

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



**Determinación de la funcionalidad de *Gliricidia sepium*
como Rodenticida para control de *Sigmodon hispidus*.**

Trabajo de graduación en modalidad de Trabajo Profesional
presentado por Christian José Del Águila Ramírez para optar al
grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología
Agrícola y Pecuaria.

Guatemala

2019

“DETERMINACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DE
GLIRICIDIA SEPIUM COMO RODENTICIDA PARA EL
CONTROL DE *SIGMODON HISPIDUS*”.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Determinación de la funcionalidad de *Gliricidia sepium* como Rodenticida para control de *Sigmodon hispidus*.

Trabajo de graduación en modalidad de Trabajo Profesional
presentado por Christian José Del Águila Ramírez para optar al
grado académico de Licenciatura en Ingeniería en Tecnología
Agrícola y Pecuaria.

Guatemala

2019

Vo. Bo.:



(f) _____

Ing. Agr. Santos Danilo Carrillo Barrera

Asesor

Tribunal Examinador:



(f) _____

Ing. Agr. Santos Danilo Carrillo Barrera


Asesor



(f) _____

Inga. Agr. Susana Abigail García

Directora de Facultad de Ingeniería en Tecnología Agrícola y Pecuaria



(f) _____

Inga. Agr. Claudia Johanna Martínez

Docente

Fecha de aprobación: Guatemala, 05 de diciembre del 2019

DEDICATORIA

A:

Dios: Por siempre estar en mi camino y darme la sabiduría necesaria para culminar esta etapa tan importante en mi vida.

Mi Madre: Maritza Rión, Por guiarme siempre por el buen camino, por su incondicional cariño y por todo su apoyo desde el día que nací.

Mis hermanos: Kimberly Ramírez, Suany Ramírez y Bryan Ramírez, Por apoyarme y brindarme su cariño incondicional en todo momento.

A mis tíos: Mario Muñoz, Flor Ramírez, Gustavo Ramírez, Fidel Ramírez y Seyla de Ramírez.

AGRADECIMIENTOS

A:

UVG Campus Sur: Por formarme académicamente y por inculcarme valores que me hicieron mejor persona.

Mis abuelos: Clara Rión, por sus sabios consejos, cariño durante mi niñez y adolescencia.

Asesor y revisor: Ing. Santos Carillo e Inga. Johanna Martínez e, por su colaboración y apoyo en la realización de este documento.

Mis amigos: Kevin Sajquij, Elisa Triquez, Samuel Vásquez, Edward Menzel, Jimmy Paredes por su incondicional cariño y apoyo.

Familia: Por estar siempre pendientes de mí.

ÍNDICE

LISTA DE CUADROS.....	iv
LISTA DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	3
III. JUSTIFICACIÓN.....	4
IV. MARCO TEÓRICO	5
A. El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala.....	5
1. La caña de azúcar	6
B. Las plagas más importantes del cultivo de la caña	6
1. Las plagas	7
2. Los roedores	7
C. El control actual de la rata en la Agroindustria Azucarera de Guatemala	7
1. Rodenticidas químicos.....	8
2. Control físico (Trampas)	8
3. Rodenticidas biológicos.....	8
D. Evaluación del rodenticida de base botánica <i>Gliricidia sepium</i>	9
1. Generalidades de <i>Gliricidia Sepium</i> (madre cacao)	9
2. <i>Gliricida sepium</i> y su posible uso como rodenticida botánico.	10
1. Efectos de la coumarina.	10
V. METODOLOGÍA.....	11
A. Ubicación del estudio	11
B. Plan experimental	11
1. Diseño experimental	11
C. Unidad experimental.....	11
D. Elaboración del rodenticida de <i>Gliricidia sepium</i>	12
1. Recolección de hojas de <i>Gliricidia sepium</i>	12
2. Recolección de roedores del género <i>Sigmodon hispidus</i>	12
3. Selección de roedores del genero <i>Sigmodon hispidus</i> adecuados para el ensayo.....	12

4.	Extracción de coumarina	12
5.	Realización del cebo	13
6.	Alimentación de los roedores y características premortem y postmortem.....	14
E.	Variables de respuesta	14
F.	Análisis de información	14
G.	Delimitación del estudio.....	14
V.	RESULTADOS	16
A.	REALIZAR PRUEBAS EN LA ALIMENTACIÓN DE LA RATA UTILIZANDO DIFERENTES CONCENTRACIONES DE HOJAS DE GLIRICIDIA PARA DETERMINAR LA CANTIDAD ÓPTIMA QUE PERMITE EL CONTROL BIOLÓGICO DE LOS MISMOS.	16
B.	ANALIZAR LA EFECTIVIDAD QUE POSEE LA COUMARINA DE LAS HOJAS DE <i>GLIRICIDIA</i> <i>SEPIUM</i> EN COMPARACIÓN CON LOS RODENTICIDAS QUÍMICOS.....	18
C.	COMPROBAR LA CONCENTRACIÓN IDÓNEA DE COUMARINA DE LAS HOJAS DE GIRICIDIA SEPIUM PARA LA CREACIÓN DE UN EFICIENTE RODENTICIDA BOTÁNICO.	19
VI.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	21
A.	ELABORACIÓN DE MEZCLA DE COUMARINA	21
B.	CONCENTRACIONES DE COUMARINA	21
C.	MECANISMO DE ACCIÓN DE LA COUMARINA	22
VII.	CONCLUSIONES	23
VIII.	RECOMENDACIONES	24
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	25
XI.	ANEXOS	26
A.	PREPARACIÓN DE CEBOS.....	26
B.	ALIMENTACIÓN DE LOS ROEDORES.....	29

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Factor de pérdida e índice de daño estimado para las principales plagas en Guatemala.....	6
Cuadro 2: Concentraciones de coumarina por tratamiento.....	13
Cuadro 3: Resultado de los ensayos realizados por repetición a los roedores evaluados.	16
Cuadro 4: Resultado de muertes obtenidos en todos los ensayos por tratamiento y testigo.....	18
Cuadro 5: Síntomas presentados de los roedores luego de la ingesta.....	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mezcla expuesta a luz ultravioleta, dando un color rojo.	2
Figura 2: Molécula de coumarina.....	10
Figura 3: Ubicación del ingenio Pantaleón en Siquinalá, Escuintla.	11
Figura 4: Sistema de distribución de las jaulas de ratas	12
Figura 5: Pesaje de hojas.	26
Figura 6: Selección y pesada de hojas.	26
Figura 7: Mezclas en la agitadora.....	26
Figura 8: Filtrado de la mezcla utilizando una gasa.....	26
Figura 9: Las mezclas con la diferentes concentraciones de coumarina.....	27
Figura 10: Mezcla expuesta a luz ultravioleta, dando un color azul.....	27
Figura 11: Muestras elaborados en reposó para eliminar posibles restos de etanol.	27
Figura 12: Pesaje del cebo.....	28
Figura 13: Muestras terminadas de elaborar junto a muestras con varios días de elaboración.	28
Figura 14: Cebos preparados.....	28
Figura 15: Área y distribución de los roedores a examinar.	29
Figura 16: Bebedero y comedero colocados a los roedores.....	29
Figura 17: Por abstinencia los roedores mordían los comederos.	29
Figura 18: Rata muerta por los efectos de la coumarina.....	30

RESUMEN

En la actualidad los rodenticidas químicos utilizados en las diferentes producciones agrícolas han demostrado un alto grado de residualidad afectando por completo las cadenas tróficas de los ambientes en que se llevan a cabo las producciones, los roedores cuentan hábitos muy característicos como lo son su alimentación, una fácil reproducción y una alta adaptabilidad a los entornos en los que se encuentran. Los roedores causan gran daño a los cultivos debido a que se alimentan básicamente de los tallos y raíces de las plantas lo cual genera problemas tanto en el desarrollo fenológico y productivo. Se realizó esta investigación para elaborar un cebo capaz de igualar los resultados de los rodenticidas químicos, utilizando las hojas del árbol *Gliricidia Sepium* (madre cacao).

