto	88.41	Bajo

* Valores del rango de laboratorio de FERTIMEX.

Cuadro 7. Continuación.

No.	pH	Interpretación	% de materia orgánica	Interpretación	C.I.C. Meq/100g de suelo	Interpretación
1	6.4	Ligeramente ácido	1.628	Mediana	21.33	Bajo
2	4.8	Muy fuertemente ácido	2.020	Medianamente rico	24	Bajo
3	6	Ligeramente ácido	1.393	Mediana	22	Bajo
4	5.8	Fuertemente ácido	2.098	Medianamente rico	24	Bajo
5	5.9	Fuertemente ácido	1.393	Mediana	25.33	Bajo
6	6.8	Neutro	1.902	Mediana	26	Bajo
7	5.2	Fuertemente ácido	1.55	Mediana	20.33	Bajo
8	5.5	Fuertemente ácido	1.55	Mediana	25	Bajo
9	5.6	Fuertemente ácido	1.863	Mediana	24.66	Bajo
10	6.3	Fuertemente ácido	1.902	Mediana	20	Bajo
11	5.8	Fuertemente ácido	1.471	Mediana	17.66	Muy bajo
12	6.3	Fuertemente ácido	2.059	Medianamente rico	21.66	Bajo
13	5.3	Fuertemente ácido	2.098	Medianamente rico	32.33	Bueno o medio
14	5.4	Fuertemente ácido	2.059	Medianamente rico	40	Alto
15	5.4	Fuertemente ácido	2.059	Medianamente rico	30.33	Bueno o medio