



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS TABASCO

PROGRAMA PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

**APROVECHAMIENTO DEL TABLERO ALTO E INCIDENCIA DE
ENFERMEDADES EN ÁRBOLES DE HULE EN HUIMANGUILLO
TABASCO**

RODOLFO BARRAGÁN HERNÁNDEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO.

2015

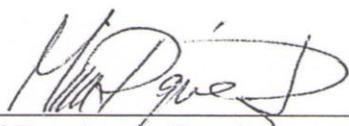
La presente tesis, titulada: **Aprovechamiento del tablero alto e incidencia de enfermedades en árboles de hule en Huimanguillo Tabasco**, realizada por el alumno **Rodolfo Barragán Hernández**, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

CONSEJO PARTICULAR

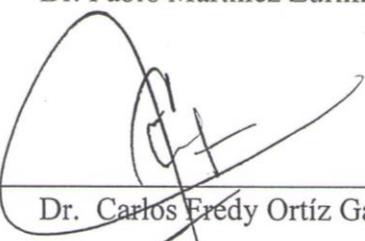
CONSEJERA:


Dra. Marivel Domínguez Domínguez

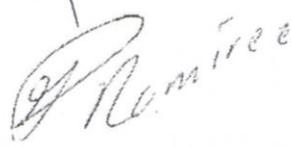
ASESOR:


Dr. Pablo Martínez Zurimendi

ASESOR:


Dr. Carlos Fredy Ortiz García

ASESOR:


Dr. Gustavo Ramírez Valverde

H. Cárdenas Tabasco, México a 30 de octubre de 2015

RESUMEN GENERAL

México cuenta con una superficie plantada de hule de 28,678.38 ha, sin embargo 30 % de las plantaciones tiene un aprovechamiento mayor a 25 años, con tableros bajos deteriorados. Este porcentaje incluye plantaciones más jóvenes manejadas deficientemente y que por consecuencia igualmente tienen tableros bajos en mal estado. En Tabasco existe 11 % de plantaciones de hule en etapa de vejez (mayores de 32 años) y 65 % adultas (13 a 32 años) que han tenido un mal manejo del tablero o poco control de enfermedades. En estas plantaciones se puede aplicar la pica ascendente en el tablero alto como una alternativa para prolongar el ciclo productivo del árbol. El objetivo de este estudio fue conocer la respuesta en la producción de hule seco del tablero alto en plantaciones de dos edades productivas (20 y 28 años de edad), estimuladas con ethrel al 5 %, aplicando tres frecuencias de pica ascendente con longitud de corte en $\frac{1}{4}$ espiral y determinar la incidencia de enfermedades en el sistema de pica aplicado al tablero alto. Las frecuencias utilizadas fueron en cuarto de espiral, $\frac{1}{4} S \uparrow d6 \ 6d/7$ una pica por semana, $\frac{1}{4} S \uparrow d3 \ 6d/7$ dos picas por semana, y $\frac{1}{4} S \uparrow d2 \ 6d/7$ y tres pica por semana. La variable analizada fue producción de hule seco por frecuencia de pica por mes. Los datos de producción de hule seco se tomaron semanalmente y durante seis meses. Los mejores rendimientos se obtuvieron en plantaciones de 28 años en la frecuencia de pica dos veces por semana estimulada con ethrel, 49 % más con respecto a la misma frecuencia sin aplicación de ethrel, seguida por la frecuencia de pica tres veces por semana con un 32 % más, con respecto a la misma frecuencia de pica testigo. En plantaciones de 20 años de edad las frecuencias de pica dos y tres veces por semana estimuladas con ethrel no tuvieron diferencias significativas con las mismas frecuencias de pica sin estimular. El sistema de pica ascendente en cuarto de espiral estimulada con ethrel al 5 % es recomendable aplicarlo a plantaciones de 28 años de edad, ya que la producción es mayor que las frecuencias de pica no estimuladas con ethrel. No se encontró presencia de enfermedades en el tablero alto.

Palabras clave: *Hevea brasiliensis*, frecuencia de pica, producción, etefón

ABSTRACT

Mexico has a total planted area with rubber of 28,678.38 ha. About 30 % of these plantations have more than 25 years of tapping with damaged low panels. This percentage includes younger deficiently managed plantations, and consequently with their panels in a bad state. In Tabasco 11 % of rubber plantations are old (older than 32 years), 65 % (13 to 32 years) of them have been bad handled in terms of injured panels and diseases. In these plantations the tapper ascending method can be applied in the high panel in order to abroad the productive cycle of the tree. The aim of this study was to determine the answer in the production of dry rubber plantations the high panel in two productive ages (20 to 28 years old), stimulated ethrel 5 %. We apply three frequencies of ascending incisions with cutting length $\frac{1}{4}$ spiral and determine the incidence of diseases in the system of tapping applied to the high panel. We apply three frequencies of ascending incisions, comparing trees without stimulating and stimulated every two months with a solution of ethrel 5 %. Cutting always a quarter of a spiral, the frequencies used were one incision once a week ($\frac{1}{4}S \uparrow d6 \ 6d/7$), two incisions per week ($\frac{1}{4}S \uparrow d3 \ 6d/7$), and three incisions per week ($\frac{1}{4}S \uparrow d2 \ 6d/7$). Production data of dry rubber were measured weekly during six months. Variables analyzed were dry rubber production for each frequency of tapping. The best yields were obtained in 28-year-old plantations with a tapping frequency of twice a week and when stimulated with ethrel. 52% more yield compared to the same frequency without application of ethrel, followed by a tapping frequency three times a week yielding 32 % more rubber with respect to the same frequency and no chemical stimulation. By contrast, 20-year-old plantations applying tapping frequencies two or three times per week, stimulated or not with ethrel, do not show significant differences. The upward tapping on a quarter- spiral cut system stimulated with a solution of ethrel 5 % is advisable in

plantation 28 years of age, since its production is greater than the one obtained without chemical stimulation. No evidence of disease was found in the high panel.

Key words: *Hevea brasiliensis*, tapping frequency, yield, ethephon

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por brindarme la oportunidad de vivir una nueva experiencia de aprender nuevos conocimientos durante este tiempo, así también por conocer personas con conocimientos y personalidades diferentes que me ayudaron a analizar de mejor manera las situaciones y tomar las mejores decisiones en mi camino.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por darme la oportunidad de realizar un sueño más en mi vida y otorgarme una beca para llevar a cabo los estudios de la maestría.

Al Colegio de Postgraduados, por la oportunidad de estudiar en sus instalaciones, mejorar mis conocimientos, guiarme y fortalecer mi formación académica.

A la Dra. Marivel Domínguez Domínguez, por su paciencia, dedicación, conocimientos, experiencia y amistad. Así como el apoyo brindado en la dirección y elaboración de esta investigación y más aún por la confianza que puso en mí como profesional.

Al Dr. Pablo Martínez Zurimendi, por las observaciones puntuales en el desarrollo de esta tesis, pero sobre todo por los conocimientos brindados.

Al Dr. Carlos Fredy Ortiz García por la paciencia y los conocimientos compartidos en el tiempo que estuve en el Colegio de Postgraduados.

Al Dr. Gustavo Ramírez Valverde por disipar mis dudas y la ayuda en el análisis de mis datos, así como la paciencia y la accesibilidad que tuvo conmigo.

A todos los profesores del Colegio de Postgraduados por brindarme sus conocimientos, tiempo, dedicación y paciencia en el tiempo que estuve en la Institución como estudiante.

A mi esposa por el apoyo y la constancia de estar conmigo en los momentos difíciles de mi estancia en el Colegio de Postgraduados.

A los productores de las plantaciones de hule, Juan Zepeda Cruz, Valerio López Pérez, Odilón Castelan Demuner y Cesar, por darme la oportunidad de establecer mi investigación en sus terrenos en Huimanguillo, Tabasco.

A mis amigos por su amistad, por sus conocimientos el apoyo brindado en el proceso de la investigación realizada: Salomón, Brindis, José Gabriel, Maribel, Irma, Matías, Virginia, Evarista, Brenda, Luis Humberto, Lauro, Carmen de los Santos, Nataly y Sandra.

DEDICATORIA

A mis padres Guillermina Hernández González y Jesús Barragán Guerrero como una muestra de mi profundo amor, gratitud y respeto, por sus consejos que siempre me dieron y que hicieron de mí una persona mejor.

A mis hermanas Evarista y Rocío que siempre las llevo en mi corazón y se encuentran lejos. A José, Francisca y Patricia que siempre han estado conmigo en los momentos difíciles de mi vida y me brindan su apoyo en el momento que más lo necesito.

A mi esposa que siempre me alienta a seguir cuando me estoy dejando caer.

A mis sobrinos Jonathan Jesús Alberto, Antonio, José Rodolfo, Flor Celeste y Rosio que siempre están conmigo para ayudarme en todo lo que pueden.

A todas las personas que me dieron su amistad incondicional y me demostraron su aprecio: Omar Reyes Figueroa, Juan Pablo Gómez González, Liliana Yareni.

ÍNDICE

COLEGIO DE POSTGRADUADOS	i
RESUMEN GENERAL	iii
ABSTRACT	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIA	viii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN GENERAL	2
OBJETIVOS	4
Objetivo general	4
Objetivos particulares	4
HIPÓTESIS	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Usos del hule	5
Historia del cultivo del hule.....	6
Descripción general del hule	6
Plagas y enfermedades.....	7
Podas.....	8
Fertilización.....	9
Pica de hule.....	9
Manejo del sistema de pica.....	9

Producción con estimulante.....	11
LITERATURA CITADA	13
CAPITULO II.....	16
Producción de hule <i>Hevea brasiliensis</i> Muell Arg. en el tablero alto, con tres frecuencias de pica, estimulando con Ethrel.....	16
RESUMEN.....	17
INTRODUCCIÓN.....	18
Sistemas de producción	18
Producción y estimulación.....	18
Periodo de descanso.....	19
Distribución y edad de las plantaciones	20
Enfermedades del tablero	20
MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
Descripción del área de estudio	21
Descripción del experimento	23
Apertura del tablero	23
Aplicación de estimulante	24
Sistema de pica	24
Análisis estadístico	27
RESULTADOS.....	31
Número de picas realizadas	31

Producción de hule seco por hectárea.....	35
Enfermedades en el tablero de pica	38
DISCUSIÓN.....	38
CONCLUSIÓN.....	40
AGRADECIMIENTOS	41
LITERATURA CITADA	42
CONCLUSIONES GENERALES	45

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución de las frecuencias de pica ascendente durante la semana en plantaciones de hule.	25
Cuadro 2. Tratamientos para la aplicación de pica ascendente en cuarto de espiral en cuatro plantaciones de 20 y 28 años de edad.	26
Cuadro 3. Número de picas realizadas de las tres frecuencias, en cada plantación de hule estimulada con ethrel durante seis meses.	32
Cuadro 4. Prueba de hipótesis sobre la edad, las frecuencias de pica y su interacción (efectos fijos) que determina si hay algún efecto entre ellos.	32
Cuadro 5. Comparación múltiple de medias de tratamientos LSD de Fisher con corrección de Bonferroni en la producción de hule seco en gramos por árbol estimulado con ethrel, durante seis meses, en plantaciones de 20 años.	33
Cuadro 6. Comparación múltiple de medias de tratamientos LSD de Fisher con corrección de Bonferroni en la producción de hule seco en gramos por árbol estimulado con ethrel, durante seis meses, en plantaciones de 28 años.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de pica descendente: A) pica en media espiral con ángulo de inclinación 30° , altura de inicio de pica 1.0 m.	10
Figura 2. Sistema de pica ascendente: B) pica en cuarto de espiral con ángulo de inclinación 45° , altura de inicio de pica 1.5 m.	10
Figura 3. Localización del área de estudio, en el municipio de Huimanguillo, Tabasco.....	22
Figura 4. Gráfica de residuales estudentizados con los valores predichos, mostrando evidencias de heterogeneidad de varianzas.....	28
Figura 5. Los residuos del modelo presentan autocorrelación en las observaciones de la producción de hule seco en gramos.....	28
Figura 6. Gráfico de distribución de valores predichos contra los residuos estandarizados de Pearson con un modelo que contempla varianzas distintas para cada población.....	29
Figura 7. Función de autocorrelación de los residuos del modelo incluyendo la modelación de la autocorrelación serial.	29
Figura 8. Gráfica normal de residuos estandarizados	30

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN GENERAL

INTRODUCCIÓN GENERAL

El hule natural se encuentra en el látex de aproximadamente 895 especies vegetales; sin embargo, *Hevea brasiliensis* Muell Arg. es la de mayor importancia económica a nivel comercial por sus niveles productivos y por las características de su hule, materia prima muy necesaria para la industria, ya que se usa en la fabricación de gran cantidad de artículos esenciales para la vida moderna (Picón *et al.*, 1997).