El objetivo de esta investigación fue determinar la concentración necesaria de coumarina así como la demostración de la efectividad que esta tiene como un rodenticida, esto con tal de demostrar la existencia de una alternativa botánica a los rodenticidas químicos existentes en el mercado actual. El proceso de extracción de coumarina de las hojas del árbol *Gliricidia Sepium* (madre cacao) es simple por lo cual no representa un gran reto la utilización de dicha toxina que se genera de manera natural.

Se realizaron tres tratamientos con tres repeticiones de cada tratamiento, cada tratamiento constó de un cebo con una concentración de la toxina coumarina, al igual que la concentración la cantidad de hojas utilizadas vario en la preparación de cada cebo, cada uno de los diferentes cebos utilizados en roedores (*Sigmodon hispidus*), roedores que atacan frecuentemente el cultivo de caña de azúcar, para la determinación de concentración idónea, esto con el fin de obtener un rodenticida botánico con un tiempo de acción cercano al del rodenticida químico racumin, esto con el fin de eliminar la residualidad y daños a la cadena trófica causador por el racumin.

En la actualidad las agroindustrias cañeras necesitan demostrar ser productores amigables con el medio ambiente, por ello es indispensable contar con certificaciones como bonsucro, certificación que acredita a las empresas como productoras sostenibles de caña de azúcar.

I. INTRODUCCIÓN

Durante su desarrollo, el cultivo de la caña de azúcar es afectado por un complejo de plagas que ocasionan pérdidas económicas considerables. La rata es una de las más importantes debido a su amplia distribución y rango de hospederos.

Es *Sigmodon hispidus* la especie de roedor predominante en la región cañera de Guatemala que afecta el 93% de ésta área.

En la actualidad el uso de rodenticidas químicos es la principal opción para los agricultores por su gran efectividad y facilidad de adquisición por existir en el mercado con precios accesibles para tratar el control de roedores. Conociendo que la frecuencia de uso de los rodenticidas es cada vez mayor se puede entender por consiguiente que la resistencia en los roedores y la toxicidad liberada en el ambiente, aumenta causando colateralmente un impacto negativo en el entorno donde se aplica.

“Para el cultivo de caña el roedor *Sigmodon hispidus* que habita en grandes áreas de pastizal, riberas de los ríos, áreas desmontadas o baldías y áreas de cultivos como maíz, arroz, sorgo y caña de azúcar. Su sobrevivencia está relacionada con áreas de extensa cobertura vegetal que le proporcionan alimento y refugio para sus actividades vitales”. (Godoy, 2014)

A partir de lo anterior, se plantea la búsqueda de alternativas botánicas que logren el mismo objetivo que un rodenticida químico, siendo una buena alternativa el extracto del follaje de *Gliricidia sepium* por su compuesto tóxico conocido como coumarina, este es un metabolito secundario que puede ser conseguido por medio de técnicas de extracción en condiciones controladas dentro de un laboratorio con metodologías básicas, logrando la extracción de este compuesto. Se realizó un ensayo de laboratorio que consistió en la alimentación de varios roedores (*Sigmodon hispidus*) con cebo preparado de maíz amarillo, harina y hojas de *Gliricidia sepium* (ricas en coumarina); este último con diferentes concentraciones en cada roedor, realizando una comparativa entre el rodenticida botánico contra el químico de una marca comercial, logrando obtener un sustituto factible a los rodenticidas químicos, contribuyendo a la vez a una producción sostenible de bajo impacto en el ambiente.

Para ello se recolectaban a las 7 de la mañana las hojas de *Gliricidia sepium* necesarias para los diferentes cebos, utilizando 36 hojas equivalente a 15 gramos, 47 hojas equivalentes a 20 gramos y 81 hojas equivalente a 35 gramos de cada uno de los tratamientos respectivamente. Para la realización de la extracción se empleó como solvente etanol al 96%. Se alimentó a las ratas continuamente durante 3 días.

Basado con referencia en la literatura se utilizó una prueba colorimétrica básica para la determinación de presencia de coumarina en mezclas, esta consistió en exponer las mezclas de macerado y etanol a luz ultravioleta donde el color azul es positivo y rojo es negativo. Esta prueba fue aplicada a cada una de

las repeticiones del proyecto encontrando en la tercera repetición un color rojo en todas las mezclas a emplear, color que indica que indicaba la falta de presencia de coumarina, este fue un factor importante durante los resultados obtenidos debido a que los roedores no murieron en ningún tratamiento.

Basado en ello y en el tiempo de acción demostrada se pudo concluir que entre los cebos del testigo y los del tratamiento 2 existente una diferencia de 2 horas en promedio, siendo 46 horas el tiempo de acción del testigo mientras que 47 horas para la repetición 1 del tratamiento 2 y 48 horas la repetición 2 del tratamiento 2. Mientras que las repeticiones 1 y 2 de los tratamientos 1 y 3 no presentaron ningún tiempo de acción demostrando ineficiencia, esto se debía a que en el tratamiento 1 la concentración era baja, por lo tanto, no causó un gran impacto en el roedor mientras que en el tratamiento 3 el roedor rechazó el cebo esto debido a que percibió el olor de la hoja de *Gliricidia sepium*.

II. OBJETIVOS

A. GENERAL

Evaluar la efectividad de la coumarina extraída de las hojas de *Gliricidia Sepium* como rodenticida botánico para control de la población de rata *Sigmodon Hispidus*.

B. ESPECÍFICOS

- Realizar pruebas en la alimentación de las ratas *Sigmodon hispidus* utilizando diferentes concentraciones de hojas de *Gliricidia* para determinar la cantidad óptima que permita el control botánico de las mismas.
- Analizar la efectividad que posee la coumarina de las hojas de *Gliricidia Sepium* en comparación con el rodenticida testigo.
- Evaluar la dosis idónea de coumarina de las hojas de *Gliricidia Sepium* para la creación y desarrollo de un eficiente rodenticida de naturaleza botánico.

III. JUSTIFICACIÓN

En México y Centroamérica se tienen identificadas 13 especies de roedores que habitan los agroecosistemas cañeros. Sin embargo, solo las especies *Sigmodon hispidus*, *Sigmodon arizonae* y *Oryzomys couesi* han mostrado una relación directa con daños al cultivo, tanto en estudios de dinámica Poblacional. (Vásquez, 2017)

Fundamentalmente las certificaciones que se buscan en la agroindustria azucarera son más exigentes en cuanto a la utilización de productos químicos o sintéticos. La certificación Bonsucro, es una organización global de múltiples partes interesadas y sin fines de lucro dedicada a la Reducción de los impactos sociales y medioambientales que resultan de la producción de la caña de azúcar, teniendo en cuenta la viabilidad económica. Bonsucro vincula su nombre a un producto o a un proceso que ha sido certificado por un organismo de certificación independiente que corrobora el cumplimiento con el Estándar Bonsucro. Es el primer estándar métrico global para la caña de azúcar, tiene como uno de sus objetivos, cumplir estándares para la producción de la caña de azúcar, basándose en un proceso confiable, transparente, viable económicamente y amigable con el medio ambiente que se enfoca en impulsores claves de sostenibilidad en la producción de caña de azúcar.

Por lo anterior, este estudio pretendió la evaluación y factibilidad de desarrollar una alternativa botánica para el control de roedores del género *Sigmodon hispidus* en el cultivo de caña de azúcar creando un rodenticida a base de *Gliricidia sepium*. Las hojas de este árbol contienen sustancias que podrían ser adversas para la vida de los roedores citados, las cuales se pueden extraer con diversos solventes, tales como el etanol entre otros. El estudio viabilizó la fórmula que resultó eficaz y amigable con el entorno del cultivo.

