

CRIA Oriente

Cadena Loroco

**EVALUACIÓN DE LOS EXTRACTOS DE FLOR Y HOJA DE LORO
(*Fernaldia pandurata*), PARA EL CONTROL DE AFIDOS (*Aphis gossypii*) EN
EL CULTIVO DE LORO, CHIQUIMULA, GUATEMALA 2017**



**Jessica Sylvana Nufio Barillas
Abner Mardoqueo Rodas Árzet**

Chiquimula, Chiquimula, Febrero de 2019

“Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). El contenido de ésta publicación es responsabilidad de su(s) autor(es) y de la institución(es) a las que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan”.

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

APAESA	Aromas, Perfumes, Aceites Esenciales y Sabores S.A.
APRORECH	Asociación de Productores de la Región Chortí
CCF	Cromatografía de Capa Fina
CUNORI	Centro Universitario de Oriente Cunori
CRIA	Consortios Regionales de Investigaciones Agropecuarias
DL50	Dosis Letal Media
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola
LIPRONAT	Laboratorio de Investigación en Productos Naturales
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
USDA	Departamento de Agricultura de Estados Unidos (por sus siglas en inglés)

RESUMEN

El desarrollo de la investigación consistió en la evaluación de los extractos metanólicos de flor y hoja de loroco (*Fernaldia pandurata*), para el control de áfidos (*Aphis gossypii*) en el cultivo de loroco. La investigación se dividió en fase de laboratorio y campo; la fase de laboratorio se inició con la elaboración de los extractos metanólicos de flor y hoja de loroco, luego con la caracterización física y química de los extractos, para lo cual se determinó la solubilidad, densidad y se realizaron análisis de Cromatografía de Capa Fina (CCF) y cromatografía de gases esto con el fin de conocer la familia de metabolitos secundarios presentes y el porcentaje; luego se determinó el análisis toxicológico de Dosis Letal Media (DL50).

La fase de campo se inició con la instalación de un mega túnel en el área de vivero del Centro Universitario de Oriente –CUNORI-, ubicado en el municipio de Chiquimula, Chiquimula, lugar donde se realizó el experimento; en dicha área se introdujeron plantas de loroco y se les brindo mantenimiento (riego, poda y fertilización). Al momento de contar con 4 hojas, se inició con la recolección de áfidos (*Aphis gossypii*) en las parcelas de loroco de la aldea de Chispán, municipio de Estanzuela, Zacapa. Luego de la recolección se inocularon las plantas de loroco por un tiempo de 15 días. El diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar y consistió en la evaluación de 8 tratamientos (3 tratamientos con extracto de hoja de loroco, 3 con extracto de flor de loroco, 1 químico y el testigo absoluto) y 4 repeticiones.

El grupo de metabolitos secundarios identificados en los extractos de flor y hoja de loroco por medio de CCF son; taninos, flavonoides, flavonoides (rutina, quercetina e hiperósido), alcaloides y aceites esenciales, no presentaron saponinas. También se determinó el porcentaje de aceites esenciales por medio de cromatografía de gases, resaltando el ácido dodecanóico debido a sus propiedades insecticidas y fungicidas, la hoja contiene mayor porcentaje con 82.63%, mientras la flor posee 62.57%. Los resultados estadísticos del porcentaje de repelencia demuestran que los extractos de hoja de loroco presentaron un mayor efecto en cuanto a repelencia en comparación con los extractos de flor de loroco.

Los resultados estadísticos del porcentaje de repelencia demuestran que los extractos de hoja de loroco presentaron un mayor efecto en cuanto a repelencia en comparación con los extractos de flor de loroco. Además el tratamiento T7 (testigo químico 77 ppm) y T6 (extracto de hoja de loroco 170.42 ppm) ambos son los mejores e iguales en cuanto a repelencia de todos los tratamientos evaluados. El análisis costo/beneficio indica que el extracto de hoja de loroco obtuvo mejores rendimientos y ganancias, la hoja con relación a la flor, es 4 veces mayor, motivo por el cual es mejor utilizar este tipo de extracto.

Palabras claves: Loroco, extracto, flor de loroco, hoja de loroco, tratamientos, repelencia, ácido dodecanóico.

ABSTRACT

The development of the investigation consisted in the evaluation of the methanolic extracts of flower and leaf of loroco (*Fernaldia pandurata*), for the control of aphids (*Aphis gossypii*) in the culture of loroco. The investigation was divided into laboratory and field phase; The laboratory phase was started with the elaboration of the methanolic extracts of flower and loroco leaf, then with the physical and chemical characterization of the extracts, for which the solubility, density and fine layer chromatography analyzes were carried out (CCF) and gas chromatography this in order to know the family of secondary metabolites present and the percentage; then, the toxicological analysis of Medium Lethal Dose (LD50) was determined.

The field phase began with the installation of a mega tunnel in the nursery area of the University Center of Oriente -CUNORI-, located in the municipality of Chiquimula, Chiquimula, where the experiment was carried out; in this area, loroco plants were introduced and maintenance was provided (irrigation, pruning and fertilization). At the time of having 4 leaves, it began with the collection of aphids (*Aphis gossypii*) in the parcels of loroco from the village of Chispán, municipality of Estanzuela, Zacapa. After the harvest, the loroco plants were inoculated for a period of 15 days. The experimental design used was completely randomized and consisted in the evaluation of 8 treatments (3 treatments with loroco leaf extract, 3 with loroco flower extract, 1 chemical and the absolute control) and 4 repetitions.

The group of secondary metabolites identified in the extracts of flower and leaf of loroco by means of CCF are; tannins, flavonoids (rutin, quercetin and hyperoside), alkaloids and essential oils, did not present saponins. The percentage of essential oils was also determined by means of gas chromatography, highlighting dodecanoic acid due to its insecticidal and fungicidal properties, the leaf contains a higher percentage with 82.63%, while the flower has 62.57%. The statistical results of the repellency percentage show that the loroco leaf extracts had a greater effect in terms of repellency in comparison with the loroco flower extracts.

The statistical results of the repellency percentage show that the loroco leaf extracts had a greater effect in terms of repellency in comparison with the loroco flower extracts. In addition to the treatment T7 (chemical control 77 ppm) and T6 (loroco leaf extract 170.42 ppm) both are the best and equal in terms of repellency of all treatments evaluated. The cost / benefit analysis indicates that the leaf extract of loroco obtained better yields and gains, the leaf in relation to the flower, is 4 times greater, reason for which it is better to use this type of extract.

Keywords: Loroco, extract, loroco flower, loroco leaf, treatments, repellency, dodecanoic acid.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE LOROCO	2
2.1.1 Clasificación Taxonómica.....	2
2.2. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL LOROCO	2
3. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS Y EDÁFICOS DEL CULTIVO DE LOROCO	4
3.1 Precipitación	4
3.2 Altitud	4
3.3 Temperatura	4
3.4 Humedad relativa.....	4
3.5 Suelo	4
4. PROPAGACION DEL LOROCO	4
4.1 Siembra en semillero	4
4.2 Siembra directa en bolsas	6
5. RIEGO DEL CULTIVO DE LOROCO.....	6
6. ARTROPODOS PLAGAS DEL CULTIVO DE LOROCO	6
6.1 Aphis sp	6
6.2 Control químico	7
7. GENERALIDADES SOBRE LOS INSECTICIDAS	8
8. MODO DE ACCIÓN DE LOS INSECTICIDAS BOTÁNICOS	9
9. PLAGUICIDAS ORGÁNICOS	10
11. OBJETIVOS.....	12
11.1 General.....	12
11.2 Específicos	12
12. HIPÓTESIS	12
12.1 Hipótesis alterna	12

13. METODOLOGÍA.....	13
13.1 Localización.....	13
13.2 Clima y zona de vida del área de estudio.....	13
13.3 Socialización del proyecto.....	13
13.4 Caracterización física y química de los extractos de flor y hoja de loroco (Fernaldia pandurata).	13
13.4.1 Elaboración de extracto metanólico de loroco (flor y hoja).....	13
13.4.2 Caracterización del extracto metanólico loroco (flor y hoja).....	13
13.4 Efecto de los extractos de flor y hoja de loroco en el control de insectos en el cultivo de loroco.	15
13.5 Determinación de la mejor alternativa desde el punto de vista financiero a través del análisis financiero de los tratamientos evaluados para el control de Áfidos.	17
14. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
15. CONCLUSIONES.....	29
16. RECOMENDACIONES	30
17. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	31
18. ANEXOS	33

INDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1. Descripción de los tratamientos utilizados sobre el control de áfidos (<i>Aphis gossypii</i>).	15
Cuadro No. 2. Porcentaje de aceite esencial presente en los extractos de flor y hoja de loroco	19
Cuadro No. 3. Dosis utilizadas en la evaluación de control de áfidos (<i>Aphis gossypii</i>).....	22
Cuadro No. 4. Costos unitarios de producción para la elaboración de extractos de flor y hoja de loroco	27
Cuadro No. 5. Costo de aplicación por tratamiento	28

EVALUACIÓN DE LOS EXTRACTOS DE FLOR Y HOJA DE LOROCO (*Fernaldia pandurata*), PARA EL CONTROL DE AFIDOS (*Aphis gossypii*) EN EL CULTIVO DE LOROCO, CHIQUIMULA, GUATEMALA 2017.

**Inga. Jessica Sylvana Nufio Barillas (CUNORI)¹
Lic. Abner Mardoqueo Rodas Arzét (CUNORI)²**

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en la región nor-oriental del país se carece de agroindustria lo cual se ve reflejado en los supermercados, donde se observan escasos productos locales elaborados de manera artesanal o tecnificados, esta situación ocasiona una baja capacidad de amortiguamiento ante las fluctuaciones de los precios en el mercado llevando a la quiebra a los agricultores. Para alcanzar el desarrollo económico local son fundamentales los procesos de investigación, con las cuales se genera información básica para su posterior aplicación, ya sea en los diferentes campos como agrícola, pecuario, nutricional, almacenamiento y transformación de materias primas para su posterior transferencia tecnológica.

El cultivo de loroco en Guatemala no ha sido investigado a profundidad, por ser una planta de carácter silvestre o poco domesticada por el ser humano, cuenta con un sistema de defensa y adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas; tradicionalmente se sabe que la raíz de loroco es tóxica, como han manifestado los productores de la aldea Chispán en el municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa. Uno de los beneficios que presenta el cultivo de loroco frente a los cultivos tradicionales como el maíz y frijol, es el brindar un periodo aproximado de 9 meses de cosecha, generando ingresos económicos a los agricultores considerando que se realizan cortes de flores de loroco dos veces por semana o algunos cortan todos los días; lo cual hace que sea un cultivo de importancia económica.

Uno de los problemas que enfrentan los productores de loroco, es la rápida saturación del mercado en los meses de septiembre a segunda semana de noviembre, ocasionando con ello bajos precios; dentro de las necesidades evidenciadas por los productores, es el escaso y nulo conocimiento en procesos de transformación y elaboración de sub-productos y usos alternativos al cultivo de loroco; por lo cual se plantea la investigación, la cual pretende desarrollar y evaluar dos extractos de loroco (flor y hoja) para determinar posibles efectos de control sobre áfidos (*Aphis gossypii*) en el cultivo de loroco.

Tomando en cuenta que la flor abierta carece de valor económico y es desechada por los comercializadores al deteriorarse con facilidad, representando aproximadamente un 20% de pérdida para los productores; dentro del manejo agronómico del cultivo de loroco periódicamente se realizan podas al follaje el cual no es aprovechado ni transformado, motivo por el cual es de suma importancia brindar alternativas de uso para los desechos generados en el proceso productivo. El área experimental del proyecto se desarrolló en las instalaciones del vivero de la carrera de Agronomía del Centro Universitario de Oriente –CUNORI-, Chiquimula, Guatemala.

¹Inga. En Gestión Ambiental Investigador principal afiliado CUNORI.

²Lic. Químico Profesor en Agronomía y Gestión Ambiental CUNORI, Investigador asociado.

2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE LOROCO

2.1.1 Clasificación Taxonómica

El Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal de Honduras (CENTA 1992), señala que la clasificación taxonómica del loroco es la siguiente:

Reino:	Plantae
Subreino:	Embryobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Gentianales
Familia:	Apocynaceae
Tribu:	Echitoideae
Género:	Fernaldia
Especie:	<i>Fernaldia pandurata</i> (Woodson) <i>Fernaldia brachypharnix</i> (Woodson)

Standley y Williams, citados por Navarro *et. al.* (1991), argumentan que este género fue nombrado por el Dr. Woodson para su amigo y mentor, el profesor Merrit L. Fernald en 1932, quien estudió la flora del Noreste de Estados Unidos y Canadá. De acuerdo a Standley (1969), en Guatemala existen dos especies del género *Fernaldia* de la familia Apocynaceae, una típica de las zonas secas ubicadas en los departamentos de Zacapa y El Progreso, lo constituye la especie (*Fernaldia pandurata* Woodson), y la otra la especie (*Fernaldia brachypharynx* Woodson), distribuida en la zona costera del pacífico. Las diferencias que existen entre ambas se basan en la forma y tamaño de la corola. La especie *F. pandurata* tiene la corola glabra, de forma ampliamente campanulada – cónica y de una longitud de 9 a 12 milímetros (Navarro *et. al.*, citado por López, 2005).

2.2. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL LOROCO

De todas las apocináceas, la tribu Echitoideae es la más desconocida, y en sus intentos de clasificación se le han asignado varios nombres botánicos. Por ejemplo: Standley (1924), discutió el loroco bajo el nombre de *Urechite karwinskii* Muell. En la flora de Guatemala Stanley y Williams (1969) se consideró como sinónimos los nombres de *Fernaldia pandurata* Woodson, *Echites pandurata* A.DC., *Echites pinguifolia* Standl y *Urechites karwinskii*. Arq. (Morton, *et. al.* 1990). También Woodson reporta a *Fernaldia brachypharynx* (1932) conocido como loroco. Este espécimen se encuentra como maleza endémica, en Escuintla y Zacatepeque (Guatemala) en forma cultivada donde las flores y yemas florales son empleadas en la dieta alimenticia de los pobladores. Además se dice que las raíces de la planta son venenosas, por lo que en Chiquimula, Guatemala son empleadas para envenenar animales nocivos (López, 2005).

- **Raíz**

La raíz de loroco es fibrosa y posee sustancias con ciertas características alcaloides conocidas como “Lorocina” y Loroquina” con principios activos que afectan la presión

arterial. Aguirre España (1966), reportó un análisis químico para la raíz con el objeto de determinar el potencial venenoso que se le atribuye a esta parte de la planta. Esta planta desarrolla rizomas cuando tiene aproximadamente 6 a 7 meses de edad, dependiendo de la forma de siembra y de la cantidad de humedad que haya tenido en su desarrollo, especialmente en época seca. En cada año de la época lluviosa los rizomas inician los nuevos brotes (Parada, J; Sermeño, J & Rivas, W, 2002).

- **Tallo**

Es una enredadera delgada (Tipo liana), débil y pubescente, con una base leñosa persistente, pero con ramas que mueren después que termina su floración en condiciones silvestres o cuando no existe riego, pero permanece verde cuando se usa riego en época seca. El tallo o liana es voluble, cafoso, con fisuras y muchas lenticelas; cuando la planta es adulta y está seca, presenta muchas fibras en la corteza (Parada, J. *et. al* 2002).

- **Hoja**

Son oblongas, elípticas, opuestas, bastantes acuminadas, con los bordes externos con pequeñas ondulaciones. Con dimensiones de 4 a 22 centímetros de largo y entre 1.5 a 12 centímetros de ancho. El envés puede ser pubescente o glabro, mientras que el haz por lo general es liso (Parada, J. *et. al* 2002).

- **Flor**

Es la parte más aprovechable en la alimentación, la corola en su interior tiene muchos vellos finos observables cuando la flor está fresca. La inflorescencia consiste en un racimos que posee de 10 a 32 flores, dando un promedio de 25 por racimo. La época en que la planta produce flores es de mayo a octubre, aunque si existe riego produce durante casi todo el año, entrando generalmente en receso en enero y febrero (Parada, J. *et. al* 2002).

- **Fruto**

Es un folículo cilíndrico, alargado y curvado hacia adentro, alcanzando hasta 34 centímetros de longitud y entre 0.5 y 0.6 centímetros de diámetro. Dependiendo de la longitud de la vaina pueden existir entre 25 a 190 semillas. En sus primeras etapas de su desarrollo es de color verde y al madurar se torna de color café oscuro. Debido a que la vaina es dehiscente, se recomienda recolectarla antes que se abra. Hay agricultores que utilizan bolsas colocadas en las vainas del loroco, con el objetivo de recolectar las semillas después que son expulsadas de la vaina (Parada, J. *et. al* 2002).

- **Semilla**

La semilla de loroco tiene una longitud de 1.4 a 1.6 centímetros, presentando un diámetro entre 0.2 y 0.3 centímetros. Posee gran cantidad de vilano (pelos algodonosos) en el extremo, que facilita su dispersión por el viento. La semilla presenta un porcentaje de germinación del 90%, después de seis meses de cosechada, dicho porcentaje disminuye hasta llegar a un 100% de infertilidad. El tiempo de germinación es de 10 a 15 días, aunque en zonas con temperaturas altas, dicho período puede disminuir entre 8 a 10 días (Parada, J. *et. al* 2002).

3. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS Y EDÁFICOS DEL CULTIVO DE LOROCO

3.1 Precipitación

Según Yac, J. (1993), el loroco se considera una planta muy resistente a la sequía, por lo que se puede encontrar de forma silvestre y cultivada en diferentes partes donde la precipitación es escasa y la temperatura es alta, como las del oriente del país. La zona climatológica de El Salvador, donde se desarrolla el loroco se le denomina sabanas tropicales calientes o tierras calientes; en Guatemala se localiza principalmente en dos zonas de vida. El cultivo del loroco se desarrolla mejor con una precipitación promedio anual de 1200 a 1800 mm (Palencia, M. 2003).

3.2 Altitud

Este cultivo se adapta a un amplio rango de altitud, sin embargo su medio agro climático puede variar de los 20 a 1200 msnm, encontrándose las mayores áreas cultivadas entre los 20 a 800 msnm (Palencia, M. 2003)

3.3 Temperatura

El rango de temperatura ideal para el loroco es de 20 a 32 °C; temperaturas mayores o menores a estos rangos provocan estrés a la planta lo cual afecta su producción de flores (Palencia, M. 2003).

3.4 Humedad relativa

El mejor rango de humedad relativa oscila entre 70 a 77% promedio anual (Palencia, M. 2003).

3.5 Suelo

Se adapta a diversos tipos de suelo desde francos a francos arcillosos, hasta los pedregosos, con pH de 5.5 a 7 (Palencia, M. 2003).

4. PROPAGACION DEL LOROCO

La propagación del loroco es principalmente por semilla botánica, también puede realizarse por esqueje o rizomas. En la propagación por semillas vegetativa, es importante tomar en cuenta que en los primeros dos meses después de la cosecha puede perderse el 50% de su germinación, siendo aproximadamente del 100% a los 6 meses. Es necesario colocar las semillas cosechadas en frascos de vidrio herméticos y colocar en un lugar fresco o en refrigeración a temperaturas bajas de aproximadamente 4°C, para prolongar la viabilidad de las semillas. Existen dos modalidades para la propagación por semilla: Siembra en semilleros y siembra directa en bolsas (Parada, J. *et. al* 2002).

4.1 Siembra en semillero

Para elaborar el semillero es necesario hacer camas de siembra de 1.2 metros de ancho y 20 centímetros de alto, con una longitud que depende de la cantidad de plantas y del área del terreno. El semillero puede estar constituido por una mezcla de arena, tierra y materia orgánica en una proporción de 2:2:1 respectivamente (Parada, J. *et. al* 2002).

Antes de la siembra de las semillas, es necesario desinfectar el sustrato para evitar problemas de hongos, insectos u otros microorganismos que puedan provocar daños a las plántulas. Entre algunos métodos para desinfectar los semilleros tenemos: Solarización: Consiste en la utilización de un plástico de polietileno negro que cubra totalmente el semillero o cama de siembra, antes se deberá mullir y humedecer el suelo (Parada, J. *et. al* 2002).

El calor provocara que los organismos fitófagos se mueran. Es necesario mantener cubierto el semillero aproximadamente durante un mes. Este es un método efectivo que no involucra uso de plaguicidas. Uso de agua caliente: Utilizando una regadera, se aplica un galón de agua hirviendo por metro cuadrado de semillero o cama de siembra, al estar frío el semillero se inicia la siembra.

Insecticidas o fungicidas: Si el lugar presenta un historial de problemas fitosanitarios, se puede utilizar un insecticida nematicida granulado, dentro de los cuales están Carbofuran o Clorpirifos, combinándolos con un fungicida como Propamocarb en dosis de 6 cc por metro cuadrado disuelto en un galón de agua. Antes de utilizar los insecticidas-nematicidas es necesario identificar la presencia de dichos organismos para no utilizar innecesariamente dichos productos químicos.

Uso de fumigantes: Puede utilizarse Dazomet, que es un producto químico que puede ser aplicado al semillero o cama de siembra antes de la siembra de la semilla del loroco. El área de siembra deberá ser mullido completamente, luego se aplica el producto en dosis de 60 gr por metro cuadrado, posteriormente el semillero es compactado y humedecido, cubriéndolo con plástico, después de 7 días se retira el plástico, mullendo el suelo para realizar la siembra.

Aplicación de cal y ceniza: Ocho días antes de la siembra se debe aplicar una mezcla conteniendo cal dolomita y ceniza en una proporción de 1:2 libras por metro cuadrado, respectivamente, incorporándola al suelo en forma homogénea (Parada, J. *et. al* 2002).

- **Siembra y manejo del semillero**

Sobre las camas de siembra, se hacen surcos separados a 10 centímetros, distribuyendo la semilla a chorro seguido a una profundidad de 0.5 centímetros, cubriendo ligeramente con el suelo. Después se protege el semillero con material adecuado como cascarilla de arroz, zacate o cualquier otro material disponible en el lugar; teniendo cuidado que no lleve semillas o malezas, microorganismos patógenos o insectos que contaminen el semillero. Esta cobertura evitara que el impacto de las gotas de agua descubran las semillas. Debe de realizarse dos riegos al día, distribuidos en la mañana y la tarde, principalmente en época seca.

La cobertura utilizada deberá retirarse inmediatamente, cuando comienza la emergencia de la semilla. Durante la emergencia de las plántulas de loroco, es muy importante el control de los insectos cortadores, principalmente zompopos, grillos y gusanos cortadores que pueden ocasionar perdidas de plantas. Las plantas podrán permanecer en el semillero 30 días (Parada, J. *et. al* 2002).

- **Transplante en bolsas**

El material que podría utilizarse para el llenado de bolsas es una mezcla de tierra y materia orgánica en una relación de 2:1 respectivamente o utilizar materiales como cascarilla de arroz u otro material disponible para evitar la compactación del suelo en las bolsas.

La tierra a utilizar deberá colarse para eliminar piedras, basura, raíces u otro material que interrumpa el normal desarrollo de las plántulas. El tamaño de bolsas podrá ser de 4 x 6 o 6 x 9 pulgadas, llenando dichas bolsas con la mezcla antes preparada, realizando el transplante por la tarde. Es necesario efectuar riegos diarios sobre todo en los primeros días del transplante. La fertilización puede efectuarse una semana después del transplante en las bolsas, utilizando tres gramos de triple quince o utilizar materia orgánica descompuesta, agregando fertilizaciones foliares con metalosatos multimineral cada quince días, cuando el lugar no tiene un historial de enfermedades foliares (Parada, J. *et. al* 2002).

Es necesario que las plántulas del semillero y vivero, estén libre de áfidos o pulgones ya que estos pueden transmitir enfermedades virales. Las plantas permanecerán aproximadamente por un mes en vivero, luego transplantadas al terreno definitivo. Si las plántulas se mantuvieran más tiempo en el vivero, será necesario evitar que las guías se enreden entre sí, además se deberá levantar las bolsas para evitar que las raíces pasen al suelo (Parada, J. *et. al* 2002).

4.2 Siembra directa en bolsas

Se llenarán las bolsas con el sustrato anteriormente mencionado, colocando dos semillas por cada bolsa a una profundidad de medio centímetro, protegiéndose con una capa delgada de zacate seco, libre de semillas de malezas, con el objeto de guardar humedad y favorecer el proceso de germinación de la semilla. La siembra del loroco directamente en bolsas, puede dificultarse debido a que es necesario el cuidado y riego de cada bolsa hasta que las plántulas alcancen un mes de edad; lo cual requiere mayor trabajo (Parada, J. *et. al* 2002).

5. RIEGO DEL CULTIVO DE LOROCO

El riego es fundamental en este cultivo si se quiere obtener una producción constante; cuando no se proporciona riego durante la época seca la planta entra en un estado de latencia, para continuar su producción al iniciarse la siguiente época lluviosa. Comúnmente se utiliza en el país riego por gravedad, aunque también es recomendable riego por goteo. En términos generales se podría recomendar un riego cada 6-8 días, dependiendo de muchos factores tales como: tipo de suelo, topografía del terreno y disponibilidad de agua (Palencia, M. 2003).

6. ARTROPODOS PLAGAS DEL CULTIVO DE LOROCO

6.1 Aphis sp

Nombre común: Afidos o pulgones.

Reino: Animal

Filo: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Hemiptera

Sub-Orden: Sternorrhyncha

Super Familia: Aphidoidea

Familia: Aphididae

Género: Aphis

Especie: sp.

Los Áfidos constituyen un grupo de pequeños insectos (1 a 4 mm) muy bien adaptados a su actividad fitófaga, ocupando un lugar destacado entre las plagas principales de una gran variedad de cultivos. La biología de los áfidos o pulgones es compleja y en los climas trópicos como el nuestro, se reproducen partenogenéticamente o por viviparidad, presentando un ciclo de desarrollo post-embionario con cuatro estadios ninfales y producción de hembras adultas ápteras y aladas (Parada, J. *et. al* 2002).

El polimorfismo es un fenómeno común en este grupo, es decir, que existen individuos morfológicamente diferentes dentro de una misma especie como respuesta a la variación en las condiciones ambientales. El ciclo biológico es de aproximadamente 21 días con variaciones dependiendo de la temperatura. Este insecto es considerado el más importante en el cultivo de loroco en El Salvador y Guatemala. Las ninfas y adultos viven formando colonias en los tallos, brotes terminales, pecíolos, envés de las hojas y flores, succionando savia de los tejidos tiernos de la planta (Parada, J. *et. al* 2002).

Su acción se traduce en un debilitamiento de los órganos afectados de la planta, manifestándose por la reducción del desarrollo, amarillamiento de las hojas, disminución de la producción y calidad de las flores, afectando su comercialización. Afidos del género *Aphis sp.* succionando savia en una planta de loroco. La savia absorbida y no aprovechada es eliminada por los sifúnculos en forma de gotas de tamaño variable. Se trata de una sustancia azucarada que al depositarse en las hojas y flores del loroco, sirve de medio de desarrollo de hongos saprofitos conocidos como “fumagina”, entre los cuales tenemos los siguientes géneros: *Fumago sp.*, *Capnodium sp.* y *Cladosporium sp.* (Parada, J. *et. al* 2002).

Cuando la capa depositada en las hojas es espesa se reduce el proceso de fotosíntesis, afectando indirectamente el desarrollo y producción de flores que es el principal órgano de interés económico para los agricultores. Cuando la “fumagina” se deposita o se desarrolla en las flores obliga a limpiarlas antes de iniciar su proceso industrial o su comercialización, incurriendo en mayores gastos económicos. Cuando existen altas poblaciones de áfidos en los órganos de la planta, aparecen individuos alados que se dispersan para colonizar nuevos órganos en otras plantas (Parada, J. *et. al* 2002).

También determinadas condiciones ambientales pueden ayudar al apareamiento de adultos alados en medio de las poblaciones del insecto. Los vuelos activos son cortos, por tanto la distribución en las parcelas o campos agrícolas suele ser por focos. Sin embargo, cuando ya han iniciado el vuelo activo pueden ser arrastrados pasivamente por el viento, siendo el principal medio de dispersión. Las corrientes de aire elevan a los áfidos alados sobre los cultivos y los arrastran, cayendo sobre otras plantas. Esta dispersión origina distribuciones aleatorias (al azar), siendo muy peligrosas cuando las poblaciones arrastradas por el viento vienen de cultivos atacados por virus (Parada, J. *et. al* 2002).

6.2 Control químico

Antes de la floración se puede utilizar productos del grupo Acetamiprid en dosis de 50-100 gramos de ingrediente activo (i.a) por hectárea. Al inició y durante la floración, pueden utilizarse jabones a razón de 4 gramos por galón de agua. El aceite de Nim ha proporcionado buenos resultados en dosis de 15 centímetro cúbicos por galón de agua, teniendo el cuidado de hacer al menos dos aplicaciones por semana cuando las poblaciones de áfidos son altas (Parada, J. *et. al* 2002).

7. GENERALIDADES SOBRE LOS INSECTICIDAS

Los insecticidas son sustancias tóxicas destinadas a destruir poblaciones de especies entomológicas (insectos). Debido a su naturaleza química, los diversos insecticidas tienen algunos efectos sobre las plantas, pudiendo llegar a alterar en forma significativa sus procesos metabólicos e inducir a diversos tipos de respuesta. Algunos insecticidas usados pueden causar trastornos más severos, como quemaduras o deformaciones especialmente en las hojas y menos frecuente en frutos en crecimiento, a estos efectos se les conoce como fitotoxicidad. Los productos químicos utilizados en el control de plagas suelen ser insecticidas de amplio espectro que tienen un efecto adverso sobre los enemigos naturales y también sobre la fauna benéfica, por lo que este tipo de control debe utilizarse siempre y cuando otras formas de regulación de plagas no sean efectivas. Aunque la mayor parte de sistemas agrícolas a nivel mundial dependen del uso de plaguicidas, es necesario evitar usar aquellos que son extremadamente peligrosos para el ambiente, la salud humana o aquellos que han generado resistencia a plagas. Es por ello que los insecticidas botánicos están tomando importancia en el manejo integral de plagas; estos insecticidas son biodegradables, no contaminan los afluentes de agua, su toxicidad es nula en los humanos y no son tóxicos para la fauna benéfica (Argueta R. & Castro L. (2003)).

- **Clasificación**

Comúnmente los insecticidas se clasifican en inorgánicos, botánicos y microbianos. Los principales insecticidas inorgánicos son derivados del arsénico, plomo y cobre. Los insecticidas botánicos son sustancias que se obtienen de algunas plantas y que se usan solas o mezcladas con otros ingredientes. El más conocido sin duda es el piretro, el cual es probable que sea el insecticida botánico más antiguo.

Por su modo de acción, los plaguicidas se clasifican en: a) sistemáticos b) no sistemáticos
 Insecticidas sistemáticos: son aquellos insecticidas absorbidos por la savia de la planta y la mayoría son traslocados por toda la planta. Ejemplos de ellos son: METASYSTOX, DIMETOATO, LANNATE, etc. Estos insecticidas son especialmente efectivos contra los insectos chupadores como los áfidos, saltahojas, chinches y los thrips; puesto que estos se alimentan de la savia de la planta. Estos insecticidas pueden ser de aplicación foliar y de aplicación terrestre.

Los de aplicación foliar pueden quedarse en la planta hasta 3 semanas, mientras que los de aplicación terrestre pueden permanecer hasta por 6 semanas. Sin embargo, esto también indica que no se deben aplicar tan cerca de la época de la cosecha para que no causen problemas de residuos. Los insecticidas sistemáticos de aplicación foliar no son descompuestos por la luz del sol o lavados por las lluvias como los no sistemáticos. Insecticidas no sistemáticos: son todos aquellos insecticidas que no son absorbidos por la planta. Muchos de los insecticidas de

contacto no sistemático controlan también a los insectos chupadores. Otra clasificación de los insecticidas por su naturaleza es: a) Químicos b) Botánicos c) Insecticidas químicos: El control químico se refiere al uso de insecticidas comerciales en forma de pulverizaciones, polvos, granulados, cebos, fumigantes y tratamientos de semillas. Las clases químicas de los insecticidas son: Hidrocarburos clorados (Órganoclorados), fosfatos orgánicos (Órganofosforados), carbamidas, piretroides y organometálicos (Argueta R. & Castro L. (2003)).

- **Las ventajas de estos insecticidas químicos**

- Actúan rápidamente.
- Son el único método de control práctico después de que la población de insectos llega al umbral económico de daños a un cultivo comercial.
- Están disponibles con una variedad de propiedades y además presentan efectividad sobre especies, y métodos de aplicación.
- Son relativamente baratos.

- **Desventajas de insecticidas químicos**

La resistencia de los insectos a los plaguicidas: esto es un problema creciente; algunas especies han desarrollado resistencia contra ciertos productos.

- Infestaciones de plagas secundarias: pocos insecticidas matan todo tipo de insecto, y algunos productos en realidad promueven el aumento de ciertos insectos. Por ejemplo, el uso continuo de CARBARYL en el mismo campo puede aumentar los problemas con algunos tipos de áfidos a los cuales no controla bien.
- Daños a otros insectos no escogidos: Estos incluyen los enemigos naturales beneficiosos, como las abejas y los animales silvestres (Argueta R. & Castro L. (2003)).

Los peligros de los residuos: algunos compuestos de hidrocarburos clorados, como DDT (Prohibido), ALDRIN (Prohibido), ENDRIN (Restringido), DIELDRIN (Restringido) y HEPTACLORO (Restringido), son altamente persistentes en el medio ambiente, y pueden acumularse en los tejidos grasos de los animales silvestres, ganado y del ser humano. - La toxicidad inmediata: algunos insecticidas son sumamente tóxicos al ser humano en las más mínimas cantidades. Insecticidas botánicos: con la creciente demanda de productos agrícolas libres de residuos agroquímicos se profundizó la necesidad de prácticas agronómicas que no agredan al medio ambiente más aún si de producción orgánica se trata. Por lo tanto, se buscaron nuevas alternativas que controlen las plagas agrícolas de un modo más racional, desde lo económico y lo ecológico. Numerosas sustancias químicas se producen naturalmente y funcionan en algún grado como insecticidas. Plantas de diferentes familias contienen principios activos que no son típicamente importantes para el metabolismo basal y se cree que resultan de la coevolución de las plantas y los insectos (Argueta R. & Castro L. (2003)).

8. MODO DE ACCIÓN DE LOS INSECTICIDAS BOTÁNICOS

- Acción repelente: Un repelente aleja a las plagas. Acción fagorepelente o efecto antialimentario: un fagorepelente tiene un efecto que permite a la plaga consumirlo, frenando su capacidad de comer, hasta que la plaga muere de hambre (Argueta R. & Castro L. (2003)).