México cuenta con una superficie de 400,000 hectáreas para establecer plantaciones de hule, en los estados de Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Chiapas (Rojo *et al.*, 2002). Sin embargo, solo se tiene una superficie plantada de hule de 28,678.38 ha de las cuales se cosechan 22,754.83 ha, obteniendo una producción de 73,720.20 t año⁻¹ y un rendimiento de 3.24 t ha⁻¹ año⁻¹, distribuidos en los estados de Veracruz con una superficie de 14,597.67 ha, Chiapas 5,777.65 ha, Tabasco con 4,237.56 ha y Oaxaca con 4,034.50 ha (SIAP, 2014).

En Tabasco existe una superficie potencial con suelo y clima para desarrollar plantaciones comerciales de hule de 70,000 ha (Domínguez *et al.*, 2005). No obstante, una fuerte limitante para que el cultivo sea atractivo al productor, lo constituye el largo periodo para que el árbol empiece a producir, que en promedio dura 7 años en suelos acrisoles de mediana fertilidad (Macuspana Tabasco) y hasta los 9 años en suelos de sabana del municipio de Huimanguillo, Tabasco (SAGARPA-INIFAP, 2003).

Las edades de las plantaciones que se están aprovechando en Tabasco varían de 7 a 46 años. El 24 % son plantaciones en estado de “juventud”, que va desde los 7 a 11 años, el 65 % en estado “adulto” 12 a 31 años correspondiente al periodo de producción máxima, y 11 % se consideran plantaciones en estado de “vejez” mayores de 31 años de edad (después de 25 años de producción). La mayor superficie de plantaciones de hule en Tabasco de acuerdo a su estado fisiológico se encuentran en estado “adulto” (Izquierdo *et al.*, 2011).

Aproximadamente el 30 % de las plantaciones de hule mexicanas están constituidas en la actualidad de árboles de más de 25 años de explotación, con tableros bajos muy explotados y tableros altos en buen estado. En este porcentaje también entran plantaciones de hule más recientes pero que han sido explotadas de manera deficiente, y por consecuencia tienen tableros bajos muy deteriorados (Fundación Produce Oaxaca, 2007).

Para estos casos se recomienda introducir un sistema de pica ascendente, ya que el espesor de la corteza que se tiene en la parte alta es suficiente, virgen, sin deformaciones y su aprovechamiento da tiempo a la regeneración de tableros bajos (Rojo *et al.*, 2011).

OBJETIVOS

Objetivo general

Conocer la respuesta en la producción de hule de plantaciones de (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) estimulada con ethrel, aplicando sistema de pica ascendente, así como observar la presencia de enfermedades que afecten al tablero alto.

Objetivos particulares

Conocer la respuesta en la producción de hule seco del tablero alto en plantaciones de dos edades productivas (20 y 28 años de edad), estimuladas con ethrel al 5 %, aplicando tres frecuencias de pica ascendente con longitud de corte en $\frac{1}{4}$ espiral.

Determinar la incidencia de enfermedades en el sistema de pica aplicado al tablero alto.

HIPÓTESIS

La producción de hule se incrementa con la estimulación de ethrel aplicando el sistema de pica ascendente en el tablero alto de las plantaciones de *Hevea brasiliensis*.

REVISIÓN DE LITERATURA

En la actualidad el aprovechamiento del árbol de hule juega un papel importante en la economía de muchos países en desarrollo, puesto que millones de personas dependen de él para su subsistencia (Picón *et al.*, 1997).

Poco más del 80% de la superficie total de árbol de hule en el mundo se encuentran en Asia, donde Indonesia, Tailandia y Malasia, cubren entre las tres casi el 70% del cultivo total de hule (Shigematsu *et al.*, 2011).

Indonesia es el mayor cultivador de hule con una superficie de 3,329,000 ha, Tailandia es el segundo con 1,968,000 ha, seguido de Malasia 1,315,000 ha, China 618,000 ha y la India 573,000 ha (Prabhakaran, 2010).

Desde el año 2001, se ha observado una tendencia creciente en el precio del hule natural. El incremento fuerte de la demanda, el aumento en el precio del hule sintético, la reducción de la producción y el suministro de algunos países anteriormente dominantes como Malasia, son los factores que contribuyen al aumento de los precios del hule natural. Todas estas condiciones son favorables para un mayor aumento en la producción de hule natural y también una oportunidad para difundir plantación de hule a nuevas áreas (Dharmendra y Bezbaruah, 2011).

Usos del hule

El uso del hule es industrial, se producen entre 40 y 50 mil artículos de hule natural, es un producto especialmente útil por varias razones: retiene el aire, es repelente al agua, no conduce electricidad, tiene larga duración y es elástico (SAGARPA-INIFAP, 2011).

Se usa en la fabricación de tejidos elásticos, aislantes de cables eléctricos, en la industria del calzado, para suelas y toda clase de zapatos, también como elásticos o ligas, en la industria de la confección, como empaques en la mecánica automotriz, llantas y neumáticos en los carros, tractores, aviones, como moldes para vaciados diferentes, como sellos, algunos tipos de tapas,

como recipientes, en la elaboración de juguetes: muñecos, pelotas, en la elaboración de bolsas, para impermeables de trabajo, para máscaras en el teatro, en los maniqués de almacenes, en la fabricación de guantes quirúrgicos, fabricación de preservativos o condones, entre otros (Bastidas y Cruz, 1998).

Historia del cultivo del hule

El descubrimiento de hule no tuvo usos prácticos inmediatos, principalmente porque no se sabía evitar que el hule se volviera pegajoso con el calor y quebradizo con el frío (Compagnon, 1998). Sus usos fueron descubiertos por los indios tropicales de Sudamérica, mucho antes de las travesías de Colón (Rojo *et al.*, 2011).

En 1791 se inició la primera aplicación comercial del hule cuando un fabricante Inglés, Samuel de Repiqueteo, patentó un método para impermeabilizar un paño al tratarlo con una solución de hule en trementina. Pero fue hasta el siglo XIX que se sentaron las bases para el uso del hule en miles de artículos. En 1836 Charles Goodyear, descubrió por accidente que calentando el hule con azufre quedaba estable sin ser afectado por los cambios de temperatura. Al proceso se le denominó vulcanización (Rojo *et al.*, 2011).

En México el cultivo del árbol del hule se inició a finales del siglo XIX. En 1882 compañías inglesas y holandesas establecieron las primeras plantaciones en los municipios de Tezonapa en Veracruz, Ojitlán y Santa María en Oaxaca y Tecpatán en Chiapas (Picón *et al.*, 1997).

Descripción general del hule

H. brasiliensis en su medio natural, en Amazonia, se presenta como un gran árbol de selva. Su copa alcanza los niveles más altos y en general no se puede observar desde el suelo, a menos que el árbol se encuentre en la orilla de un espacio descubierto, de un río bastante ancho, en cuyo caso las frondosidades pueden recaer hasta el nivel del suelo. Su tronco es recto y cilíndrico, ligeramente troncocónico hacia la base. Su circunferencia a la altura de un hombre es de 1 a 3 m, pero encontrar

árboles de 5 m de circunferencia no es excepcional en suelos bien drenados del suroeste de la cuenca amazónica. La altura de los árboles de hule más altos puede alcanzar unos cincuenta metros. El árbol del hule tiene una corteza verde grisácea. Las hojas están compuestas de tres folíolos dispuestos en el extremo de un largo pecíolo. Las flores son pequeñas, amarillo claro y reunidas en racimos y aparecen después de la caída de las hojas. Los frutos están constituidos por una cápsula de tres celdillas que contienen una semilla. En la madurez, estas semillas son proyectadas con un ruido seco de estallido característico. Estas semillas, de 2 cm aproximadamente, con una sección ovalada, casi redonda, están revestidas de un tegumento coriáceo, café brillante, decorado con manchas blanquecinas cuyos dibujos, de igual manera que la forma de la semilla, son genéticamente específicos del individuo que las produjo. Un kilogramo de semillas contiene alrededor de 250 a 350 unidades según el origen. La madera del árbol de hule es homogénea, blanda y se quiebra fácilmente. En su selva original, el árbol del hule puede vivir algunos centenares de años a pesar de su sensibilidad a la rotura del viento. Además, la selva amazónica se encuentra poco sometida a vientos violentos. Establecido en plantaciones y a veces de manera casi continua en superficies de varias decenas de miles de hectáreas, el árbol de hule cultivado permite mantener una ecología forestal análoga a la de la selva tropical húmeda (Rojó *et al.*, 2011).

Plagas y enfermedades

La principal plaga en el hule es la tuza, que afecta a la planta en sus primeros años, roe la raíz destruyendo la planta. El control puede ser químico o bien directo, utilizando fosfuro de aluminio y trampeo respectivamente. En las plantaciones jóvenes, son pocas las enfermedades que llegan a causar daños importantes. Se pueden mencionar casos de “muerte descendente” que inicia en yemas apicales en el momento de refoliación y posteriormente se propaga a hojas nuevas en formación, debido a hongos secundarios como *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. and Sacc, *Fusarium sp* y *Phytophthora sp* que penetran por la parte apical dañada en árboles de 1 a 2

años. En este caso, la solución es recortar el tronco 20 cm más abajo del frente necrótico y aplicar un fungicida de tipo Benlate (Compagnon, 1998).

El seguimiento de las enfermedades foliares tiene que ser efectuado, identificando ataques de *Microcyclus ulei* (P. Henn.) v. Arxo., que genera el mal suramericano de las hojas. Esta enfermedad ataca hojas jóvenes produciendo manchas negras de aspecto carbonoso y rugosas al tacto, principalmente en jardines clonales de multiplicación. Mientras *Colletotrichum gloeosporioides* que provoca la muerte descendente de yemas y hojas en formación. Estos ataques son pocos frecuentes en los materiales de siembra empleados hoy en México (resistentes a *Microcyclus*). Según las recomendaciones tendrá que ser efectuado un control sobre focos de cierta importancia, cuando sea obvio el riesgo de desarrollo de estas enfermedades foliares (Rojo *et al.*, 2011).

