

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EFFECTOS DEL GLIFOSATO EN EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DE HULE EN FINCA
AMAZONAS, PAJAPITA, SAN MARCOS (2012 - 2015)
ESTUDIO DE CASO

HELVIN ENMANUEL CULEBRO OCHOA
CARNET 21223-01

COATEPEQUE, JUNIO DE 2017
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EFFECTOS DEL GLIFOSATO EN EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DE HULE EN FINCA
AMAZONAS, PAJAPITA, SAN MARCOS (2012 - 2015)
ESTUDIO DE CASO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
HELVIN ENMANUEL CULEBRO OCHOA

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

COATEPEQUE, JUNIO DE 2017
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO

VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS

SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS

VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
LIC. ABEL ESTUARDO SOLÍS ARRIOLA

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA
ING. LUIS FELIPE CALDERON BRAN
ING. SERGIO ALEJANDRO MANSILLA JIMÉNEZ

Coatepeque junio de 2017

Honorables Miembros del Consejo Revisor de Estudios de caso
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar
Campus Central, Guatemala

Honorables miembros del consejo

Con un saludo cordial me dirijo a ustedes, deseándoles bendiciones y éxitos en sus labores diarias.

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el informe final de estudio de caso del estudiante Helvin Enmanuel Culebro Ochoa, que se identifica con carnet 2122301, titulado: **"EFECTO DEL GLIFOSATO EN EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DE HULE EN FINCA AMAZONAS, PAJAPITA, SAN MARCOS (2012-2015)"**, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Agr. ABEL ESTUARDO SOLIS ARRIOLA
ASESOR



Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Estudio de Caso del estudiante HELVIN ENMANUEL CULEBRO OCHOA, Carnet 21223-01 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Coatepeque, que consta en el Acta No. 0677-2017 de fecha 18 de junio de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EFFECTOS DEL GLIFOSATO EN EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DE HULE EN FINCA AMAZONAS, PAJAPITA, SAN MARCOS (2012 - 2015)

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 8 días del mes de junio del año 2017.



**MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar**

Agradecimiento

- A Dios:** Que es madre y padre de la vida, por su sabiduría e inteligencia, los cuales me permitieron llegar a este momento de mi vida, dándole gracias por este obsequio tan maravillo.
- A la Universidad Rafael Landívar:** por permitirme alcanzar una de mis metas.
- A Finca Amazona Pajapita San Marcos:** Por haberme brindado la oportunidad de realizar mi Estudio de Caso.
- Al Ingeniero Agrónomo:** Abel Estuardo Solis Arriola por su asesoría y acompañamiento durante la realización de mi Estudio de Caso.
- Al Ingeniero Agrónomo:** Harri de Mata revisor del informe de Estudio de Caso, por sus sabios consejos profesionales durante la revisión de la misma.
- A la coordinadora de la Facultad De Ciencias Agrícolas y Ambientales:** Ingeniera Agrónoma Jacinta Imelda Méndez García por su apoyo y acompañamiento durante mi formación profesional.

Al Ingeniero Agrónomo:

Leonel Alfonso Solís Mazariegos, por su apoyo incondicional y cercanía en mi formación profesional.

A mis amigos y amigas:

por estar siempre conmigo.

Dedicatoria

A Dios:

Fuente inagotable de luz y sabiduría que iluminó el sendero de mi carrera, haciendo realidad mis aspiraciones.

A Mis Padres:

Helvin Enmanuel Culebro Rivdeneira (Q.E.P.D) Gracias por todo el apoyo que me brindo en vida, y ahora que no está conmigo le dedico mi triunfo lo quiero y lo extraño demasiado.

Sandra Ileana Ochoa que mi triunfo sea para usted como muestra de recompensa por sus esfuerzos y sacrificios en mi vida la quiero mucho.

A Mi Esposa:

Marta Liliana Veloso Pantaleón por su apoyo de cercanía y de amor en mi formación Universitara.

A Mis Hermanas:

Nancy Gabriela Culebro Ochoa por su apoyo incondicional durante mi carrera profesional.

Blanca Azucena Culebro Ochoa (Q.E.P.D) Siempre te recordare

A Mis Hijos:

Joseph Emanuel Alexa Jimena Culebro Veloso por su amor y paciencia en este proceso que mi triunfo sea ejemplo a seguir.

- A mis Tíos(as)** Por su apoyo incondicional, en especial a mi tía Azucena Culebro de Herrera por estar pendiente a que yo alcanzara mi meta.
- A mis sobrinos(as):** Que mi triunfo sea para ellos(as) motivo de superación.
- A Mi Patria:** Con lealtad, honestidad y respeto.
- A lugar de origen:** Tierra que me vio nacer y hoy me ve culminar una de mis metas.
- A Mis Compañeros y compañeras:** Por haberme brindado su apoyo y compartido sus conocimientos y consejos.
- A la Universidad Rafael Landívar:** Por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente, humanamente y con Excelencia Académica en Valores.
- A Mis mentores(as):** Por transmitirme sus conocimientos y experiencias a lo largo de mi formación universitaria.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 ANTECEDENTES DE LOS EFECTOS FITOTÓXICOS DE GLIFOSATO	2
2.2 IMPORTANCIA DEL CULTIVO	3
2.2.1 Características del <i>Hevea brasiliensis</i>	4
2.2.2 Clasificación taxonómica	4
2.2.3 Descripción botánica	5
2.2.4 Morfología y crecimiento del Hevea	6
2.2.5 Características del clon RRIM 2016	8
2.2.6 Importancia de las malezas en el cultivo del hule	9
2.2.7 Manejo de malezas en el cultivo del hule	11
2.2.8 Manejo de coberturas del suelo en plantaciones de hule	13
2.2.9 Aplicación de herbicidas en plantaciones jóvenes de hule	15
3. CONTEXTO	23
4. JUSTIFICACIÓN	27
5. OBJETIVOS	29
5.1 GENERAL	29
5.2 ESPECÍFICOS	29
6. METODOLOGÍA	30

6.1 DISEÑO DE INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS	30
6.2 EVIDENCIA DOCUMENTAL Y UTILIZACIÓN DE REGISTROS	30
6.3 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	34
6.4 ENTREVISTA A DIVERSOS INFORMANTES	35
6.6 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	36
6.7 VARIABLES DE ESTUDIO	37
6.8 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	37
6.8.1 Porcentajes de incidencia y severidad	37
6.8.2 Inversión realizada para el manejo de la necrosis	38
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
7.1 INTERVENCIÓN	39
7.2 RESULTADOS DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO	43
7.2.1 Porcentaje de incidencia y severidad de necrosis de corteza	43
7.2.2 Manejo de malezas	46
7.2.3 Análisis económico de la relación control de malezas/fitotoxicidad	54
8. CONCLUSIONES	57
9. RECOMENDACIONES	59
10. BIBLIOGRAFÍA	60
11. ANEXOS	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Descripción de los tratamientos	32
2	Distribución en el tiempo de la siembra de hule en finca Amazonas	40
3	Herbicidas utilizados por arrendantes para control de malezas en maíz.	40
4	Herbicidas utilizados por arrendantes para control de malezas en ajonjolí.	40
5	Herbicidas utilizados en la etapa inicial de control químico de malezas en cultivo de hule en finca Amazonas.	41
6	Análisis de varianza para control de malezas en plantación en crecimiento de hule clon RRIM 2016.	43
7	Prueba múltiple de medias para dosis de glifosato causante de necrosis de corteza.	44
8	Análisis de varianza para la severidad de necrosis en plantas de hule clon RRIM 2016.	45
9	Comparación de medias para necrosis en plantas de hule clon RRIM 2016.	45
10	Malezas identificadas en el área de estudio	46
11	Orden de importancia de las malezas identificadas.	47
12	Número de malezas/m ² , días después de realizado el control.	48
13	Porcentaje de control de malezas durante 90 días, Medias seguidas de letras distintas difieren significativamente (P<0.05).	50

14	Costo de mantenimiento de 1 hectárea de hule durante los primeros 4 años clon 2016.	54
15	Costo anual de control de malezas por hectárea para los diferentes tratamientos evaluados.	55
16	Análisis económico del control de malezas/fitotoxicidad en plantas de hule clon RRIM 2016.	55
17	Costos totales por tratamiento	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Unidad experimental	33
2	Croquis de campo	33
3	Especies y número de maleza/m ² identificadas al inicio del ensayo	47
4a	Comportamiento de cada una de las malezas/m ² , durante 90 días.	49
4b	Comportamiento de cada una de las malezas/m ² , durante 90 días.	50
5	Curva del porcentaje de control de malezas. Medias seguidas de letras distintas difieren significativamente (P<0.05).	52
6	Costos totales por tratamiento	57

EFFECTO DEL GLIFOSATO EN EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DE HULE EN FINCA AMAZONAS, PAJAPITA SAN MARCOS

RESUMEN

Finca Amazonas pertenece al municipio de Pajapita, San Marcos, se dedica a la explotación de hule natural (*Hevea brasiliensis*), por lo que el presente estudio de caso se realizó en esta unidad productiva para documentar el impacto que tuvo la aplicación de glifosato 35.6 SL, sobre la fitotoxicidad en la unión patrón injerto provocando necrosis de corteza y el porcentaje de control de malezas en el clon RRIM 2016, durante el periodo 2012- 2015. Los datos analizados son producto de un diseño experimental de bloques al completo azar con 6 tratamientos y 6 repeticiones, se evaluó la limpia manual y el herbicida glifosato en dosis de 1.00, 1.50, 2.00, 2.50 y 3.00 l/ha. Las variables de estudio fueron: Porcentaje de control, Incidencia y severidad de necrosis y análisis económico de cada tratamiento. La dosis 2.50 l/ha causó un 10% de incidencia necrosando un área de 18.22 cm², al aplicar 3.00 l/ha la incidencia fue de 23.33% necrosando un área de 26.34 cm². La maleza con mayor abundancia fue *Baltimora recta*, con una densidad de 1472.50 plantas/m², cubriendo el 83.17% del área total. El porcentaje de control de malezas durante los primeros 30 días no mostró diferencia estadística significativa, a partir del día 45 la limpia manual mostró la mayor repoblación, las dosis 2.50 y 3.00 l/ha, hasta el día 75 fueron las más efectivas y aunque fueron las de menor costo de mantenimiento, al final de los 4 años causaron la muerte de 119 plantas, esto incrementó los costos, donde se aplicó 3.00 l/ha tuvo un costo adicional de Q 5,061.07/ha. Siendo un 20.34% más que la limpia manual con un daño irreversible.

EFFECT OF GLYPHOSATE IN THE ESTABLISHMENT OF RUBBER PLANTATIONS IN AMAZONAS FARM, PAJAPITA SAN MARCOS

SUMMARY

Amazonas Farm is located in the municipality of Pajapita, San Marcos, and it is dedicated to the production of natural rubber (*Hevea brasiliensis*); therefore, this case study was carried in the productive unit to document the impact that glyphosate 35.6 SL on the rootstock-grafting union phytotoxicity, causing bark necrosis. The impact on the weed control percentage in the RRIM 2016 clone during the 2012- 2015 period was also documented. The analyzed data was obtained from a randomized complete block design with 6 treatments and 6 replicates. The manual cleaning and glyphosate herbicide in doses of 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, and 3.00 l/ha was evaluated. The study variables were: Control Percentage, Necrosis Incidence and Severity, and Economic Analysis of each treatment. The 2.50 l/ha dose had an incidence of 10%, causing necrosis in an area of 18.22 cm²; when applying 3.00 l/ha, the incidence was of 23.33%, causing necrosis in an area of 26.34 cm². The most proliferated weed was *Baltimora recta*, with a density of 1472.50 plants/m², covering 83.17% of the total area. The weed control percentage during the first 30 days did not show significant statistical difference; from day 45, the manual cleaning showed the highest repopulation. The 2.50 and 3.00 l/ha doses were the most effective until day 75; however, even though their maintenance cost was the lowest, at the end of the 4-year period they caused the death of 119 plants, increasing the cost. The 3.00 l/ha dose required an additional cost of Q 5,061.07/ha [equivalent to \$700], representing 20.34% more than the manual cleaning, with irreversible damage.

1. INTRODUCCIÓN

El glifosato es un herbicida no selectivo, sistémico, utilizado para el control de malezas anuales y perennes en pre y post-emergencia, sobre cultivos tolerantes. El mecanismo de acción se basa en el bloqueo de la enzima 5-enolpiruvil-shikimato-3-fosfato sintetasa, involucrada en la síntesis de los aminoácidos aromáticos triptófano, fenilalanina y tirosina (Monsanto, 2008). El glifosato y sus formulados implicarían un bajo riesgo para la salud humana o el ambiente en condiciones de uso responsable, entendiéndose por ello la aplicación de dosis recomendadas y de acuerdo con buenas las prácticas agrícolas (Conicet, 2009).

En Finca Amazonas, durante los años 2012-2013, el glifosato se utilizó para el control de malezas durante todo el año en plantaciones de hule, sin importar la edad de las plantas, ni el desarrollo de las malezas para su control.

La generalización de la aplicación de este herbicida desde la siembra a campo definitivo hasta plantaciones en producción se empezó a manifestar en las plantas más jóvenes, teniéndose, luego de un año de su uso reportes de necrosis en el cuello de la raíz en plantas de 1 a 2 años de sembrados, estas presentaron una sintomatología muy similar a la enfermedad conocida como punta de lanza. La necrosis se empezó a aparecer en cualquier época del año y se vio asociada a la aplicación de glifosato, la sintomatología se mostró entre los 30 a 60 días después de la aplicación, necrosando la corteza y dejando expuesta la madera a la acción de patógenos o artrópodos xilófagos los cuales dañaron el tallo causando la muerte o tumbes de los mismos.

Para determinar la influencia que tuvo el glifosato con este problema, se realizó una investigación cuyos resultados no han sido publicados, donde se evaluó el efecto de diferentes dosis de glifosato para el control de malezas y su efecto fitotóxico en la unión patrón injerto. Las dosis y su efecto se compararon con el tradicional método de control manual. Se utilizó con fines experimentales un diseño al completo azar con seis tratamientos y seis repeticiones, el cual se llevó a cabo en la finca Amazonas, Pajapita, San Marcos, en una plantación de 3 años de edad del clon RRIM 2016

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LOS EFECTOS FITOTÓXICOS DE GLIFOSATO

Las enfermedades de la raíz en plantaciones de hule en crecimiento, ocasionan perdida de plantas durante esta etapa, un problema de raíz en una plantación de dos años de edad, afectando a 35 (1%) árboles, de una plantación de 3500, se murieron 15 (0.42%) árboles y a los otros 20 (0.58%) se les hizo un tratamiento eliminando las partes afectadas, se aplicó una solución de Previcur® y Carbendazim®. La mayoría de árboles afectados se encuentran en terreno plano, con buen drenaje, no se ha aplicado fertilizantes a la fecha, se realizó control de malezas con el herbicida Root out® las heridas están tanto al oriente como al poniente, tenían mulch y estaban encalados, en las partes afectadas el tejido estaba acuoso, pero sin mal olor (Solís, 2016).

Dentro de los efectos fitotóxico por glifosato observados podemos mencionar: en olivo y en uva, se presenta necrosis de corteza en el tronco, los síntomas en el tronco son similares en ambos cultivos, efectuando un corte transversal del tronco, se observa la madera oscura, dando como resultado final, la muerte de la planta. Estacas extraídas a partir de plantas madres afectadas por glifosato, reproducirán los síntomas de fitotoxicidad cuando broten (Pabón, 2005).

En cultivos permanentes, como frutales y cultivos industriales se aplica en forma dirigida o con protecciones individuales de las plantas llamadas “polainas”, tubos o simplemente protectores, para evitar en plantas jóvenes, el efecto en el tronco no lignificado, ya que una lenticela sin lignificar, actúa como una hoja verde y unas pocas gotas que toquen, serán suficientes para producir síntomas de fitotoxicidad (Labrada, 1996).

La difusión de tecnologías de aplicación de ultra bajo volumen, como son las máquinas manuales Herbi® y Matabi® entre otras o las de tracción mecánica como Enviromist®, han acrecentado los casos de cultivos afectados accidentalmente por el herbicida. Esto

se explica por la excesiva confianza en el manejo, ya que si bien la gota en estos sistemas no es muy pequeña (alrededor de 200 micrones) el hecho de no ser proyectada, puede generar deriva; asimismo el operario no visualiza el destino de la pulverización como ocurre en un sistema de presión o hidráulico, tanto manual (mochila), como con equipamientos accionados por tractor (Pabón, 2005).