- Veneno de contacto: son venenos de contacto los que matan a los insectos por absorción dentro del cuerpo; para ser efectivo tiene que hacer contacto con la plaga, así, la mata al tocarla. Veneno estomacal: al ser consumido por la plaga tiene un efecto tóxico contra el sistema digestivo de la plaga siendo eliminado de esta forma (Argueta R. & Castro L. (2003)).
- Disfrazar olores: Este modo aprovecha olores fuertes y desagradables de algunas plantas para ocultar el olor del cultivo al ser atacado (Argueta R. & Castro L. (2003)).

Combinación: es posible combinar varias plantas insecticidas para producir una preparación que tenga varios modos de acción.

Ventajas de los insecticidas botánicos:

- Protegen el suelo y los recursos naturales.
- Son de rápida degradación.
- Ayudan a reducir los costos de mantenimiento para los agricultores.
- Reducen los problemas fitosanitarios para la exportación.

9. PLAGUICIDAS ORGÁNICOS

Según Dupont, M; Solórzano, G & Castillo, H (1991), citado por Casasola, E. (1995). De acuerdo a estudios realizados sobre productos orgánicos que sirvan para controlar plagas en los cultivos, en Guatemala existen instituciones y personas realizando estudios de extractos vegetales que contribuyan en la regulación de las plagas.

Se menciona que las plantas no pueden moverse como nosotros y por eso no son capaces de huir de sus enemigos como insectos y otros animales. Pero esto no quiere decir que las plantas sean pasivas frente a sus enemigos. Por ejemplo, muchas plantas tienen espinas para alejar a los animales que las quieren comer, los cactus son un ejemplo. Además, algunas plantas tienen tricomas que pican al tocarlos, como el chichicaste. Por otra parte tenemos al zorrillo que no puede correr rápidamente y usa su olor desagradable para defenderse. Las plantas, inmóviles, necesitan todavía más sus olores fuertes para alejar a sus enemigos. Muchas plantas como el ajo, el ajenjo y la flor de muerto tienen olores fuertes que son desagradables a algunos insectos y sirven para repelerlos (Dupont, M. *et al.* 1991, citado por Casasola, E. 1995).

Se menciona que las serpientes y las arañas no son los únicos seres vivos que producen venenos. En el campo se encuentran muchas plantas que los campesinos llaman matapulga, matapiojo, mata—ratón, mataperro, barbasco, etc. Como lo indican sus nombres, estas plantas son venenosas y producen químicos, algunos de los cuales son tan fuertes que pueden matar a un ser vivo (Dupont, M. *et al.* 1991, citado por Casasola, E. 1995).

Por lo tanto, los químicos de estas plantas nos pueden servir para matar piojos, pulgas, o peces. Sin embargo las plantas producen estos químicos principalmente para su propia defensa contra los insectos. Dentro de estas plantas tenemos tabaco, derris, madre cacao, anona, etc. (Dupont, M. *et al.* 1991, citado por Casasola, E. 1995).

Es importante conocer los estudios realizados a cerca de la efectividad de los insecticidas orgánicos para el control de plagas en los diferentes cultivos. Vásquez Saquiche realizó en el occidente de Guatemala en 1986 un estudio sobre insecticidas de origen orgánico para el control de *Epilanchna varivestis* en frijol. En estos estudios se demostró la eficiencia de los mismos, concluyendo que es necesario incluirlos dentro de un programa de control, rotándolos con insecticidas químicos sintéticos ya que dicha combinación permite mejorar los rendimientos (Dupont, M. *et al.* 1991, citado por Casasola, E. 1995).

10. COMPUESTOS QUÍMICOS DE LA FLOR DE LOROCO

Según el informe de análisis del Laboratorio de Investigación de productos Naturales (LIPRONAT) del proyecto de investigación “Caracterización fitoquímica del loroco (*Fernaldia pandurata* Woodson) en los departamentos de Zacapa y Chiquimula”. Reportan el análisis de 16 muestras de loroco en la localidad de Chispán, Estanzuela, Zacapa, a las cuales se le realizaron tamizaje fitoquímico de cinco metabolitos secundarios. Donde al realizar la prueba de taninos, todas las pruebas de colorimetría dieron un resultado positivo a excepción de la muestra MF1, la cual por no cumplir con dos pruebas, esta se manifiesta como negativa, por lo que no posee presencia de taninos.

Se realizó la prueba de flavonoides por medio de cromatografía en capa fina (CCF), donde se encontró que todas las muestras presentan bandas de color anaranjado, verde y celeste, las cuales se interpretan como positivas. Sin embargo, todas presentaron una banda color anaranjado con un Rf: 0.39, el cual se manifiesta igual que el estándar de rutina, la cual presento una banda de coloración anaranjado y un Rf de 0.39; por lo que se confirma la presencia de flavonoides en las muestras y en específico se encuentra la rutina. Así mismo la muestra MB4, mostró una banda color verde con un Rf de 0.86, la cual está muy cerca del estándar de ácido clorogénico, el cual presento una banda de color verde con un Rf de 0.82, por lo que se puede decir que esta muestra posee además de rutina, ácido clorogénico (LIPRONAT, 2017).

Con respecto a la identificación de aceites esenciales también se realizó una CCF, en la cual se observó que todas las muestras presentaron bandas de color morado y café, las cuales indican positivo la presencia de estos metabolitos. Todas presentaron una banda específica de color morado, con un Rf de 0.82, siendo esta banda igual a la del estándar de cineol, el cual presento una banda morada con un Rf de 0.82, por lo que estas muestras poseen cineol como uno de sus aceites esenciales (LIPRONAT, 2017).

Se identificó saponinas por medio de CCF, en la cual todas las muestras presentaron una banda de color morado, con un Rf de aproximadamente 0.94, la cual es similar a la banda del estándar de saponinas al 1%, la cual presento una banda de color morado y un Rf de 0.93; por lo que las muestras si posee saponinas (LIPRONAT, 2007).

11. OBJETIVOS

11.1 General

- Evaluar los extractos metanólicos de flor y hoja de Loroco (*Fernaldia pandurata*), para el control de Áfidos (*Aphis gossypii*) en el cultivo de loroco, en las instalaciones del vivero del Centro Universitario de Oriente CUNORI, Chiquimula, Guatemala 2017.

11.2 Específicos

- Caracterización física y química de los extractos de flor y hoja de loroco (*Fernaldia pandurata*).
- Efecto de los extractos de flor y hoja de loroco en el control de Afidos (*Aphis gossypii*).
- Determinar la mejor alternativa de control desde el punto de vista financiero a través del análisis financiero de cada uno de los tratamientos para el control de Áfidos (*Aphis gossypii*).

12. HIPÓTESIS

12.1 Hipótesis alterna

- Al menos uno de los tratamientos tiene efecto en el control de áfidos (*Aphis gossypii*) en el cultivo de loroco.
- Al menos uno de los tratamientos es la alternativa más rentable para los productores de loroco.

13. METODOLOGÍA

13.1 Localización

El área experimental del proyecto se estableció en las instalaciones del vivero de la carrera de Agronomía del Centro Universitario de Oriente —CUNORI-, ubicado en el municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula (Anexo 2).

Geográficamente el vivero se encuentra a una latitud norte de 14° 07' 58'' y una longitud oeste de 89° 31'05'', con una elevación de 402 msnm. A 169 km de la ciudad capital de Guatemala. Con una extensión de 5,600 metros cuadrados de relieve plano a ondulado.

13.2 Clima y zona de vida del área de estudio

Según los registros de la estación climatológica del CUNORI, la temperatura máxima anual es de 39° C, una mínima de 16.3° C y una temperatura media anual de 27.6° C; con una precipitación media anual de 763 mm. La humedad relativa se estima en 60 % en verano y de 75 % en la época lluviosa. Según de la Cruz (1976) de acuerdo a la clasificación de Holdridge, el área del vivero pertenece a la zona ecológica Monte Espinoso Subtropical. Dentro de esta zona se tiene una precipitación anual entre 500 a 1000 mm, la elevación varía entre 180 y 400 msnm, la temperatura oscila entre los 24 y 36 °C grados, la vegetación natural está constituida mayormente por arbustos y plantas espinosas.

13.3 Socialización del proyecto

Para la socialización del proyecto se realizó una reunión/localidad con productores de las comunidades de; Camotán, Senegal y Chispán.

13.4 Caracterización física y química de los extractos de flor y hoja de loroco (*Fernaldia pandurata*).

13.4.1 Elaboración de extracto metanólico de loroco (flor y hoja)

Para la elaboración de extracto metanólico de flor y hoja, se realizaron los siguientes pasos:

Paso 1. Recolección del material vegetal de loroco flor (abierto) y hoja.

Paso 2. Secado del material vegetal (10 lbs) en horno de convección (corriente de aire).

Paso 3. Molido del material vegetal deshidratado.

Paso 4. Mezcla de material vegetal con alcohol metanol absoluto en relación 1:1.

Paso 5. Macerar por 8 días y filtrar.

Paso 6. Reconcentrar a ¼ de volumen inicial.

Paso 7. Se realizó una prueba a nivel de laboratorio para determinar el efecto del solvente (metanol) utilizado en la elaboración de extractos de flor y hojas, asperjando metanol sobre 10 pulgones dentro de una caja Petri, dejando en observación por un periodo de 24 horas; cumplido el tiempo estipulado, no presento efecto alguno sobre la mortandad de los pulgones.

13.4.2 Caracterización del extracto metanólico loroco (flor y hoja)

Para la caracterización del extracto metanólico de flor y hoja se realizó lo siguiente:

- **Determinación de densidad de los extractos metanólicos de loroco (flor y hoja)**

Paso 1. Medir 50 ml de extracto (flor y hoja).

Paso 2. Tarar 50 ml de extracto.

Paso 3. Dividir el resultado del paso 1 con el del paso 2.

- **Cuantificar el contenido de aceite esencial en el extracto de loroco (flor y hoja)**

Para la cuantificación del contenido de aceite esencial de los extractos de loroco, se enviaron muestras de flor y hoja de loroco al laboratorio de Investigación de Productos Naturales –LIPRONAT de la facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad San Carlos de Guatemala, para que determinaran metabolitos secundarios (flavonoides, saponinas, alcaloides y aceites esenciales) de hoja y flor de loroco por medio de Cromatografía de Capa Fina CCF. Seguidamente se enviaron muestras de extractos de flor y hoja de loroco al laboratorio de APAESA (Aromas, Perfumes, Aceites esenciales y Sabores, S.A.) para conocer los porcentajes de aceite esencial.

Por último se cuantifico el contenido de aceite esencial presente en los extractos de flor y hoja de loroco con los siguientes pasos:

Paso 1. Servir 100 ml de extracto (flor y hoja) en una ampolla de decantación.

Paso 2. Agregar 25 ml de tetracloruro de carbono a la ampolla.

Paso 3. Tapar y agitar por inversión por 3 veces, liberar presión.

Paso 4. Dejar reposar por 10 minutos.

Paso 5. Abrir la llave de paso y obtener el tetracloruro de carbono.

Paso 6. Repetir del paso No. 2 al paso No. 5 dos veces.

Paso 7. Tarar un vidrio de reloj.

Paso 8. Agregar el tetracloruro de carbono obtenido en el paso 5 y 6, dejar evaporar.

Paso 9. Tarar vidrio de reloj más el analito.

Paso 10. Restar el valor obtenido en el paso 8 menos el valor del paso 9.

- **Determinación del DL50 de los extractos metanólicos de loroco (flor y hoja)**

La metodología que se utilizó para determinar el DL50, fue la indicada por el Laboratorio del Bioterec de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, de la Universidad San Carlos de Guatemala-USAC-.

- **Determinación de solubilidad de los extractos metanólicos de loroco (flor y hoja)**

Para realizar las pruebas de solubilidad de los extractos, se realizaron mezclas de; 75%, 50% y 25% en agua, aceite mineral, metanol y agua/bicarbonato.

13.4 Efecto de los extractos de flor y hoja de loroco en el control de insectos en el cultivo de loroco.

- **Tratamientos evaluados**

Con base a los resultados del análisis de la dosis letal media de los extractos (DL50), se determinó que los extractos metanólicos de flor y hoja de loroco no presentan toxicidad considerable, motivo por el cual para la dosificación de diferentes tratamientos para el control de áfidos (*Aphis gossypii*), se utilizó dosis comerciales con base al % del contenido de aceite esencial. El ingrediente activo de flor y hoja de loroco es **ácido dodecanóico**, según los resultados de los análisis fitoquímicos realizados. El ingrediente activo del insecticida Foliplus es **Malathion**. El solvente que se utilizó fue **metanol**.

Cuadro No. 1. Descripción de los tratamientos utilizados sobre el control de áfidos (*Aphis gossypii*).

Tratamientos	Nombre de los productos a aplicar	Nombre genérico	Dosis por aspersor
T1	Extracto de		25 cc
T2	flor de		50 cc
T3	loroco	(Fernaldia	75 cc
T4	Extracto de	pandurata)	25 cc
T5	hoja de		50 cc
T6	loroco		75 cc
T7	Testigo comercial		25 cc
T8	Testigo absoluto	—	—

Fuente: Elaboración propia.

- **Diseño experimental**

Para realizar esta investigación se utilizó un diseño completamente al azar, el cual se conformó por 8 tratamientos y 4 repeticiones respectivamente.

- **Modelo estadístico**

El modelo aditivo lineal para Y_{ij} es:

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

En donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta asociada a la $i - j$ ésima unidad experimental

μ = Efecto de la media general del experimento

T_i = Efecto de i ... ésimo tratamiento

E_{ij} = Efecto del error experimental

- **Unidad experimental**

Cada unidad experimental se conformó por 3 plantas de loroco en macetas, las cuales estaban aisladas unas de otras, haciendo un total de 96 plantas.

- **Manejo del experimento**

- a) **Material vegetal**

La obtención del extracto vegetal se obtuvo de acuerdo con el apartado 13.4.1 de hojas de loroco y flores provenientes de plantas cultivadas en la Aldea Chispán, del municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa.

Obtención de los extractos vegetales: la elaboración de los extractos de hoja y flor de loroco, se obtuvieron por medio de maceración con metanol absoluto. La identificación de los principales componentes de las esencias se realizó de acuerdo a la sección 13.4.2.

- b) **Metodología de recolección de insectos**

El Áfido a recolectar es el *Aphis gossypii*. De acuerdo con Argueta R. & Castro L. (2003), este tipo de áfido o pulgón es considerado la principal plaga, que afecta las partes tiernas de la planta, succionando la savia, evitando el crecimiento y por lo tanto un descenso en la producción de flores de loroco. Además es una de las plagas que provocan mayor impacto en la producción del cultivo, ya que se tienen altos niveles de severidad, esto trae como consecuencia una producción de mala calidad y aumento en los costos de producción. Las poblaciones iniciales *Aphis gossypii* se recolectaron en las parcelas de loroco en la Aldea Chispán, municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa.

- c) **Técnica de aplicación**

Se colocaron con pincel y palos de madera en la zona del cuello 10 pulgones adultos sobre plantas de loroco con cuatro hojas verdaderas, y se dejó por un período de 15 días. Los tratamientos se realizaron por pulverización directa sobre plantas de loroco, dispuestas en macetas individuales. Se utilizó una bomba asperjadora. Los extractos de hoja y flor abierta loroco se formularon en solución acuosa empleando como emulsionante 2% de break thru (100% poliéter de trisiloxano modificado) y se utilizaron concentraciones ensayadas comerciales con base al % de aceite esencial de los extractos en ppm, se utilizó una bomba de 16 litros, efectuándose cuatro repeticiones y un testigo relativo y testigo en absoluto. Después de las aplicaciones se realizaron los recuentos de los áfidos presentes en cada planta a las 24:00 horas de la aplicación, transformándolos en porcentaje de repelencia:

$$\%R = (10 - \text{número de pulgones sobre la planta}/10) \times 100$$

- **Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico se realizó una prueba de medias LSD FISHER al 5%.

13.5 Determinación de la mejor alternativa desde el punto de vista financiero a través del análisis financiero de los tratamientos evaluados para el control de Áfidos.

Se determinó el costo por tratamiento y dosis efectiva para el control de Áfidos (*Aphis gossypii*), por medio del análisis financiero.

- **Análisis financiero**

Para realizar el análisis financiero de la investigación, se utilizó la metodología del costo-beneficio, utilizando el costo de producción y con él la comparación de rendimientos por concentraciones, el cual proporcionará información útil para tomar decisiones en el proceso de investigación.

14. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de la caracterización física y química de los extractos de flor y hoja de loroco (*Fernaldia pandurata*).

a) Elaboración de extracto metanólico de flor y hoja de loroco

Se recolectaron 10 libras de flor y hoja de loroco (se realizaron compras a agricultores) en las parcelas de loroco de la aldea de Chispán, Estanzuela, Zacapa, y en la aldea de Senegal, Río Hondo, Zacapa (Anexo 3, Fig. 1 y 2) luego se llevó el material al laboratorio de CUNORI, donde se colocó en horno de convección. Luego de secar el material (Anexo 3, Fig 3 y 4) se procedió a moler en un molino de mano, seguidamente se mezcló el material con alcohol metanol absoluto en relación 1:1 y por último se dejó reconcentrar a $\frac{1}{4}$ de volumen inicial (Anexo 3, Fig 5 a la 8).

b) Determinación de la densidad de los extractos de flor y hoja de loroco

La densidad se determinó, midiendo 10 ml de extracto de flor y hoja de loroco, para luego pesar el volumen en una balanza analítica, seguidamente se procedió a realizar el cálculo, el resultado fue; es 0.82gr/ml para el extracto de flor de loroco y para extracto de hoja es 0.80gr/ml (Anexo 4, Fig 1 y 2).

c) Determinación de solubilidad de los extractos de flor y hoja de loroco

La solubilidad de los extractos se realizó en las siguientes concentraciones 20%, 40%, y 80% para ambos extractos (flor y hoja de loroco), el resultado fue que son 100% solubles en agua (Anexo 4, Fig 3).

d) Cuantificación de aceite esencial de los extractos de flor y hoja de loroco

Se determinaron los metabolitos secundarios de los extractos de flor y hoja de loroco (taninos, flavonoides, saponinas, alcaloides y aceites esenciales) por medio Cromatografía de Capa Fina (CCF). Con el objetivo de conocer e identificar la familia de moléculas presentes en el aceite esencial de los extractos de flor y hoja de loroco. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales –LIPRONAT de la facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad San Carlos de Guatemala.

Según los resultados del informe de LIPRONAT (Anexo 5);

- La hoja y flor de loroco dieron positivo para las pruebas de taninos, flavonoides, alcaloides y aceites esenciales.
- Las hoja y flor de loroco dieron positivo para la prueba de colorimetría de taninos.
- Las dos muestras presentaron flavonoides, encontrándose rutina, quercetina e hiperósido.
- La hoja y flor de loroco no presentaron saponinas, debido a que no presentaron bandas color morado.
- La hoja y flor de loroco presentaron alcaloides ya que manifestaron una banda color anaranjado, pero no presentaron un Rf cercano a los estándares de atropina y papaverina.
- Ambas muestras presentan aceites esenciales, ya que todas presentaron bandas azules, moradas y rosadas, presentando la hoja timol y anetol y la flor timol, anetol y cineol.

Luego se enviaron muestras de extractos de flor y hoja de loroco al laboratorio de APAESA, para conocer el porcentaje de aceites por medio de cromatografía de gases (Anexo 6). Los resultados de APAESA muestran el porcentaje de aceites:

Cuadro No. 2. Porcentaje de aceite esencial presente en los extractos de flor y hoja de loroco

% de aceite	Aceite esencial
Extracto de flor de loroco	
37.43	Carvacrol
62.57	Ácido dodecanóico
Extracto de hoja de loroco	
6.28	Ácido acético
7.2	Carvacrol
82.63	Ácido dodecanóico
3.37	2-Penten-1-ol

Fuente: APAESA, 2018.

El ácido dodecanóico es de interés debido a las propiedades insecticidas y fungicidas. Con base a este, se realizaron las concentraciones de aceite esencia en los extractos de flor y hoja de loroco.

Cálculos para determinar la concentración de ácido dodecanóico presente el extracto de flor de loroco

Datos

Densidad= 0.82 /ml

% de ácido dodecanóico presente en aceite esencial= 62.57%

Procedimiento

Gramos de aceite esencial presente en 10ml de extracto

Peso final – Peso inicial

$77.8945 - 77.7097 = 0.1848 \text{ gr}$

10ml de extracto de flor de loroco contiene 0.1848 gr de aceite esencial

$10\text{ml de extracto} * 0.82 \text{ gr extracto} = \underline{8.2\text{gr de extracto}}$

1ml de extracto

8.2gr ----- 100%

0.1848 --- X= 2.25% **El extracto de flor de loroco contiene un 2.25% de aceite esencial**

2.25% ----- 100%

X ----- 62.57% = 1.40% **El ácido dodecanóico se encuentra en 1.40% en el extracto de flor de loroco que equivale a 14,078.25 ppm**

Cálculos para determinar la concentración de ácido dodecanóico presente en el extracto hoja de loroco

Datos

Densidad= 0.80 /ml

% de ácido dodecanóico presente en aceite esencial= 82.63%

Procedimiento

Gramos de aceite esencial presente en 10ml de extracto

Peso final – Peso inicial

83.7431 – 83.3911= 0.352 gr

10ml de extracto de flor de loroco contiene 0.352 gr de aceite esencial

10ml de extracto * 0.80 gr extracto = 8gr de extracto

1ml de extracto

8 gr ----- 100%

0.352gr --- X= 4.4% **El extracto de hoja de loroco contiene un 4.4% de aceite esencial**

4.4% ----- 100%

X ----- 82.63% = 3.63%

El ácido dodecanóico se encuentra en 3.63% en el extracto de hoja de loroco que equivale a 36,357.2 ppm

e) Determinación del DL50 de los extractos metanólicos de loroco (flor y hoja)

La determinación de la DL50, se determinó en el laboratorio del Bioterio de la facultad de Ciencias Químicas y Farmacia en la Universidad San Carlos de Guatemala. Los resultados de toxicidad de los extractos según el reporte entregado por el Bioterio en base a la metodología OECD 423 la DL50 oral aguda de los extractos metanólicos de hoja y flor de loroco se encuentra en la categoría 5 (>2000-5000 mg/kg) siendo relativamente poco tóxico (Anexo 7).

Resultados sobre el efecto de los extractos de flor y hoja de loroco en el control de insectos en el cultivo de loroco.

a) Tratamientos evaluados

Se evaluaron 8 tratamientos, con tres repeticiones. Debido a que el extracto de flor y hoja de loroco no presenta toxicidad considerable (DL50) según el análisis del Bioterio, se optó por utilizar dosis comerciales, para lo cual se realizaron los siguientes cálculos:

Cálculos para determinar las concentraciones de ácido dodecanóico utilizadas en la evaluación de los tratamientos evaluados:

Extracto de flor de loroco

Datos

El ácido dodecanóico se encuentra en 1.40% en el extracto de flor de loroco que equivale a 14,078.25 ppm

Tratamiento No. 1

$$C2 = \frac{14,078.25 \text{ ppm} * 0.025 \text{ lt}}{16 \text{ lt}} = 23 \text{ ppm}$$

*1 copa por cada 16 litros de agua

Tratamiento No. 2

$$C2 = \frac{14,078.25 \text{ ppm} * 0.050 \text{ lt}}{16 \text{ lt}} = 44 \text{ ppm}$$

*2 copa por cada 16 litros de agua

Tratamiento No. 3

$$C2 = \frac{14,078.25 \text{ ppm} * 0.075 \text{ lt}}{16 \text{ lt}} = 66 \text{ ppm}$$

*3 copa por cada 16 litros de agua

Extracto hoja de loroco

El ácido dodecanóico se encuentra en 3.63% en el extracto de hoja de loroco que equivale a 36,357.2 ppm

Tratamiento No. 4

C2= Concentración de ácido dodecanóico utilizado en la evaluación de los tratamientos

$$C2 = \frac{36,357.2 * 0.025\text{lt}}{16\text{lt}} = 56.80 \text{ ppm}$$

16lt

*1 copa de 25ml por cada 16 litros de agua

Tratamiento No. 5

$$C2 = \frac{36,357.2 * 0.050\text{lt}}{16\text{lt}} = 113.61 \text{ ppm}$$

16lt

Tratamiento No. 6

$$C2 = \frac{36,357.2 * 0.075\text{lt}}{16\text{lt}} = 170.42 \text{ ppm}$$

16lt

Cuadro No. 3. Dosis utilizadas en la evaluación de control de áfidos (*Aphis gossypii*).

Tratamiento	Dosis
T1 Extracto de flor	23 ppm
T2 Extracto de flor	44 ppm
T3 Extracto de flor	66 ppm
T4 Extracto de hoja	56.80 ppm
T5 Extracto de hoja	113.61 ppm
T6 Extracto de hoja	170.42 ppm
T7 Químico (FOLIPLUS 48 EC)	77 ppm
T8 Testigo absoluto	No se utilizó ningún producto

Fuente: Elaboración propia.

b) Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar, el cual se conformó por 8 tratamientos y 4 repeticiones respectivamente. Para realizar el diseño experimental se instaló un mega túnel en el área del vivero del CUNORI, dentro del mega túnel se colocaron las macetas con las plantas de loroco. A las plantas de loroco se les dio mantenimiento; riego, poda y fertilización, (Anexo 8, Fig. 1 a la 8) esto con el fin de que crecieran sanamente y se lograran desarrollar, para luego al momento de contar con 4 hojas verdaderas según la metodología, se iniciaría con la fase de inoculación de áfidos y posterior con la evaluación de los extractos de flor y hoja de loroco.

Cada unidad experimental se conformó por 3 plantas de loroco en macetas, las cuales se aislaron unas de otras, en total se utilizaron 96 plantas. Para aislar cada tratamiento se utilizó varas de bambú y agribón (barrera física entre la planta y el medio, protegiéndola de plagas,

insectos, infecciones y polvo), para esta actividad se contó con la participación de alumnos de la carrera de agronomía (Anexo 9, Fig. 1, 2 y 3).

c) Manejo del experimento

Recolección de áfidos (*Aphis gossypii*)

La recolección de áfidos se realizó en las parcelas de loroco del señor José Vargas en la aldea Chispán, municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa. Para lo cual se seleccionó hojas infestadas con áfidos, se almacenaron en bolsas plásticas con cierre hermético (Anexo 10, Fig. 1, 2, 3).

Técnica de aplicación

Luego de la recolección de áfidos se llevaron las muestras al laboratorio de agua de CUNORI, donde se realizó la separación de áfidos en las hojas de loroco. Se colocaron los áfidos en un recipiente plástico (Anexo 11, Fig. 1). Una vez separados los áfidos se dio inicio a la inoculación de las plantas de loroco, se utilizó un pincel y varas de madera para aplicación de áfidos a en las hojas. Y se dejó reproducir por un período de 15 días (Anexo 11, Fig. 2, 3 y 4).

Resultados de repelencia para los extractos de flor y hoja de loroco en el control de áfidos (*Aphis gossypii*).

Después de 24 horas de llevar a cabo la aplicación de extractos de hoja y flor de loroco según los tratamientos establecidos, se realizó el conteo de áfidos y se determinó el % de repelencia por medio de la siguiente formula: $\%R = (10 - \text{número de pulgones sobre la planta}/10) \times 100$.

Resultados de porcentaje de repelencia para extracto de flor de loroco

T1 EXTRACTO FLOR 23PPM				
	P1	P2	P3	P4
R1	0	0	0	40
R2	0	0	0	30
R3	0	30	0	0

T2 EXTRACTO FLOR 44 PPM				
	P1	P2	P3	P4
R1	0	30	70	0
R2	0	40	0	0
R3	0	0	40	0

T3 EXTRACTO FLOR 66PPM				
	P1	P2	P3	P4
R1	0	0	0	50
R2	60	0	50	0
R3	0	0	0	40

Resultados de porcentaje de repelencia para extracto de hoja de loroco

T4 EXTRACTO HOJA 56.80PPM				
	P1	P2	P3	P4
R1	40	40	30	40
R2	40	40	30	40
R3	30	40	40	30

T5 EXTRACTO HOJA 113.61PPM				
	P1	P2	P3	P4
R1	50	50	60	50
R2	50	60	60	60
R3	40	70	40	60

T6 EXTRACTO HOJA 170.42PPM				
	P1	P2	P3	P4
R1	70	80	70	80
R2	70	70	80	70
R3	60	70	80	80

Resultados de repelencia para el tratamiento con FOLIPLUS 48 EC y para el testigo blanco.

T7 TESTIGO QUÍMICO 77 PPM				
	P1	P2	P3	P4
R1	80	80	50	80
R2	90	90	90	50
R3	80	70	70	70

T8 TESTIGO ABSOLUTO				
	P1	P2	P3	P4
R1	0	0	0	0
R2	0	0	0	0
R3	0	0	0	0

Análisis estadístico de los resultados de repelencia

Variable dependiente: REPELENCIA

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2 0	R2 1
24	-22.03	-14.31	21.02	0.05	0.98	0.98

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	14	807.37	<0.0001
TRATAMIENTO	7	14	113.38	<0.0001

Pruebas de hipótesis tipo III - prueba

	Source	numDF	denDF	F-value	p-value
1	TRATAMIENTO	7	14	113.38	<0.0001

Parámetros de los efectos aleatorios

Modelo de covarianzas de los efectos aleatorios: pdIdent

Formula: ~1|REPETICION

Desvíos estándares y correlaciones

	(const)
(const)	0.01

REPELENCIA - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E.E.				
T7	0.75	0.03	A			
T6	0.73	0.03	A			
T5	0.54	0.03		B		
T4	0.37	0.03			C	
T3	0.17	0.03				D
T2	0.15	0.03				D
T1	0.08	0.03				D E
T8	0.00	0.03				E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Al porcentaje de repelencia obtenido se les realizó la prueba de medias LSD FISHER al 5% obteniendo un $R^2=0.98$ dato que representa el porcentaje de variabilidad representado por los datos y el modelo estadístico obteniendo un coeficiente de variación de 13.77 considerándose como una ejecución adecuada del experimento.

Se obtuvo un P-valor < 0.0001 , lo que indica que es altamente significativa la diferencia entre tratamientos. De las cuales se obtuvieron 5 categorías (A, B, C, D, E), siendo el tratamiento T7 (testigo químico 77 ppm) y T6 (extracto de hoja de loroco 170.42 ppm) ambos estadísticamente son los mejores e iguales en cuanto a repelencia de los tratamientos evaluados.

Después de realizar las aplicaciones se prepararon las muestras (hojas de loroco con áfidos) en cajas plásticas y se almacenaron en una hielera, para luego enviarlas al laboratorio de Agroexpertos (Anexo 12).

Los resultados del laboratorio de Agroexpertos reportan que los pulgones es la principal plaga encontrada en las muestras de hojas de loroco. Los áfidos encontrados corresponden a la especie de *Aphis gossypii* (Anexo 13). Con base a estos resultados, podemos sustentar que los áfidos repelidos en la investigación era la especie de interés.

Determinación de la mejor alternativa desde el punto de vista financiero a través del análisis financiero de los tratamientos evaluados para el control de Áfidos.

- **Análisis financiero**

Se determinó el costo-beneficio, utilizando el costo de producción y comparación de los rendimientos por concentración de los 8 tratamientos evaluados.

Cuadro No. 4. Costos unitarios de producción para la elaboración de extractos de flor y hoja de loroco

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Total
Extracto Flor Loroco				
<u>Materias primas</u>				
Flor de loroco, húmeda (2 libras flor seca)	libras	2	Q 50.00	Q 100.00
Teflón	rollo	1	Q 12.50	Q 12.50
Alcohol	galón	1	Q 50.00	Q 50.00
Filtro	unidad	1	Q 12.50	Q 12.50
Subtotal materias primas				Q 175.00
<u>Mano de obra</u>	unidad	1	Q 50.00	Q 50.00
Total costos extracto, 1 litro				Q 225.00
Extracto hoja loroco				
<u>Materia prima</u>				
Hoja loroco	libra	2	Q 15.00	Q 30.00
Teflón	rollo	1	Q 12.50	Q 12.50
Alcohol	galón	1	Q 50.00	Q 50.00
Filtro	unidad	1	Q 12.50	Q 12.50
Subtotal materias primas				Q 105.00
<u>Mano de obra</u>	unidad	1	Q 50.00	Q 50.00
Total costos extracto, 1 litro				Q 155.00

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro No. 5. Costo de aplicación por tratamiento

Producto	Concentración ppm		Dosis	Tratamiento	Concentración dosis	Costo litro	Costo aplicación	Relación Costo y Concentración
Extracto flor de loroco	14,078.25	ppm	1 copa	T1	23 ppm	Q 225.00	Q 5.65	0.016
			2 copas	T2	44 ppm		Q 11.25	
			3 copas	T3	66 ppm		Q 16.87	
Extracto hoja de loroco	36,357.20	ppm	1 copa	T4	56.8 ppm	Q 155.00	Q 3.87	0.004
			2 copas	T5	113.61 ppm		Q 7.75	
			3 copas	T6	170.42 ppm		Q 11.69	
FOLIPLUS	48000 ppm		1 copa	T7	77 ppm	Q 110.00	Q 2.75	

Fuente: Elaboración propia.

Considerando la relación de concentración y costo de litro (0.016/0.004) el costo/beneficio de la hoja con relación a la flor, es 4 veces mayor, en consecuencia, los beneficios de utilizar la hoja serán 3 veces mayores. En todos los tratamientos de aplicación del extracto de flor, el costo de cada dosis es mayor que el costo de aplicación en todas las dosis del extracto de hoja (para 1 copa de flor el costo es Q5.65, en tanto que 1 copa de la dosis de hoja es de Q3.87, y así, para todas las dosis).