Las enfermedades del tablero de pica son ocasionadas por *Phytophthora palmivora* (Bult.) conocida como gangrena rayada o raya negra en el tablero de pica, se presenta como rayas verticales y profundas de colores sombríos en el tablero recientemente picado, y parche gangrenoso. Esta enfermedad forma bolsas de coágulo entre la corteza y la madera. *Ceratocystis fimbriata* Ell. & Halst. causante de la pudrición mohosa, aparece como pequeñas manchas de colores por encima del corte de pica, posteriormente se ennegrece de un moho gris blanquecino (Compagnon 1998).

Podas

El propósito de esta práctica cultural 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; así mismo, 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 2.0 m, después de lo cual se deja que el árbol forme su copa normal (Picón *et al.*, 1997).

Fertilización

La absorción de nutrientes en las plantaciones de hule aumenta conforme se desarrollan las plantas, siendo los más demandados en un principio N, P, K, seguido de Ca, Mg, S (Flores *et al.*, 2004).

Previo a una aplicación de fertilizantes se debe realizar un análisis químico del sustrato, para verificar la disponibilidad de nutrientes y posibles interacciones, ya que incrementar las dosis de fertilización aumenta la concentración foliar de N, P y K, sin embargo, esta respuesta no siempre se refleja en el crecimiento o desarrollo de la planta (Camino *et al.*, 2012).

Pica de hule

Un sistema de pica, es el método o manera organizada de picar una plantación, con el objetivo de obtener la máxima producción y mantener en buenas condiciones fisiológicas la plantación durante su época productiva (Picón *et al.*, 1997).

La pica consiste en efectuar una herida llamada corte en la corteza del árbol, esta operación se repite a lo largo del año con una frecuencia característica del sistema de pica (Compagnon, 1998).

Manejo del sistema de pica

El buen aprovechamiento de la corteza de árbol de hule dependerá de la longitud de corte, la frecuencia de pica y el control de enfermedades. La longitud máxima de un corte es la espiral completa que recorre todas la generatrices del tronco, sin embargo la más empleada en el mundo es la pica descendente en media espiral ($1/2 S$), en segundo término en cuarto de espiral ($1/4 S$) (Figura 1), mientras que las frecuencias de pica pueden ser de 1, 2 o 3 veces por semana (Compagnon, 1998).



Figura 1. Sistema de pica descendente: A) pica en media espiral con ángulo de inclinación 30° , altura de inicio de pica 1.0 m.

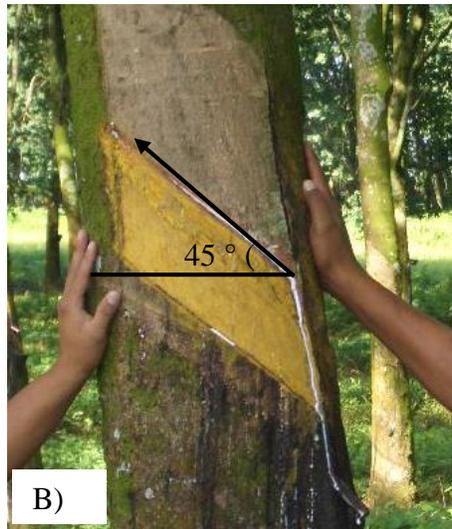


Figura 2. Sistema de pica ascendente: B) pica en cuarto de espiral con ángulo de inclinación 45° , altura de inicio de pica 1.5 m.

El sistema de pica ascendente es una técnica utilizada para aprovechar las plantaciones de hule con tableros bajos muy explotados y tableros altos en buen estado. Este tipo de pica no se tiene que confundir con la pica descendente, la cual se efectúa de manera clásica, pero en los tableros altos y usando una escalera o extensión en la cuchilla (Rojo *et al.*, 2011).

La pica ascendente se inicia con la apertura de los tableros de pica a una altura de 1.4 a 1.5 m, dividiendo el tablero en media espiral o en cuarto de espiral, con un ángulo de inclinación de 45° (Picón *et al.*, 1997) (Figura 2).

El doble corte alternado es un nuevo sistema que aplica Tailandia. Este sistema consiste en hacer dos cortes de media espiral al árbol del hule en pica descendente aumentando la actividad metabólica favorable para producir látex durante los primeros 10 años de pica. El primer tablero se apertura a una altura de 0.75 m y alternado al mismo tiempo se apertura el segundo tablero de pica a una altura de 1.5 m. Sin embargo este sistema da lugar a mayores tasas de agotamiento del tablero de pica, un signo de una disfunción metabólica de la corteza productiva (Chamtuma *et al.*, 2011).

Producción con estimulante

La producción media anual de hule seco en Tabasco es de 1,293 kg ha⁻¹ año⁻¹ y la media de producción de hule seco por pica es de 8.92 g ha⁻¹ pica (Izquierdo *et al.*, 2011).

Para aumentar la producción de látex en árboles de hule se aplica el ácido 2 - cloroetilfosfónico conocido como ethrel o etefón. Es un producto estimulante utilizado de manera común para aumentar la producción de látex en árboles de hule y no tiene efectos secundarios como resequedad o cuarteaduras sobre la corteza. Su eficacia depende del modo de aplicación, diferentes parámetros que condicionan la penetración del producto y la duración de su efecto en la corteza (Compagnon, 1998).

La selección de nuevos clones de alto rendimiento de los árboles de hule se ha centrado en la mejora de la competitividad económica mediante el aumento de producción. Dado que la

estimulación con etileno es ahora esencial para incrementar la producción de látex, lo que necesitamos para mejorar nuestro conocimiento sobre el efecto de la estimulación de etileno en los diferentes clones de *H. brasiliensis* por el estudio de la relación entre el rendimiento de látex y su bioquímica (Lacote *et al.*, 2011).

LITERATURA CITADA

- Bastidas J., C. A. Cruz, P. 1998. Aprovechamiento del cultivo y beneficio del látex del hule natural. Programa nacional de transferencia de tecnología agropecuaria. (PRONATA). ASOHECA. 22 p.
- Camino L., K. P., F. Enríquez, J. Tumbaco, U. Vinicio. 2012. Efecto de la fertilización con N- P- K sobre el crecimiento vegetativo de caucho (*Hevea brasiliensis* Willd Ex A. Juss.), en etapa de vivero en la zona de Santo Domingo. Tesis. Escuela Politécnica del Ejército. Santo Domingo, Ecuador. 66 p.
- Chantuma, P., R. Lacoteb, A. Leconte, E. Gohet. 2011. An innovative tapping system, the double cut alternative, to improve the yield of *Hevea brasiliensis* in Thai rubber plantations. Field Crop Res 21: 416-422.
- Compagnon, P. 1998. El hule natural: biología, cultivo, producción. Y. Banchi. Edición en español Consejo mexicano del hule A. C. y CIRAD. México. 701 p.
- Dharmendra N., M. P. Bezbaruah. 2011. Economics of rubber production in the nontraditional area of goal para district in north-east India. Agric Econ 3: 36-46.
- Domínguez D., M., P. Martínez Z., J. M. Hernández C., A. Velázquez, M., F. Izquierdo, R. 2005. Diagnóstico de Manejo Postcosecha de Hule *Hevea brasiliensis* en Tabasco. VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Memorias de resúmenes. P 252.
- Flores R. J. A., V. Garay J., C. Peña G. 2004. Evaluación nutricional de plantaciones de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. Revista Forestal Latinoamericana 36: 83 - 107.
- Fundación Produce Oaxaca. 2007. La tecnología, del campo de experimentación a la parcela del productor. Fundación Produce Oaxaca A.C. Oaxaca, Oaxaca. Boletín No. 27. 36 p.

- Izquierdo B., H., M. Domínguez D., P. Martínez Z., A. Velázquez M., V. Córdova A. 2011. Problemática en los procesos de producción de las plantaciones de hule *Hevea brasiliensis* Muell Arg. en Tabasco, México. Tropical and subtropical agroecosystem. 14: 513 - 524.
- Lacote R., O. Gabla, S. Obouayeba, J. M. Eschbach, F. Rivano, K. Dian, E. Gohet. 2010. Long-term effect of ethylene stimulation on the yield of Rubber trees is linked to latex cell biochemistry. San Pedro Ivory Coast. Field crop Res. 115: 94-98.
- Prabhakaran N., K. P. 2010. The agronomy and economy of important tree crops of the developing world. Elsevier. India. p: 237-273.
- Picón R., L., E. Ortiz C., J. M. Hernández C. 1997. Manual para el Cultivo del Hule *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. Primera edición. INIFAP. Campo experimental, el Palmar, Tezonapa, Veracruz. 128 p.
- Rojo M., G. E., R. Martínez R., J. Jasso M. 2011. El cultivo del hule en México. UAIM-CP, Serie forestal. México. 317 p.
- Rojo M., G. E., R. Martínez R., J. Jasso M., J. J. Vargas H., A. Velázquez M., D. J. Palma L. 2002. Predicción de la producción de látex en plantaciones comerciales de hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) en Oaxaca México. Fitotecnia Mexicana. 26: 183 – 190.
- SAGARPA-INIFAP. 2003. Día de campo para productores de hule. CIRGOC. Campo experimental Huimanguillo Tabasco. Memoria técnica S/n México. 49 p.
- SAGARPA-INIFAP. 2011. Programa estratégico para el desarrollo rural sustentable de la región-sur sureste de México. Paquete tecnológico del hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) establecimiento y mantenimiento preoperativo. SAGARPA-INIFAP. Tezonapa, Veracruz. México. 20 p.
- Shigematsu A., N. Mizoue, K. Ide, K. Khun, M. Pheng, S. Yoshida, K. Kohroki, N. Sato. 2011. Estimation of rubberwood production in Cambodia. New Forests, 42: 149-162.

SIAP. 2014. Sector presupuestal: Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>. Consultado el 17 de octubre de 2015.

CAPITULO II

Producción de hule *Hevea brasiliensis* Muell Arg. en el tablero alto, con tres frecuencias de pica, estimulando con Ethrel

Artículo por publicar en la Revista Agrociencia

PRODUCCIÓN DE HULE (*Hevea brasiliensis* MUELL ARG.) EN EL TABLERO ALTO, CON TRES FRECUENCIAS DE PICA, ESTIMULANDO CON ETHREL

Rodolfo Barragán Hernández¹, Marivel Domínguez-Domínguez*², Gustavo Ramírez Valverde³,
Carlos Fredy Ortiz García², Pablo Martínez-Zurimendi^{4,5}

RESUMEN

Las plantaciones de hule en México tienen un aprovechamiento de 25 años productivos, un 30% se aprovechan más tiempo con tableros bajos muy deteriorados y tableros altos en buen estado, en la misma proporción se tienen plantaciones más recientes que han sido manejadas de manera deficiente con tableros bajos en mal estado. Para estas plantaciones se puede usar la pica ascendente en el tablero alto como una alternativa para alargar el ciclo productivo del árbol. El objetivo de este estudio fue conocer la respuesta en la producción de hule seco del tablero alto en cuatro plantaciones, en dos diferentes etapas productivas (20 y 28 años de edad) estimuladas con ethrel al 5% en tres frecuencias de pica. Se analizó la producción de hule seco en el tablero alto en los tratamientos de frecuencias de pica, una vez por semana (1/4 S ↑ d6 6d/7), dos veces por semana (1/4 S ↑ d3 6d/7) y tres veces por semana (1/4 S ↑ d2 6d/7), estimuladas con ethrel, más las mismas frecuencias anteriores sin estimular como testigos. Los mejores rendimientos se obtuvieron en

¹ Programa docente de postgrado en Producción Agroalimentaria en el Trópico del Campus Tabasco del Colegio de Postgraduados.

² Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Perif. Carlos A. Molina, Km. 3.5, Carr. Cárdenas-Huimanguillo, AP 24, CP 86500, H. Cárdenas, Tabasco, México.

*Autora para correspondencia mdguez@colpos.mx.

³ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km. 36.5, carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México, CP 56230.

⁴ El Colegio de la Frontera Sur, Carretera Villahermosa-Reforma, km. 15.5, Ranchería Guineo, secc. II, CP 86280, Villahermosa, Tabasco.

⁵ Sustainable Forest Management Research Institute Uva-INIA, ETS Ingenierías Agrarias, Universidad de Valladolid, Av. de Madrid núm. 57, 34007, Palencia, España.

plantaciones de 28 años en la frecuencia de pica dos veces por semana estimulada con ethrel, con un 52 % más, con respecto a la misma frecuencia sin aplicación de ethrel, seguida por la frecuencia de pica tres veces por semana con un 32 % más, con respecto a la misma frecuencia de pica testigo. En plantaciones de 20 años de edad las frecuencias de pica dos y tres veces por semana estimuladas con ethrel no tuvieron diferencias significativas con las mismas frecuencias de pica sin estimular.

Palabras clave: *Hevea brasiliensis*, frecuencia de pica, ethefón

INTRODUCCIÓN

Sistemas de producción

La pica en el hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg) consiste en efectuar un corte en la corteza del árbol, con cierta frecuencia a través del año (Compagnon, 1998) para que el árbol produzca látex. El árbol del hule posee la particularidad de regenerar el látex extraído y la corteza del corte sufrido en la pica. Generalmente los sistemas intensivos de pica en el hule pueden llevar a más producción, pero también a tasas altas de agotamiento del tablero de pica, ciclos cortos de vida de las plantaciones y baja productividad laboral (Chantuma *et al.*, 2011).

La variación de presión de turgencia del floema con la hora del día, la altura, la edad del árbol, la circunferencia, la edad de la corteza, y la estimulación con Ethrel o etefón (ácido 2 – cloroetilfosfónico), tienen una relación positiva con el rendimiento de látex del árbol. La presión de turgencia del floema es un indicador del desarrollo del floema del árbol y el potencial de rendimiento de látex (An *et al.*, 2014)

Producción y estimulación

Las plantaciones de hule establecidas en México hasta antes de mediados de la década de los 80's, fueron habilitadas con material genético cuyo rendimiento máximo, en condiciones óptimas,

se estimó en 900 kilogramos de hule seco por hectárea por año. Sin embargo, debido al mal manejo de las plantaciones en su etapa pre-productiva, su desarrollo no fue satisfactorio por lo que presentan bajos niveles de rendimiento: 500 kg de hule seco ha⁻¹ año⁻¹ (Plan rector, 2012).

Periodo de descanso

La estimulación con ethrel no tiene que efectuarse durante el periodo de cambio de hojas de los árboles de hule (Compagnon, 1998). En México la defoliación se da en los meses de febrero a mayo, que coincide con el periodo de sequía por lo que no se recomienda hacer aplicaciones de estimulantes (Hernández, 2005).

El 30 % de las plantaciones de hule tiene un aprovechamiento de más de 25 años, con tableros bajos muy deteriorados y tableros altos en buen estado. En este porcentaje también entran plantaciones más recientes que han sido manejadas de manera deficiente y que por consecuencia tienen tableros bajos en mal estado (Fundación Produce Oaxaca, 2007).

La estimulación con ethrel es hoy en día esencial para incrementar la producción de látex en el árbol de hule, para pequeños productores o plantaciones agroindustriales (Lacote *et al.*, 2010). Es un tratamiento aplicado al árbol de hule, que busca aumentar la productividad de látex por pica, disminuyendo a la vez la intensidad de pica. El combinar los sistemas de pica y de estimulación conduce a definir un sistema de manejo y aprovechamiento más efectivo (Rojo *et al.*, 2011).

Los rendimientos de hule se incrementan mediante la aplicación de ethrel logrando aumentos en la producción de un 28 % en plantaciones policlonales de corteza regenerada y hasta 38 % en plantaciones de corteza virgen, en forma conservadora se espera obtener tienen incrementos del 20 % (SAGARPA, 2011). Sin embargo, el uso excesivo de ethrel puede causar efectos nocivos en la vida de los árboles de hule y finalmente reducir el rendimiento, si no se aplica adecuadamente (Jetro y Simon, 2007; She *et al.*, 2013).

Distribución y edad de las plantaciones

La superficie de hule plantada en el estado de Tabasco, México se distribuye en seis municipios, cuatro de los cuales se encuentran en la Región Sierra, que comprende a Macuspana, Jalapa, Teapa y Tacotalpa, donde se concentra el 15.93 % de la superficie, otra superficie de plantación se localiza en la Región Chontalpa en el municipio de Huimanguillo donde existe el 84 % y otra más en la Región de los Ríos en Tenosique con 1.86 % (SAGARPA-INIFAP, 2011).

Las edades de las plantaciones que se están aprovechando varían de 7 a 46 años. El 24 % son plantaciones en estado de “juventud”, que va desde los 7 a 12 años, el 65 % en estado “adulto” 13 a 32 años, y el resto se consideran plantaciones en estado de “vejez” mayores de 32 años de edad. Las plantaciones con mayor superficie plantada de acuerdo a su estado fisiológico son las que se encuentran en estado “adulto” (Izquierdo *et al.*, 2011). Los árboles de hule disminuyen su rendimiento de látex de los 25 a 30 años de edad productiva, y son abandonadas, quemadas o derribadas (Monroy *et al.* 2006)

Enfermedades del tablero

Las principales enfermedades que se presentan en el tablero bajo con pica descendente en 1/2 S, en el fuste del árbol, son *Ceratocystis fimbriata* Elliot causante de la pudrición mohosa que se presenta principalmente en heridas recientes durante la pica del árbol. Gangrena rayada y el parche gangrenoso o cáncer de tallo son enfermedades causadas por *Phytophthora palmivora* Bult, que afecta el tablero de pica con la aparición de líneas verticales paralelas con exudados que continúa hasta la parte leñosa del árbol. El parche gangrenoso produce agrietamientos en cualquier zona de la corteza (Picón *et al.*, 1997). Considerando la posible presencia de enfermedades en el tablero alto es importante verificar la existencia de enfermedades que puedan afectar el sistema de aprovechamiento en pica ascendente.

Dada la importancia del estudio se planteó el objetivo de conocer la respuesta en la producción de hule seco del tablero alto de plantaciones, dos etapas productivas diferentes (de 20 y dos de 28 años de edad) con tableros bajos mal regenerados, aplicando tres frecuencias de pica ascendente, y estimulados con ethrel al 5 %. Con esto se busca alargar más el tiempo de cosecha de las plantaciones, ya que en Tabasco se tiene un 11 % del total de superficie plantada de hule en estado de vejez, donde se puede aprovechar el tablero alto usando la pica ascendente y un 65 % de las plantaciones adultas que han tenido un mal manejo del tablero o poco control de enfermedades, generando mala regeneración de los tableros bajos. Usar la pica ascendente es una alternativa para alargar el ciclo productivo y dar tiempo a que los tableros bajos se regeneren.

Así mismo se considera observar la presencia de enfermedades que afecten al tablero alto en pica ascendente. Los datos generados servirán para que los productores de hule apliquen la pica ascendente con estimulación, incrementando la producción y adoptando esta técnica para alargar la vida productiva de las plantaciones de hule.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en cuatro plantaciones de Hule en las localidades de Chicoacán y Pedregal Moctezuma primera Sección del Municipio de Huimanguillo, que concentra el 84% de la superficie plantada del árbol del hule en Tabasco. Huimanguillo está ubicado al Este de Tabasco, entre las coordenadas geográficas 17°19' de latitud Norte y 93°23' de longitud Oeste.

Los climas presentes en el municipio de Huimanguillo son: Am (f) cálido húmedo con lluvias en verano y Aw (w) cálido subhúmedo con lluvias en verano, con temperatura máxima de 31.7 °C , mínima 21.9°C, y media anual de 24.1°C. La zona de estudio corresponde al

paisaje geomorfológico de terrazas estructurales (Lomeríos), presentándose relieve con lomerío desde ligeramente convexo hasta fuertemente convexo (Ortiz *et al.*, 2005). El suelo que predomina en estos lugares es del grupo Acrisoles (Zavala-Cruz *et al.*, 2014).

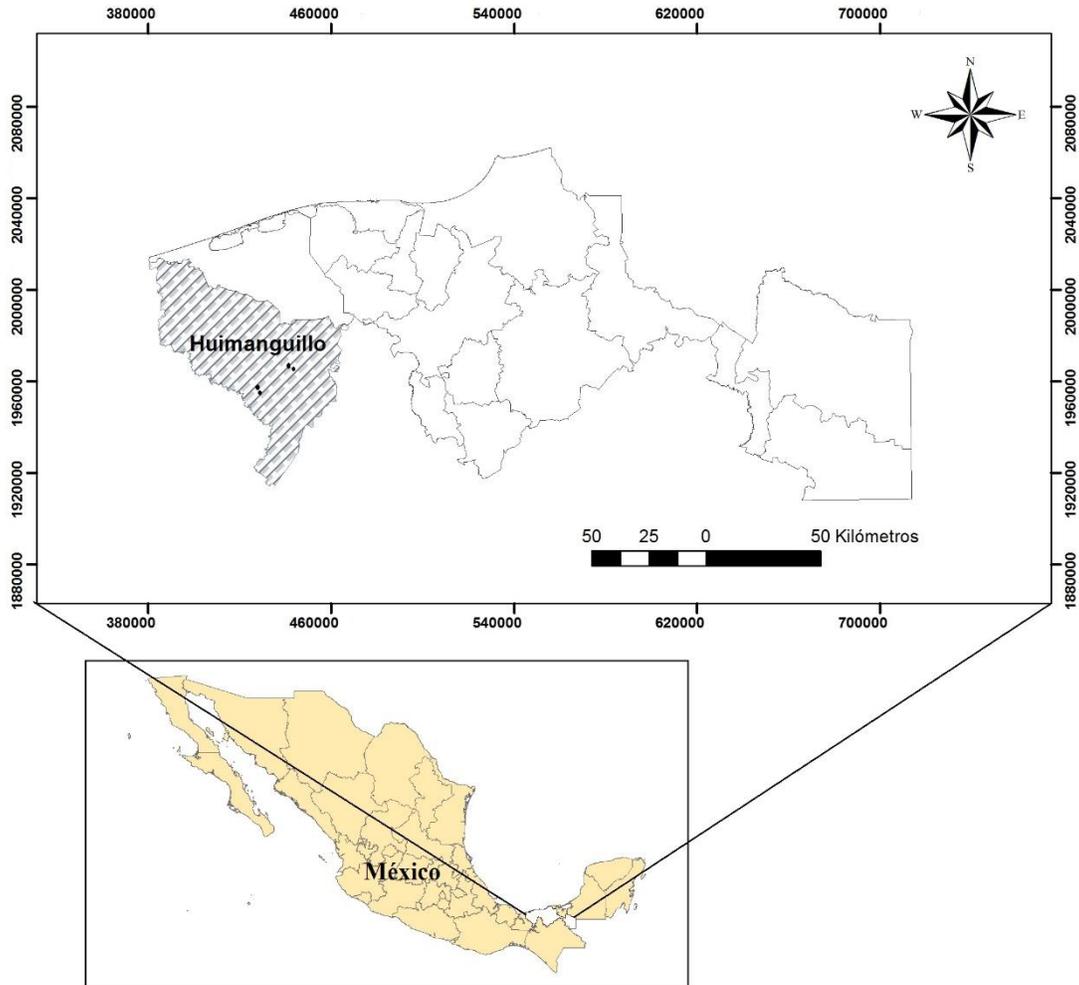


Figura 3. Localización del área de estudio, en el municipio de Huimanguillo, Tabasco.