En plantaciones donde se aplica herbicidas a base de glifosatos, la deriva o producto que llega a caer en las hojas tiende a causar clorosis de ligeras a fuertes. Aun cuando solo unas pocas gotas del producto de manera indirecta o accidental hagan contacto con el follaje, tiende a poner clorótica toda la hoja y llega a tener movilidad hasta poner de un color amarillo pálido el ápice de la planta. Los síntomas pueden llegar a confundirse con plantas enfermas por virus de la mancha anular del papayo en su fase inicial y se llega a confundir por el color verde pálido en el ápice muy similar a éste. Si la cantidad de herbicida que llega por deriva a la planta es alta, las plantas pueden llegar a morir después de cierto periodo de tiempo (aproximadamente 30-45 días) y en otras ocasiones tardan mucho tiempo en llegar a desintoxicarse, abortando flores y disminuyendo su crecimiento, debido a que el cogollo muere y se necrosa, simulando el virus de la necrosis apical del papayo. Las plantas de cualquier edad afectadas por este herbicida, son más susceptibles al ataque de pudriciones en la base del tallo o cuello por *Phytophthora palmívora* y son las primeras que se infectan de virus mancha anular debido en parte a que los pulgones las prefieren por su color amarillo pálido que muestran en su follaje durante largo tiempo después de la intoxicación (Labrada, 1996).

2.2 IMPORTANCIA DEL CULTIVO

El cultivo del hule natural (*Hevea brasiliensis*), muestra una tendencia creciente, tanto en Guatemala, como a nivel mundial, lo cual se observa en la variedad de productos elaborados a partir de esta materia prima, la diversificación de los mercados y el establecimiento de plantas procesadoras, que utilizan la más moderna tecnología. (GREMHULE, 2010)

En Guatemala existen 580 plantaciones, con una superficie de 100080 hectáreas, con una producción de 90000 toneladas métricas de hule natural y una población de 48.9 millones árboles. El 87% de las fincas se localizan en el litoral del pacífico (distribuidas en los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla, Chimaltenango y Santa Rosa. El 13% restante en la zona norte y atlántica del país que corresponde a los departamentos de Izabal, Alta Verapaz, Quiché y Petén. El 67% del cultivo se encuentra en etapa de producción y 33% en crecimiento. (Reyes, 2015).

Una de las peculiaridades de este cultivo, es el periodo de maduración que es necesario para iniciar su explotación, el cual llega a partir de los 7 años, cuando el tallo ha alcanzado un diámetro de 12.7 cm. De aquí deriva el hecho de que la decisión de dedicarse al cultivo, implica una programación de mediano a largo plazo, lo cual es aplicable a los aspectos de financiamiento (largo plazo), programación del cultivo, asociar otros productos (maíz y frijol), y preparación del personal para el manejo eficiente de las plantaciones y su posterior explotación (Soto, 2010).

2.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL *Hevea brasiliensis*

El hule es originario de la cuenca del río Amazonas entre Brasil, Colombia, Perú y Bolivia. Pertenece a la familia de las Euphorbiaceae y al género *Hevea*, siendo *Hevea brasiliensis* la especie más importante en el aspecto económico (Alvarado y Nájera, 1997).

2.2.2 Clasificación taxonómica

El Sistema Integrado de Información Taxonómica, ITIS (2017), reporta la clasificación taxonómica del *Hevea brasiliensis* de la manera siguiente:

Reino: Plantae

Súper-división. Embryophyta

División: Tracheophyta

Subdivisión: Spermatophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malpigiales

Familia: Euphorbiaceae

Género: *Hevea*

Especie: *Hevea brasiliensis* (Wild. ex A. Juss) Müll. Arg. Árbol de hule.

2.2.3 Descripción botánica

Tiene un sistema de raíces que se caracteriza por desarrollar una pivotante que dependiendo del suelo puede penetrar un metro o más, generalmente desarrolla dos coronas de raíces laterales, una casi superficialmente y la otra a profundidad generalmente de 0.50 m (D`Auzac, Jacob, y Chrestin, 1989).

El tallo es ligeramente cónico en plantas de semilla y cilíndrico en plantas injertadas y es la parte más importante porque constituye (hasta los 3 metros del suelo) el área de producción de látex (Compagnon, 1998).

Durante la vida útil de *H. brasiliensis*, la producción de semilla (de 1 a 5 Kg. por árbol), se aprovecha para la preparación de almácigos. También se emplea en la industria de pinturas por las propiedades secante de su aceite y cada vez más en la alimentación animal en forma de harina (GREMHULE, 2000).

Una de las características más importantes del *H. brasiliensis*, es que produce una resina conocida técnica y comercialmente como látex, que una vez procesado, constituye una materia prima industrial estratégica; siendo sus dos productos principales, en su estado sólido, los neumáticos y en su estado líquido los productos utilizados para la protección e higiene humana (Ustimenko, 1990).

Cuando el árbol se vuelve improductivo por su avanzada edad, se puede aprovechar para leña o como fuente de madera (3 metros cúbicos por hectárea). La madera del hule tiene características semejantes a las del "Palo Blanco" (*Rhododendrom donell smitthii*) y debidamente tratada se puede emplear en ebanistería.

Todo lo anterior pone en evidencia que el *H. brasiliensis* es una planta industrial de múltiple propósito, que debe aprovecharse en su totalidad, y que tiene el atractivo de que la actividad reforestadora, a corto plazo se convierte en una actividad productiva con un trascendental impacto en los sectores social, económico, cultural, y de beneficio general. (GREMHULE, 2009).

Desde el punto de vista técnico, las características botánicas del *H. brasiliensis*, en su descripción original, se ha establecido de la siguiente manera: Planta monoica. Flores unisexuadas. En las flores masculinas, glándulas del disco, en la mayoría de los casos pequeñas, libres o caducas; estambres en uno o dos verticilos, anteras seniles, andróforo prolongado por encima de los estambres. En las flores femeninas, ovarios de tres celdillas, estigma sésil, succulento, bilobulado. Capsula grande, semilla grande, más o menos redonda o alargada, sin carbúnculo (Compagnon, 1998).

2.2.4 Morfología y crecimiento del Hevea

a. Sistema radicular

El enraizamiento del Hevea es pivotante, y su desarrollo depende del carácter genético de cada clon, además, el método de siembra, tienen un rol importante en la extensión del sistema radicular. La raíz pivotante, si el suelo es profundo, puede alcanzar un largo de 5 metros a los 15 años. Suelos con poca profundidad y el manto friático son obstáculos en la producción del pivote (Velásquez, 2014).

Las raíces laterales forman ramificaciones en el horizonte superior del suelo, que se subdivide en una cabellera más o menos densa de raíces, que se les llama raíces alimentarias; en la mayoría de los suelos la mayor proliferación de radículas se encuentra en el horizonte superior. El 30 – 60% de total se concentra entre 0 a 7.5 cm (Velásquez, 2014).

b. El tallo

La explotación empieza cuando el tronco alcanza 50 centímetros de circunferencia medidos a un metro del suelo. Así algunos clones pueden entrar en producción a los 5 años mientras que otros deberán esperar 7 años (GREMHULE, 2010).

Económicamente, la parte más importante de las plantas de hule la constituye el tallo, cuyo desarrollo en grosor determina en forma directa el inicio de la explotación, este desarrollo depende del tipo de clon, el ambiente, los nutrientes, el agua y el manejo agronómico que se brinde al cultivo durante la etapa de crecimiento. En su estado natural, los troncos de hule son ligeramente cónicos en la base, con la corteza de un color verde grisáceo. En plantaciones comerciales las plantas son uniformes, los troncos son cilíndricos a cualquier distancia del suelo (GREMHULE, 2010).

En la unión entre el patrón y el injerto, se forma un crecimiento irregular o callo, llamado comúnmente “pata de elefante”. El tallo va tomando una forma cilíndrica mientras se forman las distintas coronas o pisos foliares. Todo esto, está sincronizado entre el crecimiento de la corteza interna o madera, y las células de crecimiento en el extremo de las plantas. Una característica de los árboles de hule joven no injertado es la producción de semilla. La primera floración aparece entre la novena y décima corona cuando el árbol tiene dos años de edad y cerca de 2 metros de altura (GREMHULE, 2010).

En las plantas injertadas, las ramificaciones no se deben dejar desarrollar a una altura menor de 2.8 metros, para tener una buena área para la pica. Las ramificaciones se desarrollan entre las coronas o pisos foliares. Una de las características necesarias, para seleccionar un clon, es una arquitectura equilibrada o sea con un buen crecimiento promedio por año del eje principal y con ramificaciones secundarias livianas, cortas y homogéneas (GREMHULE, 2010).

c. El follaje

Una planta joven de hule se desarrolla por emisiones periódicas de pisos foliares, llamados “coronas”. Una corona está compuesta por la base de follaje anterior, el tallo central, más arriba una zona de glándulas foliares o yemas y sobre éstas un área con un promedio de 15 hojas (GREMHULE, 2010).

Cronológicamente el ciclo morfo genético culmina en la formación de cada unidad de crecimiento que se realiza en cuatro estadios:

- **Brote:** Las hojas preformadas en el botón terminal se abren y la nueva unidad de crecimiento aparece, este estadio dura aproximadamente 9 días (GREMHULE, 2010).
- **Crecimiento:** Elongación rápida de los entrenudos separando las hojas. Las hojas asimiladoras aparecen, al principio moradas rojizas (antociánicas) con un limbo de dimensiones muy reducidas, levantadas verticalmente, después los limbos recaen hacia el suelo y la colocación roja se atenúa, este estadio en su conjunto dura 11 días (GREMHULE, 2010).
- **Maduración Foliar:** Los limbos sufren un crecimiento rápido, están siempre pendulentos, verdes claros y muy flojos, dura por lo menos 10 días. En los estadios 2 y 3 las hojas son muy vulnerables a ciertas enfermedades que si no se tratan pueden generar su caída.
- **Dormancia o latencia:** Se considera como el principio de este estadio el momento en el que los limbos toman la rigidez y comienzan a levantarse, este estadio puede durar solo una docena de días, pero puede también durar mucho más tiempo según las condiciones del medio. Por el noveno día de este estadio, se manifiestan de nuevo mitosis en el meristemo apical y en los meristemas axilares, iniciando un nuevo ciclo (GREMHULE, 2010).

La corona presenta mucha importancia con respecto a los daños provocados por el viento. Ciertos tipos de corona están mejor adaptados a los vientos fuertes que otras (GREMHULE, 2010).

2.2.5 Características del clon RRIM 2016

Según Kadir (2000), este clon es el producto del cruce de PB 5/51 x IAN 873; originario de Malasia.

a. Aspectos generales

- Altura: 200 a 600 metros sobre nivel del mar.
- Precipitación: 3000 a 4500 mm.
- Tipo de Suelo: franco, franco-arcilloso.

b. Aspectos clónales

- Edad pica: 6 años.
- Sistema de explotación: S/2, S/4, D2, D3, D4, D5.
- Producción en Kilogramos de hule seco: 2582.
- Disminución de la producción en época seca: 30%.
- Densidad: 483 árboles / ha.
- Susceptibilidad al estrés en época seca: media.
- Ramificación: satisfactoria, horizontal.
- Daño por viento: de bajo a moderado.
- Incremento anual de circunferencia: 9.725 cm.
- Madera por árbol: 1.28 m³.
- Textura del tallo: Lisa.

c. Aspectos morfológicos

Sensible a las siguientes enfermedades del panel:

- Mancha mohosa (*Ceratocystis fimbriata*).
- Raya negra (*Phytophthora palmivora*).
- Necrosis de corteza (enfermedad fisiológica).
- Corte seco (brown bast).

Sensible a las siguientes enfermedades del follaje

- Antracnosis (*Colletotrichum gloesporoides*).
- Ojo de pájaro (*Helminthosporium heveae*).
- Oídium (*Oidium heveae*).

2.2.6 Importancia de las malezas en el cultivo del hule

La maleza compite con las plantas jóvenes de hule por los recursos limitados como agua y nutrientes, donde la competencia resulta generalmente o de manera regular con reducciones del crecimiento de los árboles, disminuyendo el nivel de nitrógeno en las hojas, el potencial de agua, y además afectando la calidad y rendimiento de la producción. Por lo que además las malezas son hospederas de enfermedades y plagas, que dificultan las actividades en la explotación y cosecha (Martínez, 1993).

Trabajos de levantamiento ecológico y de distribución de maleza en plantaciones de hule reportan la presencia de hasta 150 especies consideradas como malezas, donde las familias más frecuentes son: Gramíneas, Compuestas, Leguminosas, Euphorbiaceas, Solanaceas, Cyperaceas y Convolvulaceas (Martínez, 1993).

En la competencia por nutrientes, Martínez (1993), señala que es difícil calcular las pérdidas sufridas por esta competencia, pues la complejidad de las malezas presentes y el tipo de suelo (textura, pH) fijan, bloquean o lixivian los nutrientes.

En el aspecto fitosanitario se han observado efectos negativos, cuando la maleza tiene una altura mayor de 30 cm, pues cubren una mayor superficie de terreno y el efecto de la alta retención de humedad, poca penetración de luz, poca aireación y el actuar algunas como hospedero alterno hacen que la incidencia y severidad de los patógenos se incremente, por lo que el control no es satisfactorio, originando que se repita y se aumente la dosis de aplicación, resultando un incremento en los costos de producción, debido a la maleza alta y de mayor espacio (área) ocupacional, pues transpira más, se genera mayor humedad relativa en una temperatura estable, lo que son condiciones ideales para que diferentes organismos se desarrollen (Martínez, 1993).

Entre los géneros de malezas reportados y que tienen efecto en el crecimiento de plantaciones de hule están las gramíneas, como *Axonopus* y *Paspalum*, y compuestas, como *Mikania* y *Hedyotis*, además es conocido que *Mikania* exuda un compuesto fenólico que inhibe el crecimiento, además de reducir la nitrificación, también afecta adversamente la población microbiana del suelo (Martínez, 1993).

Las especies más comunes son: *Chromolaena odorata*, *Pennisetum sp.*, *Lantana aculeata*, *Mimosa pudica* e *Imperata cylindrica* (Martínez, 1993).

2.2.7 Manejo de malezas en el cultivo del hule

La naturaleza de los problemas de control de malezas en las plantaciones de hule se puede categorizar de la forma siguiente:

- Control de malezas al momento de la re-plantación previo al establecimiento de cultivos leguminosos de cobertura.
- Eliminación de malezas en áreas donde se han establecido cultivos de cobertura.
- Mantenimiento de los surcos plantados en condiciones libres de malezas durante los primeros años después de la re-plantación.
- Control de malezas en áreas adultas (Samarappuli, 2005).

La selección de un método específico para el manejo sistemático de malezas depende en gran medida de la edad de la población de hule, las condiciones climáticas, tipo de maleza, su distribución y del tamaño de la finca.

a. Manejo de malezas al momento de la siembra

El paquete tecnológico incluye en el momento de la siembra el manejo de las malezas bajo dos Modalidades:

- **Modalidad con cobertura:** El cultivo de cobertera, consistente en emplear la superficie de las calles de la plantación de hule, con Kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*), con lo cual el control de malezas es biológico, además enriquece el suelo y reduce sus pérdidas por erosión (Ortiz, 2011).

Debe prepararse el suelo con un paso de arado y dos de rastra después de la limpia para favorecer las condiciones del suelo y poder sembrar la cobertera (o los cultivos intercalados, en su caso) se consideran 20 jornales/ha para labores de barbecho y rastra, se requiere de 4 jornales para la siembra de la cobertera; se debe hacer en plena época de lluvias (Ortiz, 2011).

La cobertera más usual es el Kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides*) cuyas ventajas se resumen en ser un fijador natural del nitrógeno. Reduce la erosión, mantiene la humedad del suelo, disminuye los costos de control de maleza, mejora la estructura del suelo y puede utilizarse como forraje en el pastoreo de ovinos. El Kudzú se siembra por semilla o esqueje. Se distribuye a “tresbolillo” en el caso de esqueje, conservando una distancia de 2 m. a la línea de la plantación del hule. Es necesario sembrar y conservar la cobertera desde el primer año de la plantación (Ortiz, 2011).