15. CONCLUSIONES

- Se determinó por cromatografía de capa final que el extracto de flor de loroco y de hoja presentan metabolitos secundarios como; taninos, flavonoides (rutina, quercetina e hiperósido), alcaloides y aceites esenciales. Sin embargo no presentaron saponinas.
- Según los resultados del análisis por cromatografía de gases, el extracto de hoja presenta el mayor porcentaje de ácido dodecanóico con 82.63%, mientras que el extracto de flor de loroco 62.57%.
- De acuerdo con los análisis de toxicológico DL50 (Dosis Letal Media) reportados por el Bioterio, con base a la metodología OECD 423 la DL50 oral aguda de los extractos de hoja y flor de loroco, se encuentra en la categoría 5 (>2000-5000 mg/kg) siendo relativamente poco tóxico.
- Con base al análisis estadístico se concluye que la hipótesis alterna “Al menos uno de los tratamientos tiene efecto en el control de áfidos (*Aphis gossypii*) en el cultivo de loroco.” es verdadera.
- Los resultados estadísticos del porcentaje de repelencia demuestran que los extractos de hoja de loroco presentaron un mayor efecto en cuanto a repelencia en comparación con los extractos de flor de loroco.
- Se concluye que con base al análisis estadístico el T7 (tratamiento químico) y el T6 (tratamiento extracto de hoja de loroco) ambos son los que presentaron mejores e iguales resultados en cuanto a repelencia de los 8 tratamientos evaluados.
- Se puede concluir que el ácido dodecanóico contenido en el extracto de hoja de loroco, presenta efecto insecticida sobre los áfidos (*Aphis gossypii*).
- Con base al análisis financiero de costo-beneficio, se puede concluir que todos los tratamientos de aplicación de extracto de flor de loroco, el costo de cada dosis es mayor que el costo de aplicación en todas las dosis de extracto de hoja de loroco (para 1 copa de flor el costo es Q5.65, en tanto que 1 copa de la dosis de hoja es de Q3.87, y así, para todas las dosis.
- Considerando la relación de concentración y costo de litro (0.016/0.004) el costo/beneficio de la hoja con relación a la flor, es 4 veces mayor, en consecuencia, los beneficios de utilizar la hoja serán 3 veces mayores
- El tratamiento que obtuvo mayor efecto de repelencia de los extractos de loroco, es el tratamiento 6, que tiene un costo de aplicación Q 11.69.

16. RECOMENDACIONES

- Realizar una investigación donde se evalúen intervalos de aplicación para el control de áfidos (*Aphis gossypii*) en el cultivo de loroco, utilizando extracto de hoja de loroco.
- Se recomienda sistemas de deshidratación a una mayor escala, para disminuir los costos de producción del extracto de hoja de loroco.
- Se recomienda evaluar el extracto de hoja de loroco para el control de insectos con cuerpos quitinosos, con base a los resultados obtenidos en la investigación realizada.
- Se recomienda implementar prácticas de deshidratación y almacenamientos de hojas de loroco a productores de loroco.

17. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Argueta R. & Castro L. (2003). Evaluación preliminar de la actividad plaguicidas de cinco extractos botánicos para combatir al pulgón (*Aphis Neri Boyer de Fonscolombe*) del loroco (*Fernaldia pandurata woodson*). Universidad del Salvador.
- Casasola, E. (1995). Efectividad del uso de extractos orgánicos para el control de Mosca Blanca *Bemisia tabaci*; en el cultivo de frijol *Phaseolus vulgaris l*, en el municipio de San José La Arada, Chiquimula. (Tesis de Licenciatura), Centro Universitario de Oriente –CUNORI-.
- CENTA (1992). El cultivo de loroco. Boletín divulgativo N° 57. Departamento de Comunicaciones, San Andrés, La Libertad, El Salvador, C.A. pp. 16-17
- Dupont, M; Solórzano, G & Castillo, H (1991). Preparación y uso de plaguicidas naturales Momostenango, Totonicapán, Guatemala , Alartec 56 p
- Laboratorio de Investigación de Productos Naturales –LIPRONAT-, (2017). Informe de análisis de resultados No. 007-050717 Edificio T-10, Laboratorio 106, USAC.
- López, C. (2005). Búsqueda y caracterización in situ del cultivo del loroco (*fernaldia spp. woodson*) en la región sur occidental de Guatemala”.
- Miranda, S. (2014). Evaluación de sustratos para la producción en contenedor de plantas de Pino (*Pinus oocarpa Scheide*) y Cedro (*Cedrela odorata L.*), en el vivero de la carrera de Agronomía del Centro Universitario de Oriente –CUNORI-, Chiquimula, Guatemala, 2013.
- Palencia, M. (2003). Diagnóstico preliminar de las enfermedades fungosas y bacterianas en el cultivo de loroco (*Fernaldia pandurata Wodson*). Tesis de Licenciatura. Universidad San Carlos de Guatemala.
- Parada, J; Sermeño, J & Rivas, W. (2002). El cultivo de loroco (*Fernaldia pandurata*) en el Salvador. Manual Técnico. “Proyecto regional de fortalecimiento de la vigilancia fitosanitaria en cultivos de exportación no tradicional República de China – OIRSA”. Disponible en [oirsa.org.sv/ Publicaciones/VIFINEX/ Manuales El-Salvador/Loroco-00.htm](http://oirsa.org.sv/Publicaciones/VIFINEX/Manuales/El-Salvador/Loroco-00.htm)
- Salazar, M. (2013). Proceso de producción y comercialización del cultivo de Loroco (*Fernaldia pandurata, Woodson, Apocynaceae*), en la mancomunidad del cono sur del departamento de Jutiapa (2000-2009). (Estudio de caso). Guatemala.

Sasaki, S. y Alvarado, M. (1994). Manual del curso básico de agricultura orgánica. Estación experimental agrícola "Fabio Baudrit M", Alajuela. 30 p.

Yac Juárez, E. (1993). Caracterización agro económica del cultivo de loroco (*Fernaldia pandurata* W.), en las zonas seca y muy seca de El Progreso y Zacapa. (Tesis de Licenciatura). Universidad San Carlos de Guatemala –USAC-. 73 pp.

18. ANEXOS

Anexo 1. Informe del análisis de resultados por LIPRONAT



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Laboratorio de Investigación de Productos Naturales
-LIPRONAT-

Informe No. 007-050717

INFORME DE RESULTADOS

Actividad solicitada: Tamizaje fitoquímico de metabolitos secundarios (alcaloides, flavonoides, saponinas, taninos y aceites esenciales) de muestras de loroco.

Solicitante: Abner Rodas.

Fecha de solicitud: 09 de junio de 2017.

RESULTADOS

Tabla No.01 "TANINOS"

Mx./Reactivos	Gelatina 1%	Gelatina-sal	FeCl ₃	TESTIGO
MF5	Formación de precipitado. (+)	Turbidez (+)	Coloración bronce. (+)	Incoloro.
MB5	Formación de precipitado. (+)	Turbidez (+)	Coloración bronce. (+)	Incoloro.
MF4	Formación de precipitado (+)	Turbidez (+)	Coloración bronce. (+)	Incoloro.
MB4	Formación de precipitado. (+)	Turbidez (+)	Coloración bronce. (+)	Incoloro.
MF8	Formación de precipitado. (+)	Turbidez (+)	Coloración bronce. (+)	Incoloro.
MB8	Formación de precipitado. (+)	Turbidez (+)	Coloración bronce. (+)	Incoloro.
MB7	Formación de precipitado. (+)	Turbidez (+)	Coloración bronce. (+)	Incoloro.
MF7	Formación de precipitado. (+)	Incoloro (-)	Coloración bronce. (+)	Incoloro.
MF6	Formación de precipitado. (+)	Turbidez (+)	Coloración bronce. (+)	Incoloro.
MB6	Formación de precipitado. (+)	Turbidez (+)	Coloración bronce. (+)	Incoloro.
MF1	Incoloro (-)	Incoloro (-)	Coloración bronce. (+)	Incoloro.
MB1	Formación de precipitado. (+)	Incoloro (-)	Coloración bronce. (+)	Incoloro.
MB2	Formación de precipitado. (+)	Incoloro (-)	Coloración bronce. (+)	Incoloro.
MF2	Formación de precipitado. (+)	Turbidez (+)	Coloración bronce. (+)	Incoloro.

MF3	Formación de precipitado. (+)	Turbidez (+)	Coloración bronce. (+)	Incoloro.
MB3	Formación de precipitado. (+)	Incoloro (-)	Coloración bronce. (+)	Incoloro.

Fuente: Datos Experimentales. Laboratorio de Investigación de Productos Naturales -LIPRONAT-. Edificio T-10, Laboratorio 106, USAC.

(-) = Negativo; (+) = Positivo

Tabla No.02 “FLAVONOIDES”

Condiciones:

- FM: acetato de etilo: ácido fórmico: ácido acético glacial: agua; (100:11:11:27)
- Frente de solvente: 7.1 cm
- Estándares:
 - ✓ Quercertina: Banda única: RF: 0.80, anaranjado
 - ✓ Rutina: Banda única: RF: 0.39, anaranjado
 - ✓ Ácido clorogénico: Banda 1: RF: 0.54, anaranjado

Banda 2: RF: 0.82, verde.

Mx.	Banda	cm.	Color	Rf.
MF8	1	2.8	Anaranjado	0.39
	2	3.9	Verde	0.55
	3	5.1	Celeste	0.72
MB8	1	2.6	Anaranjado	0.37
	2	3.5	Verde	0.49
	3	4.8	Celeste	0.68
MB2	1	2.1	Verde	0.30
	2	2.6	Anaranjado	0.37*
	3	3.5	Verde	0.49
	4	4.7	Celeste	0.66
MF2	1	2.1	Verde	0.30
	2	2.6	Anaranjado	0.37
	3	3.5	Verde	0.49
	4	4.6	Celeste	0.65
MF1	1	2.6	Anaranjado	0.37
	2	3.4	Verde	0.49
	3	4.8	Celeste	0.68
MB1	1	2.6	Anaranjado	0.37
	2	3.5	Verde	0.49
	3	4.7	Celeste	0.66
MF3	1	2.6	Anaranjado	0.37
	2	3.6	Verde	0.51
	3	4.7	Celeste	0.66
MB3	1	2.6	Anaranjado	0.37
	2	3.6	Verde	0.51
	3	4.7	Celeste	0.66
MB7	1	2.1	Verde	0.30

	2	2.5	Verde	0.35
	3	2.8	Anaranjado	0.39
	4	3.6	Verde	0.51
	5	4.8	Celeste	0.68
	6	6.4	Verde	0.90
	7	6.8	Rojo	0.96
MF7	1	2.1	Verde	0.30
	2	2.5	Verde	0.35
	3	2.7	Anaranjado	0.38
	4	3.5	Verde	0.49
	5	4.7	Celeste	0.66
	6	6.4	Celeste	0.90
MF6	1	2.1	Verde	0.30
	2	2.7	Anaranjado	0.38
	3njado	3.5	Verde	0.49
MB6	1	2.0	Verde	0.28
	2	2.5	Verde	0.35
	3	2.7	Anaranjado	0.38
	4	3.5	Verde	0.49
	5	4.7	Celeste	0.66
	6	6.3	Verde	0.88
	7	6.7	Rojo	0.94
MF4	1	2.0	Verde	0.28
	2	2.4	Verde	0.34
	3	2.7	Anaranjado	0.38
	4	3.6	Verde	0.51
	5	4.6	Celeste	0.65
MB4	1	2.0	Verde	0.28
	2	2.4	Verde	0.34
	3	2.7	Anaranjado	0.38
	4	3.5	Verde	0.49
	5	4.6	Celeste	0.65
	6	6.1	Verde	0.86
	7	6.7	Rojo	0.94
MF5	1	2.1	Verde	0.30
	2	2.7	Anaranjado	0.38
	3	3.6	Verde	0.51
	4	4.7	Celeste	0.66
MB5	1	2.2	Verde	0.31
	2	2.7	Verde	0.38
	3	2.9	Anaranjado	0.41
	4	3.9	Verde	0.55
	5	5.0	Celeste	0.70
Quercertina	1	5.6	Anaranjado	0.80
Rutina	1	2.7	Anaranjado	0.39
Ácido clorogénico	1	3.8	Anaranjado	0.54
	2	5.8	Verde	0.82

Fuente: Datos Experimentales. Laboratorio de Investigación de Productos Naturales -LIPRONAT-. Edificio T-10, Laboratorio 106, USAC.

Tabla No.03 “ACEITES ESENCIALES”

Condiciones:

- Fase móvil: tolueno-acetato de etilo (93:7)
- Frente de solvente: 7.1 cm
- Estándares:
 - ✓ Timol: Banda 01: RF: 0.35, café

Banda 02: RF: 0.56, rojo.

- ✓ Anelol: Banda única: RF: 0.76, morado.
- ✓ Cineol: Banda única: RF: 0.82, morado.

Mx.	Banda	cm.	Color	Rf.
MF8	1	1.7	Café	0.24
	2	6.0	Morado	0.84
MB8	1	1.2	Café	0.17
	2	1.8	Café	0.25
	3	6.0	Café	0.84
MB2	1	1.2	Café	0.17
	2	1.8	Morado	0.25
	3	5.8	Morado	0.82
MF2	1	1.2	Café	0.17
	2	1.8	Morado	0.25
	3	5.8	Morado	0.82
MF1	1	1.1	Café	0.15
	2	1.8	Café	0.25
	3	6.0	Morado	0.84
MB1	1	1.2	Café	0.17
	2	1.8	Morado	0.25
	3	6.0	Morado	0.84
MF3	1	1.2	Café	0.17
	2	1.8	Morado	0.25
	3	5.8	Morado	0.82
MB3	1	1.1	Café	0.15
	2	1.7	Morado	0.24
	3	5.9	Morado	0.83
MB7	1	1.1	Café	0.15
	2	1.8	Café	0.25
	3	5.8	Morado	0.82
MF7	1	1.8	Café	0.25
	2	5.7	Morado	0.80
MF6	1	1.2	Café	0.17
	2	1.7	Morado	0.24
	3	6.0	Morado	0.84
MB6	1	1.2	Café	0.17
	2	1.8	Morado	0.25
	3	5.9	Morado	0.83
MF4	1	1.2	Café	0.17
	2	1.8	Café	0.25
	3	6.0	Morado	0.84

MB4	1	1.2	Café	0.17
	2	1.8	Café	0.25
	3	6.0	Morado	0.84
MF5	1	1.2	Café	0.17
	2	1.8	Morado	0.25
	3	6.0	Morado	0.84
MB5	1	1.2	Café	0.17
	2	1.8	Morado	0.25
	3	6.0	Morado	0.84
Timol	1	2.4	Café	0.35
	2	3.9	Rojo	0.56
Anelol	1	5.4	Morado	0.76
Cineol	1	5.8	Morado	0.82

Fuente: Datos Experimentales. Laboratorio de Investigación de Productos Naturales -LIPRONAT-. Edificio T-10, Laboratorio 106, USAC.

Tabla No.04 “SAPONINAS”

Condiciones:

- Fase móvil: clorofomro: metanol: agua (64:50:10).
- Frente de solvente: 7.2 cm
- Estándares:
 - ✓ Estándar de Saponina 1%: RF: 0.93; Morado.

Mx.	Banda	cm.	Color	Rf.
MF8	1	7.0	Morado	0.97
MB8	1	6.8	Morado	0.94
MB2	1	6.8	Morado	0.94
MF2	1	6.8	Morado	0.94
MF1	1	6.8	Morado	0.94
MB1	1	6.8	Morado	0.94
MF3	1	6.8	Morado	0.94
MB3	1	6.8	Morado	0.94
MB7	1	6.8	Morado	0.94
MF7	1	6.8	Morado	0.94
MF6	1	6.9	Morado	0.96
MB6	1	6.9	Morado	0.96
MF4	1	7.0	Morado	0.97
MB4	1	7.0	Morado	0.97
MF5	1	6.9	Morado	0.96
MB5	1	6.9	Morado	0.96
Estándar de Saponina 1%:	1	6.7	Morado	0.93

Fuente: Datos Experimentales. Laboratorio de Investigación de Productos Naturales -LIPRONAT-. Edificio T-10, Laboratorio 106, USAC.

Tabla No.05 “ALCALOIDES”

Condiciones:

- Fase móvil: tolueno: acetato de etilo: dietilamina (70:20:10).
- Frente de solvente: 7.0 cm
- Estándares:
 - ✓ Atropina: RF: 0.4; café.
 - ✓ Papaverina: RF: 0.56; café.

Mx.	Banda	cm.	Color	Rf.
MF5	1	2.3	Café	0.33
MB5	0	/	/	/
<i>* Ninguna de las muestras manifestó alguna banda</i>				
Atropina	1	2.8	Café	0.4
Papaverina	1	3.9	Café	0.56

Fuente: Datos Experimentales. Laboratorio de Investigación de Productos Naturales –LIPRONAT-. Edificio T-10, Laboratorio 106, USAC.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se analizaron 16 muestras de loroco, a las cuales se le realizaron tamizaje fitoquímico de cinco metabolitos secundarios. Donde al realizar la prueba de **taninos**, todas las pruebas de colorimetría dieron un resultado positivo a excepción de la muestra MF1, de Darwin Vargas, la cual por no cumplir con dos pruebas, esta se manifiesta como negativa, por lo que no posee presencia de taninos (Ver tabla No.01).

Ahora bien, se les realizó la prueba de **flavonoides** por medio de cromatografía en capa fina (CCF), donde se encontró que todas las muestras presentan bandas de color anaranjado, verde y celeste, las cuales se interpretan como positivas (ver tabla No.02). Sin embargo, todas presentaron una banda color anaranjado con un Rf: 0.39, el cual se manifiesta igual que el estándar de rutina, la cual presento una banda de coloración anaranjado y un Rf de 0.39; por lo que se confirma la presencia de flavonoides en las muestras y en específico se encuentra la rutina. Así mismo la muestra MB4, de Antonio Pinto, mostró una banda color verde con un Rf de 0.86, la cual está muy cerca del estándar de ácido clorogénico, el cual presento una banda de color verde con un Rf de 0.82, por lo que se puede decir que esta muestra posee además de rutina, ácido clorogénico.