Descripción del experimento

Para evaluar la producción de hule seco en el tablero alto se trabajó en cuatro plantaciones, dos con 20 años de edad y dos con 28 años de edad con estimulante ethrel al 5 %.

En cada plantación se establecieron seis tratamientos que corresponden cada uno a tres frecuencias de pica diferentes estimuladas con ethrel (5 %), más tres testigos que corresponden a tres frecuencias de pica sin estimular (0 %). Cada tratamiento estuvo compuesto por 10 árboles, haciendo un total de 120 árboles en cada plantación. Las frecuencias de pica fueron una vez por semana ($\frac{1}{4}S \uparrow d6 \ 6d/7$), dos veces por semana ($\frac{1}{4}S \uparrow d3 \ 6d/7$), y tres veces por semana ($\frac{1}{4}S \uparrow d2 \ 6d/7$), estimuladas con ethrel, más las mismas frecuencias anteriores sin estimular como testigos (cuadro 2). Para el experimento se utilizó el sistema de pica ascendente en cuarto de espiral. La producción de hule seco se midió semanalmente y la unidad de medida fue en gramos, durante seis meses, iniciando el 16 de junio y finalizando el 14 de diciembre.

También, se observó semanalmente el tablero alto de pica ascendente para detectar la presencia de enfermedades fúngicas que pudieran afectar la producción de látex de los árboles.

Medición del perímetro

Se midió el perímetro a 1.30 metros de altura de los árboles hule, con una cinta métrica para analizar la posible correlación de la producción con el grosor del tallo del árbol.

Apertura del tablero

El tablero alto de los árboles de hule se abrió haciendo un corte en cuarto de espiral cortando los vasos laticíferos para la extracción del látex, a una altura de 1.5 a 1.8 m de la base del árbol, arriba del tablero bajo. El corte se realizó con una cuchilla para pica ascendente a 45° de inclinación, dividiendo el tablero de pica en $\frac{2}{4} S$ y usando $\frac{1}{4} S$ del tablero en pica ascendente.

Aplicación de estimulante

Los árboles de hule se estimularon con ácido 2 - cloroetilfosfónico (Ethrel) (21.70 g I.A.) diluido al 5 % con base agua. La aplicación de la mezcla diluida se hizo con una brocha de una pulgada de grosor, raspando la corteza del tablero alto en un grosor de 4 centímetros, arriba del corte realizado. La primera aplicación de ethrel se realizó el día 13 de junio, la segunda el 13 de agosto y la tercera el 13 de octubre. En los tres tratamientos “con estimulación” se aplicó el estimulante ethrel al 5 % de concentración, a los testigos no se les estimuló.

Sistema de pica

En las plantaciones de hule se distribuyeron aleatoriamente seis tratamientos, de los cuales tres fueron tratamientos de frecuencias de pica con la aplicación del estimulante y tres sin aplicación de estimulante (testigos). La picas realizadas fueron: (1/4 S ↑ d6 6d/7) pica ascendente en cuarto de espiral, cada seis días de la semana (una pica por semana); (1/4 S ↑ d3 6d/7) pica ascendente en cuarto de espiral cada tres días en seis días de la semana (dos picas por semana); y (1/4 S ↑ d2 6d/7) pica ascendente en cuarto de espiral cada dos días en seis días de la semana (tres picas por semana); para los tres testigos se aplicaron las mismas frecuencias de pica sin estimulante (Cuadro 1).

En cada plantación se aleatorizaron los tratamientos de frecuencia de pica (Cuadro 2). Los productores de hule suspenden las picas en el periodo de descanso de febrero a mayo por lo que el experimento se realizó durante los meses de Junio a Diciembre con el propósito de evaluar la producción de cada frecuencia en el periodo de mayor producción y determinar si es factible realizar la pica ascendente como una alternativa de producción.

Cuadro 1. Distribución de las frecuencias de pica ascendente durante la semana en plantaciones de hule.

Frecuencia de pica por semana	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
$\frac{1}{4} S \uparrow d6 \ 6d/7$ (una pica)	X					
$\frac{1}{4} S \uparrow d3 \ 6d/7$ (dos picas)	X			X		
$\frac{1}{4} S \uparrow d2 \ 6d/7$ (tres picas)	X		X		X	

($\frac{1}{4} S \uparrow d6 \ 6d/7$); pica en cuarto de espiral ascendente cada seis días de la semana; ($\frac{1}{4} S \uparrow d3 \ 6d/7$) pica ascendente en cuarto de espiral cada tres días, en seis días de la semana; ($\frac{1}{4} S \uparrow d2 \ 6d/7$) pica ascendente en cuarto de espiral cada dos días, en seis días de la semana.

Cuadro 2. Tratamientos para la aplicación de pica ascendente en cuarto de espiral en cuatro plantaciones de 20 y 28 años de edad.

Edad	Tratamientos	No. de árboles por Tratamiento	Repetición	Concentración de ethrel (%)	Sistema de pica
28	1	10	3	5	¼ S ↑ d6 6d/7
	2	10	3	5	¼ S ↑ d3 6d/7
	3	10	3	5	¼ S ↑ d2 6d/7
	4	10	1	0	¼ S ↑ d6 6d/7
	5	10	1	0	¼ S ↑ d3 6d/7
	6	10	1	0	¼ S ↑ d2 6d/7
28	1	10	3	5	¼ S ↑ d6 6d/7
	2	10	3	5	¼ S ↑ d3 6d/7
	3	10	3	5	¼ S ↑ d2 6d/7
	4	10	1	0	¼ S ↑ d6 6d/7
	5	10	1	0	¼ S ↑ d3 6d/7
	6	10	1	0	¼ S ↑ d2 6d/7
20	1	10	3	5	¼ S ↑ d6 6d/7
	2	10	3	5	¼ S ↑ d3 6d/7
	3	10	3	5	¼ S ↑ d2 6d/7
	4	10	1	0	¼ S ↑ d6 6d/7
	5	10	1	0	¼ S ↑ d3 6d/7
	6	10	1	0	¼ S ↑ d2 6d/7
20	1	10	3	5	¼ S ↑ d6 6d/7
	2	10	3	5	¼ S ↑ d3 6d/7
	3	10	3	5	¼ S ↑ d2 6d/7
	4	10	1	0	¼ S ↑ d3 6d/7
	5	10	1	0	¼ S ↑ d3 6d/7
	6	10	1	0	¼ S ↑ d2 6d/7

¼ S ↑ d6 6d/7 = pica en cuarto de espiral ascendente cada seis días; ¼ S ↑ d3 6d/7= pica en cuarto de espiral ascendente cada tres días; ¼ S ↑ d2 6d/7= pica en cuarto de espiral ascendente cada dos días.

La producción de hule en cada frecuencia de pica se obtuvo semanalmente del hule coagulado para obtener el rendimiento mensualmente en forma de quesillo secado a temperatura ambiente y pesado con una balanza de precisión de 0.1 mg marca OHAUS.

Análisis estadístico

El experimento se analizó como un modelo lineal mixto en R con el paquete estadístico de Infostat. Se consideraron como efectos fijos la edad de los árboles, las frecuencias de pica y la interacción entre ambas. Como efectos aleatorios se consideraron el efecto de la unidad (cada árbol) dentro del tratamiento, el efecto del tratamiento dentro de la plantación y el efecto de la plantación (producción en función del sitio donde se encuentra). La comparación de medias se realizó con la prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher con correlación de Bonferroni (LSD Fisher). Se planeó utilizar el perímetro del árbol como covariable para eliminar los efectos del diámetro en la producción de hule por árbol, sin embargo esta covariable no fue significativa por lo que no se incluyó en el análisis.

Al analizar los datos del estudio se detectó que no cumplían con los supuestos que deben considerarse para realizar la regresión lineal. Los datos presentaban problemas de heterocedasticidad, así como autocorrelación entre los diferentes periodos (Figura 4 y 5), por lo que se consideró un modelo que incluyera correcciones para estos problemas.

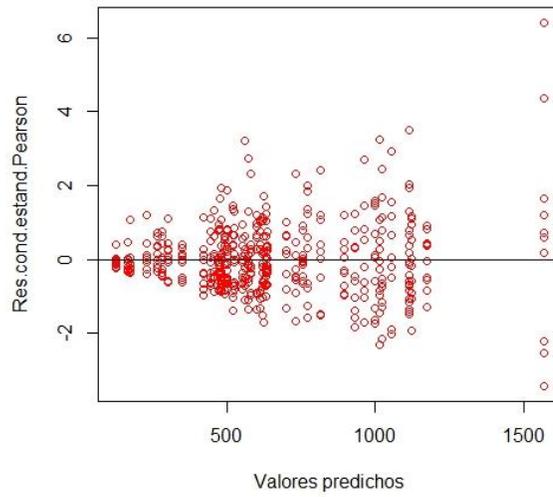


Figura 4. Gráfica de residuales estudentizados con los valores predichos, mostrando evidencias de heterogeneidad de varianzas.

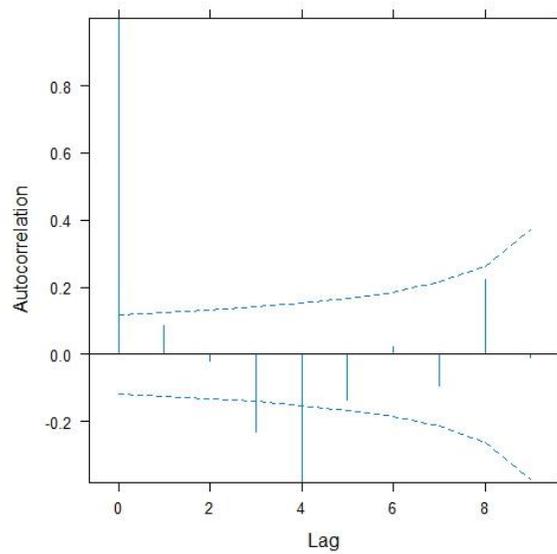


Figura 5. Los residuos del modelo presentan autocorrelación en las observaciones de la producción de hule seco en gramos.

Los residuos obtenidos con el modelo contemplado con varianzas distintas en cada población no muestran problemas de heterocedasticidad (Figura 6). Así mismo, el modelo que considera la correlación entre los tiempos elimina la autocorrelación (Figura 7).