IV. MARCO TEÓRICO

A. El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala

El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala cuenta con varios años de estar establecida y ser producida.

La caña de azúcar comenzó a cultivarse en Guatemala en 1536, los primeros trapiches de Guatemala se fundaron en el valle central de Guatemala y en el valle de Salamá durante el siglo XVI. (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinoza, 2014)

El cultivo de caña ha estado presente desde el año 1536 en Guatemala, a partir de este punto el cultivo perduro y comenzó a tener auge conforme la tecnología avanzó, hoy en día este cultivo es una de las principales fuentes de empleo. Pero antes de llegar a ser la gran industria de hoy en día el cultivo tuvo que consolidarse con diversas entidades que aportaran al desarrollo de esta.

En 1957 se fundó la Asociación de Azucareros de Guatemala, ASAZGUA y en 1960 Guatemala recibió su primera cuota de Estados Unidos, en ese tiempo la producción total de azúcar de Guatemala fue de 68,000 toneladas métricas. Para la historia moderna de la caña de azúcar se toma como punto de partida el año de 1960, en el mundo la era industrial estaba muy desarrollada y se avizoraban cambios en la dinámica mundial, fue entonces que los ingenios azucareros definieron su estrategia de modernización y crecimiento. La industria se transformó de una industria local a una industria de exportación, convirtiéndose en una de las actividades agroindustriales más importantes del país. Melgar, et al (2014)

Con la conversión de una industria de venta local a una de venta extranjero, el cultivo tuvo un gran crecimiento, así como la consolidación de nuevos organismos que apoyarán a los ingenios azucareros con nuevas tecnologías que aportarán al desarrollo y sostenibilidad del cultivo, esto llevó a la creación de las siguientes entidades: Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala (ATAGUA), Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA), Fundación del Azúcar (FUNDAZUCAR), Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA), EXPOGRANEL e Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC). Cada uno en la actualidad aporta al desarrollo del cultivo de azúcar de manera social, social-laboral, económico-productivo y medioambientalmente.

En la actualidad el cultivo de la caña de azúcar ocupa el 3er. puesto de productos exportados a nivel nacional y el 4to lugar de exportación de azúcar a nivel mundial, produciendo 2.7 millones de toneladas métricas durante la Zafra 2017-2018 y generando 63 mil empleos en el país para el 2018 según datos de ASAZGUA.

1. La caña de azúcar

La caña de azúcar, *Saccharum officinarum* L., es una gramínea originaria de Nueva Guinea; se cultivó por primera vez el Sureste Asiático y la India occidental. Alrededor de 327 A.C. era un cultivo importante en el subcontinente indio. Fue introducido en Egipto alrededor del 647 D.C. y alrededor de un siglo más tarde, a España (755 D.C.).

Desde entonces, el cultivo de la caña de azúcar se extendió a casi todas las regiones tropicales y subtropicales. En los viajes de Cristóbal Colón a América la trasladaron a las islas del Caribe y de ahí pasó a la parte continental americana, particularmente a la zona tropical.

Mediante el proceso de la fotosíntesis, la caña de azúcar produce carbohidratos, celulosa y otros materiales, siendo el más importante el jugo de sacarosa, el cual es extraído y cristalizado en los ingenios para formar azúcar y otras materias primas que producen una amplia gama de derivados, entre los que se encuentra el etanol, mismo que se ha constituido como una fuente de energía alternativa sustentable. (CONADESUCA, 2015)

B. Las plagas más importantes del cultivo de la caña

Se categoriza como plaga a todo insecto que causa un impacto negativo en el desarrollo de las plantas de un cultivo, el impacto negativo puede ser traducido como bajo rendimiento del cultivo dejando una pérdida económica en las producciones. Por ello la importancia de conocer cada una de las plagas que afectan el cultivo de la caña de azúcar.

El programa MIP-CENGICAÑA en colaboración con el Comité de Manejo Integrado de Plagas (CAÑAMIP) ha generado valores de pérdida e índices de daño para las principales plagas, las que se presentan en el Cuadro 1. Estos valores son relativos y variables, según las condiciones locales y valores de manejo para cada ingenio.

Plaga	Factor de pérdida	Índice de daño	Umbral económico
Chinche salivosa	8.21 TCH/1 ad/tallo 5.83 kg Az/t/1adulto/tallo	1465kg Az/ha/1 adulto/tallo	0.05-0.10 ninfas y adultos/tallo
Gallina ciega	0.62 TCH/larva/m2	70.9 kg Az/ha/1 larva/m2	10 larvas/m2
Rata de campo	0.5 TCH/1 % infestación. 2.19 kg Az/t/1% i.i	65 kg Az/ha/1% infestación	6 % de tallos dañados
Barrenador del tallo	0.36 kg Az/t/1% intensidad de infestación	32.4 kg Az/ha/1% intensidad de infestación	7 % de intensidad de infestación
Chinche hedionda	0.053 TCH/insecto/m2	6.09 kg Az/ha/insecto/m2	100 insectos/m2
Termitas subterráneas	0.45 TCH (CP72-1312) 0.22 TCH (CP72-2086)	23.3 -47.7 kg Az/ha/1 % infestación	10 % de tallos dañados en cosecha

Cuadro 1: Factor de pérdida e índice de daño estimado para las principales plagas en Guatemala. CENGICAÑA-CAÑAMIP. Melgar, et al (2014)

1. Las plagas

En su sentido más amplio, una plaga se define como cualquier especie animal que el hombre considera perjudicial a su persona, a su propiedad o al medioambiente. De modo que existen plagas de interés médico (zancudo y otros parásitos y vectores de enfermedades humanas); plagas de interés veterinario (piojos y garrapatas del ganado); plagas caseras (cucarachas y moscas); plagas de productos almacenados (diversos insectos y roedores); y las plagas agrícolas que dañan los cultivos.

Plaga agrícola es una población de animales fitófagos (se alimentan de plantas) que disminuye la producción del cultivo, reduce el valor de la cosecha o incrementa sus costos de producción. Se trata de un criterio esencialmente económico. (H. Cisneros, s.f.)

2. Los roedores

Sigmodon hispidus es la especie predominante de ratas en la región cañera tropical de Guatemala, con un 93% de abundancia, comparada con la ocurrencia de otros géneros como: *Peromyscus*, *Heteromys*, *Liomys* y *Oryzomys*. Su distribución se asocia con grandes áreas de pastizal, riberas de los ríos, áreas baldías y de cultivos como maíz, arroz, sorgo y caña de azúcar. La población de *Sigmodon hispidus* se incrementa debido a la alta capacidad reproductiva, expresada por sus ciclos poliéstricos continuos en la hembra, un útero bicorne y la rápida madurez sexual, de 40 a 60 días de edad. El período de gestación promedio es muy corto y requiere de sólo 27 días para una camada que puede ser de 5 hasta 12 crías. La longevidad es de 3 a 5 años, pero bajo condiciones naturales del cultivo de caña, la expectativa de vida es de alrededor de 6 meses. Melgar, et al (2014)

C. El control actual de la rata en la Agroindustria Azucarera de Guatemala

La cosecha de la caña genera cambios en la población de ratas porque destruye su hábitat y reduce su fuente principal de alimento, lo que obliga a un proceso de dispersión de los sobrevivientes hacia las áreas aledañas a los campos de cultivo. La maquinaria para el alce y transporte de caña son los principales factores de mortalidad y dispersión en las áreas de alta infestación, y es el momento adecuado para iniciar un proceso de sanidad dentro y fuera de los campos de cultivo, con el propósito de reducir las fuentes de refugio y hacer menos favorable el ambiente para la sobrevivencia de la Rata. El control mecánico al momento de la quema es una actividad necesaria para aquellas áreas de los estratos bajo y litoral, en donde el muestreo de precosecha presente un valor superior al 30 por ciento de captura. Según Melgar, et al (2014) es una medida extrema para el control de altas poblaciones en campo al momento de la cosecha, ya que evitará la dispersión y mayores daños a los lotes vecinos.