Con respecto a la identificación de **aceites esenciales** también se realizó una CCF, en la cual se observó que todas las muestras presentaron bandas de color morado y café, las cuales indican positivo la presencia de estos metabolitos (ver tabla No.03). Ahora bien todas presentaron una banda específica de color morado, con un Rf de 0.82, siendo esta banda igual a la del estándar de cineol, el cual presento una banda morada con un Rf de 0.82, por lo que estas muestras poseen cineol como uno de sus aceites esenciales.

Se identificó **saponinas** por medio de CCF, en la cual todas las muestras presentaron una banda de color morado, con un Rf de aproximadamente 0.94 (ver tabla No.04), la cual es similar a la banda del estándar de saponinas al 1%, la cual presento una banda de color morado y un Rf de 0.93; por lo que las muestras si posee saponinas.

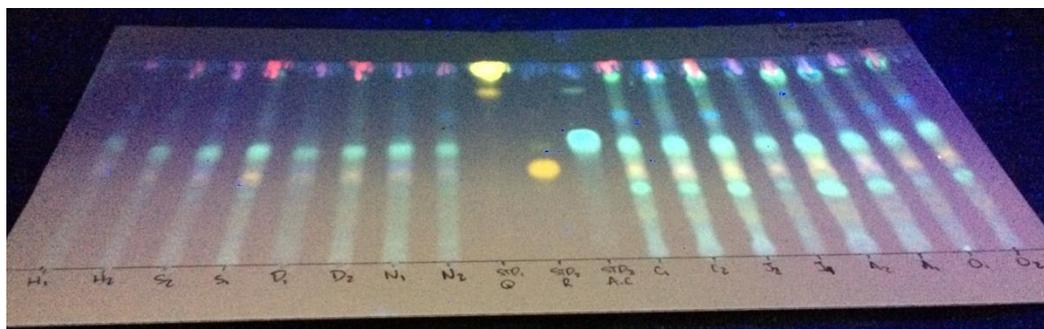
Así mismo se identificó **alcaloides**, por medio de CCF, donde solamente la muestra MF5 presentó una banda color café con un Rf de 0.33 (ver tabla No.05). Las demás muestras no presentaron ninguna banda (Ver anexo). Y no se identifica algún alcaloide en específico, ya que los estándares empleados presentaron si, la banda de color café, pero con Rf distintos, siendo atropina de 0.4 y de papaverina 0.56.

CONCLUSIONES.

- Todas las muestras se manifiestan como positivo para las pruebas de taninos, flavonoides, aceites esenciales y saponinas.
- Las muestras de loroco analizadas por la prueba colorimétrica, si poseen taninos a excepción de la muestra MF1.
- Con respecto a la prueba de flavonoides, todas manifestaron que entre estos, poseen rutina, ya que presentaron una banda similar a la de este estándar (banda color anaranjado y Rf de 0.39), siendo una banda anaranjada y un Rf aproximado de 0.39.
- La muestra MB4, manifestó una banda color verde y con un Rf de 0.86, siendo este similar al estándar de ácido clorogénico (banda color verde, y Rf de 0.82), por lo que esta muestra posee dicho flavonoide.
- Todas las muestras poseen aceites esenciales y en específico el cineol, ya que todas presentaron una banda morada y un Rf de 0.82, siendo esta banda similar al estándar cineol (banda morada, Rf de 0.82).
- Todas las muestras poseen saponinas, ya que todas presentaron una banda de color morado y un Rf de aproximadamente 0.94, siendo similar a la banda del estándar de saponinas 1% (banda morada, Rf de 0.93).
- Las muestras no poseen alcaloides ya que no manifestaron ninguna banda específica; a excepción de la muestra MF5, la cual si manifestó una banda café con un Rf de 0.33.

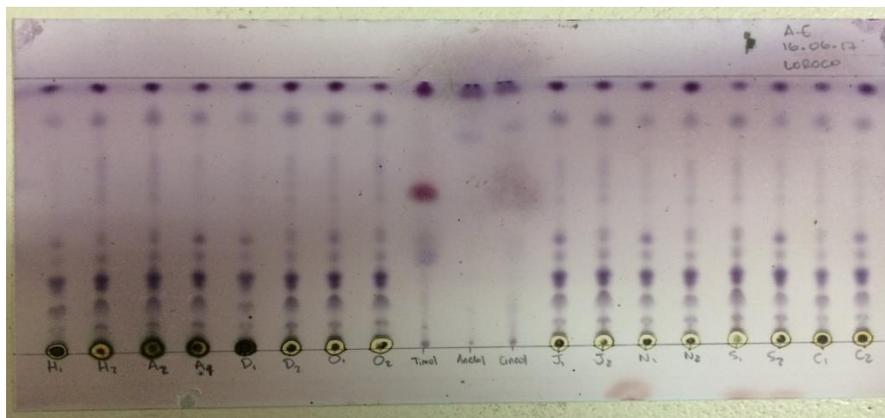
ANEXOS.

Imagen No.01 “Identificación de Flavonoides por Cromatografía en capa Fina (CCF)”



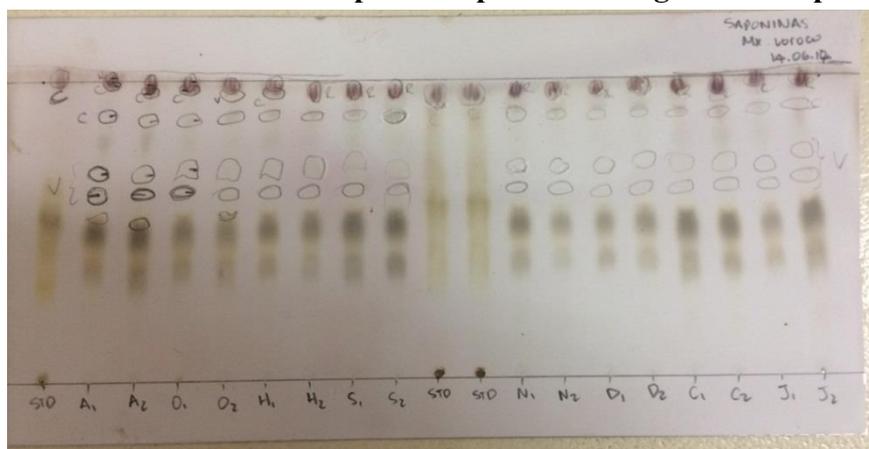
Fuente: Datos Experimentales. Laboratorio de Investigación de Productos Naturales –LIPRONAT-. Edificio T-10, Laboratorio 106, USAC.

Imagen No.02 “Identificación de Aceites Esenciales por Cromatografía en capa Fina (CCF)”



Fuente: Datos Experimentales. Laboratorio de Investigación de Productos Naturales –LIPRONAT-. Edificio T-10, Laboratorio 106, USAC.

Imagen No.03 “Identificación de Saponinas por Cromatografía en capa Fina (CCF)”



Fuente: Datos Experimentales. Laboratorio de Investigación de Productos Naturales –LIPRONAT-. Edificio T-10, Laboratorio 106, USAC.

Imagen No.04 “Identificación de Alcaloides por Cromatografía en capa Fina (CCF)”



Fuente: Datos Experimentales. Laboratorio de Investigación de Productos Naturales –LIPRONAT-. Edificio T-10, Laboratorio 106, USAC.

Akassia Hengstenberg
Analista

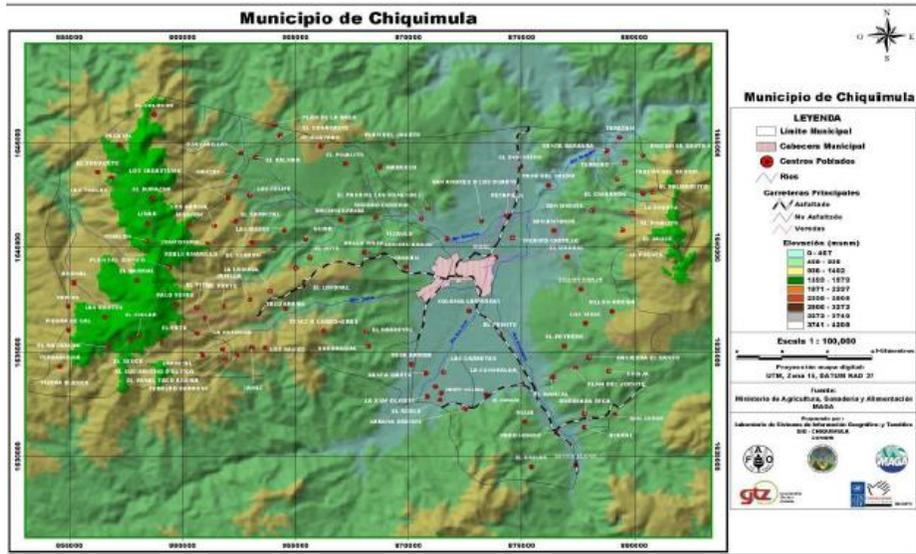
Dra. Sully Cruz
Coordinadora

Laboratorio de Investigación de Productos Naturales
-LIPRONAT-

Se autoriza la producción total o parcial de este informe.

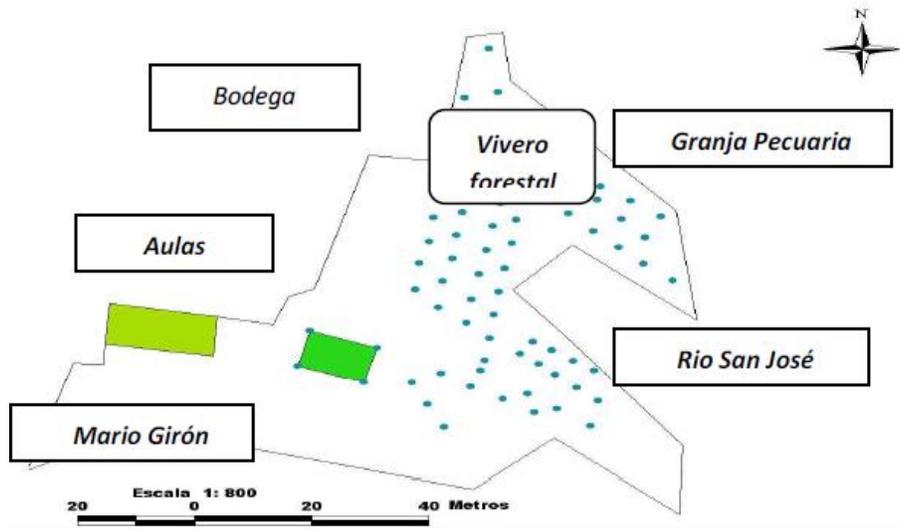
-----FIN-----

Anexo 2. Ubicación Geográfica del Centro Universitario de Oriente



Fuente: Mirando, 2014.

Croquis del Centro Universitario de Oriente –CUNORI-



Perimetro naranjal
 Naranjal
 Casa malla 2
 Casa malla 1
 Area: 0.56 Has

Proyección Mapa digital:
 DATUM WGS 84



Preparado por:
 Centro Universitario de Oriente
 Laboratorio de Sistema de Información Geográfica y Temática
 SIG - CHIQUIMULA

Anexo 3. Fotografías sobre elaboración de los extractos metanólicos de hoja y flor de loroco.



Figura 1. Recolección de hojas de loroco en la Aldea Chispán, Estanzuela, Zacapa.



Figura 2. Compra de flores de loroco en la Aldea Chispán, Estanzuela, Zacapa.



Figura 3. Secado de hojas de loroco al aire libre, en el laboratorio de agua de CUNORI.



Figura 4. Secado de hojas de loroco en horno de convección, en el laboratorio de agua de CUNORI.



Figura 5. Molido de la flor de loroco para elaboración de extracto.



Figura 6. Elaboración de extracto de flor de loroco.



Figura 7. Moliendo hoja de loroco, para elaboración de extracto.



Figura 8. Elaboración de extracto de hoja de loroco.

Anexo 4. Fotografías sobre determinación de densidad y solubilidad



Figura 1. Determinación de densidad del extracto de hoja de loroco.



Figura 2. Determinación de densidad del extracto de flor de loroco.



Figura 3. Determinación de solubilidad de extracto de flor de loroco.

Anexo 5. Resultados del análisis de metabolitos secundarios por CCF en el LIPRONAT



Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Laboratorio de Investigación de Productos Naturales
-LIPRONAT-

Informe No. 002-310518

INFORME DE RESULTADOS

Actividad solicitada: Determinación de taninos y cromatografía en capa fina de metabolitos secundarios (flavonoides, saponinas, alcaloides y aceites esenciales) de hoja y flor de loroco.

Solicitante: Abner Rodas

Fecha de solicitud: 24 de Abril de 2018

RESULTADOS

Tabla No.1 Taninos

Muestra	Gelatina 1%	Gelatina-Sal	FeCl ₃	Testigo
Hoja	Amarillo turbio (+)	Amarillo turbio (+)	Coloración bronce (+)	Amarillo traslúcido
Flor	Anaranjado turbio (+)	Anaranjado turbio (+)	Coloración bronce (+)	Anaranjado traslúcido

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales -LIPRONAT-, laboratorio 106, edificio T10, USAC.

Tabla No.2 Flavonoides

Condiciones:

- Fase móvil: acetato de etilo: ácido fórmico: ácido acético glacial: agua; (100:11:11:27)
- Frente de solvente: 7 cm
- Estándares:
 - ✓ Ácido clorogénico: Rf: 0.46, azul.
 - ✓ Hiperósido: Rf: 0.55, anaranjado
 - ✓ Quercetina: Rf: 0.90, amarillo.
 - ✓ Rutina: Rf: 0.26, anaranjado.

Muestra	Banda	cm	Color	Rf
Hoja	1	1.9	Anaranjado	0.27
	2	3.9	Anaranjado	0.56
	3	6.1	Anaranjado	0.87
Flor	1	2.0	Anaranjado	0.29
	2	3.9	Anaranjado	0.56
	3	6.3	Anaranjado	0.90

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales –LIPRONAT–, laboratorio 106, edificio T10, USAC.

Tabla No.3 Saponinas

Condiciones:

- Fase móvil: cloroformo: metanol: agua; (64:50:10)
- Frente de solvente: 7 cm
- Estándares:
 - ✓ Estándar de saponina 1%: Rf: 0.94, morado.

Muestra	Banda	cm	Color	Rf
Hoja	No mostró ninguna banda.			
Flor	No mostró ninguna banda.			

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales –LIPRONAT–, laboratorio 106, edificio T10, USAC.

Tabla No.4 Alcaloides

Condiciones:

- Fase móvil: acetato de etilo-metanol-agua; (100:13.5:10)
- Frente de solvente: 7 cm
- Estándares:
 - ✓ Atropina: Rf: 0.12
 - ✓ Papaverina:Rf:0.86

Muestra	Banda	cm	Color	Rf
Hoja	1	2.4	Anaranjado	0.34
Flor	1	2.1	Anaranjado	0.30

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales –LIPRONAT–, laboratorio 106, edificio T10, USAC.

Tabla No.5 Aceites esenciales

Condiciones:

- Fase móvil: tolueno: acetato de etilo (93:7)
- Frente de solvente: 6.9 cm
- Estándares:
 - ✓ Mentol: Rf: 0.46, azul.
 - ✓ Timol: Banda 1 Rf: 0.33, azul.
Banda 2 Rf: 0.42, morado.
Banda 3 Rf: 0.54, morado.
Banda 4 Rf: 0.64, anaranjado.
Banda 5 Rf: 0.72, azul.
Banda 6 Rf: 0.96, morado.
 - ✓ Anisaldehido: Rf: 0.58, morado.
 - ✓ Anetol: Banda 2 Rf: 0.90, morado.
Banda 3 Rf: 0.97, morado.
 - ✓ Cineol: Rf: 0.59, rosado.
Banda 3 Rf: 0.97, morado.

Muestra	Banda	cm	Color	Rf
Hoja	1	0.4	Negro azulado	0.06
	2	0.6	Morado	0.09
	3	1.7	Café	0.25
	4	2.5	Rosado	0.36
	5	2.8	Morado	0.41
	6	4.3	Rosado	0.62
	7	5.0	Morado	0.72
	8	6.0	Morado	0.87
	9	6.7	Rosado	0.97
Flor	1	0.5	Morado	0.07
	2	1.5	Café	0.22
	3	1.8	Morado	0.26
	4	2.1	Anaranjado	0.30
	5	2.4	Azul	0.35
	6	2.9	Morado	0.42
	7	4.4	Rosado	0.64
	8	5.9	Morado	0.85
	9	6.7	Rosado	0.97

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se analizaron 2 muestras de loroco, hoja y flor, a las cuales se le realizaron tamizaje fitoquímico de cinco metabolitos secundarios. Donde al realizar la prueba de taninos, todas las pruebas de colorimetría dieron un resultado positivo, por lo que se confirma la presencia de taninos.

En la cromatografía de capa fina (CCF) de flavonoides, la hoja y flor de loroco mostraron bandas de color anaranjado las cuales se interpretan como positivas para flavonoides. Tanto la hoja, como la flor, mostraron una banda con un Rf de 0.27 y 0.29 respectivamente, cercano al Rf del estándar de rutina de 0.26. También presentaron una banda color anaranjado con un Rf de 0.56 para ambas muestras que corresponde al hiperósido con un Rf de 0.55, y finalmente una banda con un Rf de 0.87, para la hoja, y 0.90, para la flor, que corresponde a la quercetina, que presentó una banda con un Rf de 0.90.

En la CCF de saponinas no se presentó ninguna banda, por lo que la hoja y flor de loroco no presentan saponinas.