El establecimiento de la cobertera debe hacerse en los 4 m. centrales de las calles con 4 a 6 kg de semilla por ha. Se siembra al voleo (usando semilla) o usando surcos a un metro de separación entre ellos, colocando de 5 a 10 semillas cada 50 cm (Ortiz, 2011).

- **Modalidad sin cobertura:** bajo esta modalidad el control de malezas es manual, que representa la modalidad más empleada en nuestro país. La decisión de usar alguna de estas modalidades está en función de las condiciones edafoclimáticas y social de la región y será decisión del productor su selección (Ortiz, 2011).

Las plantaciones sembradas en antiguos potreros implican aportar un cuidado intenso para eliminar particularmente las gramíneas que provocan un alto consumo de agua y enfermedades de raíces (Ortiz, 2011).

b. Control manual de malezas: se efectúa mediante el uso de machete y/o azadón, principalmente en un círculo de 2 m. de diámetro alrededor de las plantas, repitiendo la labor de 4 a 5 veces por año (Ortiz, 2011).

Control mecánico de la maleza: se recomienda en las plantaciones cuya superficie y topografía lo permitan y que no cuenten con cobertera (Ortiz, 2011).

c. Control químico de la maleza: se sugiere aplicar dos veces por año la mezcla compuesta por 3 kg. de Diurón y 2 litros de Paraquat por hectárea. Cuando predomina la maleza de hoja angosta (pasto o zacate), se recomienda aplicar de 2 a 3 litros por hectárea del herbicida Glifosato. Es importante señalar que los productos anteriores, deben de aplicarse cuando la corteza del tallo de las plantas de hule sea de color café al menos en los primeros 30 cm. de altura del suelo, evitando así un posible daño a las mismas (Ortiz, 2011).

d. Limpia de líneas o romper surco: consiste en la eliminación de maleza a 1 m. alrededor de las plantas, efectuando dos limpiezas en el año 1 (oct. - abr.), 3 limpiezas en el año (jul. - sep. -nov.) y 2 limpiezas en los años 3, 4 y 5 (jul. - oct.), cajeteando alrededor de cada planta y mulchando (Ortiz, 2011).

El mulch consiste en cubrir con una capa de pasto seco alrededor de la planta establecida, formando un círculo de un metro de diámetro, el cual se mantiene al menos los primeros dos años de la plantación, sobre todo en las épocas secas del año. Esta labor tan sencilla protege a la planta de quemaduras, deshidratación, maleza en la zona de raíces y conserva la temperatura y humedad del suelo (Ortiz, 2011).

e. Limpia de calles: Se refiere a la eliminación de maleza entre líneas y el control del desarrollo de la pueraria para evitar que se enrede a la planta del hule. Otra labor cultural necesaria desde el 2° año, es el mantener una línea de dos metros de ancho alrededor de la plantación con el propósito de prevenir los incendios, esta actividad se lleva a cabo al inicio de la sequía y ocupa 4 jornales durante el año (del 2° al 5° año) (Ortiz, 2011).

2.2.8 Manejo de coberturas del suelo en plantaciones de hule

El manejo de coberturas del suelo es muy efectivo para inhibir el desarrollo de las malezas en plantaciones jóvenes de caucho y es esencial para preservar la fertilidad y la conservación del suelo, así como para el control de enfermedades (Samarappuli, 2005).

Las plantas leguminosas son las coberturas de suelo más útiles, ya que además de otras cualidades que otras especies también presentan, las leguminosas pueden fijar el nitrógeno atmosférico cuando crecen bajo condiciones apropiadas y en presencia de las cepas o razas correctas de bacterias para cada especie. En Sri Lanka es popular una mezcla de *Pueraria* y *Desmodium*, ya que la primera indicada crece rápidamente durante las etapas tempranas de la plantación, pero tolera una ligera sombra, mientras que *Desmodium* presenta un crecimiento inicial más lento, pero si tolera más sombra y persiste mejor bajo un follaje bastante denso de caucho (Samarappuli, 2005).

Los cultivos de cobertura se establecen mejor inmediatamente después del desyerbe. En áreas donde las malezas son densas, se deben formar franjas libres de éstas y se deben plantar las semillas o propágulos en estas franjas. Cuando se hayan establecido, se deben eliminar gradualmente las franjas intermedias de malezas para permitir que el cultivo de cobertura se extienda y cubra toda el área. En tales áreas se deben utilizar coberturas de plantas de hábitos rastreros, que se propagarán e inhibirán a las malezas (Samarappuli, 2005).

Los resultados al final de 10 años de investigación sobre el efecto de la cobertura de suelo sobre el crecimiento y producción de plantaciones hule joven mostraron que los árboles con coberturas de leguminosas eran superiores en el diámetro del tronco como en el rendimiento inicial a aquéllos con presencia de malezas. Otros tratamientos con malezas y nitrógeno han mostrado también efectos similares al tratamiento con leguminosas, lo que sugiere que en ausencia de cobertura se tendrá que aplicar nitrógeno adicional, en algunos casos triplicando las recomendaciones de uso normal (Samarappuli, 2005).

El aporte de hojas, materia verde, residuos y la relación C/N de las coberturas siempre fue mejor con las leguminosas. Otros beneficios de éstas son la producción total de materia seca y el contenido total de N en las hojas por árbol (Samarappuli, 2005).

El menor crecimiento del caucho en las parcelas enyerbadas, principalmente por gramíneas, como *Axonopus* y *Paspalum*, y compuestas, como *Mikania* y *Hedyotis*, es

debido probablemente a un menor retomo de los nutrientes esenciales al suelo por las malezas y la competencia de las gramíneas, con sus sistemas radicales más densos, por la humedad. Más aún, es conocido que *Mikania* exuda un compuesto fenólico que inhibe el crecimiento, que además de reducir la nitrificación, también afecta adversamente la población microbiana del suelo (Samarappuli, 2005).

2.2.9 Aplicación de herbicidas en plantaciones jóvenes de hule

La naturaleza de los herbicidas a usar en los programas de control químico de malezas en el cultivo del hule depende de varios factores:

- La naturaleza de las plantas que se consideran malezas;
- El objetivo del control de malezas y el grado de control necesario;
- Los costos de los herbicidas y su aplicación.

El Instituto de Investigaciones del Caucho de Sri Lanka ha hecho recomendaciones con relación al uso de mezclas de herbicidas basadas en MSMA, a usar en dependencia de las principales malezas presentes, del nivel de sombra debajo de los árboles y las condiciones locales del suelo. Las mezclas son a base de amitrol, 2, 4-D amina, clorato de sodio y Dalapon®, que controlan las principales malezas, tales como *Paspalum conjugatum*, *Mikania micrantha*, *Axonopus* spp. y *Borreria* spp (Samarappuli, 2005).

Glifosato controla con efectividad *Panicum repens*, L., e *Imperata cylindrica* (L.) Raeuschel, cuando se usa en una dosis de 4.4 kg i. a. en 600 litros de agua por hectárea. Paraquat es efectivo en el control de malezas anuales en las plantaciones de hule cuando se usa en una dilución de 28 ml en 9 litros de agua. Dalapon se usa también en el control de *I. cylindrica* (Samarappuli, 2005).

2.2.10 Herbicida glifosato

El glifosato es una molécula formada por una fracción de glicina y un radical aminofosfato unido como sustituyente de uno de los hidrógenos del grupo a-amino (CIAT 1999).

decir que no es de acción residual prolongada y que no es ni actúa como herbicida esterilizante del suelo (CIAT 1999).

La casi totalidad de las formulaciones comerciales del glifosato son fáciles de manejar, muy solubles en agua y químicamente muy estables en cualquier proporción. A lo anterior se adiciona la baja tensión de vapor, lo cual significa que las formulaciones de uso en el campo no sean volátiles (CIAT 1999).

c. Propiedades físico - químicas

Por la naturaleza de sus propiedades físicas y químicas el glifosato es un plaguicida perteneciente al grupo de los herbicidas de acción sistémica, por la vía del follaje. No es apto para tratamientos de control de malezas por la vía del sistema radicular. El glifosato es una solución líquida, clara, viscosa y de color ámbar; normalmente tiene una concentración de iones H^+ de 4,4 a 4,9 y una gravedad específica de 1,17. Prácticamente indoloro o con un ligero olor a amina; tiene un peso molecular de 169,08 y un punto de fusión de 200 °C (CIAT 1999).

d. Tipos de formulaciones comerciales

El glifosato se comercializa en la forma de concentrados solubles de la sal isopropanolamina del N- (Fosfometil) glicina, en los cuales se integran el glifosato y los ingredientes inertes requeridos para cada tipo de formulación comercial. Aunque la forma de comercialización más común son los concentrados solubles en agua, también es posible tener acceso a las siguientes preparaciones para uso específicos (CIAT 1999).

- Ingrediente de grado químicamente puro (para uso de laboratorio)
- Ingrediente de grado técnico.
- Concentrados emulsionables y concentrados en emulsiones invertidas
- Concentrados solubles en agua, de diferente concentración
- Polvos mojables, solubles en agua y para espolvoreo y formulaciones fumigantes
- Formulaciones granulares, formulaciones en pelets y

- Formulaciones encapsuladas

e. Surfactantes e Ingredientes inertes de la formulación básica

El proceso de preparación de las formulaciones de uso comercial de cualquier plaguicida, incluyendo el glifosato, es una tarea compleja y aunque se disponga de procedimiento básico de referencia, siempre existirán causales que obliguen a introducir modificaciones en la selección y calidad de las materias primas, con énfasis especial en los solventes y en las mezclas o surfactantes aniónicos y no iónicos. Para el caso del glifosato se dispone de la siguiente información:

Ingrediente activo: glifosato, N-(Fosfonometil) glicina, en sal isopropilamina, 41,0 %
Inertes (Seboaminas etoxiladas) * 59,0 %.

Algunas de las formulaciones comerciales del glifosato incorporaban un surfactante conocido como POEA, en una proporción cercana al 15 %. Este compuesto, según varias investigaciones toxicológicas, puede ser causa de daños gastrointestinales, ciertas afecciones al sistema nervioso central, algunos problemas respiratorios y ser capaz de destruir los glóbulos rojos en la sangre humana (CIAT 1999).

f. Mecanismos de acción

Es un herbicida post-emergente, sistémico, de amplio espectro con una alta actividad sobre casi todas las malezas (anuales, perennes, mono o dicotiledóneas), siendo solamente resistentes aquellas variedades modificadas genéticamente.

El carácter sistémico del glifosato permite que el producto, luego de ser absorbido por el follaje, se trasloque a través de los tallos y raíces a la planta entera. Este herbicida es particularmente efectivo porque la mayoría de las plantas lo metabolizan muy lentamente o no lo degradan lo que explica su acción no-selectiva. Finalmente, el herbicida se acumula preferentemente en los tejidos metabólicamente activos como son los tejidos meristemáticos. Sin embargo, se han detectado residuos de glifosato en cultivos celulares de soja, en plantas y frutos de árboles forestales. En las plantas

susceptibles, el herbicida no es ni degradado ni metabolizado en un grado significativo (CIAT 1999).

El glifosato se distribuye en los vegetales a través de una translocación simplástica utilizando la vía de la fotosíntesis, particularmente útil para matar órganos subterráneos de plantas perennes que tienden a prosperar en pasturas y sistemas de agricultura conservacionista. El sistema simplasto constituye el protoplasma a lo largo de la planta, incluyendo el citoplasma de cada célula, la plasmadesmata y el floema; consideradas la parte viva de la planta (CIAT 1999).

El glifosato es el único herbicida que actúa inhibiendo la enzima 3-enolpiruvil-siquimato-5- fosfato sintetasa (EPSPS), localizada en el cloroplasto, perteneciente a la ruta del ácido siquímico (siquimato), lo que produce elevadas acumulaciones de ácido siquímico y sus derivados (CIAT 1999).

g. Constante de adsorción

El efecto de adsorción es tan acentuado y tiene lugar en tan corto tiempo que todas las pruebas siguen demostrando que no hay lugar a lixiviación, por lo cual también se puede anticipar que son muy pocas las probabilidades de contaminación de aguas subterráneas, a partir de la contaminación del suelo. El glifosato es adsorbido y rápidamente fijado por el suelo. La materia orgánica, la arcilla, el sedimento y la arena contenidos en el suelo, y el pH del mismo, influyen en el proceso en forma mínima (CIAT 1999).

h. Vida media del producto parental en el suelo

El glifosato no es un plaguicida de acción residual prolongada, pero, por la multiplicidad de factores relacionados con el proceso de degradación, el grado de persistencia en el suelo varía mucho y no es fácil tener una respuesta apropiada a la pregunta de "que tan larga es la persistencia del glifosato en el suelo". La vida media, o sea el tiempo requerido para que la mitad de la cantidad del producto aplicado se metabolice o desaparezca puede variar de 3 a 141 días, de acuerdo con la información de varios autores aunque, por otra parte, también hay autores quienes aseguran que

normalmente el efecto biocida es de muy corta duración en los suelos tropicales por que la molécula es susceptible de degradación rápida y capaz de fraccionarse y dar origen a componentes tales como el CO₂, el agua, cierta fracción nitrogenada y algunos fosfatos, todo esto por la acción principal de los microorganismos (CIAT 1999).

La adsorción del glifosato se correlaciona con la cantidad de sitios ligadores de fosfato disponibles, y parece ocurrir por ligado de la fracción de ácido fosfónico (CIAT 1999).

i. Factores que regulan la acción herbicida

La capacidad herbicida del glifosato depende en grado sumo de los factores del medio ecológico bajo el cual se haga uso de sus propiedades y, aunque la temperatura, la concentración de iones H y las condiciones que favorecen el proceso de adsorción son de gran importancia, aunque no tanto como es la actividad enzimática de los microorganismos del suelo, también hay otros factores, de acción directa o indirecta, de importancia no despreciable, incluidos en la lista que se indica a continuación (Pabón, 2005).

- Variabilidad relacionada con las diferencias en absorción y translocación.
- Es dependiente de la rapidez de la absorción, desde las hojas al floema.
- Es dependiente de la rapidez de translocación desde el basipétalo a las partes subterráneas y desde las raíces a los bulbos en las especies botánicas que los posean.
- Rapidez de acción antes del proceso de inactivación y metabolización de la molécula parental.
- Magnitud de la dosis de aplicación.
- Estado de desarrollo fisiológico de la planta que se desea eliminar.
- Concentración de los iones H de la solución.
- Alta humedad facilita la absorción horas después de la aplicación la traslocación a partes subterráneas es nula o poco significativa.
- La luz día tiene efecto acelerante sobre la acción del herbicida;
- Para un buen efecto se requiere ausencia de lluvia por 6 a 8 horas después de la aplicación

j. Fitotoxicidad

Glifosato es el herbicida de mayor uso en plantaciones de hule. Su característica de elevada sistemia y acción total han hecho que su uso se haya difundido ampliamente para el control de malezas anuales y perennes.

La fitotoxicidad es un efecto detrimental, nocivo o dañino de una sustancia química que se puede expresar en distintos órganos en la planta. Es una característica indeseable no siempre evitada en el desarrollo de un nuevo compuesto químico. La misma se manifiesta a través de síntomas como reducción del crecimiento de la planta, enrollamiento foliar, manchas, clorosis y necrosis internerval, lesiones, caída de flores y frutos y reducción de la producción. Por ende, se deben tomar cuidados en su uso, como, por ejemplo, dosis correcta y no aplicar en horas de alta radiación.

El glifosato es apto para el control de muchas especies de gramíneas anuales y perennes, de numerosas malezas de hoja ancha y muchas especies arbustivas y leñosas, en áreas cultivadas y no cultivadas. En muchos países las aplicaciones con aeronaves tienen fuertes restricciones, o no son permitidas (Pabón, 2005).

En cultivos permanentes, como frutales y cultivos industriales, se aplica en forma dirigida y muy pocas veces con protecciones individuales de las plantas llamadas “polainas”, tubos o simplemente protectores, para evitar en plantas jóvenes, el efecto en el tronco no lignificado, ya que una lenticela sin lignificar, actúa como una hoja verde y unas pocas gotas que toquen, serán suficientes para producir síntomas de fitotoxicidad.