1. Rodenticidas químicos

Un rodenticida es un biocida, compuesto químico usado para eliminar, controlar, prevenir, repeler o atenuar la presencia o acción de los roedores, considerados como plagas, en cualquier medio, como explotaciones ganaderas, campos, negocios, hogares, alcantarillas. Este proceso se conoce como fumigación.

La mayoría de rodenticidas usados en la actualidad son anticoagulantes orales, que se clasifican en anticoagulantes de primera o segunda generación dependiendo de su efectividad ante los roedores “resistentes a la warfarina”. Esto se debe a que algunos roedores han ido desarrollando una resistencia a los rodenticidas a base de warfarina por lo que hay una necesidad continua por desarrollar nuevos rodenticidas químicos con un potencial tóxico más alto.

Aquellos rodenticidas a base de activos tóxicos contra los roedores resistentes a la warfarina son los que se denominan de segunda generación y son más tóxicos a la hora de eliminar roedores con una única dosis mientras que con los de primera generación pueden requerirse dosis adicionales debido a que son menos dañinos.

Por su efecto letal con una sola dosis, los rodenticidas químicos de segunda generación son los más usados en la actualidad. Son de gran potencia tóxica y dentro de estos podemos encontrar compuestos como la bromadiolona, el difenacoum o el brodifacoum, ingredientes activos de nuestros rodenticidas. Debido a su mencionada toxicidad, se incorpora una sustancia que tiene un sabor amargo para los humanos, por lo que minimiza el riesgo de intoxicación para estos. (ZOTAL LABORATORIOS, 2015)

2. Control físico (Trampas)

Estos controles de roedores son los que emplean técnicas mecánicas para matar roedores (trampas, palos, machetes, etc) o barreras para excluir los animales de ciertos lugares, o excavando sus madrigueras.

El uso de trampas puede ser un procedimiento útil para la captura de roedores que causan daño en un área limitada, pero generalmente es muy costoso y laborioso para ser efectivo en grandes áreas. Además la reinvasión desde áreas vecinas puede reducir la eficiencia de estos esfuerzos. (MIRON, 2005)

3. Rodenticidas biológicos

El control biológico en la fase de macollamiento: Esta fase es la adecuada para aprovechar el control biológico mediante la colocación de estructuras llamadas “perchas”, que facilitan la acción depredadora de lechuzas (*Tito alba*) y gavilanes (*Buteo platypterus*), que aún ocurren en los campos de caña. La

preservación y fomento de las áreas de reserva natural en las fincas y el uso de “cajones” de anidamiento, colocados en árboles frondosos (Figura 29 en anexos), son otras actividades de gran importancia. Melgar, *et al* (2014)

D. Evaluación del rodenticida de base botánica *Gliricidia sepium*

Los anticoagulantes cumarínicos inhiben la coagulación sanguínea al bloquear la síntesis de 4 proteínas esenciales para el proceso de coagulación; factores II (protrombina), VII (proconvertina), IX (componente tromboplastina del plasma) y X (factor de Stuart-Prower). Se requiere vitamina K para la síntesis de estas proteínas específicas en el hígado y las coumarinas antagonizan a la vitamina K por competencia. La disminución de estos factores afecta a la producción de plaquetas, a su vida media o bien puede haber aumento del gasto de las mismas, esta es la causa de los trastornos hemorrágicos. La hemorragia se origina generalmente en pequeños capilares. (MIRON, 2005)

1. Generalidades de *Gliricidia Sepium* (madre cacao)

Nombre científico: *Gliricidia sepium*....

Nombres comunes: madre cacao, madreado, madero negro, Cacao nance.

Orden: *Fabales*

Familia: *Leguminosae*

Subfamilia: *faboideae papilionoideae*

Género: *Gliricidia*

Especie: *Gliricidia sepium*

Es nativa de las zonas bajas de México y América Central, con una estación seca bien definida. Se encuentra en áreas de 500 msnm hasta los 1500 msnm. Ha sido introducida en muchas zonas tropicales y naturalizada en el Norte de América hasta el Sur de Brasil, el Caribe, Hawai, Oeste de África, India, Sri Lanka, sureste de Asia, incluyendo Tailandia, Filipinas, Indonesia y Australia.

Es un árbol de tamaño mediano, de 10 a 15 metros de altura y alcanza 70 a 80 cm diámetro, con copa abierta, rala e irregular. El tronco es de base recta y fuste normalmente torcido, con tallos múltiples originados cerca de la base, que decrecen con la edad debido a la auto poda. Las raíces secundarias interrelacionan simbióticamente con bacterias del género *Rhizobium*, que fijan el Nitrógeno atmosférico. Las hojas son compuestas, imparipinada, alternas y deciduas. Las flores son zigomorfas, papilionadas, de color rosado blanuzco. En la estación seca, el árbol pierde hojas cuando florece. (MIRON, 2005)

2. *Gliricida sepium* y su posible uso como rodenticida botánico.

En estudios químicos realizados sobre follajes de *Gliricidia sepium* se encontró que las hojas de todas las muestras presentaban como compuestos mayoritarios: ZH-1-benzopirano-2-ona (cumarina) y el flavonoide kaempferol-3-O-Ó-L-ramnopiranosil-(1-6)-á-D-galactopiranosido)-7-O-Ó-L ramnopiranosido, más conocido como robinina, en concentraciones que variaban de 0,2 al 0,4% y del 5 al 8%, respectivamente. Estos metabolitos secundarios fueron identificados mediante análisis de sus datos espectroscópicos de UV, IR, 1H-RMN, 13C-RMN y por comparación con modelos estructurales análogos reportados en la literatura. Como justificación científica de apoyo a las variadas propiedades biológicas atribuidas a esta planta; la cual podría ocasionar problemas de salud en los animales alimentados con esta especie, debido a las propiedades tóxicas y alelopáticas que presentan estos compuestos. (MIRON, 2005)

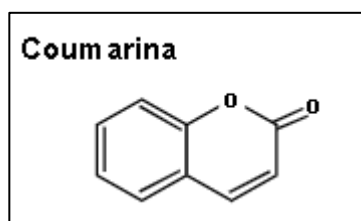


Figura 2: Molécula de coumarina.

1. Efectos de la coumarina.

Las cumarinas e indandionas deprimen la síntesis hepática de los factores esenciales para la coagulación sanguínea dependientes de vitamina K (II (protrombina), VII, IX y X). El efecto antiprotrombina es el más conocido y proporciona la base para detectar y evaluar un envenenamiento clínico. Estos agentes también aumentan la permeabilidad de los capilares a través del cuerpo, predisponiendo al animal a una hemorragia interna masiva.

El envenenamiento por coumarina o indandiona ha resultado en un aumento en el tiempo de protrombina debido a la reducción de la concentración de protrombina en el plasma. Esta es una prueba confiable en la absorción de dosificación de importancia fisiológica. La reducción reveladora de la protrombina ocurre entre las 24-48 horas desde la ingestión y persiste de 1-3 semanas. (MIRON, 2005)

V. METODOLOGÍA

A. Ubicación del estudio

El estudio se realizó dentro del laboratorio de Ingenio Pantaleón ubicado en el municipio de Siquinalá, Escuintla en el Km 86.5 ESC-11 con una elevación de 336 msnm.



Figura 3: Ubicación del ingenio Pantaleón en Siquinalá, Escuintla.