Así mismo se identificó la presencia de alcaloides por medio de CCF, donde la hojas y flor presentaron una banda color anaranjado con un Rf de 0.34 y 0.30 respectivamente, sin embargo, no corresponde a los estándares de atropina con un Rf de 0.12 y papaverina con un Rf de 0.86.

En la CCF de aceites esenciales, ambas muestras presentaron bandas de color morado, azules y rosadas lo que confirma la presencia de aceites esenciales. Tanto la hoja como la flor

presentaron una banda morada con un Rf 0.41 y 0.42 respectivamente que corresponde a una banda de timol; además, ambas muestras presentaron una banda rosada con un Rf de 0.97 que corresponde a una banda de anetol y la hoja presentó una banda rosada con un Rf de 0.62, cercano a la banda del cineol con un Rf de 0.59.

CONCLUSIONES

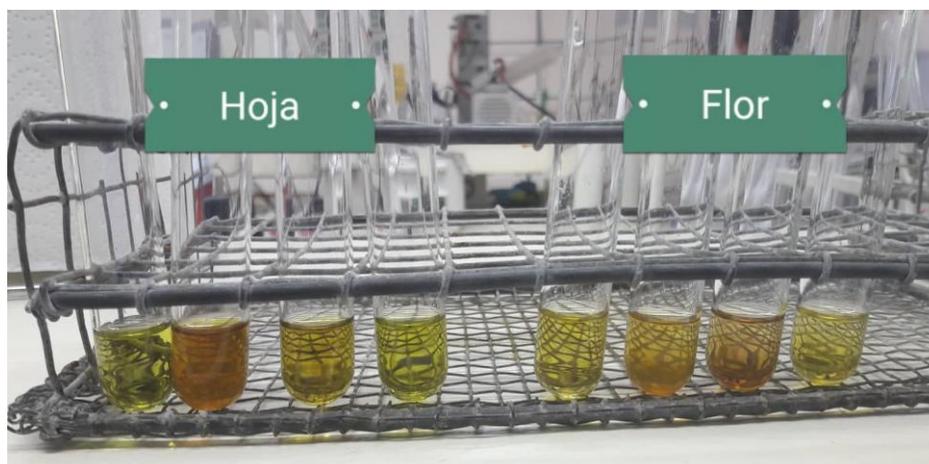
- La hoja y flor de loroco dieron positivo para las pruebas de taninos, flavonoides, alcaloides y aceites esenciales.
- Las hoja y flor de loroco dieron positivo para la prueba de colorimetría de taninos.
- Las dos muestras presentaron flavonoides, encontrándose rutina, quercetina e hiperósido.
- La hoja y flor de loroco no presentaron saponinas, debido a que no presentaron bandas color morado.
- La hoja y flor de loroco presentaron alcaloides ya que manifestaron una banda color anaranjado, pero no presentaron un Rf cercano a los estándares de atropina y papaverina.
- Ambas muestras presentan aceites esenciales, ya que todas presentaron bandas azules, moradas y rosadas, presentando la hoja timol y anetol y la flor timol, anetol y cineol.

BIBLIOGRAFÍA

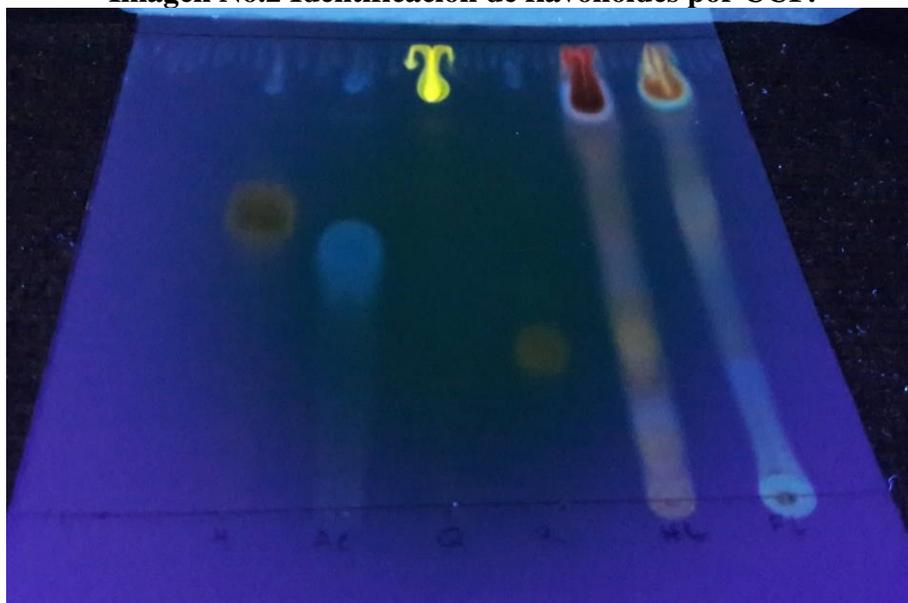
Wagner, H., Bladt, S., y Zgainski, E. (1984). *Plant drug analysis: a thin layer chromatography atlas*. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

ANEXOS

Imagen No.1 Prueba colorimétrica de taninos.



Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales. Edificio T10. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Imagen No.2 Identificación de flavonoides por CCF.

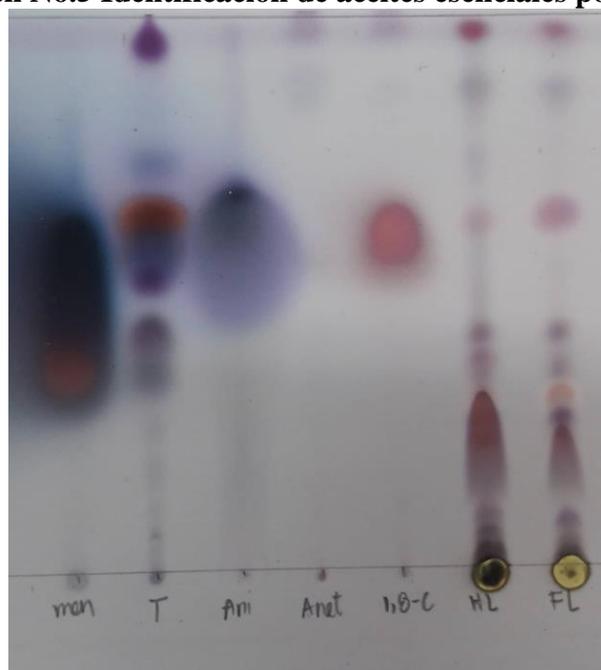
Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales. Edificio T10. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Imagen No.3 Identificación de saponinas por CCF.

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales. Edificio T10. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Imagen No.4 Identificación de alcaloides por CCF.

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales. Edificio T10. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Imagen No.5 Identificación de aceites esenciales por CCF.

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales. Edificio T10. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Lorena Rochac
Analista

M.Sc. Nereida Marroquín
Supervisora

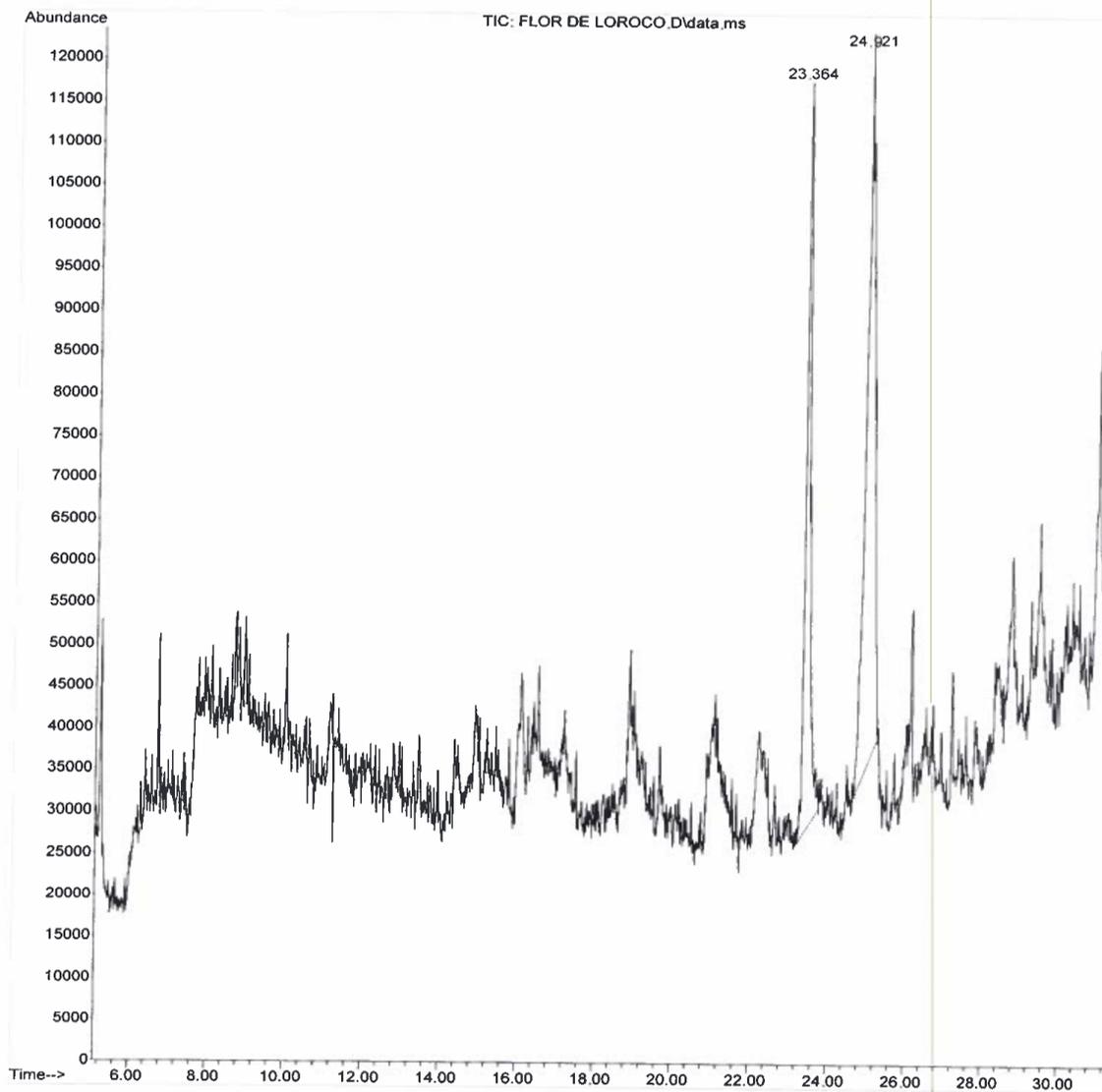
Laboratorio de Investigación de Productos Naturales
-LIPRONAT-

Se autoriza la producción total o parcial de este informe.

-----FIN-----

Anexo 6. Resultados de la cromatografía de gases de los extractos de flor y hoja de loroco.

File
Operator : C:\msdchem\1\data\MAYO 2018\FLOR DE LOROCO.D
A d : GILDA RODRIGUEZ
Acquire : 30 May 2018 2:50 using AcqMethod MET ADAMS FRAG ALC Y NO ALC 1ML 30 MIN
Instrument : online
Sample Name: FLOR DE LOROCO
Misc Info :
Vial Number: 6



Library Search Report

Laboratorio APAESA

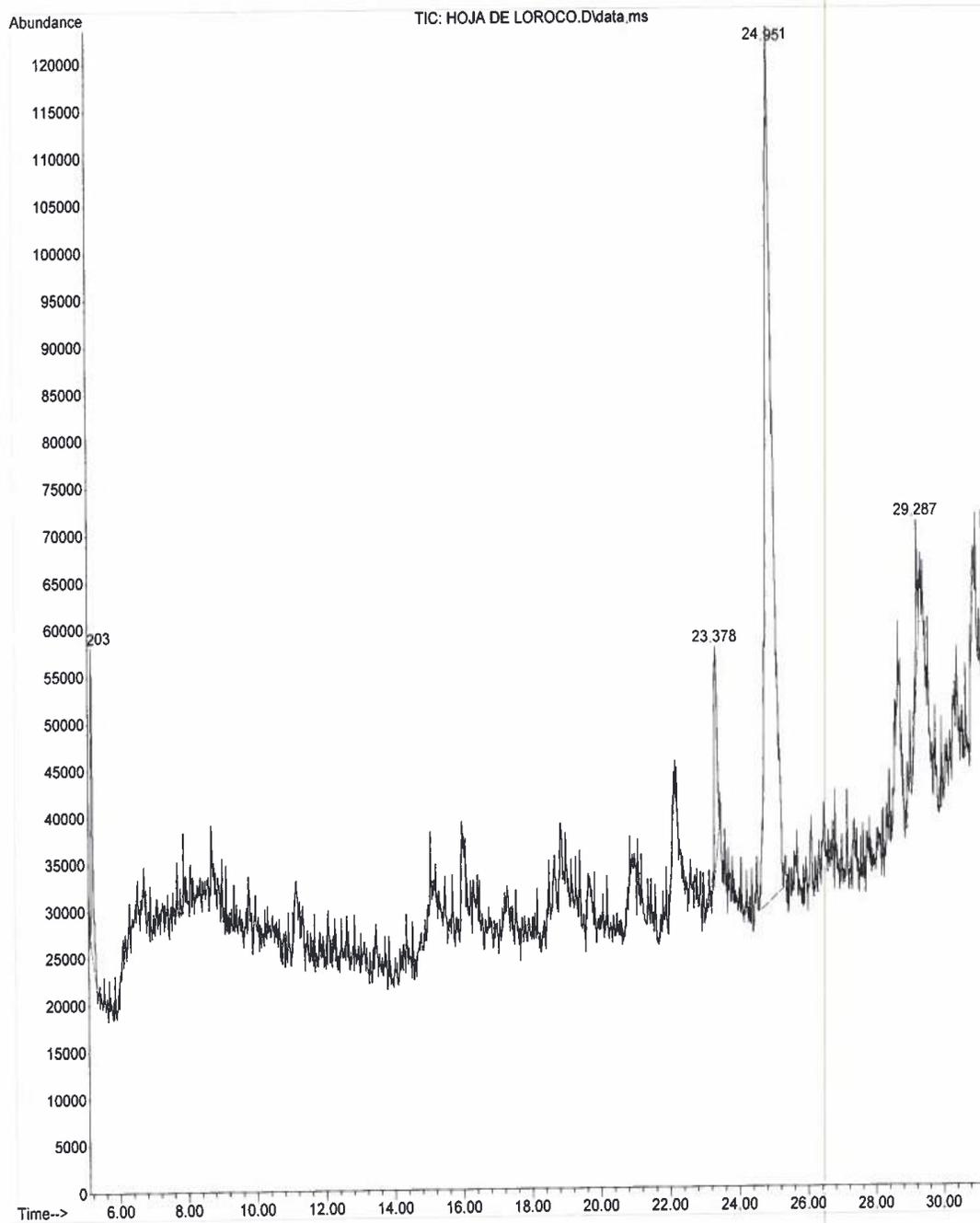
Data Path : C:\msdchem\1\data\MAYO 2018\
 Data File : FLOR DE LOROCO.D
 Acq On : 30 May 2018 2:50
 Operator : GILDA RODRIGUEZ
 Sample : FLOR DE LOROCO
 Misc :
 ALS Vial : 6 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\library.1 Minimum Quality: 60
 C:\Database\NIST11.L Minimum Quality: 60

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: ChemStation Integrator - autoint1.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	23.360	37.43	C:\Database\library.1			
			Carvacrol	1360	000499-75-2	90
			THYMAC (SANOFI)	588	000528-79-0	78
			Thymol	1359	000089-83-8	64
2	24.918	62.57	C:\Database\library.1			
			Ethylene brassylate	1535	000000-00-0	90
			Ethylene brassylate	1402	000000-00-0	83
			Alpha angelica lactone	1611	000000-00-0	11

File : C:\msdchem\1\data\MAYO 2018\HOJA DE LOROCO.D
Operator : GILDA RODRIGUEZ
Acquired : 30 May 2018 3:44 using AcqMethod MET ADAMS FRAG ALC Y NO ALC 1ML 30 MIN
Instrument : online
Sample Name: HOJA DE LOROCO
Misc Info :
Vial Number: 7



Data Path : C:\msdchem\1\data\MAYO 2018\
Data File : HOJA DE LOROCO.D
Acq On : 30 May 2018 3:44
Operator : GILDA RODRIGUEZ
Sample : HOJA DE LOROCO
Misc :
ALS Vial : 7 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\library.1 Minimum Quality: 60
C:\Database\NIST11.L Minimum Quality: 60

Unknown Spectrum: Apex
Integration Events: ChemStation Integrator - autoint1.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	5.202	6.28	C:\Database\library.1			
			Acetic-Acid	809	000064-19-7	80
			Butyric acid	1872	000000-00-0	12
			Butyric acid (c-4)	1490	000000-00-0	10
2	23.383	7.72	C:\Database\library.1			
			Carvacrol	1360	000499-75-2	87
			Thymol	1359	000089-83-8	87
			CARVACROL	277	000499-75-2	87
3	24.952	82.63	C:\Database\library.1			
			Ethylene brassylate	1402	000000-00-0	93
			Ethylene brassylate	1535	000000-00-0	83
			ACETYL BUTYRYL (PK-2, 3.8%, GIV)	460	000623 36-9	14
4	29.290	3.37	C:\Database\NIST11.L			
			2-Penten-1-ol, (E)-	1757	001576-96-1	43
			L-Alanine, N-acetyl-	13821	000097-69-8	27
			1,3-Propanediol, 2-ethyl-2-(hydroxymethyl)-	15109	000077-99-6	27

MÉT ADAMS F...118MIN 60M.M Tue Jun 19 16:08:28 2018

**Anexo 7. Reporte de evaluación de toxicidad de los extractos de flor y hoja de loroco
elaborado por el Bioterio.**

Universidad de San Carlos de Guatemala



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA
ESCUELA DE QUIMICA FARMACEUTICA
BIOTERIO “DRA. AMARILIS SARAVIA GÓMEZ”

REPORTE DE EVALUACIÓN DE
TOXICIDAD ORAL AGUDA
DE EXTRACTOS
METANÓLICOS DE
LOROCO

BASADO EN METODOLOGÍA OECD 423

REPORTE EVALUACIÓN DE TOXICIDAD ORAL AGUDA SEGÚN METODOLOGIA OECD 423 DE EXTRACTOS METANOLICOS DE LOROCO

1. SUSTANCIA DE PRUEBA

Fueron entregados dos muestras en envase de plástico de un volumen de 500 ml aproximadamente etiquetados como: extracto de hoja de loroco y extracto de flor de loroco.