En cuanto a los síntomas que se observan en las plantas afectadas, dado que el mecanismo de acción del glifosato es producir la inhibición de la síntesis de aminoácidos aromáticos, son similares a los producidos por un herbicida hormonal del tipo de los fenoxyderivados.

los síntomas en el tronco al efectuar un corte transversal del tronco, se observa la madera oscurecida, dando como resultado final, la muerte de la planta. Estacas extraídas a partir de plantas madres afectadas por glifosato, reproducirán los síntomas de fitotoxicidad cuando broten.

Los daños que ocurren durante la temporada seca son mayores que los que ocurren durante la temporada de lluvias.

k. Recomendaciones para disminuir la fitotoxicidad

Se recomienda no usar glifosatos durante los primeros dos meses y medio después del trasplante, auxiliarse con acolchados plásticos, limpieza manual y salvo en casos extremos herbicidas a base de paraquat. Antes de aplicarlos se recomienda que no existan fuertes vientos, usar campanas en la boquilla, utilizar en las primeras etapas de desarrollo botes, cubos, cubetas o tubos plásticos de PVC que cubran toda la planta al aplicarlos y una poda ligera de hojas basales, rebrotes y chupones. La aplicación de fertilizantes foliares a base de aminoácidos y azúcares de diferentes tipos, mejora de manera notable la desintoxicación de la planta. Se recomienda antes de su aplicación cubrir la base del tallo de las plantas con encalados o caldos bordelés para disminuir o neutralizar el producto en caso de que llegue a éste (Labrada, 1996).

Para un uso efectivo de los herbicidas paraquat y glifosato se debe evitar asperjar el follaje y la corteza verde de las plantas. La tolerancia a herbicida pre-emergentes depende de la edad, tamaño y madurez de la planta, así como al tipo de suelo. Los herbicidas con un amplio espectro de control de malezas tales como Diuron® y Oxifluorfen®, generalmente dañan las plantas jóvenes, pero pueden ser utilizados efectivamente si las primeras aplicaciones se realizan hasta que las plantas alcanzan cierto tamaño o índice de madurez (Labrada, 1996).

- No aplicar glifosato en plantas jóvenes cuyas lenticelas no hayan lignificado. Eliminar los brotes o chupones que emerjan de los troncos, antes de realizar la aplicación..

- Tener en cuenta que aplicaciones de ultra bajo volumen con una brisa de 5 km/hora pueden provocar deriva y fitotoxicidad
- Todas estas precauciones deberán extremarse si la aplicación se realiza a finales del verano e inicios de verano.

I. Número de registro en Guatemala

Producto fabricado por Monsanto® con registro MAGA 17-46, de fecha 25-04-2002.

3. CONTEXTO

Las malezas compiten con las plantas jóvenes de hule por los recursos limitados como agua y nutrientes, donde la competencia tiene como resultado la reducción del crecimiento de los árboles, disminuyendo el nivel de nitrógeno en las hojas, el potencial de agua, y además afectando la calidad y rendimiento de la producción, además las malezas son hospederas de enfermedades y plagas, que dificultan las actividades en la explotación y cosecha.

Levantamientos ecológicos realizados por Martínez (1993) en plantaciones de hule reporto hasta 150 especies de plantas consideradas malezas, las familias frecuentemente encontradas son: Gramíneas, Compuestas, Leguminosas, Euphorbiaceas, Solanaceas, Cyperaceas y Convolvulaceas. La complejidad de las malezas presentes y la textura y pH del suelo, fijan, bloquean o lixivian los nutrientes.

En el aspecto fitosanitario, Ortiz (2011) ha observado efectos negativos, cuando la maleza alcanza alturas mayores a 0.30 m, debido a que cubren una mayor superficie

de terreno, permitiendo poca penetración de luz, poca aireación y el actuar algunas como hospedero alterno de patógenos como *Phytophthora palmivora* o *Ceratocystis fimbriata* hacen que la incidencia y severidad se incremente, además la maleza alta ocupa un mayor espacio aéreo, por lo que transpira más, generando mayor humedad relativa en una temperatura estable, lo que son condiciones ideales para que diferentes patógenos se desarrollen por lo que el control no es satisfactorio, originando que se repita y se incremente la dosis de aplicación, afectando de forma directa los costos de producción.

Los métodos de control de malezas en las plantaciones de hule han sido diversos, entre estos tenemos: limpia con machete, guadañas, azadón, rastra, chapeadora, rotocultivadores. Los usos de productos químicos desarrollados para el control de malezas han sido utilizados ya sean de acción sistémica o de contacto, de aplicación en pre-emergencia o post-emergencia, reportándose casos de fitotoxicidad. En el control biológico *Pueraria phaseoloides* ha sido la más utilizada durante la etapa de crecimiento. Además, se han realizado pruebas con ovinos, caprinos, gansos, insectos y ácaros, y se han estado estableciendo coberturas vegetales de forrajes y otras leguminosas.

El control químico se ha generalizado en las plantaciones en establecimiento, siendo el glifosato el más utilizado en sus diferentes formulaciones comerciales donde además de la sal isopropanolamina del N- (Fosfometil) glicina, se han agregado otros ingredientes requeridos por las diferentes formulaciones comerciales. Es un herbicida post-emergente, sistémico, de amplio espectro con una alta actividad sobre casi todas las malezas anuales, perennes, mono o dicotiledóneas. El carácter sistémico del glifosato permite que el producto, luego de ser absorbido por el follaje, se trasloque a través de los tallos y raíces a la planta entera.

El ingrediente activo glifosato a una concentración del 35.6% en solución líquida es un herbicida cuyo uso está ampliamente difundido en plantaciones de hule debido a su rango de cobertura de malezas en plantaciones en establecimiento. Si no se tienen

precauciones con su uso se puede provocar daños irreversibles en las plantas. En la práctica se ha encontrado que este herbicida provoca daños irreversibles en tallos de plantas del primero segundo o tercer año de siembra, cuando los mismos no han lignificado o no están protegidos, el glifosato parece debilitarlos, facilitando la penetración del patógeno *Phytophthora* spp.

La unidad de análisis del presente estudio de caso, fue Finca Amazonas, la cual pertenece al municipio de Pajapita, San Marcos, ubicándose sobre las coordenadas 14° 38' 52" latitud norte y 92° 01' 54" longitud oeste. Se encuentra a una elevación de 140 metros sobre el nivel del mar, el clima experimenta temperaturas máximas en verano durante los meses de enero a abril, las cuales oscilan entre los 28 y los 36° centígrados, en los meses de diciembre a febrero, desciende la temperatura al nivel mínimo, entre 20 y 24°, en invierno oscilan entre los 20 y 32° centígrados. La humedad relativa es de 82%, y la precipitación pluvial media anual es de 2,100 mm.

La zona de vida dentro de la que se encuentra la finca Amazonas es: Bosque Húmedo Subtropical cálido (BH-S (c)) (De la Cruz, 1982).

Según Simmons, Tárano y Pinto (1959), los suelos de los terrenos donde se ubica la finca Amazonas, pertenecen a la división fisiográfica de suelos del declive del pacífico, dentro del subgrupo IIB, pertenecientes a la serie Ixtán arcillosos, es arcilla café muy oscura. El contenido de materia orgánica es relativamente bajo, alrededor del tres por ciento. El suelo es muy plástico y pegajoso cuando está húmedo, y duro cuando está seco. Se quiebra en agregados angulares de dos a tres milímetros de espesor. En algunos lugares se encuentran concreciones suaves y negras de dos a tres milímetros de diámetro.

El subsuelo a una profundidad alrededor de 0.30 metros es arcilla café a café oscura. El contenido de materia orgánica es moderadamente bajo, alrededor de 1.5%. Una estructura cúbica este bien desarrollado, siendo los agregados angulares firmes de dos a tres milímetros lo prevalecientes. La profundidad del suelo superficial varía de menos de un metro a aproximadamente un metro y medio.

La finca se encuentra a 2.5 kilómetros de la cabecera municipal, dista a 242.5 kilómetros de la ciudad capital y a 67.5 kilómetros de la cabecera departamental vía El Tumbador.

Por lo que el presente estudio de caso analizó los resultados derivados de la comparación de 5 dosis de glifosato y el tradicional método de control manual, donde se determinó que este ingrediente activo fue el causante de la necrosis en la unión patrón-injerto en plantaciones en establecimiento de clon RRIM 2016.

4. JUSTIFICACIÓN

Las malezas se consideran indeseables por varias razones, principalmente a causa de los bajos ingresos económicos que se obtienen en el área afectada. Las especies de malezas nocivas en las entre-hileras, durante estadios jóvenes del cultivo hule, pueden competir por la humedad del suelo, la luz y los nutrientes, para así afectar el crecimiento y rendimiento de las plantas del cultivo e interferir con las prácticas habituales de la finca, como el riego, la aplicación de plaguicidas y la fertilización. Algunas malezas contienen sustancias inhibidoras que pueden afectar el crecimiento de los árboles de hule y también actúan como hospederas de muchas plagas y enfermedades de este cultivo. Por lo tanto, el control de malezas se considera importante en las plantaciones de hule (Ortiz, 2011).

El aumento del costo de la fuerza de trabajo ha requerido de cambios en las prácticas de control de malezas en las plantaciones de hule. Durante la fase inicial del cultivo se considera una política agrícola apropiada el plantar cultivos de leguminosas para cobertura, ya que suministran nitrógeno, aumentan la materia orgánica y mejoran las propiedades físicas del suelo, así como evitan la erosión. Sin embargo, como el método actual de establecimiento y mantenimiento de leguminosas requiere trabajo intensivo, los costos de la fuerza de trabajo se han elevado considerablemente provocado por las recientes revisiones ascendentes de salarios. La solución ha sido el uso extensivo de herbicidas que eliminen las malezas nocivas que crecen entre surcos (GREMHULE, 2009).

Durante los años 2012-2013 en una plantación de 1 y 2 dos años de establecida se reportó en finca Amazonas problemas de necrosis en la región de la unión patrón/injerto lo que provocó exposición de esta zona de la planta, permitiendo el ataque de patógenos e insectos por lo que se dio el debilitamiento y ruptura de tallos provocando la pérdida de plantas. La sintomatología apreciada en los primeros cuadros necróticos fue muy similar a la enfermedad conocida desde hace años como punta de lanza, esto como consecuencia de quemaduras de sol al no protegerse con mulch o encalar los troncos de los árboles; estas quemaduras provocan agrietamiento en la

zona de la unión patrón-injerto, facilitando infección por *Phytophthora*, La necrosis se ha aparecido ahora en cualquier época del año y se ve asociada con la aplicación de glifosato.

Para determinar la asociatividad que tuvo el glifosato con este problema, se realizó una investigación no documentada donde se evaluó el efecto de diferentes dosis sobre el control de malezas y su efecto fitotóxico al tronco del árbol, las dosis y su efecto se compararon con el tradicional método de control manual. Para la evaluación se utilizó con fines experimentales un diseño completamente al azar con seis tratamientos, el cual se llevó a cabo en una plantación de 3 años de establecida del clon RRIM 2016.

5. OBJETIVOS

5.1 GENERAL

- Fundamentar el efecto de diferentes dosis de glifosato utilizadas en el control de malezas y su efecto fitotóxico en la unión patrón-injerto en plantaciones en establecimiento de hule (*Hevea brasiliensis*), clon RRIM 2016, en finca Amazonas, Pajapita, San Marcos.

5.2 ESPECÍFICOS

- Documentar la incidencia y severidad de la necrosis de la unión patrón injerto en plantas de hule donde se realizó el manejo de malezas con glifosato.
- Evidenciar el porcentaje de control de malezas por efecto de diferentes dosis del herbicida glifosato 35.6 SL y el control manual en plantaciones en establecimiento del cultivo del hule, clon RRIM 2016.
- Determinar económicamente la relación control de malezas/fitotoxicidad en plantas de hule en establecimiento, clon RRIM 2016.

6. METODOLOGÍA

6.1 Descripción del área de estudio

La unidad de análisis del presente estudio de caso, fue Finca Amazonas, la cual pertenece al municipio de Pajapita, San Marcos, ubicándose sobre las coordenadas 14° 38' 52'' latitud norte y 92° 01' 54'' longitud oeste. Se encuentra a una elevación de 140 metros sobre el nivel del mar, el clima experimenta temperaturas 31°C. La humedad relativa es de 82%, y la precipitación pluvial media anual es de 2100 mm.

Según el sistema de clasificación de zonas de vida de Guatemala basado en el sistema Holdridge, finca Amazonas se encuentra localizada en un Bosque Húmedo Subtropical cálido (BH-S (c)) (De la Cruz, 1982).

Según Simmons, Tàrano y Pinto (1959), los suelos de los terrenos donde se ubica la finca Amazonas, pertenecen a la división fisiográfica de suelos del declive del Pacífico, dentro del subgrupo IIB, pertenecientes a la serie Ixtán arcillosos.

6.2 EVIDENCIA DOCUMENTAL Y UTILIZACIÓN DE REGISTROS

Con la finalidad de obtener resultados consistentes los cuales dieron respaldo al presente estudio de caso, se revisaron registros cuantitativos de carácter interno. Esta evidencia documental sirvió para realizar análisis de apreciaciones objetivas y análisis estadístico con lo que se alcanzaron los objetivos propuestos. El acceso a archivos de registro de los resultados obtenidos durante la evaluación para comparar el efecto de las diferentes dosis de glifosato fue importante ya que mediante su análisis se obtuvieron resultados importantes para el manejo de este ingrediente activo en plantaciones en establecimiento de hule.

Por lo que el presente estudio de caso analizó los resultados derivados de la comparación de cinco dosis de glifosato y el tradicional método de control manual, donde se determinó que este ingrediente activo fue el causante de la necrosis en la unión patrón-injerto en plantaciones en establecimiento del clon RRIM 2016.

a. Descripción del trabajo de investigación

El trabajo consistió en la evaluación de 5 dosis de glifosato y el tradicional método de control manual con machete, con la finalidad de determinar si la dosis de herbicida era la causante de la necrosis en la unión patrón-injerto.

Se utilizó un diseño al completo azar con 6 tratamientos y 6 repeticiones, el tamaño de la unidad experimental fue de 1 m de ancho y 14 m de largo (con 14 m² de cobertura del herbicida). Se aplicó sobre la maleza cuando esta se encontraba plenamente macollada con una altura entre 15 a 20 cm, para la aplicación se utilizó una bomba de mochila, con boquilla de abanico plano 8005 a presión de 35 PSI y el volumen aplicado fue de 200 l/ha.

Cada unidad experimental estuvo constituida por 5 árboles sembrados a un distanciamiento de 2.80 m lo que hizo una longitud de 14.0 metros lineales, a cada lado del surco se cubrió 0.5 metros de ancho, cubriendo 15 m² por unidad experimental.

Área total = (área de unidad experimental * número de U. E.) + área de calles

$$\text{Área total} = (15 \text{ m}^2 * 30) + 720 \text{ m}^2 = 1170 \text{ m}^2$$

La densidad de población de malezas se determinó antes de la aplicación de los tratamientos. Se utilizó un cuadro de 0.25 m x 0.25 m, el cual fue lanzado al azar en cada una de las parcelas. Las malezas se cuantificaron por especie y se hicieron las transformaciones necesarias para reportar su densidad en número de individuos por hectárea. La cobertura por especie de maleza se determinó de manera visual al inicio del experimento, en la totalidad de cada unidad experimental y se asignó un valor en porcentaje.