Fuente: Google Maps 2019

B. Plan experimental

1. Diseño experimental

El estudio consistió en la evaluación de *Gliricidia sepium* para el control de la rata *Sigmodon hispidus*. Se evaluaron 3 cebos con diferentes concentraciones de extracto de la hoja de *Gliricidia sepium* el cual se utilizará para la alimentación continua de los roedores durante 3 días, realizando 3 repeticiones en total.

C. Unidad experimental

Cada unidad experimental consistió de 3 ratas por tratamiento. Cada rata estaba aislada por medio de una jaula. Se contó con una jaula por tratamiento. Los tres tratamientos a evaluarse se compararon con un cebo que contiene un rodenticida químico (racumin) de uso común en la industria (Racumin ingrediente activo Coumatetralil), cada repetición se realizó en una semana, siendo un total de 3 semanas utilizadas para la ejecución del proyecto.

La alimentación de las ratas fue de forma diaria durante 3 días. Se les agregó a las ratas un recipiente con agua cada día.

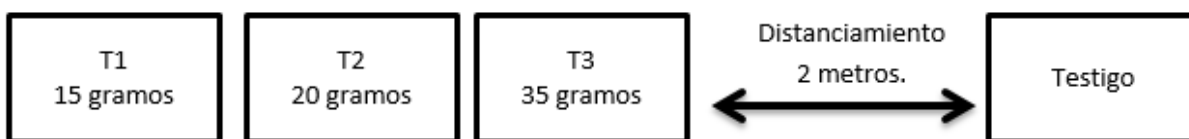


Figura 4: Sistema de distribución de las jaulas de ratas

D. Elaboración del rodenticida de *Gliricidia sepium*

1. Recolección de hojas de *Gliricidia sepium*

Para la recolección de hojas se procedió a localizar un árbol cerca de las instalaciones y recolectarlas a las 6 AM para mantener la frescura de las hojas se recolecto 7 libras de hoja, tomando únicamente las hojas viejas del árbol para luego ser pesadas y procesadas.

2. Recolección de roedores del género *Sigmodon hispidus*

Se colocaron trampas metálicas dentro del cultivo de caña de azúcar dos días antes del inicio del ensayo para que pudieran adaptarse 24 horas antes del inicio del ensayo. Obteniendo los doce roedores se seleccionaron por las características de: peso de 90 a 130 gramos, genero indiferente y sin laceraciones en el cuerpo.

3. Selección de roedores del genero *Sigmodon hispidus* adecuados para el ensayo

Se inspecciono cada uno de los roedores para lograr identificar alguna anomalía con salud, alguna laceración o impedimento, que tuvieran buena actividad y el peso o con algún otro factor que afectar en la efectividad de la coumarina. Las características para poder identificar al roedor de la especie de *Sigmodon hispidus*. La forma del cuerpo es robusta, la coloración va de café grisáceo a café oscuro con café amarillento; la parte inferior es de color grisáceo o café amarillento. Su cola, gruesa, casi desnuda y escamosa, es más corta que la longitud del cuerpo. Sus ojos son grandes y, sus orejas grandes y redondeadas están parcialmente cubiertas por largos pelos ubicados en la parte anterior de ellas.

4. Extracción de coumarina

Para la muestra 1 se utilizaron 15 gramos de hoja verde, para la muestra 2 se usaron 20 gramos de hoja verde, para la muestra 3 se usaron 35 gramos hoja en verde. Se introdujo por separado cada una de las muestras en una licuadora esto debido a que en la maceración normal existe una pérdida de líquidos por tal razón se utilizó la licuadora para evitar perder líquidos, haciendo de este método más

efectivo para mantener la concentración de coumarina la maceración obtenida se introdujo en un Erlenmeyer se le vertió 20 mililitros de etanol con una concentración al 96% se cubrió con aluminio se colocó en una agitadora dejándola por 24 horas. Para obtener el estimado respecto a las concentraciones de coumarina en cada una de las soluciones de a utilizar en los diferentes cebos de los tratamientos se tomó como base la información obtenida de otros estudios que determinan que en una hoja de *Gliricidia sepium* existe una concentración de 0,2% a 0,4% y la cantidad de hojas utilizadas en la preparación de la solución.

$$0,004 * 36 \text{ hojas} = 0.144 * 100 = 14.4\%$$

Ecuación 1: Calculo del porcentaje de coumarian

Se tomó el 0,4% de concentración de coumarina en las hojas debido a que se utilizaron hojas viejas las cuales mantienen una mayor concentración respecto a las hojas más jóvenes este valor se multiplica por la cantidad de hojas utilizadas en cada tratamiento y el resultado final se multiplica por 100 para obtener el porcentaje de coumarina. Se obtuvo que la concentración estimada de cada solución por tratamiento fue para el tratamiento uno utilizando 36 hojas una concentración de 14.4%, para el tratamiento dos utilizando 47 hojas una concentración de 18.8% y para el tratamiento tres utilizando 81 hojas una concentración de 32.4%.

Tratamiento	Peso (gr)	Cantidad de hojas	Concentración de coumarina
T1	15	36	14.4%
T2	20	47	18.8%
T3	35	81	32.4%

Cuadro 2: Concentraciones de coumarina por tratamiento.

Fuente: Del Águila, Ch. (2019)

5. Realización del cebo

Pasado las 24 horas de agitación se extrae la solución de la agitadora la cual se filtra con una gasa, la solución obtenida de este filtrado se extrae 20 mililitros, se procede a pesar 10 gramos de maíz quebrado de color amarillo y 5 gramos de harina de maíz se mezcló con 20 mililitros con una concentración de 14.4% de coumarina, para el tratamiento 2 se pesó 15 gramos de maíz quebrado de color amarillo y 5 gramos de harina se mezcló con 20 mililitros de concentración de 18.8% de coumarina, para el tratamiento 3 se pesó 25 gramos de maíz quebrado de color amarillo y 10 gramos de harina se mezcló con 20 mililitros de concentración de 32.4% de coumarina, dejando reposar por 2 horas para que se volatizara el etanol residual en el cebo. El que se usó como testigo fue proporcionado por Ingenio Pantaleón S.A. debido a políticas que la empresa posee la elaboración del cebo se realizaba en otra área de la empresa, luego se nos era entregado sin proporcionar ningún dato sobre él.

6. Alimentación de los roedores y características premortem y postmortem

Ya obteniendo el cebo de cada uno de las muestras se le alimentaba a las 12 p.m. cada día durante tres días, se les colocó un comedero y un bebedero plásticos, fue igual para todos los tratamientos y el testigo. Así mismo se realizaron observaciones de los síntomas que presentaron los roedores, los cuales presenciaron decaída e hinchazón en la parte abdominal después de 48 de la ingesta del cebo el roedor del tratamiento 2 ensayo 1 y luego se evidenció que no tenía signos de vida, en el ensayo 2 se evidenció que la actividad del tratamiento 2 era muy poca no tenía movimiento y bebía su recipiente de agua muy rápido y luego se evidenció que había fallecido.

E. Variables de respuesta

Las variables de respuestas a evaluar incluyeron:

- Tiempo de acción del cebo (72 Horas)
- Concentración de coumarina en la mezcla aplicada al cebo.
- Síntomas presentados luego de la ingesta de cebo.

La recolección de datos de las variables de respuestas se realizó diario para tiempo de acción del cebo y al iniciar el experimento el nivel de concentración.

F. Análisis de información

Para la recolección de los datos y tabulación de estos se usó un modelo de datos de panel para demostrar de una manera conjunta las observaciones de los roedores en tiempos de 00 hrs, 24 hrs, 48 hrs y 72 hrs, este tiempo es después de la primera ingesta del cebo, para obtener un mejor panorama de los síntomas presentados por cada roedor. Los datos obtenidos fueron tabulados en Microsoft Office Excel, de los resultados obtenidos se realizó una comparación respectiva de los tiempos de acción con el fin de encontrar la concentración más efectiva utilizada en la creación de los 3 cebos.