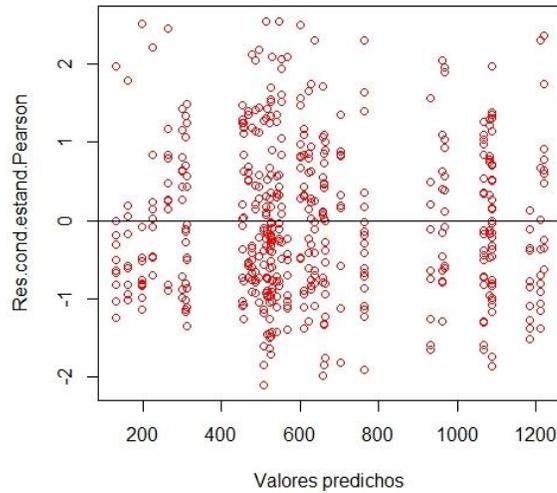


Figura 6. Gráfico de distribución de valores predichos contra los residuos estandarizados de Pearson con un modelo que contempla varianzas distintas para cada población.

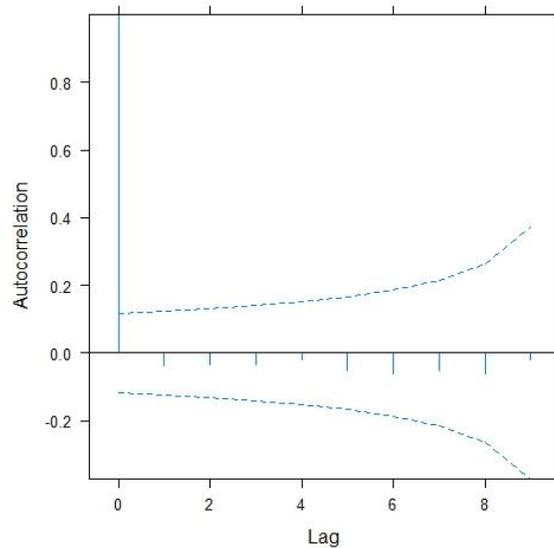


Figura 7. Función de autocorrelación de los residuos del modelo incluyendo la modelación de la autocorrelación serial.

La gráfica Q-Q en los residuos del último modelo utilizado muestra que no hay gran separación de una distribución normal (Figura 8).

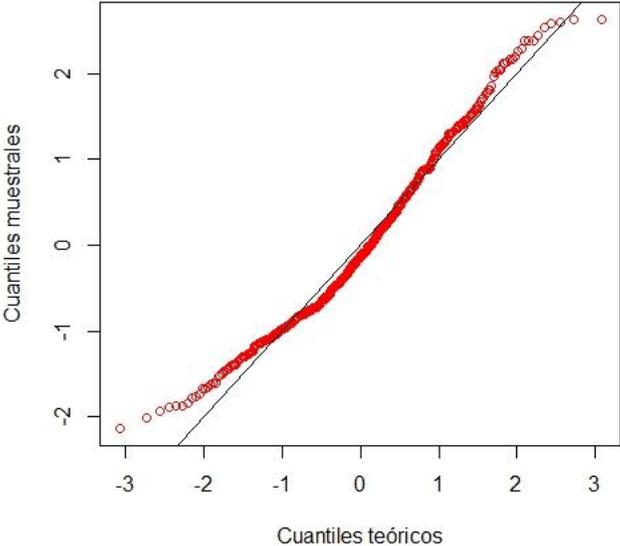


Figura 8. Gráfica normal de residuos estandarizados

RESULTADOS

Número de picas realizadas

De las picas previstas tipo ascendente con corte en cuarto de espiral y estimulada con ethrel, programadas en los árboles de las cuatro plantaciones de *H. brasiliensis* en el periodo de evaluación, se aplicaron únicamente un 45 % en la frecuencia de pica una vez por semana en la plantación de 20 años, y para el caso de la plantación de 28 años de edad se realizó un 48 % de picas. En plantaciones de 20 años un 47 % en la frecuencia de picas dos veces por semana y en las plantaciones de 28 años un 52 %. Así mismo en la frecuencia de pica tres veces por semana se aplicó un 47 % en las de 20 años, mientras que en las plantaciones de 28 años se aplicaron un 49 % de las picas programadas. Estas diferencias se debieron a las constantes precipitaciones presentadas en la zona durante los meses de septiembre, noviembre y diciembre. Cuando llueve, escurre agua por el fuste del árbol y al realizar la pica, el látex se derrama o no escurre por el canal, hasta la taza recolectora; por ello los productores deciden no realizar la pica en días de lluvia. Por esto es menor el total de las picas realizadas en cada frecuencia de pica, durante el periodo de evaluación (Cuadro 3).

La presencia de lluvias fue determinante y afectó de manera directa, disminuyendo el número de picas programadas para el experimento, en consecuencia se perdió la continuidad en picas e incrementó el tiempo sin cosecha del árbol, provocando que la corteza se endureciera y cicatrizara. La frecuencia de $\frac{1}{4} S \uparrow d2 \ 6d/7$ fue la más afectada por las lluvias, con respecto a las $\frac{1}{4} S \uparrow d6 \ 6d/7$ y $\frac{1}{4} S \uparrow d3 \ d6/7$. Debido a que las lluvias se presentaban una o dos veces por semana y las picas se efectuaban tres veces por semana.

Cuadro 3. Número de picas realizadas de las tres frecuencias, en cada plantación de hule estimulada con ethrel durante seis meses.

Frecuencia de pica por semana	No. picas programadas para cada edad	No. picas realizadas en plantaciones de 20 años	No. picas realizadas en plantaciones de 28 años
Una pica	31	14	15
Dos picas	59	28	31
Tres picas	87	41	43

En pruebas de hipótesis de los efectos fijos se observan diferencias significativas con una probabilidad de ($P \leq 0.05$) en la producción de látex generada en las frecuencias de pica aplicadas (una, dos, y tres picas por semana) y en el efecto de interacción de la edad de 20 y 28 años de las plantaciones de *H. brasiliensis* con la frecuencia de pica.

Cuadro 4. Prueba de hipótesis sobre la edad, las frecuencias de pica y su interacción (efectos fijos) que determina si hay algún efecto entre ellos.

Fuente de Variación	GL numerador	GL denominador	Valor -F	Valor -P
(Intercepto)	1	432	235.76	<0.0001
Edad	1	2	15.53	0.0588
Frecuencia de pica	5	26	47.75	<0.0001
Edad*frecuencia de pica	5	26	18.42	<0.0001

Cuadro 5. Comparación múltiple de medias de tratamientos LSD de Fisher con corrección de Bonferroni en la producción de hule seco en gramos por árbol estimulado con ethrel, durante seis meses, en plantaciones de 20 años.

Edad (Años)	Frecuencia de pica	Estimulante (%)	Medias producción (hule seco g árbol ⁻¹)	Error estándar	Edad (Años)
20	¼ S ↑ d3 6d/7	Ethrel 0	725.91	76.60	A
20	¼ S ↑ d2 6d/7	Ethrel 5	551.35	62.80	A B
20	¼ S ↑ d2 6d/7	Ethrel 0	500.46	70.50	A B
20	¼ S ↑ d3 6d/7	Ethrel 5	499.51	61.73	A B
20	¼ S ↑ d6 6d/7	Ethrel 5	256.64	56.86	B C
20	¼ S ↑ d6 6d/7	Ethrel 0	177.29	62.82	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). ¼ S ↑ d6 6d/7 = a un cuarto de espiral en pica ascendente cada seis días; ¼ S ↑ d3 6d/7 = a un cuarto de espiral en pica ascendente cada tres días y ¼ S ↑ d2 6d/7 = a un cuarto de espiral en pica ascendente cada dos días.

Las frecuencias de pica dos y tres veces por semana sin estimular con ethrel no presentan diferencias significativas. Para el caso de los árboles con frecuencias de pica una vez por semana estimulada con ethrel y sin estimular muestran los rendimientos más bajos de hule seco.

Cuadro 6. Comparación múltiple de medias de tratamientos LSD de Fisher con corrección de Bonferroni en la producción de hule seco en gramos por árbol estimulado con ethrel, durante seis meses, en plantaciones de 28 años.

Edad (Años)	Frecuencia de pica	Estimulante (%)	Medias producción (hule seco g árbol ⁻¹)	Error estándar	
28	¼ S ↑ d3 6d/7	Ethrel 5	1146.99	75.42	A
28	¼ S ↑ d2 6d/7	Ethrel 5	1013.21	66.47	A
28	¼ S ↑ d2 6d/7	Ethrel 0	690.76	64.85	B
28	¼ S ↑ d6 6d/7	Ethrel 5	593.84	61.97	B
28	¼ S ↑ d6 6d/7	Ethrel 0	583.33	75.91	B C
28	¼ S ↑ d3 6d/7	Ethrel 0	555.17	68.63	B C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). ¼ S ↑ d6 6d/7 = a un cuarto de espiral en pica ascendente cada seis días; ¼ S ↑ d3 6d/7 = a un cuarto de espiral en pica ascendente cada tres días y ¼ S ↑ d2 6d/7 = a un cuarto de espiral en pica ascendente cada dos días.

En la comparación de medias para determinar las mínimas diferencias significativas de Fisher se observa que la mayor producción media de hule seco en gramos por árbol, se presentó en la plantación de hule con 28 años de edad en las frecuencias de dos picas por semana estimuladas con ethrel, sin embargo, no hubo diferencia significativa con la producción de hule seco generada en el sistema de pica de tres veces por semana estimulado con ethrel. Para el caso de las frecuencias de pica uno, dos y tres veces por semana sin estimular no presentan diferencias significativas entre ellas, al igual que la frecuencia una vez por semana estimulada con ethrel. Los rendimientos de hule seco más bajos generados en las plantaciones sin estimular con ethrel se presentan al aplicar las frecuencias de una y dos picas por semana, no habiendo diferencias significativas entre ellas P

> 0.05 ; sin embargo, si existen diferencias al compararlas con las plantaciones estimuladas, lo que deja ver que es conveniente para el productor de hule aplicar la estimulación de ethrel con pica dos picas por semana, o sea cada tercer día.

Producción de hule seco por hectárea

A continuación se presenta la producción mensual de hule seco por hectárea con tres frecuencias de pica en plantaciones con edades de 20 y 28 años, aplicando el sistema de pica en $\frac{1}{4}$ S estimulada con ethrel y sin estimular con ethrel en un periodo de seis meses.

La producción de hule seco es mayor en las plantaciones de 28 años de edad en comparación con las de 20 años en plantaciones estimuladas con ethrel. Las frecuencias de pica dos y tres veces por semana muestran mejores rendimientos en las plantaciones de 28 años mientras que en las plantaciones de 20 la diferencia es mínima. En este caso la estimulación con ethrel tiene una producción similar al sistema de pica sin estimular (Figura 9).

Los meses donde se obtuvieron mejores resultados de producción fueron junio, julio y octubre, mientras que los meses con menor producción fueron septiembre y noviembre. Esto se debió a que fueron los meses con más lluvias, condiciones que no fueron favorables para realizar las picas a los árboles de hule. Los meses de junio y diciembre no se evaluaron completos porque el experimento inició el 16 de junio y se terminó el 14 de diciembre, por la que en la figura se nota menor producción en esos meses.