Las lecturas de control de malezas se realizaron a los 15, 30, 45 y 60 días después de la aplicación (DDA) de los tratamientos. Se evaluó visualmente el efecto de los herbicidas en la totalidad de cada unidad experimental. Para evaluar se utilizó la escala porcentual (0 a 100%), en donde 0 significara que la maleza no fue afectada y 100%

que fue completamente eliminada. La toxicidad a la planta de hule se evaluó en las mismas épocas que el control de malezas, utilizando una escala de medición que cuantifico el área dañada en cm².

b. Material vegetal

Para efectos de investigación se utilizó unidades experimentales de hule del clon RRIM 2016, de 2 años de establecida dispuestas en un marco de siembra de 2.80 m entre plantas y 7.00 m entre surcos, con una densidad de 510 plantas/ha.

c. Descripción de los tratamientos

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Dosis aplicada/ha
T1	limpia manual
T2	1.00 litro
T3	1.50 litros
T4	2.00 litros
T5	2.50 litros
T6	3.00 litros

d. Diseño experimental

Para la evaluación se asignaron los tratamientos en bloques de manera que las unidades experimentales fueron distribuidas una en cada bloque, por lo que se utilizó un diseño al completo azar (DCA) con 6 tratamientos y 6 repeticiones para un total de 36 unidades experimentales.

e. Modelo estadístico

El modelo estadístico que se utilizó fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Fue la variable de respuesta a la dosis de glifosato aplicada y su efecto sobre la necrosis de corteza del clon RRIM 2016

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto de la i -ésima dosis de glifosato evaluada

ϵ_{ij} = Error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental

f. Unidad experimental

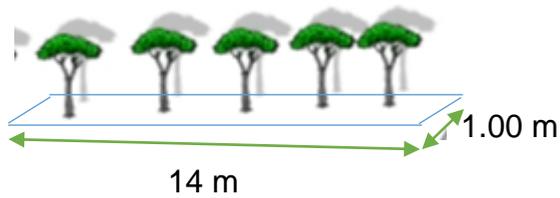


Figura 1. Unidad experimental

g. Croquis de distribución de los Tratamientos

N ↑

T4	T5	T1	T5	T6	T3
T3	T1	T6	T3	T5	T5
T2	T4	T3	T4	T4	T2
T5	T3	T2	T2	T3	T6
T6	T2	T4	T6	T2	T1
T1	T6	T5	T1	T1	T4

Figura 2. Croquis de campo

6.3 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para recolectar la información se solicitó la aprobación de la gerencia de finca Amazonas para poder tener acceso a todos los registros desde el año 2012 hasta el año 2015, así como poder acceder a todos los actores involucrados en el proceso de evaluación de dosis de glifosato y su comparación en el control manual de malezas en plantación de hule en crecimiento.

La validación de los registros de todas las actividades que se realizaron en el manejo del cultivo de hule durante el período 2012-2014, así como la documentación del estudio de caso, es de interés para la gerencia de Finca Amazonas como para el estudiante.

Para la recolección de datos se procedió de la manera siguiente:

- a) Se revisaron los archivos y registros del manejo del cultivo de hule durante los años 2012-2015, donde se obtuvo información sobre los porcentajes de incidencia y severidad de la necrosis del tallo, registros de precipitación, registro de producciones, manejo y uso de prácticas culturales, presupuestos y rendimientos por lotes.
- b) Teniendo la información, esta se validó realizando tres entrevistas individuales, con preguntas estructuradas al propietario, al administrador y al asesor agrícola de finca Amazonas.
- c) Se analizó la información recabada y se redactó el informe respectivo, formulando tablas, gráficos, figuras, analizando los hallazgos relevantes de la documentación. Finalizado el trabajo de campo y el análisis de la información, se procedió a desarrollar el taller de devolución de resultados a los actores con la finalidad de validar la información analizada en este estudio de caso.

6.4 ENTREVISTA A DIVERSOS INFORMANTES

Se realizaron los contactos respectivos y mediante entrevistas con guías semi-estructuradas se obtuvieron elementos de primera mano que arrojaron información referente a historia, principios, participación, regulación, procedimientos, organización, coordinación, injerencia, reglas de acceso, metodologías que se desarrollaron en torno al manejo del experimento. Luego se analizó la información recabada en dichas entrevistas y se cotejaron las mismas entre sí para encontrar congruencias y aquella información que respondió a los objetivos planteados para el presente estudio de caso.

6.6 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	MES																										
	Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero						
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
Elaboracion del estudio de caso		■	■	■																							
presentacion del estudio de caso			■	■	■	■																					
Exposicion del estudio de caso							■																				
Acercamiento a la unidad de estudio								■	■																		
Solicitud para obtener informacion								■	■																		
Entrevista con administrador									■																		
Revision de libretas de campo									■	■	■																
Entrevista con personal de campo											■	■	■	■													
Entrevista con propietario													■	■													
Revision de registros contables													■	■	■												
Analsiis y discusion de resultados																■	■	■									
Elaboracion del informe final																		■	■								

6.7 VARIABLES DE ESTUDIO

- Porcentaje de incidencia y severidad de necrosis de corteza
- Porcentaje de control de malezas
- Relación dosis de herbicida/fitotoxicidad en plantas
- Determinación económica de la relación control de malezas/fitotoxicidad en plantas

6.8 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

- Con los datos que se obtuvieron por medio de las entrevistas, se realizó la clasificación en orden cronológico de los eventos y actividades que conformaron la intervención para la determinación del agente causal y el cambio de metodología en el control de malezas.
- Se analizó también el papel que tomó cada uno de los actores involucrados y la apreciación que tienen del daño ocasionado y el rendimiento obtenido durante el proceso de intervención.
- Se recopilaron y tabularon los registros cuantitativos de las variables de estudio, con ellos se procedió a realizar un análisis estadístico y económico, debido a que las parcelas de comparación de las dosis de glifosato y el control manual, en el campo se establecieron en un área homogénea, siguiendo una distribución al completo azar con réplicas de seis veces cada una de las dosis y tomando como unidad experimental 25 árboles, fue posible partir de un análisis simple al completo azar y se realizaron comparaciones de medias a través del test de Tukey a una significancia del 5%. Para realizar el análisis se utilizó el paquete de diseños experimentales de la Universidad Autónoma de Nuevo León ver. 2.1.1

6.8.3 Porcentajes de incidencia y severidad

Para cuantificar los porcentajes de severidad e incidencia de la necrosis del cuello de la raíz, se tomaron los registros de las hojas electrónicas de la computadora de Finca Amazonas de los años 2012-2015, donde se registraron los datos del muestreo de

campo y los cálculos que se realizaron con la cantidad de partes contables (tallos afectados, arboles quebrados, árboles muertos) por necrosis. La determinación de los porcentajes se realizó de la manera siguiente:

a) Porcentaje de incidencia

Se realizó la determinación del porcentaje de incidencia, con el registro de plantas con necrosis en cada una de las unidades experimentales, para el cálculo se utilizó la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{\text{Número de tallos enfermos}}{\text{Total de tallos muestreados}} \times 100$$

b) Porcentaje de severidad

El porcentaje de severidad se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Severidad} = \frac{\text{Área del cilindro del tallo dañada}}{\text{Área total del cilindro del tallo}} \times 100$$

El área del tallo del cilindro se determinó desde el cuello de la raíz hasta 0.5 metros que es lo que afectó la necrosis

6.8.2. Inversión realizada para el manejo de la necrosis

Para cumplir con este objetivo fue necesario revisar los registros contables, en los cuales se obtuvieron los rubros de planillas (Jornales por concepto de manejo de la necrosis), compra de material, equipo e insumos para manejo de la enfermedad.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 INTERVENCIÓN

El efecto provocado por la interferencia de las malezas con el cultivo de hule se ve reflejado en el desarrollo de la plantación, microclimas que esta forma, hospederos de plagas y principalmente enfermedades y la cantidad de hule seco que esta puede dejar de producir por año. Igualmente se relaciona con el costo adicional requerido para efectuar los programas de control de las malezas y de controles fitosanitarios para mitigar el efecto de los patógenos sobre la fisiología de las plantas.

En lo que se refiere al cultivo de hule, las malezas resultan perjudiciales en diferentes aspectos: competencia por agua y nutrientes, especialmente en los cinco o seis meses que dura la época seca y durante la época de lluvias, sirven de hospederos alternos de enfermedades que afectan raíces, tallo, ramas y hojas. Las malezas también interfieren en la ejecución de labores de fertilización, aplicaciones de agroquímicos, resiembras, deshijes, podas y cosecha. Las malezas todo el tiempo son problema al cual debe prestarse especial atención para su control.

Inicialmente Finca Amazonas, se dedicaba a la ganadería, por lo que sus suelos estaban sembrados por pastos como: pasto estrella (*Cynodon plectostachius*), pasto Tanzania (*Panicum maximun* cv Tanzania), Mombaza (*Panicum maximum*), Braquiaria (*Brachiaria decumbens*), pero debido a la crisis en la región fronteriza, la ganadería dejo de ser una empresa rentable, por lo que a partir del año 2007, inicia el cambio en los sistemas de producción, pasando de manera sistemática de la producción pecuaria a la producción agrícola, estableciendo las primeras 28.2 hectáreas con cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) Clon RRIM 600 e IAN 873.

La planificación tuvo como objetivo principal convertir todos los potreros en plantación de hule y buscar clones modernos y de alta producción sembrándolos en áreas adecuadas para que tuvieran un buen desarrollo. La distribución de la siembra se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Distribución en el tiempo de la siembra de hule en finca Amazonas.

Año	Clon	Distanciamiento de siembra	Densidad (árboles/ha)	Área (ha)
2007	RRIM 600	3.30 m X 6.60 m	460	28.20
2008	RRIM 600	3.30 m X 6.60 m	460	22.50
2009	PB 260	2.80 m X 7.00 m	510	22.50
2010	PB 260	2.80 m X 7.00 m	510	22.50
2011	PB 260	2.80 m X 7.00 m	510	22.50
2012	RRIM 2016	3.30 m X 6.60 m	460	22.50
2013	RRIM 2016	3.30 m X 6.60 m	460	22.50
2014	PB 280	2.80 m X 7.00 m	510	22.50

Las siembras realizadas durante los años 2007 al 2010 se hicieron, bajo el sistema de asocio con maíz como siembra de primera temporada y ajonjolí como siembra de segunda temporada, como parte de la renta de la tierra quien sembraba maíz o ajonjolí mantenía limpio el surco de hule, eliminando las malezas de forma manual. La primera limpia del potrero antes de la siembra de maíz se hacía de forma manual y las posteriores con herbicidas, como se describe en el cuadro 3.

Cuadro 3. Herbicidas utilizados por arrendantes para control de malezas en maíz.

Ingrediente activo	Dosis	Etapas de aplicación
Atrazina	1.6 kg/ha	Preemergente
Paraquat	2.0 l/ha	Postemergente
2,4-D Amina	1.2 l/ha	Post-emergencia

Cuadro 4. Herbicidas utilizados por arrendantes para control de malezas en ajonjolí.

Ingrediente activo	Dosis	Etapas de aplicación
Glufosinato de amonio	1.6 l/ha	Post-emergente
Paraquat	2.0 l/ha	Postemergente

En el año 2010 se decide no continuar siembras con asocio, debido a que el arrendante realiza podas indebidas a la planta de hule, elevando las ramas lo que estimula un crecimiento de la planta y no gana grosor.

A partir del año 2011 las siembras de hule como monocultivo llevaron a la búsqueda de métodos eficientes para el control de malezas. El control manual requería de mucho personal y de alto costo, por lo que la calle que se forma entre surco y surco se decidió realizarla de forma mecanizada utilizando una chapeadora de 1.8 m de ancho y 30 hp requeridos en PTO. El control de malezas sobre el surco, se inició realizando solo plateo en un radio de 1.00 m al pie de la planta, teniéndose desarrollo agresivo de malezas en el espacio donde no cubría el plateo.

Debido al costo del control manual, a partir del año 2012 se implementó el control químico, utilizando varios ingredientes activos, los productos utilizados se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Herbicidas utilizados en la etapa inicial de control químico de malezas en cultivo de hule en finca Amazonas.

Ingrediente activo	Dosis por litro de agua utilizado
Paraquat	6.00 cc
Diquat + paraquat	7.00 cc
Paraquat + Diuròn	7.50 cc
Fluasifop p-butil	5.00 cc
Glifosato	5.00 cc
2,4-D amina	5.00 cc

El control químico de malezas se implementó después de la preparación del terreno (chapia y quema de rastrojo), se dejó por 15 días germinar las semillas de las malezas, posteriormente se aplicó de forma combinada productos específicos para control de malezas de hoja ancha y gramíneas se utilizó glifosato 5.00 cc/litro de agua y 2,4-D amina 5.00 cc/litro de agua lo que permitió la siembra sobre un campo limpio.

Después de 4 meses de crecimiento se tuvo que el espacio entre surcos fue invadido por las malezas, por lo que el control de estas se tornó más que necesario, máxime que en este momento es la aplicación de fertilizantes. Durante los primeros tres años el control de malezas juega un papel importante para el buen desarrollo de la plantación, el evitar la competencia depende en un alto porcentaje si se llega al diámetro mínimo para iniciar la pica a los 5 o 6 años. A nivel de campo se observó que las plantaciones donde se tiene muchas gramíneas el inicio de pica se ha atrasado entre 2 o 3 años.

Durante los primeros 3 años se hacían de 3 a 4 controles por año, combinados entre plateos y brechas de surcos, cuando la plantación llega a los 4 años de edad los arboles han alcanzado una altura entre 3.5 a 4.0 m las ramas se alcanzan a rosar y dificultando la penetración de rayos solares, por lo que muchas malezas mueren, sobreviviendo principalmente las enredaderas, por lo que el control se vuelve selectivo.

Durante el año 2012 se sembraron las primeras 22.5 ha del clon PB 2016, el control químico de malezas se realizó aplicando el producto Glifosato 35.6 SL (los ingredientes básicos son la sal isopropilamina (IPA) del glifosato + un surfactante + agua). Su costo era en el 2012 de Q. 62.50 por litro. Una ventaja observada en este herbicida fue su rango de días control, por lo que se continuo con su uso.

La plantación de hule clon RRIM 2016, luego de 6 meses presento en la unión patrón injerto necrosis de corteza, sintomatología muy parecida a la enfermedad conocida como punta de lanza (*Phytophthora* spp.), la cual se presenta en época seca (enero-abril), cuando no se protege con un reflectante solar o mulch esta región del tallo de la planta, la característica de esta necrosis fue que se aparecía en cualquier época del

año, y aunque se hicieron los tratamientos recomendados para mal de lanza, la corteza continuaba necrosando, causando daños irreversibles como muerte de plantas, exposición de madera la cual fue consumida por insectos xilófagos, regeneración deficiente de corteza, plantas de poco desarrollo, rotura de plantas por efecto del viento, por lo que se realizó una evaluación para conocer si el agente causal de la necrosis era el herbicida. Los resultados en su momento no fueron documentados y por ser de importancia para regular el uso del producto en plantaciones en crecimiento se analizaron los resultados estadísticamente sometiéndose a análisis de varianza y su interpretación estadística para darle carácter científico.

7.2 RESULTADOS DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO

7.2.1 Porcentaje de incidencia y severidad de necrosis de corteza

a. Porcentaje de incidencia de necrosis de corteza

Las mediciones se realizaron 180 días después de la aplicación, durante este tiempo solo se plateo de forma manual el pie de planta en un radio de 1.00m. Se identificó cada uno de los árboles dañados, posteriormente se realizó el recuento de plantas afectadas y se procedió a determinar el porcentaje de incidencia, los resultados se sometieron a análisis de varianza, los resultados se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Análisis de varianza para control de malezas en plantación en crecimiento de hule clon RRIM 2016.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	0.134626	0.026925	9.9210	0.000*
Error	30	0.081419	0.002714		
Total	35	0.216045			

C.V. = 8.00

%

El análisis de varianza mostró que existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos debido a la incidencia de necrosis de corteza en la unión patrón injerto, por lo que se procedió a realizar prueba múltiple de medias para determinar que dosis de glifosato era la causante del problema, los resultados se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Prueba múltiple de medias para dosis de glifosato causante de necrosis de corteza.

Tratamiento	Media	
Glifosato 3.00 l/ha	0.7747	A
Glifosato 2.50 l/ha	0.6853	B
Glifosato 1.50 l/ha	0.6124	C
Glifosato 2.00 l/ha	0.6124	C
Glifosato 1.00 l/ha	0.6124	C
Limpia manual	0.6124	C

Nivel de significancia = 0.05

De acuerdo a los resultados de la prueba múltiple de medias en el cuadro 8, se encontró que el tratamiento 6 el cual consistió en la aplicación de 3 l/ha y el tratamiento 5, aplicación de 2.5 l/ha, estadísticamente son diferentes a los otros 4 tratamientos, en estos tratamientos se tuvo árboles con necrosis de corteza en la unión patrón-injerto. La incidencia para el tratamiento 6 fue del 23.33 % y para el tratamiento 5 la incidencia fue del 10%, lo que demuestra que en la medida que se incrementa la dosis (concentración de producto activo) de glifosato, el daño se presenta más frecuentemente.