G. Delimitación del estudio

Para la elaboración de este estudio se contó con el apoyo de la empresa Pantaleón S.A. dicha empresa proporciono los recursos y herramientas necesarias para la ejecución dando un plazo de 3 semanas para la presentación de datos, y se solicitó la evaluación exclusiva de roedores *Sigmodon hispidus* debido a que esta es la especie que representa un mayor impacto de daño a la caña de azúcar, La rata ataca preferentemente la caña madura y los entrenudos basales. Los tallos al caerse pueden ser dañados en toda su longitud. Recientemente se ha observado daños en las yemas, afectando el material de siembra; y, daños en brotes jóvenes en canteros donde ha quedado el rollo de hojarasca o que hayan estado enmalezados.

Los daños causados por la rata se transforman en pérdidas directas de peso y disminución de la calidad de los jugos a causa de la invasión de microorganismos que provocan la fermentación y la pudrición del tallo, aumentando la concentración de azúcares reductores. En caña de azúcar, los daños ocasionados por la rata pueden ser de moderados a severos, pudiendo ocasionar pérdidas totales en casos extremos. de diferentes pesos y género. Respecto a las concentraciones de coumarina en cada uno de los cebos utilizados se debían realizar análisis químicos, estos análisis no se realizan en ningún laboratorio del país y el costo de estos en otro país es muy elevado, por ello para la realización de los cálculos de concentraciones se tomó como referencia la literatura sobre las concentraciones con las que cuenta la hoja de *Gliricidia sepium*.

En estudios químicos realizados sobre follajes de *Gliricidia sepium* se encontró que las hojas de todas las muestras presentaban como compuestos mayoritarios: ZH-1-benzopirano-2-ona (cumarina) y el flavonoide kaempferol-3-O-Ó-L-ramnopiranosil-(1-6)-á-D-galactopiranosido)-7-O-Ó-L ramnopiranosido, más conocido como robinina, en concentraciones que variaban de 0,2 al 0,4% y del 5 al 8%, respectivamente. (MIRON, 2005)

V. RESULTADOS

A. REALIZAR PRUEBAS EN LA ALIMENTACIÓN DE LA RATA UTILIZANDO DIFERENTES CONCENTRACIONES DE HOJAS DE GLIRICIDIA PARA DETERMINAR LA CANTIDAD ÓPTIMA QUE PERMITE EL CONTROL BIOLÓGICO DE LOS MISMOS.

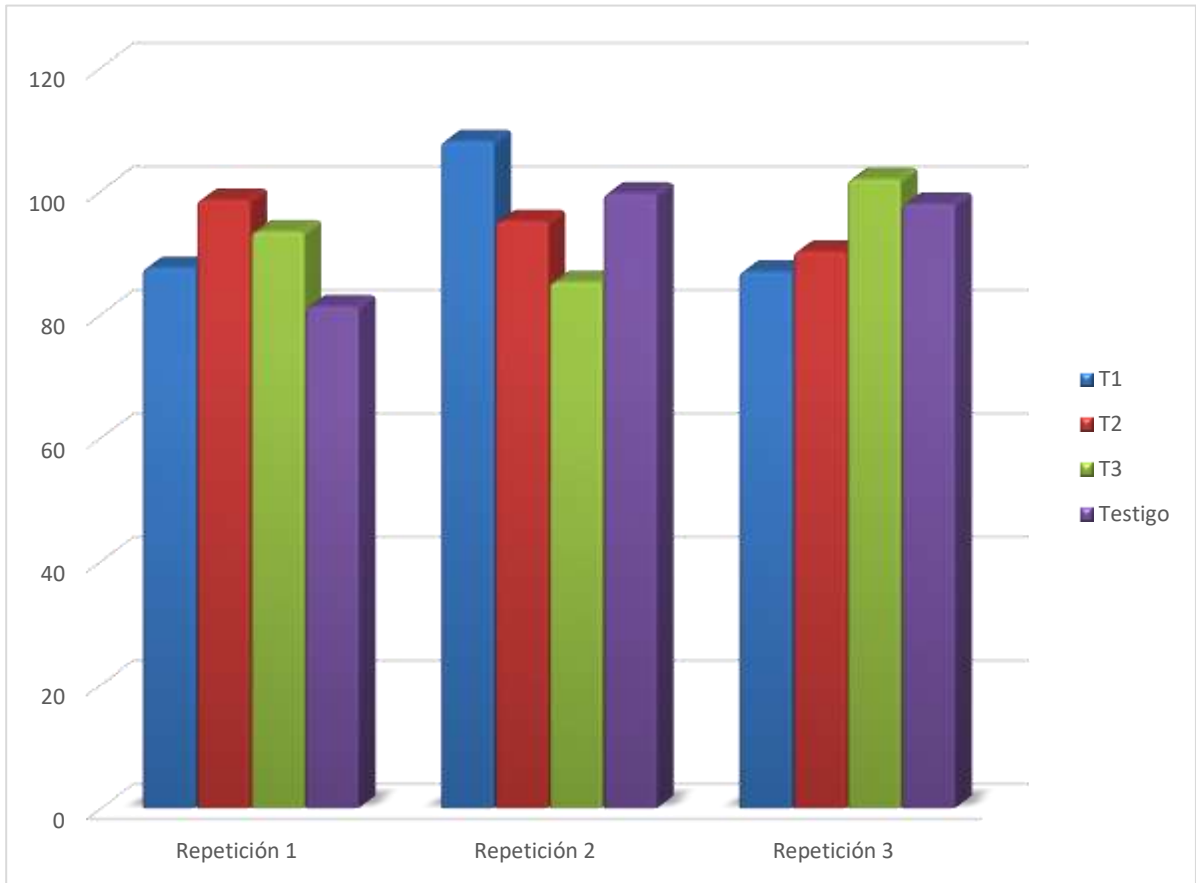
De las tres repeticiones realizados se utilizaron concentraciones de coumarina de 14.4%, 18.8% y 32.4% se realizaban observaciones diarias de los roedores, los resultados globales de las 3 repeticiones fueron los siguientes:

Tratamiento	Sexo	Peso (gr)	Dosis de coumarina	Tiempo de acción (hrs)
T1	F	87.50	14.4%	0
T2	M	98.54	18.8%	47
T3	M	93.43	32.4%	0
Testigo	M	81.27	N/A	46
T1	M	108.04	14.4%	0
T2	F	95.08	18.8%	48
T3	M	85.24	32.4%	0
Testigo	M	99.54	N/A	46
T1	M	86.92	14.4%	0
T2	M	90.14	18.8%	0
T3	F	101.89	32.4%	0
Testigo	M	97.90	N/A	46

Cuadro 3: Resultado de los ensayos realizados por repetición a los roedores evaluados.

Fuente: Del Águila, Ch (2019)

Para la determinación de concentraciones se utilizó cálculos matemáticos debido a que los análisis químicos necesarios para la determinación de concentración de coumarina real en las mezclas realizadas no se realizan en ningún laboratorio en Guatemala y el costo de este análisis en el extranjero es demasiado, por tal motivo se presenta una concentración estimada que puede dar un aproximado sobre cuanta coumarina existe en cada mezcla aplicada a los cebos.



Gráfica 1: Comparación de pesos de roedores.