El incremento de la producción de hule seco con las frecuencias de pica dos veces por semana en $\frac{1}{4}$ s estimuladas con ethrel en plantaciones de 20 años, no fue el esperado, ya que en la frecuencia dos veces por semana estimulada con ethrel produjo un 26 % menos, que la misma frecuencia sin estimular (Figura 10).

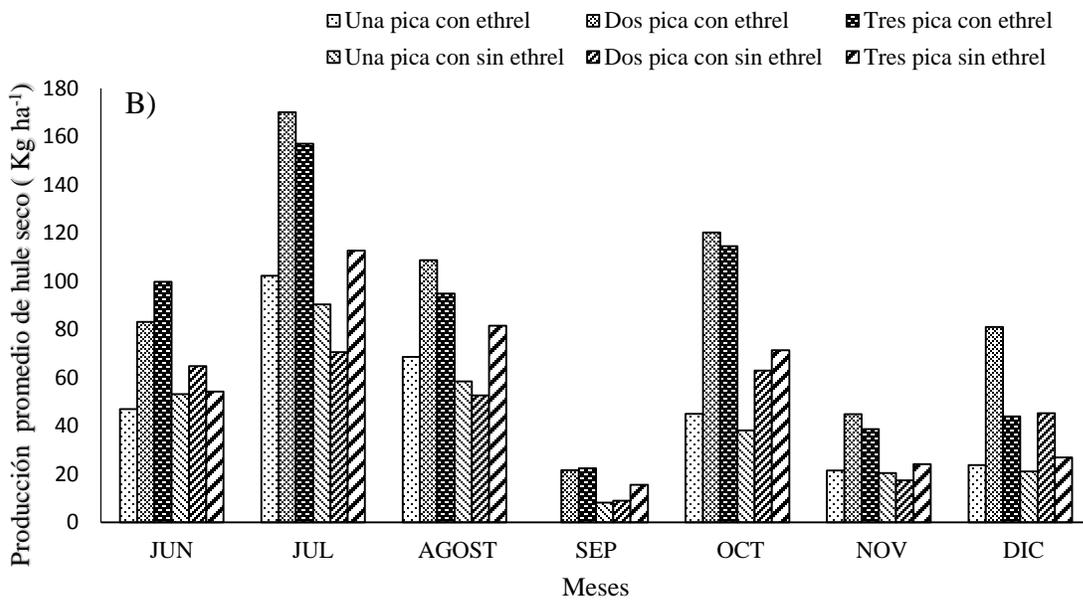
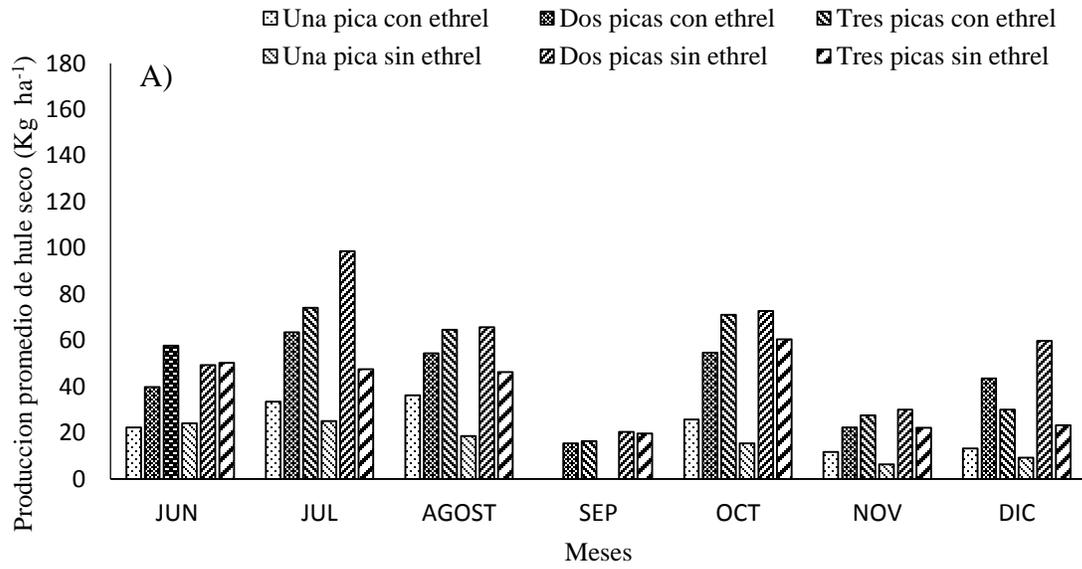


Figura 9. Producción de hule seco mensual, en plantaciones de A) 20 años, B) 28 años, estimulado con ethrel con pica ascendente en cuarto de espiral en una hectárea.

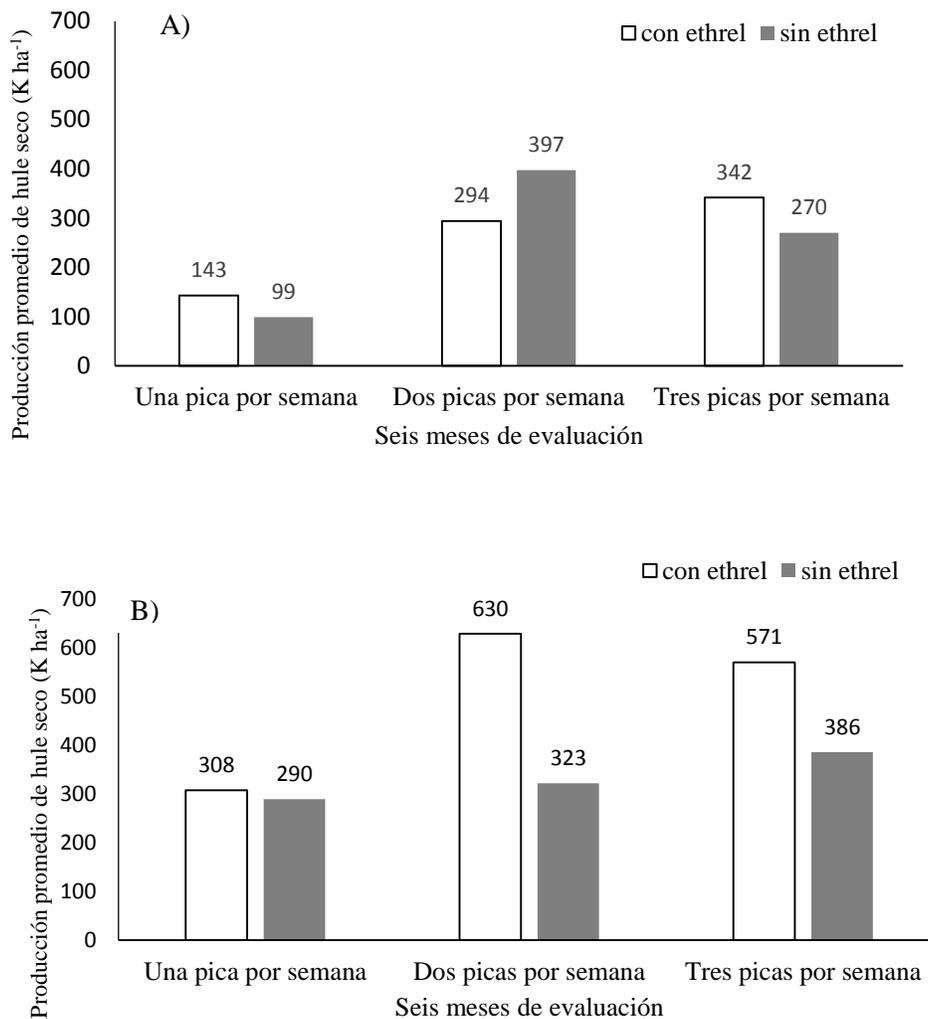


Figura 10. Producción promedio de hule seco por hectárea en plantaciones A) 20 años, B) 28 años.

La producción de hule seco con las frecuencias de pica una, dos y tres veces por semana en cuarto de espiral estimuladas con ethrel en plantaciones de 28 años, superó a los mismos tratamientos sin estimular con ethrel, en la frecuencia una vez por semana en un 6 % más que la misma frecuencia sin estimular, mientras que la frecuencia de pica dos veces por semana incrementó un 49 % a la frecuencia de pica dos veces sin estimular y por último la frecuencia

de pica tres veces por semana estimulada con ethrel aumentó un 32 % superando a la frecuencia tres veces por semana sin estimular.

Enfermedades en el tablero de pica

En el sistema de pica normal o descendente la mayoría de las plantaciones de hule, los tableros bajos presentan micelio blanco o indicios de enfermedad en el corte reciente. En los árboles cosechados con este sistema de pica descendente se encontró hasta un 80 % de sus tableros bajos con problemas de enfermedades como la gangrena rayada y pudrición mohosa en plantaciones de 20 años, de igual manera en las plantaciones de 28 años se encontró que un 72 % de árboles contabilizados presentaron las mismas enfermedades.

En el sistema de pica ascendente o pica inversa en el tablero alto evaluada en el periodo de 6 meses del 16 junio al 14 de diciembre del 2014, se encontró que los 480 árboles en edades de 20 y 28 años no mostraron presencia de alguna enfermedad causada por hongos.

DISCUSIÓN

Los sistemas de baja frecuencia de pica con uso de estimulación de ethrel ($\frac{1}{2}$ S d/4 ET 2.5% y $\frac{1}{2}$ S d/7 ET 2.5%) proporcionan mayor producción de hule por planta por pica, al mismo tiempo con menor extracción de nutrientes (Silva *et al.*, 2012).

Según SAGARPA (2011), los rendimientos de hule se incrementan mediante la aplicación de ethrel hasta 38 % en plantaciones de corteza virgen, en media espiral con pica descendente en tableros bajos.

En el sistema de pica ascendente en tableros altos y vírgenes evaluados para plantaciones de 28 años de edad con tres frecuencias de pica estimuladas con ethrel, tuvieron incrementos en la producción de hule seco. Para $\frac{1}{4}$ S \uparrow d6 6d/7 se tuvo un incremento del 6 % con respecto a la misma

frecuencia de pica sin estimular. Para la frecuencia de $\frac{1}{4}$ S \uparrow d3 6d/7 se obtuvo un incremento del 49 % con respecto a la frecuencia de pica $\frac{1}{4}$ S \uparrow d6 6d/7 sin estimular con ethrel y para la frecuencia de pica $\frac{1}{4}$ S \uparrow d2 6d/7 se obtuvo un incremento del 33 % de producción en comparación con su testigo sin estimular.

Izquierdo *et al* (2011) obtuvieron rendimientos de 1,034 kg ha⁻¹ año⁻¹ de hule seco con el sistemas de pica descendente del tablero bajo, $\frac{1}{2}$ S d3 6d/7 sin estimular con ethrel.

La producción obtenida utilizando el sistema de pica en $\frac{1}{4}$ S \uparrow d3 6d/7 en pica ascendente tres veces por semana y estimulada con ethrel al 5% en plantaciones de 28 años resultó de 630 kg ha⁻¹ en seis meses en una cuarta parte del tablero. Esto quiere decir que en un año completo se obtendría una producción similar a la del sistema de pica en media espiral, sin estimulación con ethrel.