La utilización de los tratamientos aplicados para el control de malezas con respecto a la toxicidad de las plantas de hule denotó diferencia estadística significativas entre ellos, siendo el tratamiento 3.0 l/ha el que produce la mayor toxicidad en las plantas, esta dosis fue la que se aplicó en finca Amazonas en el clon RRIM 2016.

b. Severidad de necrosis de corteza

Después de 180 días de aplicado el glifosato y luego de llevar el control del apareamiento de la necrosis, se procedió a determinar el área dañada en cm², así como el área total en cm² de la unión patrón injerto en cada uno de los árboles que presentaron daño, los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza, los resultados se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Análisis de varianza para la severidad de necrosis en plantas de hule clon RRIM 2016.

F V	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	0.151733	0.030347	7.7904	0.000*
Error	30	0.116861	0.003895		
Total	35	0.268595			
					C.V. =

8.26 %

El análisis de varianza para la severidad de necrosis mostro que existió diferencia estadística significativa, por lo que se realizó prueba múltiple de medias, los resultados se presentan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Comparación de medias para severidad de necrosis en plantas de hule clon RRIM 2016.

Tratamiento	Media
Glifosato 3.00 l/ha	0.8704 A
Glifosato 2.50 l/ha	0.8183 A
Limpia manual	0.7221 B
Glifosato 2.00 l/ha	0.7071 B
Glifosato 1.5 l/ha	0.7071 B
Glifosato 1.0 l/ha	0.7071 B

Nivel de significancia = 0.05

La comparación de medias de los tratamientos separa las aplicaciones de glifosato en dos grupos, de acuerdo a la necrosis de corteza causada, se tuvo que entre las dosis de 2.50 l/ha y 3.00 l/ha, que fueron las dosis que causaron la necrosis, entre ellas no existe diferencia estadística significativa, por lo que el área de incidencia que esta tiene sobre la corteza del tronco es similar para ambas dosis, por lo que una vez causada la necrosis esta daña el área de unión patrón injerto y seguramente otros patógenos se asocian causando un daño mayor.

Los tratamientos donde se realizó la limpia manual, glifosato 1.00, 1.50 y 2.00 litros por hectárea estadísticamente presentan resultados similares, en estos tratamientos no se reportaron casos de necrosis, por lo que la dosis utilizada es una de las causas para que se presente este problema en la unión patrón injerto, en las plantas de hule.

7.2.2 Manejo de malezas

Al inicio del ensayo se procedió a identificar y cuantificar las malezas existentes en el área de estudio, para esto fue necesario tomar personas con amplio conocimiento sobre el material vegetal existente en la finca y poder identificar características sobresalientes, así como por su nombre común. posteriormente con el auxilio de guías fotográficas se les identifico por su nombre científico. En el cuadro 10 se presenta el número total de especies presentes en el área de evaluación,

Cuadro 10. Malezas identificadas en el área de estudio

Nombre científico	Nombre común	Familia botánica
<i>Cyperus odorata</i> L.	Coyolillo	Cyperaceae
<i>Mimosa invisa</i> L.	Dormilona	Fabaceae
<i>Panicum ghiesbreghtii</i> Fourn	Camalote	Poaceae
<i>Melanthera nivea</i> (L.) Small	Botón blanco	Asteraceae
<i>Panicum pilosum</i> L.	Zacate pelillo	Poaceae
<i>Paspalum plicatulum</i> L.	Grama	Poaceae
<i>Baltimora recta</i> L.	Flor amarilla	Asteraceae
<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth	Quinamul,	Convolvulaceae

De acuerdo al levantamiento realizado se identificaron ocho especies diferentes de malezas, las cuales son endémicas en la finca, por lo que se determinó el área que estas ocupaban y fueron ordenadas por orden de importancia, dada por el número de la especie por metro cuadrado. Los resultados se presentan en el cuadro 11.

Cuadro 11. Orden de importancia de las malezas identificadas.

Orden de importancia	Nombre Científico	Nombre Común	Densidad de malezas	
			Plantas/m ²	%
M1	<i>Baltimora recta</i> L.	Flor amarilla	1472.50	83.17
M2	<i>Melanthera nivea</i> (L.) Small	Botón blanco	128.10	7.24
M3	<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth	Quinamul	60.90	3.44
M4	<i>Mimosa invisa</i> L.	Dormilona	51.70	2.92
M5	<i>Cyperus odorata</i> L.	Coyolillo	28.90	1.63
M6	<i>Paspalum plicatulum</i> L.	Grama	21.20	1.20
M7	<i>Panicum pilosum</i> L.	Zacate pelillo	6.60	0.37
M8	<i>Panicum ghiesbreghtii</i> Fourn.	Camalote	0.60	0.03
TOTAL			1770.5	100

En el cuadro 11 se tiene que la maleza denominada flor amarilla (*Baltimora recta* L), ocupa un área de 1472 m² lo que corresponde a un 83.17% del área total, siendo esta la especie de mayor importancia. Dentro de las malezas encontradas en distribución de especies se tiene que el 50% son gramíneas y el otro 50% de hoja ancha.

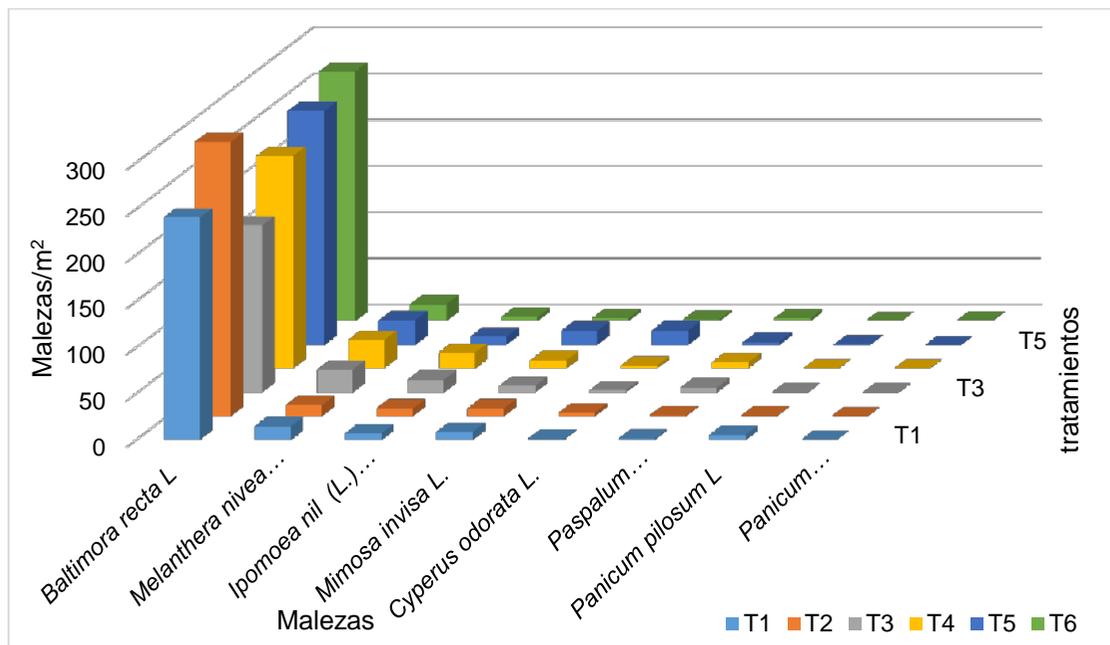


Figura 3. Especies y número de maleza/m² identificadas al inicio del ensayo.

La figura 4, representa gráficamente el número de malezas identificadas al inicio del ensayo. De acuerdo al comportamiento de las barras se tuvo que la maleza con mayor abundancia fue *Baltimora recta* L., con un rango entre 180 a 300 plantas/m² posteriormente le siguen *Melanthera nivea* (L.) Small, y *Mimosa invisa* L., y *Ipomoea nil* (L.) Roth, concentrando entre ellas un rango de 4 a 35 plantas/m² y luego *Cyperus odorata* L., *Paspalum plicatulum* L, *Panicum pilosum* L. y, con una baja presencia y finalmente *Panicum ghiesbreghtii* Fourn, que es la especie con el menor número de individuos por m² y que únicamente se presentó en una unidad experimental.

Para determinar el comportamiento de las malezas después de la aplicación de los tratamientos se realizó un análisis de dominancia Siendo esta una evaluación cuantitativa, se basó en el número de malezas presentes por metro cuadrado (total y por especie), los resultados se presentan en el cuadro 12.

Cuadro 12. Número de malezas/m², días después de realizado el control.

	Numero de malezas/m ² , días después de aplicación						
	0	15	30	45	60	75	90
<i>Baltimora recta</i> L	1472.50	0.00	1.25	43.71	103.71	211.65	274.60
<i>Melanthera nivea</i> (L.) Small	128.10	0.00	0.00	17.85	37.85	69.70	81.30
<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth	60.90	0.00	0.30	13.78	23.78	44.60	55.80
<i>Mimosa invisa</i> L.	51.70	0.00	0.00	11.89	17.89	29.48	37.70
<i>Cyperus odorata</i> L.	28.90	0.00	4.20	6.75	13.75	23.25	29.90
<i>Paspalum plicatulum</i> L	21.20	0.00	1.20	6.25	11.25	22.10	27.70
<i>Panicum pilosum</i> L	6.60	0.00	0.00	3.44	6.44	16.37	22.20
<i>Panicum ghiesbreghtii</i> Fourn	0.60	0.00	0.00	1.98	3.98	10.90	15.30

En el cuadro 13 se puede apreciar que el nivel de participación de las malezas ha variado, debido a que existen diferencias en el número de malezas/ m². *Baltimora recta* L (flor amarilla), fue la maleza con mayor participación, pero disminuyo de 1472.5 plantas a 274 plantas/m² lo que significa que existió una reducción de un 81 %, *Melanthera nivea* (L.) Small (botón blanco), disminuyo de 128.1 a 81.3 plantas/m², lo

que significa una reducción del 36.53 %, *Ipomoea nil* (L.) Roth (Quinamul), tuvo una reducción del 8.37% y *Mimosa invisa* L. (Dormilona) sufrió una disminución de 27.07 %. Este grupo de malezas se agrupan como de hoja ancha.

En el caso de las gramíneas todas tuvieron un incremento en el número de malezas por metro cuadrado, *Cyperus odorata* L (Coyolillo) incremento de 28.9 a 29.9 plantas/m², lo que corresponde a un incremento del 3.46%. *Paspalum plicatulum* L (Gramma), el incremento en el número de plantas/m² fue de 21.2 a 27.7 plantas correspondiendo a un aumento del 23.46 %. *Panicum pilosum* L (zacate pelillo) aumento de 6.6 a 22.2 plantas/m², correspondiendo a un aumento del 70.28 % y por ultimo *Panicum ghiesbreghtii* Fourn (camalote) aumento de 0.6 plantas a 15.3 plantas/m², correspondiendo a un aumento de 96.07 %. Este comportamiento puede verse en la figura 4^a y 4b.

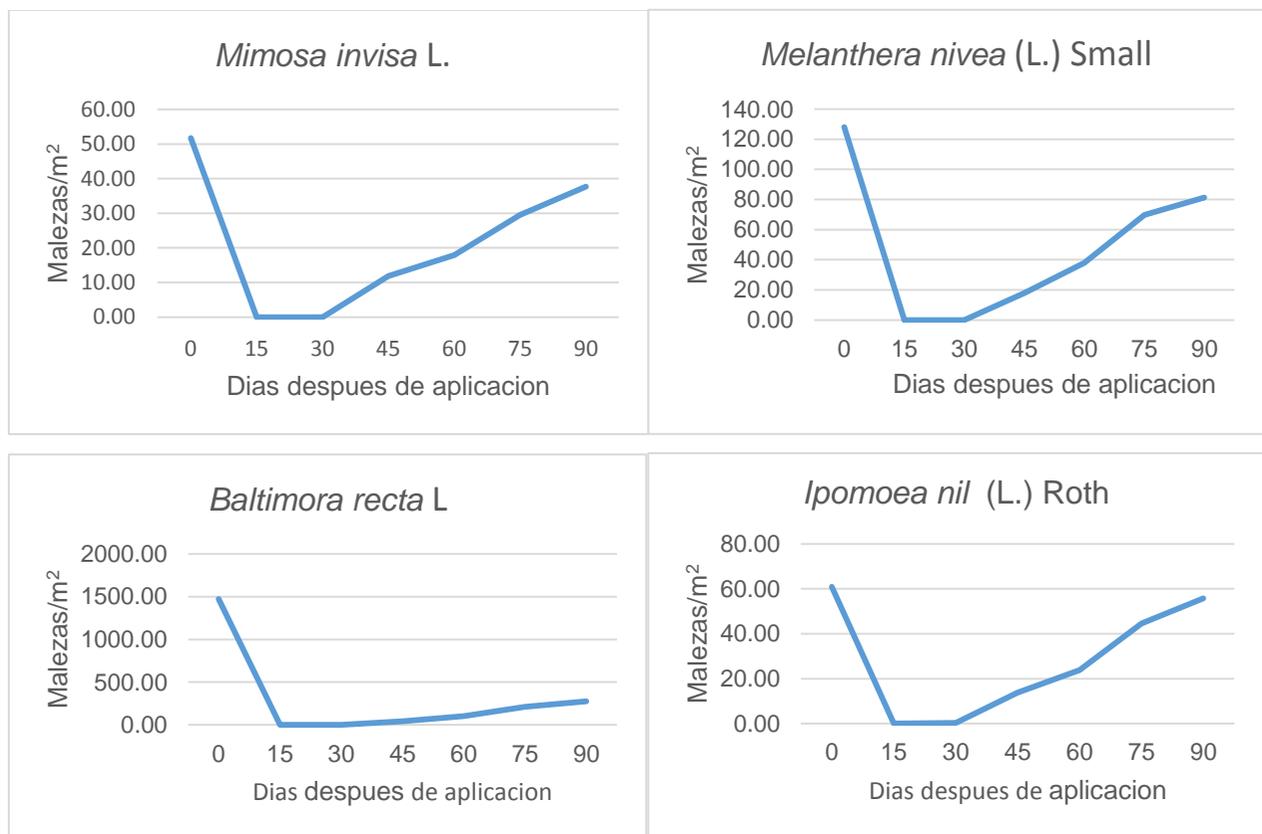


Figura 4a. Comportamiento de cada una de las malezas/m², durante 90 días.