Fuente: Del Águila, Ch (2019)

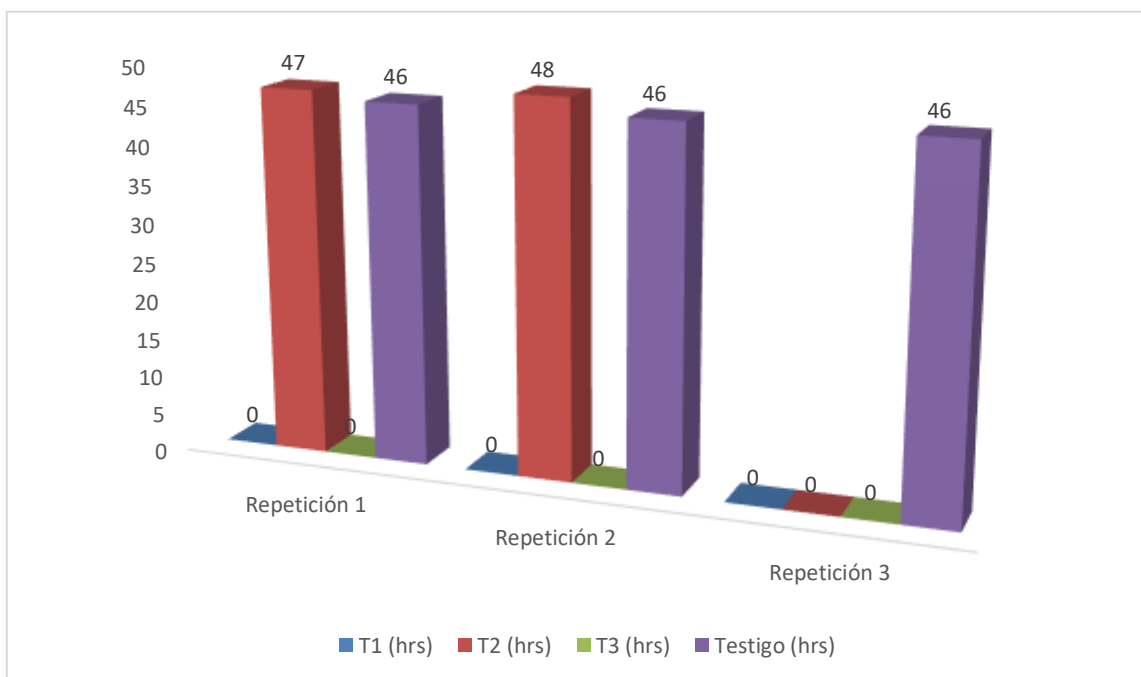
B. ANALIZAR LA EFECTIVIDAD QUE POSEE LA COUMARINA DE LAS HOJAS DE *GLIRICIDIA SEPIUM* EN COMPARACIÓN CON LOS RODENTICIDAS QUÍMICOS.

A continuación, se muestran los tiempos de acción de cada uno de los tratamientos y el testigo, tomando en cuenta que los tiempos son ponderados debido a que las instalaciones utilizadas son propiedad de la empresa Pantaleon S.A. por lo tanto no se podía estar en el área tiempo muy prolongados.

Tiempo de acción	T1 (hrs)	T2 (hrs)	T3 (hrs)	Testigo (hrs)
Repetición 1	0	47	0	46
Repetición 2	0	48	0	46
Repetición 3	0	0	0	46

Cuadro 4: Resultado de muertes obtenidos en todos los ensayos por tratamiento y testigo.

Fuente: Del Águila, Ch (2019)



Gráfica 2: Tiempos de acción de los tratamiento vs testigo

Fuente: Del Águila, Ch (2019)

C. COMPROBAR LA CONCENTRACIÓN IDÓNEA DE COUMARINA DE LAS HOJAS DE GIRICIDIA SEPIUM PARA LA CREACIÓN DE UN EFICIENTE RODENTICIDA BOTÁNICO.

Se realizaron observaciones diarias de cada uno de los roedores respecto a los síntomas que presentaban luego de la ingesta de cada cebo de los tratamiento y testigo, los datos obtenidos se presentan a continuación:

Tratamiento	Síntomas				Dosis de coumarina	Cantidad de hojas	Peso de hojas (gr)
	00 hrs	24 hrs	47 hrs	72 hrs			
T1	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	14.4%	36	15
T2	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	Se presentó una hinchazón abdominal del roedor y falleció.		18.8%	47	20
T3	No consumió el cebo	No consumió el cebo	No consumió el cebo	No consumió el cebo	32.4%	81	35
Testigo	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	Se observó una decaída en la actividad del roedor	Falleció		N/A	N/A	N/A
T1	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	14.4%	36	15
T2	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	Se observó decaída en la actividad del roedor	Falleció		18.8%	47	20
T3	No consumió el cebo	No consumió el cebo	No consumió el cebo	No consumió el cebo	32.4%	81	35
Testigo	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	Se observó una decaída en la actividad del roedor	Falleció		N/A	N/A	N/A

Tratamiento	Síntomas				Dosis de coumarina	Cantidad de hojas	Peso de hojas (gr)
	00 hrs	24 hrs	47 hrs	72 hrs			
T1	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	14.4%	36	15
T2	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	18.8%	47	20
T3	No consumió el cebo	No consumió el cebo	No consumió el cebo	No consumió el cebo	32.4%	81	35
Testigo	No se presenciaron síntomas visibles en el roedor	Se presenció decaída y no consumió el cebo	Falleció		N/A	N/A	N/A

Cuadro 5: Síntomas presentados de los roedores luego de la ingesta

Fuente: Del Águila, Ch (2019)

Debido a que el proyecto fue realizado en conjunto con la empresa Pantaleón S.A. no se pudieron realizar más ensayos y sobre todo no se pudo evaluar más roedores debido a que el tiempo dado por la empresa era corto y los costos eran cubiertos por dicha empresa se optó por un número pequeño de muestra que lograr reflejar la veracidad de otros estudios farmacológicos realizados de la coumarina en otros países como Salvador

VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. ELABORACIÓN DE MEZCLA DE COUMARINA

Durante la preparación de los diferentes cebos utilizados en el experimento se utilizaron diferentes equipos que por diversos factores podrían haber afectado directamente la eficiencia de la coumarina, como se detalla en la metodología se utilizó una agitadora que era proporcionada por Pantaleón S.A. para la separación de la mezcla de coumarina, durante la creación de las mezclas de la repetición 3 la agitadora presentó fallos técnicos los cuales interfirieron en los resultados obtenidos de la repetición 3, se puede emplear otra metodología para extracción de coumarina como lo es utilizar otros tipos de solventes, en este proyecto no se podía realizar un cambio en la metodología debido a que los materiales eran proporcionados según Pantaleón S.A. por ello era fundamental el uso de la agitadora.

Cada mezcla era expuesta a una luz ultravioleta la cual hacía cambiar el color de la mezcla durante los ensayos 1 y 2 el color presentado fue azul mientras que en el ensayo 3 el color presentado fue rojo, basado en estudios realizados anteriormente sobre la *Gliricidia sepium* se conoce que a través de una prueba colorimétrica que consiste en la exposición a la luz ultravioleta se puede determinar la presencia de coumarina siendo azul positivo y rojo negativo para la presencia de esta en la sustancia a utilizar. Estas fueron empleadas de igual manera para determinar la efectividad que posee esta prueba colorimétrica, dando como resultado que la efectividad de esta prueba es efectiva y por lo tanto no es necesaria otro tipo de prueba colorimétrica y otro de los factores por el cual se decidió a utilizar estas soluciones fue que el tiempo de ejecución del proyecto dado por Pantaleón S.A. era poco.

B. CONCENTRACIONES DE COUMARINA

Se utilizaron tres cebos en cada uno de las repeticiones más un testigo, las concentraciones de coumarina utilizados fueron 14.4%, 18.8% y 32.4% estas proporciones son proporcional a la cantidad de hojas utilizadas para la preparación de las mezclas, para una mezcla con un 14.4% de concentración de coumarina se utilizaron 15 gramos mientras que para una concentración del 18.8% se emplearon 20 gramos y para la concentración de 32.4% se utilizaron 35 gramos de hojas.