Lacote *et al.*, (2010) mencionan que entre los clones de alto rendimiento, no se necesita demasiada estimulación de etileno. El clon GT1 produjo el rendimiento máximo de 1.52 g árbol⁻¹ pica⁻¹ con cuatro aplicaciones de etileno al 2.5 % en un año, PB 217 produjo un rendimiento máximo de 1.78 g árbol⁻¹ pica⁻¹ con 39 aplicaciones de etileno al año, IRCA 130 produjo el rendimiento máximo de 1.70 g árbol⁻¹ pica⁻¹ sin aplicar etileno, IRCA 230 obtuvo la producción máxima de hule con ocho aplicaciones de etileno al año. Los clones de arranque lento, necesitan aplicar estimulación en plazos de tiempo más corto, para producir más y a la larga, no habrá efectos negativos del etileno en las células laticíferas.

Las plantaciones de 20 años de edad no respondieron de igual manera que las plantaciones de 28 años. La producción de hule seco en la frecuencia de pica $\frac{1}{4}$ S \uparrow d6 6d/7 estimulada con ethrel aumentó un 31 % en comparación con la misma frecuencia de pica $\frac{1}{4}$ S \uparrow d6 6d/7 sin estimular, sin embargo la producción en la frecuencia de pica $\frac{1}{4}$ S \uparrow d3 6d/7, resultó un 26 %

por debajo de la misma frecuencia sin estimular, La producción con la frecuencia de pica $\frac{1}{4} S \uparrow d2$ 6d/7 fue un 22 % más de la frecuencia testigo.

En estudios realizados en el estado de Oaxaca en la región del Papaloapan en plantaciones de hule, la producción de látex en pica descendente en media espiral sin estimular produjo 1.561 kg árbol⁻¹ año⁻¹ de hule seco, incrementando hasta alcanzar un máximo de 2.446 kg árbol⁻¹ año⁻¹ en árboles con un perímetro de 78.5 cm; luego inicia su declinación gradual hasta 1.065 kg árbol⁻¹ año⁻¹ en árboles con perímetro de 154 cm. La vida útil de la plantación es de 30 años de edad (Rojo *et al.*, 2002). Al respecto, Rojo *et al.*, (2002) encontró una relación entre el perímetro y la producción de látex, que la hace ser una variable útil para predecir la producción de látex en *H. brasiliensis*.

En plantaciones de 20 años con un perímetro promedio de 0.97 m se tuvieron producciones medias estimulando a los árboles con ethrel de 256 g árbol⁻¹ en seis meses en una pica por semana, 499 g árbol⁻¹ de hule seco en seis meses en dos picas por semana y 551 g árbol⁻¹ en seis meses con tres pica por semana. En las plantaciones de 28 años con un perímetro promedio de 1.15 m se obtuvieron 593 g árbol⁻¹ en seis meses en una pica por semana, 1,146 g árbol⁻¹ en seis meses en dos picas por semana y 1,013 g árbol⁻¹ en seis meses con tres picas por semana. Sin embargo no siempre los árboles con mayor perímetro producen más látex.

CONCLUSIÓN

La producción de hule seco con el sistema de pica en cuarto espiral en las plantaciones de hule estimuladas con ethrel y evaluadas con tres diferentes frecuencias de pica en el tablero alto presentan mayor producción en las plantaciones de 28 años, se encontraron rendimientos de 49 % con la frecuencia de pica dos veces por semana, más con respecto a la misma frecuencia sin aplicación de ethrel, seguida por la aplicación de la pica tres veces por semana con 32 % más, con

respecto a la misma frecuencia de pica sin estimular con ethrel. La frecuencia de pica con mejor rendimiento y estimulada con ethrel al 5%, fue $\frac{1}{4} S \uparrow d3 6d/7$.

Las plantaciones de 20 años no presentaron diferencias significativas con los árboles no estimulados y menor producción de hule seco con respecto a las de 28 años. Estas plantaciones tienen mejores condiciones de tableros bajos por lo que el sistema de pica ascendente en cuarto de espiral estimulado con ethrel es mejor aplicarlo a plantaciones de 28 años de edad, ya que la producción con estimulación de ethrel cada dos meses es mayor que las frecuencias de pica no estimuladas, además sus tableros bajos tienen un deterioro mayor. El perímetro del árbol medido a 1.30 m de altura no presentó efecto sobre la producción de hule seco en plantaciones de 20 y 28 años de edad.

Para el caso de las enfermedades no se encontraron afectaciones por ningún tipo de hongo o plagas secundarias en el tablero alto que afectaran el rendimiento en la producción de hule. No obstante, el tablero alto tiene mejores condiciones ambientales para evitar la presencia de hongos.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y tecnología, por creer en mí y brindarme el apoyo económico para realizar mis estudios de maestría en ciencias. Al Colegio de Postgraduados por financiar mi proyecto de tesis. A todos los profesores que laboran, en esta institución por sus conocimientos brindados y la paciencia que tuvieron conmigo.

LITERATURA CITADA

- An F., W. Lin, D. Cahill, J. Rookes, L. Kong. 2014. Variation of phloem turgor pressure in *Hevea brasiliensis*: An implication for latex yield and tapping system optimization. *Industrial Crops and Products* 58: 182-187.
- Chantuma, P., R. Lacoteb, A. Leconte, E. Gohet. 2011. An innovative tapping system, the double cut alternative, to improve the yield of *Hevea brasiliensis* in Thai rubber plantations. *Field Crop Res* 121: 416-422.
- Compagnon, P. 1998. El hule natural: biología, cultivo, producción. Y. Banchi. Edición en español Consejo mexicano del hule A. C. y CIRAD. México. 701 p.
- Fundación Produce Oaxaca. 2007. La tecnología, del campo de experimentación a la parcela del productor. Fundación Produce Oaxaca A.C. Oaxaca, Oaxaca. Boletín No. 27. 36 p.
- Hernández C., J. M. 2005. Curso de manejo de plantaciones de hule en producción. Campo experimental Huimanguillo. CIRGOC. Memoria técnica s/n, Tabasco, México 28 p.
- Izquierdo B., H., M. Domínguez D., P. Martínez Z., A. Velázquez M., V. Córdova A. 2011. Problemática en los procesos de producción de las plantaciones de hule *Hevea brasiliensis* Muell Arg. en Tabasco, México. *Tropical and subtropical agroecosystem*. 14: 513 - 524.
- Jetro N.N. y G.M. Simón. 2007. Efectos de formulaciones de ácido 2-cloroetilfosfónico como estimulantes de rendimiento sobre *Hevea brasiliensis*. *Afr J Biotechnol*, 5: 523-528.
- Lacote R., O. Gabla, S. Obouayeba, J. M. Eschbach, F. Rivano, K. Dian, E. Gohet. 2010. Long-term effect of ethylene stimulation on the yield of Rubber trees is linked to latex cell biochemistry. San Pedro Ivory Coast. *Field crop Res*. 115: 94-98.
- Monroy R., C. R., O. A. Aguirre C. y J. Jiménez P. 2006. Productividad maderable de *Hevea brasiliensis* Muell Arg., en Veracruz. México. *Ciencia UANL*, 9: 124-125.

- Ortiz, P. M.A., C. Siebe y S. Kram. 2005. Diferenciación ecogeográfica de Tabasco. En: Bueno, J., F. Álvarez y S. Santiago (Eds.) Biodiversidad del estado de Tabasco. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO. México. 305-322
- Picón R. L., E. Ortiz C., J. M. Hernández C. 1997. Manual para el Cultivo del Hule *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. SAGARPA-CMH-INIFAP. Campo experimental, el Palmar, Tezonapa, Veracruz. 103 p.
- Plan rector. 2012. Plan rector del sistema producto hule en el estado de Tabasco. SAGARPA. 28 P.
- Rojo M., G. E., R. Martínez R., J. Jasso M. 2011. El cultivo del hule en México. UAIM-CP, Serie forestal. 1ª edición México. 317 p.
- Rojo M., G. E., R. Martínez R., J. Jasso M., J. J. Vargas H., A. Velázquez M., D. J. Palma L. 2002. Predicción de la producción de látex en plantaciones comerciales de hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) en Oaxaca México. Rev. Fitotec. Mex 26: 183 – 190.
- SAGARPA-INIFAP. 2011. Programa estratégico para el desarrollo rural sustentable de la región-sur sureste de México. Paquete tecnológico del hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) establecimiento y mantenimiento preoperativo. SAGARPA-INIFAP. Tezonapa, Veracruz. México. P. 20.
- She, F., D. Zhu, L. Kong, J. Wang, F. An, W. Lin. 2013. Ultrasound-assisted tapping of latex from rubber tree *Hevea brasiliensis*. Ind Crop Prod. 50: 803-808.
- Silva, J. Q., J. E Scaloppi Jr, R. M. B. Moreno, G. B. Souza, P. S. Gonçalves, J. A. Scarpate F. 2012. Producción y propiedades químicas del caucho en clones de *Hevea* según los estados fenológicos. Pesq. Agropec. Bras 47: 1066-1076.

Zavala C., J., S. Salgado, G., A. Marín, A., D. J. Palma L., M. Castelán, E., R. Ramos, R. 2014.

Transecto de suelos en terrazas con plantaciones de cítricos en Tabasco. Ecosistemas y

Recursos Agropecuarios. 1: 123-137.

CONCLUSIONES GENERALES

La mayoría de las plantaciones de hule en el estado de Tabasco tienen tableros bajos deteriorados principalmente por un mal manejo de pica y por el poco control que se tiene de las enfermedades como el pudrimiento mohoso o la gangrena rayada. La pica ascendente en $\frac{1}{4}$ S es una alternativa factible en estas plantaciones con tableros altos en perfectas condiciones para ser aprovechados con el sistema de pica ascendente; sin embargo la falta del conocimiento en este sistema y la técnica de su aplicación hacen que sea poco utilizada.

La producción de hule seco aplicando el sistema de pica en cuarto espiral en las plantaciones de hule de 20 y 28 años de edad estimuladas con ethrel al 5 % y evaluadas con tres diferentes frecuencias de pica en el tablero alto presentan diferencias en producción de hule seco.

Los mejores rendimientos se encontraron en las plantaciones de 28 años con la frecuencia de pica dos veces por semana, con un 49 % más, con respecto a la misma frecuencia sin aplicación de ethrel, seguida por la aplicación de la pica tres veces por semana con 32 % más, con respecto a la misma frecuencia de pica sin estimular con ethrel. La frecuencia de pica con mejor rendimiento y estimulada con ethrel al 5%, fue $\frac{1}{4}$ S \uparrow d3 6d/7.

El sistema de pica ascendente en cuarto de espiral estimulada con ethrel es recomendable aplicarlo en plantaciones de 28 años de edad, ya que la producción con estimulación de ethrel cada dos meses es mayor que las frecuencias de pica no estimuladas con ethrel. Las plantaciones de 20 años no presentaron diferencias significativas con los testigos, por lo que se debe hacer más específicos estudios sobre estimulación y frecuencia de picas en esta edad.

Las enfermedades como *Phytophthora palmivora* Bult causante de la gangrena rayada y *Ceratocystis fimbriata* Ell. & Halst que provoca el pudrimiento mohoso no desarrollaron síntomas o afectaciones en el tablero alto de los árboles de hule que disminuyeran el rendimiento en la producción de hule. No obstante, el tablero alto tiene mejores condiciones ambientales para evitar la presencia de hongos.