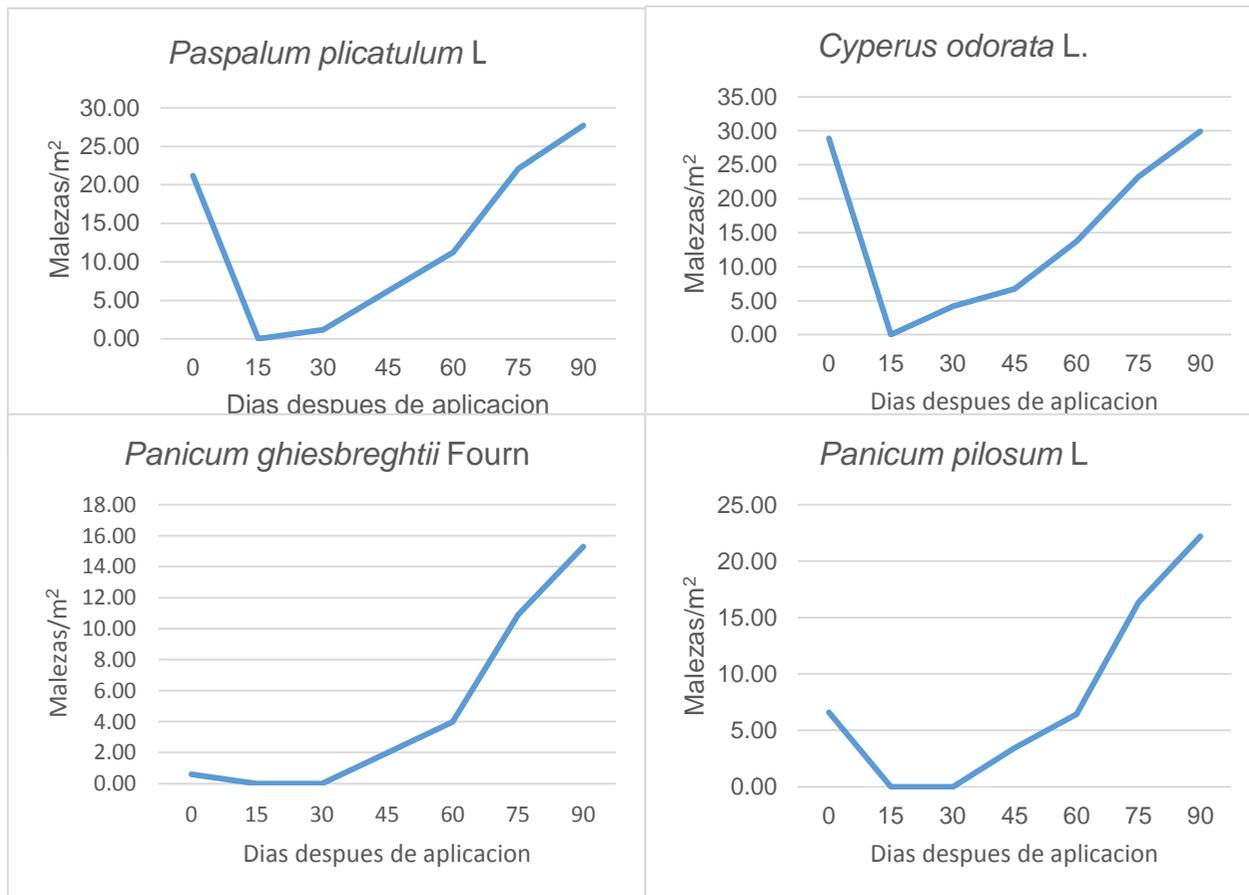


Figura 4b. Comportamiento de cada una de las malezas/m², durante 90 días.

a. Porcentaje de control

Para esta variable se estimó el porcentaje de cobertura de malezas presentes en los tratamientos, utilizando el método cualitativo de la “evaluación visual”, debido a que este método ha sido utilizado en gran escala.

Se realizaron evaluaciones visuales en las parcelas experimentales a los 0 (antes de realizar la aplicación), 15, 30, 45, 60 y 90 días después de aplicación, en un área de 14 m², para cada una de las fechas de muestreo se realizó el análisis de varianza respectivo, para conocer si existía diferencia estadística entre fechas, los resultados se presentan en el cuadro 13

Cuadro 13. Porcentaje de control de malezas durante 90 días, Medias seguidas de letras distintas difieren significativamente (P<0.05).

Tratamiento	Porcentaje de control días después de aplicación de tratamiento						
	0	15	30	45	60	75	90
Limpia manual	0.00 ^a	100.00 ^a	69.83 ^d	41.17 ^f	12.33 ^f	1.00 ^f	1.00 ^c
Glifosato 1.00 l/ha	0.00 ^a	100.00 ^a	82.17 ^c	59.67 ^e	29.83 ^e	11.67 ^e	1.50 ^c
Glifosato 1.50 l/ha	0.00 ^a	100.00 ^a	91.17 ^b	68.67 ^d	49.83 ^d	24.00 ^d	1.67 ^c
Glifosato 2.00 l/ha	0.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	82.33 ^c	60.50 ^c	35.00 ^c	9.67 ^b
Glifosato 2.50 l/ha	0.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	86.00 ^b	70.00 ^b	45.50 ^b	9.77 ^b
Glifosato 3.00 l/ha	0.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	90.17 ^a	75.17 ^a	55.50 ^a	11.67 ^a
C. V.			1.85%	3.11%	3.52%	5.83%	18.64%

De acuerdo con la metodología preestablecida para determinar las especies de malezas presentes se tuvo la presencia de ciperáceas, gramíneas y hojas anchas. Haciendo una comparación de densidad de plantas y dominancia, se tuvo que las hojas anchas fueron las más abundantes. En general, las malezas ocuparon el 80% del área total del lote el otro 20% lo ocupó las plantas de hule, lo cual reafirma el hecho de que son un problema que requiere de un control radical; máxime cuando el cultivo está en su etapa inicial, que es cuando requiere buena disponibilidad de nutrientes y espacio suficiente para poder iniciar su desarrollo de forma exitosa.

En los seis tratamientos de control de malezas (ciperáceas, gramíneas y hojas anchas), el porcentaje de control de la cobertura fue mayor a medida que el tiempo aumentó,

pero se observó un control más alto entre los 15 y 30 días después de la aplicación (DDA); para todos los tratamientos.

El control ejercido por la limpia manual y las dosis de glifosato sobre el área de cobertura de la totalidad de las malezas mostró un comportamiento creciente, caracterizado por un mayor porcentaje de control en los primeros 15 días, a los 30 días después de aplicación el control manual fue quien presentó el menor porcentaje de control; a los 45 días después de aplicación se observó un porcentaje de control superior al 90% con la dosis de 3.00 l/ha, las dosis de 2.50 y 2.00 l/ha tuvieron un control arriba del 80%, la limpia manual fue quien tenía en este momento el menor porcentaje de control. En la evaluación hubo control efectivo del área de cobertura de las malezas en general a partir del día 60 después de aplicación; a excepción de la limpia manual. El % de actividad de repoblación de la maleza fue progresivo, en la figura 6 se realiza el análisis estadístico

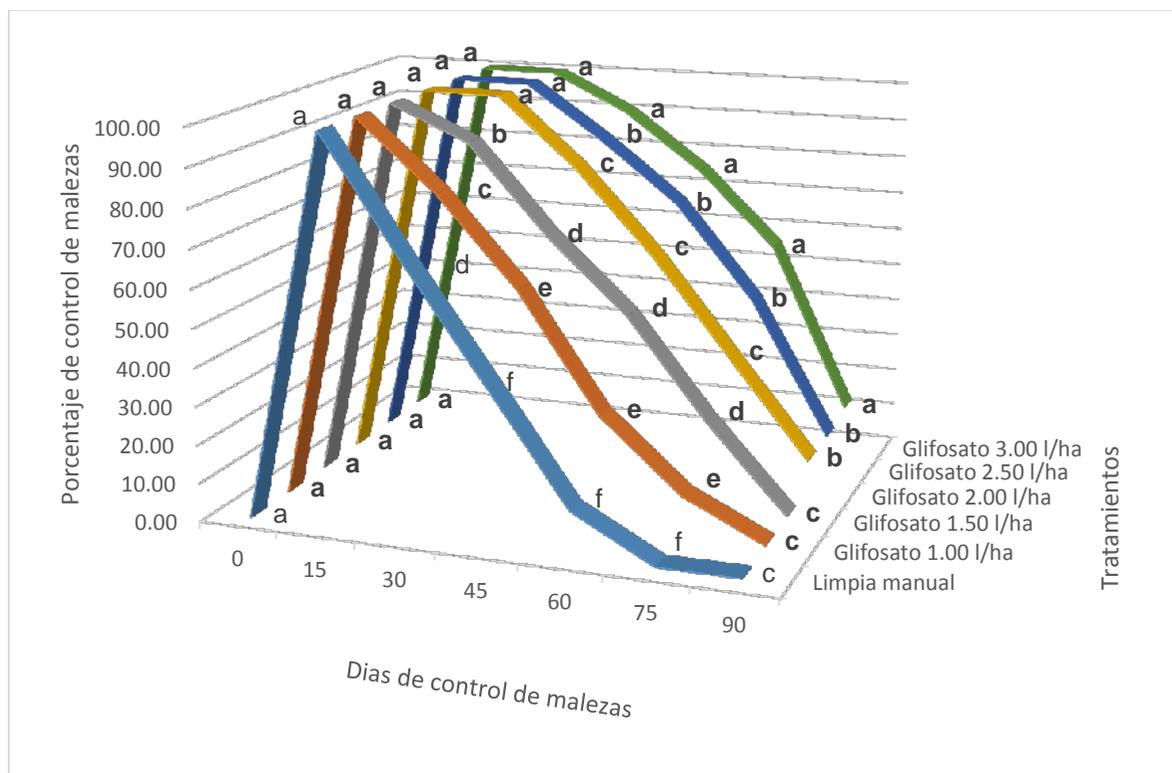


Figura 5. Curva del porcentaje de control de malezas. Medias seguidas de letras distintas difieren significativamente ($P < 0.05$).

Al graficar los porcentajes de control de malezas para cada uno de los tratamientos evaluados se tuvo que el día "0" se tomó como un 0% de control, no teniéndose diferencia estadística significativa entre tratamientos, la lectura 15 días después de la aplicación el control fue del 100% no se evidenció diferencia estadística significativa entre tratamientos.

A los 30, 45, 60 y 75 días después de aplicación el análisis estadístico mostró diferencia estadística significativa, siendo la dosis de 3.00 l/ha la que mejor porcentaje de control tuvo, la limpia manual tuvo el menor porcentaje de control, pero a pesar de esto el control en general para las dosis de glifosato se mantuvo

A los 90 días después de aplicación se tuvo repoblación de malezas en las diferentes unidades experimentales. Para los tratamientos limpia manual, glifosato 1.00 l/ha y glifosato 1.50 l/ha, el porcentaje de control estadísticamente es igual teniéndose cubierta la unidad experimental casi en su totalidad por malezas.

Los tratamientos 2.00 y 2.50 l/ha, a los 90 días mostraron un 9.00% de control de malezas y la dosis 3.00 l/ha mostró 11.67% de control, siendo esta dosis la que mejor días control mostro durante la evaluación.

Las malezas de hoja ancha fueron las que presentaron el mayor control, seguidas de las gramíneas y, luego, de las ciperáceas. El mayor control encontrado en las hojas anchas se debe a que éstas son las plantas con mayor densidad y dominancia, y que por características influyen en la actividad del herbicida. Estadísticamente la dosis 3.00 l/ha fue la que mejor porcentaje de control tuvo, pero fue la dosis que mayor pudrición de corteza causó, siendo fitotóxica con daños irreversibles para las plantaciones de hule en crecimiento, siendo efectiva si al momento de aplicación no se tiene un cultivo que sea susceptible a este herbicida.

b. Efecto del Glifosato en el establecimiento en la plantación de hule clon RRIM 2016.

Al realizar el análisis estadístico de los datos, se tuvo que la necrosis de corteza no es un problema fitosanitario que causa el herbicida, si no que la dosis que se utilice en el control y la técnica de aplicación del mismo es la que agudiza el daño, esto se evidencia ya que las dosis 1.00 l/ha, 1.50 l/ha y 2.00 l/ha, tuvieron control sobre las malezas sin causar ningún daño a la planta.

Al comparar porcentajes de control de malezas se tuvo que la dosis 2.00 l/ha tuvo un porcentaje de control de malezas de 9.67%, sin causar necrosis, mientras que la dosis 2.50 l/ha, con un porcentaje de control de malezas del 9.77%, causo necrosis en 51 plantas, afectando al 10% de plantas establecidas, la diferencia en el porcentaje de control de malezas fue de 0.10%, esto sustenta que el problema lo agudiza la dosis no el herbicida.

La dosis de glifosato con mayor pérdida de plantas registrada fue la aplicación de 3.00 l/ha, causando la pérdida de 119 plantas, lo que corresponde a un 23.33% de plantas establecidas, esto al realizar el análisis económico representó el mayor costo de inversión

7.2.3 Análisis económico de la relación control de malezas/fitotoxicidad

El análisis económico se realizó durante los 4 primeros años de establecido el cultivo debido a que hasta este año la muerte ocurrida en la mayoría de árboles de debía a la necrosis de corteza, se estimó para el costo por árbol hasta el cuarto año la inversión de Q 50.00, esto en base a la información que se recabo en los archivos de registro, los valores por año se presentan en el cuadro 14.

Cuadro 14. Costo de mantenimiento de 1 hectárea de hule durante los primeros 4 años clon 2016.

	Año			
	1	2	3	4
Costos Directos	Q12,040.00	Q2,566.53	Q2,877.68	Q2,077.50
Costos Indirectos	Q 842.80	Q 151.65	Q 150.22	Q 145.42

Costos totales	Q12,882.80	Q2,718.18	Q3,027.90	Q2,222.92
----------------	------------	-----------	-----------	-----------

Los costos de mantenimiento durante los primeros 4 años, muestran que es en el periodo inicial donde se tuvo la mayor inversión debido al costo de cada planta, ya que por ser un clon de reciente ingreso su valor en el mercado oscila entre Q.22.00 y Q.25.00, por lo que el valor medio por planta para la finca es de Q. 50.00.

Cuadro 15. Costo anual de control de malezas por hectárea para los diferentes tratamientos evaluados.

Actividad	Limpia manual	Dosis glifosato 36 SL				
		1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
2 3 X 0.1697 ha	Q1380.00					
65 X 1.00 litro		Q.65.00				
65 X 1.50 litros			Q.97.50			
65 X 2.00 litros				Q.130.00		
65 X 2.50 litros					Q.162.50	
65	X			3.00		litros
Q.195.00						
Costo Mano de obra		Q.600.00	Q.600.00	Q.600.00	Q.600.00	Q.600.00
Q.600.00						
Costo equipo		Q 5.15	Q 5.15	Q. 5.15	Q. 5.15	Q 5.15
5.15						
Adherente		Q 41.50	Q 41.50	Q. 41.50	Q. 41.50	Q 41.50
41.50						
Total	Q.1380.00	Q. 711.65	Q.744.15	Q.776.65	Q.809.15	Q.841.65

Al comparar el costo anual de control de malezas, entre el control químico y el control manual, se tuvo que el control manual fue 93.91% más caro que el tratamiento de 1.0 l/ha. Al comparar la limpia manual con el tratamiento de 3.00 l/ha de glifosato, se tuvo que el tratamiento manual fue 63.96% más caro.

Para el control de malezas con el tratamiento más efectivo de glifosato (3.00 l/ha), se tuvo el mayor número de plantas con necrosis de corteza por lo que la relación costo de inversión contra costo por plantas muertas se presenta en el cuadro 16.

Cuadro 16. Análisis económico del control de malezas/fitotoxicidad en plantas de hule clon RRIM 2016.

Tratamiento	Costo de mantenimiento	Plantas/ha inicial	Plantas muertas	Plantas/ha final	Costo/planta	costo/plantas muertas
Limpia manual	Q 22,231.80	510	0	510	Q 43.59	Q 0.00
Glifosato 2.50 l/ha	Q 21,660.95	510	51	459	Q 47.19	Q 2,165.97
Glifosato 3.00 l/ha	Q 21,693.45	510	119	391	Q 55.48	Q 5,061.80

Al analizar la densidad de siembra inicial con la densidad de plantas en el cuarto año se tiene que para el tratamiento con glifosato 3.00 l/ha tiene una pérdida del 23.33% de plantas, mientras que el tratamiento donde se aplicó 2.50 l/ha de glifosato se tuvo una pérdida del 10% de plantas, mientras la limpia manual no tiene pérdidas, aunque es el tratamiento que tiene el mayor costo de mantenimiento. Económicamente el mantenimiento aplicando herbicida mostró ser más barato, al final de los 4 años se tuvo que las 119 plantas muertas permitieran tener solo 391 plantas/ha, esto incrementa los costos por resiembra o si se deja con esta densidad al momento de la cosecha el rendimiento se verá afectado.

Cuadro 17. Costos totales por tratamiento

Tratamiento	Costo de mantenimiento	Plantas/ha	Costo/planta	Costo/planta muertas	Costos Totales
Limpia manual	Q 22,231.80	510	Q 43.59	Q 0.00	Q 22,231.80
Glifosato 1.00 l/ha	Q 21,563.45	510	Q 42.28	Q 0.00	Q 21,563.45
Glifosato 1.50 l/ha	Q 21,595.95	510	Q 42.35	Q 0.00	Q 21,595.95
Glifosato 2.00 l/ha	Q 21,628.45	510	Q 42.41	Q 0.00	Q 21,628.45
Glifosato 2.50 l/ha	Q 21,660.95	459	Q 47.19	Q 2,165.97	Q 23,826.92
Glifosato 3.00 l/ha	Q 21,693.45	391	Q 55.48	Q 5,061.07	Q 26,754.52

De acuerdo al cuadro 17, donde se presentan los costos de producción total, incluyendo el costo por plantas perdidas debido a la necrosis de corteza, se tuvo que el

tratamiento donde de empleo 1.00 l/ha fue el que menos inversión requirió, siendo su costo menor al tratamiento testigo, (limpia manual). En la figura 6, se muestra gráficamente el costo de cada tratamiento.