De las tres repeticiones realizadas se demostró que el tratamiento 2, una concentración del 18.8% de coumarina, fue el que igualaba los efectos del testigo (rodenticida químico Racumin) sin embargo se observó que los roedores evitaban ingerir los cebos del tratamiento 3, con una concentración del 32.4% de coumarina, y en cambio decidían alimentarse únicamente de los utensilios utilizados para la colocación del cebo esto debido a que el olor que posee la coumarina advertía a la rata del peligro existente en el mismo, para estas concentraciones pueden utilizarse fagoestimulantes que disfracen el olor como galletas oreo, chocolate, etc, respecto al tratamiento 1 no se obtuvo ningún tiempo de acción

en las tres repeticiones por lo cual se descarta el cebo con una concentración de 14.4% de coumarina, en este tratamiento los roedores utilizados consumían los cebos por completo pero ninguno presentó síntomas que indican efectos graves en su salud.

C. MECANISMO DE ACCIÓN DE LA COUMARINA

Los daños presentados en los roedores son internos y no existe ningún síntoma externo que indique el daño de la coumarina, durante las primeras 24 a 48 horas de la ingesta la coumarina disminuye el tiempo de protrombina en los roedores lo cual causa problemas en su sangre como una baja coagulación de sangre, este efecto puede persistir en el roedor de 1 a 3 semanas si no es tratado. Los signos de envenenamiento incluyen encías pálidas, moretones, sangrado de la nariz o la boca, convulsiones, y el aumento de la sed y de la secreción de orina.

Problemas en la coagulación de la sangre, dando lugar a una hemorragia interna (sangrado), problemas en el sistema nervioso, incluyendo convulsiones y parálisis

VII. CONCLUSIONES

- Se realizaron cebos con tres diferentes concentraciones de coumarina siendo 14.4%, 18.8%, 32.4% esto equivale respectivamente a 15 gramos de hojas, 20 gramos de hojas y 35 gramos de hojas de *Gliricidia sepium*, se pudo observar que los cebos con una concentración de 18.8% de coumarina durante dos días continuos muestran resultados óptimos en el tiempo de muerte de los roedores evaluados.
- Basados en los resultados obtenidos se pueden concluir que la coumarina puede tener la misma efectividad que un rodenticida químico con la diferencia que el tiempo de acción varia, esto depende de la concentración utilizada de coumarina y la cantidad de ingesta que los roedores tengan, se pudo observar que el testigo tiene un tiempo de acción de 46 horas desde la primera ingesta mientras que el tratamiento 2 cuenta con un tiempo de acción de 47 a 48 horas dejando una diferencia de 2 horas.
- El costo de un 1 kilogramos de racumin en el mercado actual de Guatemala varia de Q120.00 a Q160.00, mientras que para la extracción de coumarina se emplea etanol al 96% el costo de 120 ml es de un aproximado de Q7.50 a Q10.00 en el mercado guatemalteco, el resto de ingredientes utilizados en los cebos no cambia por lo cual se puede concluir que existe un alto grado de rentabilidad en el rodenticida botánico.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se pueden realizar otras pruebas de los cebos con concentraciones mayores o iguales a 32.4% de coumarina utilizando fagoestimulantes como galletas oreo, chocolate y cualquier otro tipo de alimento que le sea palatable al roedor y tenga fuente calorífica en azúcares, que logre disfrazar el olor de la hoja.
- Se recomienda la instalación de equipo audiovisual, como cámaras de videos, que graben desde el momento de la primera ingesta del roedor hasta llegar al 4 día del ensayo, este equipo proporcionaría un tiempo de acción del cebo más preciso y un mejor historial de comportamiento del roedor.
- Realizar un estudio de factibilidad económica a mayor escala que demuestre la rentabilidad de la sustitución del rodenticida Racumin por el rodenticida botánico en los cultivos de caña de azúcar, teniendo en cuenta el volumen empleado por la industria cañera.
- Colocar un cebo de *Gliricidia sepium* y racumin en una misma jaula para evaluar la decisión del roedor al conocer el gusto de este.

X. BIBLIOGRAFÍA

- BOSUCRO. (2015). *BONSUCRO.COM*. Recuperado el 1 de 12 de 2019, de <https://www.bonsucro.com/what-is-bonsucro/>
- CONADESUCA. (2015). *FICHA TÉCNICA DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR*. Ciudad de México: SAGARPA.
- Godoy, A. E. (2014). *IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA RATA CAÑERA EN PLANTACIONES DE CAÑA DE AZÚCAR; FINCA SANTA MARIA, MASAGUA, ESCUINTLA (2008-2010)*. Guatemala de la Asunción: Universidad Rafael Landívar.
- H. Cisneros, F. (s.f.). *AgriFoodGateway Horticulture International Department of Horticultural Science*. Recuperado el 01 de 08 de 2019, de <https://hortintl.cals.ncsu.edu/es/content/definici%C3%B3n-de-plaga-agr%C3%ADcola>
- Melgar, M., Meneses, A., Orozco, H., Pérez, O., & Espinoza, R. (2014). *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Guatemala: Librerías Artemis Edinter, S.A.
- MIRON, H. (2005). *PROPUESTA DE UNA FORMULA RODENTICIDA UTILIZANDO HOJAS DE Gliricidia sepium (MADRE CACAO)*. San Salvador, El Salvador: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.
- NAVAS, D. (2012). *DIAGNÓSTICO DE PLAGAS EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum officinarum) EN FINCA "CONCEPCIÓN LA NORIA", INGENIO EL PILAR, S.A. DEL MUNICIPIO DE TIQUISATE, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA C,A*. Ciudad de Guatemala.
- Reigart, R., & Roberts, J. (2013). Reconocimiento y Manejo de los Envenenamiento por Pesticidas. En R. Reigart, & J. Roberts, *Reconocimiento y Manejo de los Envenenamiento por Pesticidas* (págs. 187-201). Washington, DC 20460: U.S. Environmental Protection Agency.
- Vásquez, I. (2017). *ROEDORES EN AGROECOSISTEMAS CAÑEROS*. Recuperado el 2019, de www.atamexico.com: https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/7.-P%C3%93STERES.pdf
- ZOTAL LABORATORIOS. (21 de enero de 2015). *ZOTAL LABORATORIOS*. Recuperado el 01 de Noviembre de 2019, de <https://www.zotal.com/rodenticidas-quimicos-para-roedores/>

XI. ANEXOS

A. PREPARACIÓN DE CEBOS



Figura 6: Selección y pesada de hojas.
Fuente: Del Águila, Ch (2019)



Figura 5: Pesaje de hojas.
Fuente: Del Águila, Ch (2019)



Figura 8: Filtrado de la mezcla utilizando una gasa.
Fuente: Del Águila, Ch (2019)



Figura 7: Mezclas en la agitadora.
Fuente: Del Águila, Ch (2019)



Figura 9: Las mezclas con la diferentes concentraciones de coumarina.

Fuente: Del Águila, Ch (2019)



Figura 10: Mezcla expuesta a luz ultravioleta, dando un color azul.

Fuente: Del Águila, Ch (2019)



Figura 11: Muestras elaborados en reposó para eliminar posibles restos de etanol.

Fuente: Del Águila, Ch (2019)



Figura 13: Muestras terminadas de elaborar junto a muestras con varios días de elaboración.

Fuente: Del Águila, Ch (2019)



Figura 12: Pesaje del cebo.

Fuente: Del Águila, Ch (2019)



Figura 14: Cebos preparados.

Fuente: Del Águila, Ch (2019)

B. ALIMENTACIÓN DE LOS ROEDORES



Figura 15: Área y distribución de los roedores a examinar.

Fuente: Del Águila, Ch (2019)



Figura 16: Bebedero y comedero colocados a los roedores.

Fuente: Del Águila, Ch (2019)



Figura 17: Por abstinencia los roedores mordían los comederos.

Fuente: Del Águila, Ch (2019)



Figura 18: Rata muerta por los efectos de la coumarina.

Fuente: Del Águila, Ch (2019)