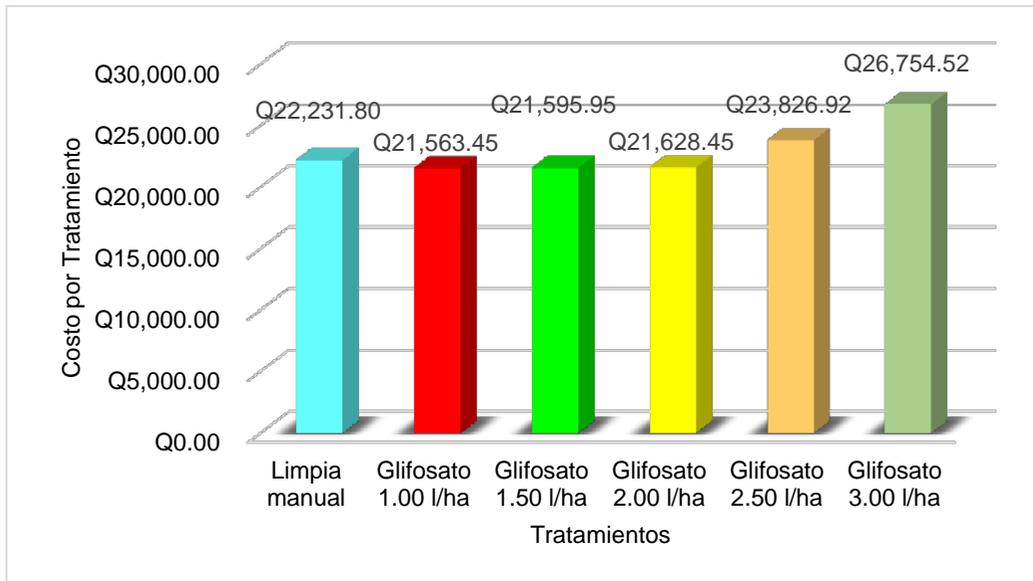


Figura 6. Costos totales por tratamiento

Al analizar gráficamente el costo de cada uno de los tratamientos, se tuvo que el tratamiento donde se utilizó 3.00 l/ha fue el que tuvo el mayor costo siendo este de Q 26,754.52. mientras que el que menos inversión requirió durante los primeros cuatro años fue el tratamiento donde se utilizó 1.00 l/ha, siendo la inversión de Q 21,563.45, por lo que se tuvo una diferencia de Q 5,191.07 por hectárea. Al comparar los tratamientos donde se utilizó 1.50 l/ha y 1.00 l/ha, la diferencia en el costo fue de Q 32.50, al realizar la comparación entre el tratamiento 1.00 l/ha con el tratamiento donde se utilizó 2.00 l/ha, se tuvo que la diferencia fue de Q 65.00.

Si se analiza la diferencia entre los tres menores costos y el porcentaje de control de malezas químico sin causar necrosis de corteza, a los 90 días, la dosis 2.00 l/ha tuvo un 9.67% de control, siendo este tratamiento, agrónomicamente la mejor opción sin causar daño a las plantas

8. CONCLUSIONES

Al realizar el análisis estadístico a los resultados obtenidos de la evaluación de cinco dosis de glifosato 35.6 SL y control manual de malezas en plantación en etapa de establecimiento de hule de 2 años del clon RRIM 2016 para determinar fitotoxicidad por dosis aplicada, se determinó que el problema de necrosis de corteza, no lo ocasiona el herbicida, sino que lo agudiza las dosis mayores a 2.50 l/ha.

Se tuvo evidencia que la dosis 3.00 l/ha presentó un 23.33 % de incidencia de necrosis de corteza y para la dosis 2.50 l/ha la incidencia fue del 10%. En las plantas donde se tuvo necrosis de corteza la media de severidad reportada fue de 18.22 cm² para la dosis 2.50 l/ha y 26.34 cm² para la dosis 3.00 l/ha.

De acuerdo a los reportes obtenidos se encontró que la maleza con mayor abundancia al momento de realizar la evaluación fue flor amarilla (*Baltimora recta* L.), con una densidad entre 180 a 300 plantas/m², cubriendo el 83.17% del área total. Luego se tuvo a: *Melanthera nivea* (L.) Small (botón blanco), *Mimosa invisa* L. (dormilona) e *Ipomoea nil* (L.) Roth (quinamul), encontrándoseles a una densidad entre 4 a 35 plantas/m². Las malezas de hoja angosta *Cyperus odorata* L. (coyolillo), *Paspalum plicatulum* L. (grama), *Panicum pilosum* L. (zacate pelillo), acumulan una densidad de 3.10 plantas/m² y, finalmente con una baja presencia *Panicum ghiesbreghtii* Fourn (camalote), fue la especie con el menor número de individuos, 0.03 plantas/ m² y que únicamente se presentó en una unidad experimental.

El porcentaje de control de malezas vario, debido a que existieron diferencias en el número de malezas/m². *Baltimora recta* L (flor amarilla), fue la maleza con mayor participación, pero disminuyo de 1472.5 plantas a 274 plantas/m² lo que significa que existió una reducción de un 81 %, *Melanthera nivea* (L.) Small (botón blanco), disminuyo de 128.1 a 81.3 plantas/m², lo que significa una reducción del 36.53 %, *Ipomoea nil* (L.) Roth (quinamul), tuvo una reducción del 8.37% y *Mimosa invisa* L. (dormilona) sufrió una disminución de 27.07 %. Este grupo de malezas se agrupó como de hoja ancha.

En el caso de las gramíneas todas tuvieron un incremento en el número de malezas/m², *Cyperus odorata* L (coyolillo) incrementó de 28.9 a 29.9 plantas/m², lo que corresponde a un aumento del 3.46%. *Paspalum plicatulum* L (Gramma), el incremento en el número de plantas/m² fue de 21.2 a 27.7 plantas correspondiendo a un aumento del 23.46 %. *Panicum pilosum* L (zacate pelillo) aumento de 6.6 a 22.2 plantas/m², correspondiendo a un aumento del 70.28 % y por ultimo *Panicum ghiesbreghtii* Fourn (camalote) aumento de 0.6 plantas a 15.3 plantas/m², correspondiendo a un aumento de 96.07 %.

Estadísticamente la dosis 3.00 l/ha fue la que mejor porcentaje de control tuvo, pero fue la dosis que mayor necrosis de corteza causó, siendo fitotóxica con daños irreversibles para las plantaciones de hule en etapa de establecimiento, siendo efectiva si al momento de aplicación no se tiene un cultivo que sean susceptible a este herbicida.

Los costos totales de producción, a los cuatro años del establecimiento de la plantación, mostraron que las dosis 1.00 l/ha, 1.50 l/ha y 2.00 l/ha, presentaron costos menores a la limpia manual, a la vez tuvieron los mayores porcentajes de control de malezas. Al comparar los costos entre control químico sin agudizar el problema de necrosis, se tuvo que la dosis 1.00 l/ha fue la más económica, pero su porcentaje de control fue de 1.50% a los 90 días, al comparar este tratamiento con la dosis 2.00 l/ha, se tuvo un costo mayor de Q 65.00 que la dosis 1.00 l/ha, pero con un 9.67% de control de malezas, por lo que agrónomicamente es la mejor opción de control.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda no realizar aplicaciones de glifosato 35.6 SL en plantaciones de hule durante los primeros 4 años del establecimiento, en dosis mayores de 2.50 l/ha ya que estas no ocasionan el problema fitosanitario, sino que lo agudizan en dosis más altas.

Económicamente se recomienda el control de malezas en plantaciones en establecimiento utilizando dosis de 2.00 l/ha de Glifosato 35.6, ya que esta no evidencio el problema de necrosis, teniendo a los 90 días un control del 9.67% de malezas.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, J.C. y Nájera, C.A. (1997). Las enfermedades del cultivo del hule (*Hevea brasiliensis*) en Guatemala. Gremial de Huleros de Guatemala: Galton.
- Calderón, M. (2013). Evaluación de la respuesta de malezas a la aplicación de glifosato en un cultivo de soja (*Glycine max*) en Victoria, Entre Ríos. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina, Argentina.
- Cruz, J. R. De la (1982). Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento basado en el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal, Guatemala.
- Compagnon, P. (1998). El caucho natural-biología-producción, Paris, Francia IRCA, Edición Consejo Mexicano del Hule y CIRAD. p 7 – 362.
- CONICET (2009). Evaluación de la información científica vinculada al glifosato en su incidencia sobre la salud humana y el ambiente. Informe. Comisión nacional de investigación sobre Agroquímicos decreto 21/2009. Consejo científico interdisciplinario creado en el ámbito del Consejo nacional de investigaciones científicas y Técnicas (Conicet).
- D´Auzac, J., Jacob, J., and Chrestin, H. P. (1989). Physiology of rubber tree latex. Florida CRP.
- GREMHULE, (2000). Manual práctico del cultivo del Hule, Gremial de huleros de Guatemala, Guatemala C.A. 119 p.
- Gremial de Huleros de Guatemala (GREMHULE). (2009). Manual práctico 2009 del cultivo del hule. Guatemala. GREMHULE.
- GREMHULE (Gremial de Huleros de Guatemala, GT). (2010). Manual práctico del cultivo de hule. Guatemala. 128 p.
- Kadir A, A. A. (2000). Advances In Rubber Cultivation and Processing, Paper presented at LITS Seminar, August 1998, Kuala Lumpur Lembaga Getah Malaysia

Labrada R. (1996). Estudio FAO, Producción y Protección Vegetal, Manejo de malezas Para Países en Desarrollo, Roma, Italia, 87 p.

Martínez B. R. (1993). Manejo de Malezas en Frutales Tropicales. Memoria Curso "La Maleza y su Manejo en los Cultivos". ASOMECEMA Puerto Vallarta, Jal. México

Monsanto (2008). Manejo de Resistencia de las Malezas. Guía de Uso de las Tecnologías. Monsanto imagine. Páginas 10, 11 y 12, disponible en: <http://www.monsanto.com/global/ar/productos/documents/guiatecnologica-final.pdf>

Ortiz H, E. (2011) Paquete Tecnológico del Hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) Establecimiento y mantenimiento preoperativo. Programa estratégico para el desarrollo rural sustentable de la región sur. Sagarpa, Inifap, México.

Pabón H. 2005, Modo de Acción y Disipación de Algunos Herbicidas, Tecnicaña, Colombia, pp 420-435.

Reyes, L (2015). Sector de caucho guatemalteco apuesta por estrategias para su industrialización. 13ava. Jornadas Latinoamericanas de Tecnología del Caucho, Sociedad Latinoamericana de Tecnología del Caucho, AGEXPORT.

Samarappuli L. (2005). Manejo de malezas en cultivos industriales, Cultivo del Caucho (*Hevea brasiliensis*) Ind. *Journal of Natural Rubber Research*

Simons, C. Tárano, J. y Pinto, J. H. (1959). Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Guatemala, Editor "José de Pineda Ibarra".

Sistema Integrado de Información Taxonómica, ITIS (2017), Jerarquía Taxonómica del *Hevea brasiliensis*. Serie taxonómica 506431. Consultado el 25 de febrero de 2017, Disponible en línea: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=506431#null

Ustimenko, G. (1990). El Cultivo de Plantas Tropicales y Subtropicales. Moscú. MIR.

Velásquez C, R. A. (2014). Respuesta en el crecimiento de plántulas de hule (*Hevea brasiliensis*) a las aplicaciones de vinaza. Diagnóstico y servicios realizados en el departamento de Heveicultura del ingenio Tuluá, san Andrés Villa Seca,

Retalhuleu, Guatemala, C.A. Trabajo de graduación Ingeniero Agrónomo,
Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Villalba, A., (2009). Resistencia a herbicida Glifosato. Ciencia, docencia y tecnología, nº
39, Concepción, Uruguay.

11. ANEXOS

Variable: Incidencia de necrosis de tallo unión patrón injerto clon RRIM 2016

Datos de campo

Tratamientos					
Limpia manual	Glifosato 1.00 l/ha	Glifosato 1.50 l/ha	Glifosato 2.00 l/ha	Glifosato 2.50 l/ha	Glifosato 3.00 l/ha
0	0	0	0	0	20
0	0	0	0	20	0
0	0	0	0	20	40
0	0	0	0	0	40
0	0	0	0	0	20
0	0	0	0	20	20

Datos transformados $\sqrt{X/100+3/8}$

Tratamientos							
Limpia manual	Glifosato 1.00 l/ha	Glifosato 1.50 l/ha	Glifosato 2.00 l/ha	Glifosato 2.50 l/ha	Glifosato 3.00 l/ha		
0.61237	0.61237	0.61237	0.61237	0.61237	0.75829		
0.61237	0.61237	0.61237	0.61237	0.75829	0.61237		
0.61237	0.61237	0.61237	0.61237	0.75829	0.88034		
0.61237	0.61237	0.61237	0.61237	0.61237	0.88034		
0.61237	0.61237	0.61237	0.61237	0.61237	0.75829		
0.61237	0.61237	0.61237	0.61237	0.75829	0.75829		
Yi	3.67423	3.67423	3.67423	3.67423	4.11198	4.64792	23.45684
Ŷi	0.61237	0.61237	0.61237	0.61237	0.68533	0.77465	0.65158

Variable: Severidad de necrosis de tallo unión patrón injerto clon RRIM 2016

Datos de campo

Severidad de necrosis (cm ²)					
Tratamientos					
Limpia manual	Glifosato 1.00	Glifosato 1.50	Glifosato 2.00	Glifosato 2.50	Glifosato 3.00
0	0	0	0	0	31.2
0	0	0	0	40.3	0
0	0	0	0	36.75	25.5
0	0	0	0	0	32.5
0	0	0	0	0	29.75
0	0	0	0	32.25	39.1

Datos transformados $\sqrt{X/100+3/8}$

Severidad de necrosis							
Tratamientos							
	Limpia manual	Glifosato 1.00	Glifosato 1.50	Glifosato 2.00	Glifosato 2.50	Glifosato 3.00	
	0.70711	0.70711	0.70711	0.70711	0.70711	0.90111	
	0.70711	0.70711	0.70711	0.70711	0.95026	0.70711	
	0.70711	0.70711	0.70711	0.70711	0.93140	0.86891	
	0.70711	0.70711	0.70711	0.70711	0.70711	0.90830	
	0.70711	0.70711	0.70711	0.70711	0.70711	0.89303	
	0.70711	0.70711	0.70711	0.70711	0.90692	0.94393	
	0.70711	0.70711	0.70711	0.70711	0.70711	0.70711	
	0.70711	0.70711	0.70711	0.70711	0.70711	0.70711	
Y _i	4.24264	4.24264	4.24264	4.24264	4.66674	5.02837	26.66568
Ŷ _i	0.70711	0.70711	0.70711	0.70711	0.77779	0.83806	0.74071

Distribución del número de malezas por tratamiento

Maleza	TRATAMIENTOS						TOTAL
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
<i>Baltimora recta</i> L	240.80	296.80	180.90	230.40	253.50	270.10	1472.50
<i>Melanthera nivea</i> (L.) Small	15.00	12.10	24.50	31.20	26.80	18.50	128.10
<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth	7.60	8.60	13.80	17.50	8.90	4.50	60.90
<i>Mimosa invisa</i> L.	8.90	8.60	6.90	8.80	15.30	3.20	51.70
<i>Cyperus odorata</i> L.	1.30	4.10	2.50	3.20	15.90	1.90	28.90
<i>Paspalum plicatulum</i> L	1.60	1.00	5.40	6.80	3.20	3.20	21.20
<i>Panicum pilosum</i> L	5.70	0.30	0.00	0.00	0.60	0.00	6.60
<i>Panicum ghiesbreghtii</i> Fourn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.60
TOTAL	280.90	331.50	234.00	297.90	324.20	302.00	1770.50