El extracto de hoja de loroco, es un extracto fluido de color café-verdoso con un olor característico a la planta, en donde a la agitación se observó la formación de una fase heterénea con sólidos verde-oscuros; el extracto de flor de loroco, tenía una fluidez adecuada de un color verde opaco se observó menor cantidad de sólidos en la agitación.

Según la información dada por el solicitante de la prueba para la elaboración de los extractos de flor y hoja, estos se realizaron siguiendo los siguientes pasos: recolección del material vegetal de loroco, secado del material vegetal (10 lbs) en horno de convección (corriente de aire) para llevar a cabo luego el molido del material vegetal deshidratado, posterior a esto se llevó a cabo la mezcla de material vegetal con metanol en relación 1:1, luego se llevó a cabo la maceración por 8 días y se filtró. Finalmente el extracto se reconcentró a $\frac{1}{4}$ del volumen inicial.

Según indicación dada por el solicitante de la prueba de toxicidad se requiere hacer en base a la cantidad de sólidos totales presente en el extracto, para conocer de esta manera la toxicidad de los metabolitos extraídos con el solvente utilizado; ya que al utilizar estos extractos para los fines planteados por los solicitantes de la prueba, se esperan obtener los efectos deseados al ocurrir la evaporación del solvente.

De manera general el loroco (*Fernaldia pandurata*) es una planta endémica de la región mesoamericana que abarca el istmo de Tehuantepec (México) y Centro América, con excepción de Panamá. En El Salvador, el loroco crece asociado a la selva baja caducifolia y media sub-caducifolia que comprende desde el nivel del mar hasta los 900 metros de altura, y es la única parte donde se consume desde sus orígenes.

2. VEHÍCULO

No hubo ningún cambio en el vehículo elegido para la administración debido a que la sustancia de prueba se encuentra en solución, sin embargo considerando las características tóxicas del metanol, las cuales pueden interferir al hacer el análisis de los efectos tóxicos de los metabolitos del loroco se intentó llevar a cabo el cambio de solvente pero al realizar las pruebas de disolución en otros

solventes con agua o sustancias oleosas, considerando la concentración de la solución para la administración no se logró la disolución de una cantidad adecuada de los sólidos totales por lo cual se decidió utilizar el mismo solvente tomando en cuenta que la DL50 del metanol se encontrará por debajo del volumen a administrar en la dosificación.

El metanol es el alcohol más sencillo se presenta como un líquido ligero, incoloro, inflamable y tóxico. Este se emplea como anticongelante, disolvente y combustible; se clasifica como un compuesto tóxico para el ser humano manifestando síntomas principales a nivel del sistema nervioso central llegando inclusive a causar la muerte en la ingesta aguda, LA DL50 oral reportada en rata se encuentra entre 5600 – 7500 mg/kg.

3. ANIMALES DE PRUEBA

3.1 Especie: ratas Wistar Kyoto

3.2 Número: se usaron para el estudio un total de 15 ratas hembras con una edad al inicio del estudio entre 8 - 9 semanas, nulíparas.

3.3 Fuente: estos animales se obtuvieron del bioterio de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, las cuales fueron mantenidas en condiciones estándares con una temperatura ambiental en el rango de 20 - 25 °C y una humedad relativa entre 40 - 60 %, con una dieta hipercalórica (proteína cruda 18% min, grasa cruda 8% min, fibra cruda 5% max y humedad 12% max, suplementada con vitaminas hidrosolubles y liposolubles además de oligoelementos esenciales), agua *ad libitum* previamente filtrada, en estos animales también se llevó a cabo una evaluación semanal del estado de salud por parte del médico veterinario.

4. CONDICIONES DE PRUEBA

4.1 Detalles de la formulación de la sustancia

Debido a la solicitud realizada de determinar la toxicidad de los extractos en base a la cantidad de los sólidos totales para conocer los efectos tóxicos de los metabolitos extraídos al ocurrir la evaporación del metanol. Al hacer la evaluación inicial de la cantidad de sólidos totales mediante un procedimiento gravimétrico, luego de una evaporación del solvente mediante horno a una temperatura de 40°C, los extractos de hoja y flor tuvieron un porcentaje de sólidos de 1,90 y 2,49 respectivamente.

Considerando la justificación presentada en el apartado 2 de este reporte se llevó a cabo la reconcentración de los extractos debido a que el mejor solvente para este es el metanol, con el objetivo de obtener una concentración de sólidos totales del 35% para facilitar la administración en dosis única; los extractos se rotaevaporaron durante 2 horas a 250 mbar de presión y una temperatura de 40°C, se determinó nuevamente la cantidad de sólidos totales para finalmente someter a evaporación pasiva en desecadora hasta alcanzar el volumen deseado para obtener extractos con una concentración final de 35%.

Los extractos fueron finalmente almacenados y mantenidos en refrigeración a 4°C hasta el momento de administración.

4.2 Detalles de la administración de la sustancia

Los extractos metanólicos al 35% de flor y hoja de loroco se agitaron durante 2 minutos en vortex para permitir la resuspensión de los sólidos, previo a la administración de los animales. La metodología de administración fue dosis única mediante sonda orogástrica, los animales tenían un ayuno de 12 horas para asegurar la absorción gastrointestinal de la sustancia.

Los volúmenes administrados considerando la concentración y peso de los animales con una dosis de inicio de 2000 mg/kg fueron los siguientes:

Cuadro No.1 Datos de administración de extractos de hoja y flor de loroco a 2000 mg/kg

Descripción	Grupo	ID	Peso (g)	% Desv peso	mg Admon	ml Admon
Flor de loroco	1	C1	185	4.11	370	1.06
		C2	175	9.30	350	1.00
		C3	185	4.11	370	1.06
Hoja de loroco	2	C1	192	0.48	384	1.10
		C2	175	9.30	350	1.00
		C3	170	11.89	340	0.97
Control	3	C1	188	2.56	376	1.07
		C2	194	-0.55	388	1.11
		C3	181	6.19	362	1.03
Flor de loroco	4	C1	230	-19.21	460	1.31
		C2	210	-8.85	420	1.20
		C3	202	-4.70	404	1.15
Hoja de loroco	5	C1	201	-4.18	402	1.15
		C2	209	-8.33	418	1.19
		C3	197	-2.11	394	1.13

%Desvpeso= es el porcentaje de variación del peso con respecto al promedio, ID= identificación única del animal dentro del grupo, mg Admon= mg de sustancia de prueba administrada, ml Admon= mililitros de sustancia de prueba administrada.

El peso promedio de los animales fue de 192 g, con un máximo de 230 y mínimo de 170 g, encontrándose todas las variaciones de peso en un porcentaje de $\pm 20\%$ (como se observa en la columna %Desv peso) , los volúmenes de extracto administrados variaron entre 0.97-1.31 cc debido a que fueron dosificados en base a peso, estos volúmenes se encontraron por debajo de la capacidad gástrica máxima de la rata con lo que se asegura una absorción adecuada y se evita la pérdida de la sustancia por rebalsamiento y la broncoaspiración. Finalmente, se aseguraron que estos volúmenes se encontraran por debajo de la DL50 oral de metanol, ya que de otra manera los resultados de mortalidad serían atribuidos al solvente más que a la sustancia de prueba.

4.3 Detalles de alimentación

Los animales fueron sometidos a un ayuno de alimentos y agua durante cuatro horas posteriores a la administración de la sustancia de prueba, para luego continuar con su plan de alimentación normal, siendo una dieta solida hipercalórica descrita detalladamente a continuación:

Cuadro No.3 Especificaciones de alimentación utilizado en mantenimiento de los animales de experimentación

Nutriente	Porcentaje
Proteína cruda	18% mínimo
Grasa cruda	8% mínimo
Fibra cruda	5% máximo
Humedad	12% máximo
Descripción detallada: Harina de maíz, pescado, harina de carne y hueso (cerdo, aves y pescado), harina de subproductos de pollo, harina de soja, harina de higo, salvado de arroz, grasa animal refinada y estabilizada con DHT, carbonato de calcio, saborizante de pollo, sal común, suplementos de vitamina A, B12, D, E, riboflavina, niacina, bisulfito de sodio, menadiona, pantotenato de calcio, hidrocloreuro de piridoxina, biotina, tiamina, ácido fólico, sulfato ferroso, carbonato de cobalto, oxido de cobre, oxido de manganeso, óxido de zinc y selenito de sodio.	

La alimentación fue mantenida a libre demanda con un promedio ponderal de 30 mg/kg. El agua de bebida es agua previamente filtrada y es dada a libre demanda.

Resultados Observación de Toxicidad Oral Aguda Primera Administración de Flor de loroco a 2000 mg/kg (Continuación Cuadro No. 5 parte II)

	Flor loroco	Flor Loroco	Flor Loroco
	grupo 1	grupo 1	grupo 1
	2 h	2 h	2h
	04/06/2018	04/06/2018	04/06/2018
	C1	C2	C3
Peso corporal inicial	185	175	185
Actividad general	++	++	++
Grito	0	0	0
Irritabilidad	0	0	0
Respuesta al toque	++++	++++	++
Huida	+++	++++	+++
Contorsiones			
Enderezamiento	++++	++++	++++
Tono corporal	++++	++++	++++
Actividad prensil	++++	+++	+++
Ataxia	0	0	0
Reflejo pineal	+++	++	+++
Reflejo corneal	+++	++	+++
Temblores	0	0	0
Convulsiones	0	0	0
Salivación	0	0	0
Diarrea	0	0	0
Sueño	++	++	++
Anestesia	+	0	0
Lagrimación	0	0	0
Ptosis	0	0	0
Micción	++++	0	0
Defecación	0	0	0
Piloerección	0	0	0
Cianosis	0	0	0
Muerte	0	0	0

	Flor loroco	Flor Loroco	Flor Loroco
	grupo 1	grupo 1	grupo 1
	3 h	3 h	3 h
	04/06/2018	04/06/2018	04/06/2018
	C1	C2	C3
	185	175	185
	++	++	++
	0	0	0
	0	0	0
	++++	+++	++
	+++	++++	++++
	0	0	0
	+++	++++	++++
	+++	++++	++++
	+++	+++	++++
	0	0	0
	+++	++++	+++
	+++	++++	+++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	++	++	++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0

	Flor loroco	Flor Loroco	Flor Loroco
	grupo 1	grupo 1	grupo 1
	4 h	4 h	4 h
	04/06/2018	04/06/2018	04/06/2018
	C1	C2	C3
	185	175	185
	++++	+++	+++
	0	0	0
	0	0	0
	++++	+++	++
	+++	+++	++++
	0	0	0
	+++	++++	+++
	++++	++++	+++
	+++	+++	++++
	0	0	0
	++++	+++	+++
	++++	+++	+++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	+	+	+
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0

Resultados Observación de Toxicidad Oral Aguda Primera Administración de Flor de loroco a 2000 mg/kg (Continuación cuadro 5 Parte III)

	Flor loroco	Flor Loroco	Flor Loroco
	grupo 1	grupo 1	grupo 1
	1 día	1 día	1 día
	05/06/2018	05/06/2018	05/06/2018
	C1	C2	C3
Peso corporal inicial	193	185	191
Actividad general	++++	++++	++++
Grito	0	0	0
Irritabilidad	0	0	0
Respuesta al toque	+++	++++	++++
Huida	+++	++++	++++
Contorsiones	0	0	0
Enderezamiento	0	0	0
Tono corporal	++++	++++	++++
Actividad prensil	++++	++++	++++
Ataxia	0	0	0
Reflejo pineal	++++	++++	++++
Reflejo corneal	++++	++++	++++
Temblores	0	0	0
Convulsiones	0	0	0
Salivación	0	0	0
Diarrea	0	0	0
Sueño	0	0	0
Anestesia	0 +	+	
Lagrimación	0	0	0
Ptosis	0	0	
Micción	++++	0	0
Defecación	0	0	++++
Piloerección	0	0	0
Cianosis	0	0	0
Muerte	0	0	0

	Flor loroco	Flor Loroco	Flor Loroco
	grupo 1	grupo 1	grupo 1
	2 día	2 día	2 día
	06/06/2018	06/06/2018	06/06/2018
	C1	C2	C3
	198	189	196
	++++	++++	++++
	0	0	0
	0	0	0
	+++	++++	++++
	+++	++++	++++
	0	0	0
	0	0	0
	++++	++++	++++
	++++	++++	++++
	0	0	0
	++++	++++	++++
	++++	++++	++++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0 +	+	
	0	0	0
	0	0	0
	++++	0	0
	0	0	++++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0

	Flor loroco	Flor Loroco	Flor Loroco
	grupo 1	grupo 1	grupo 1
	3 día	3 día	3 día
	07/06/2018	07/06/2018	07/06/2018
	C1	C2	C3
	201	188	198
	++++	+++	++
	0	0	0
	+	0	0
	++++	++++	++++
	++++	+++	++++
	0	0	0
	0	0	0
	++++	++++	++++
	++++	++++	++++
	0	0	0
	++++	++++	++++
	++++	++++	++++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0 +	
	0	0 +	
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	++++
	0	0	++++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0

Cuadro No. 6 Resultados Observación de Toxicidad Oral Aguda Segunda Administración de Flor de loroco a 2000 mg/kg

	Flor loroco	Flor Loroco	Flor Loroco
	grupo 1	grupo 1	grupo 1
	30 min	30 min	30 min
	02/07/2018	02/07/2018	02/07/2018
	C1	C2	C3
Peso corporal inicial	230	210	202
Actividad general	+++	+++	+++
Grito	0	0	0
Irritabilidad	0	0	0
Respuesta al toque	++++	++++	+++
Huida	++++	++++	++++
Contorsiones	0	0	0
Enderezamiento	+++	++++	++++
Tono corporal	++++	++++	++++
Actividad prensil	++++	+++	++++
Ataxia	0	0	0
Reflejo pineal	++++	++	++++
Reflejo corneal	++++	++	++++
Temblores	0	0	0
Convulsiones	0	0	0
Salivación	0	0	0
Diarrea	0	0	0
Sueño	0	0	0
Anestesia	0	0	0
Lagrимación	0	0	0
Ptosis	0	0	0
Micción	++++	0	0
Defecación	++++	+++	++++
Piloerección	0	0	0
Cianosis	0	0	0
Muerte	0	0	0

	Flor loroco	Flor Loroco	Flor Loroco
	grupo 1	grupo 1	grupo 1
	60 min	60 min	60 min
	02/07/2018	02/07/2018	02/07/2018
	C1	C2	C3
	230	210	202
	+++	+++	+++
	0	0	0
	0	0	0
	++++	++++	+++
	++++	++++	+++
	0	0	0
	++	++++	++++
	+++	++++	++++
	++	++	++++
	0	0	0
	+++	++	++++
	+++	++	+++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	++++	++++	++++
	0	0	++++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0

	Flor loroco	Flor Loroco	Flor Loroco
	grupo 1	grupo 1	grupo 1
	2 h	2h	2 h
	02/07/2018	02/07/2018	02/07/2018
	C1	C2	C3
	230	210	202
	++	++	++
	0	0	0
	0	0	0
	++++	++++	+++
	++++	++++	+++
	0	0	0
	+++	+++	+++
	++++	++++	++++
	++	++++	+++
	0	0	0
	++++	+++	+++
	++++	+++	+++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	+	+	+
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	++++	++++	++++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0

Resultados Observación de Toxicidad Oral Aguda Segunda Administración de Flor de loroco a 2000 mg/kg (Continuación Cuadro No. 6 Parte II)

	Flor loroco	Flor Loroco	Flor Loroco
	grupo 1	grupo 1	grupo 1
	3 h	3 h	3 h
	02/07/2018	02/07/2018	02/07/2018
	C1	C2	C3
Peso corporal inicial	227	207	200
Actividad general	++	++	++
Grito	0	0	0
Irritabilidad	0	0	0
Respuesta al toque	+++	++++	++++
Huida	++++	+++	++++
Contorsiones	0	0	0
Enderezamiento	++	+++	++++
Tono corporal	+++	+++	+++
Actividad prensil	++	++	++
Ataxia	0	0	0
Reflejo pineal	+++	++++	++++
Reflejo corneal	+++	++++	++++
Temblores	0	0	0
Convulsiones	0	0	0
Salivación	0	0	0
Diarrea	0	0	0
Sueño	+	+	+
Anestesia	0	0	0
Lagrimación	0	0	0
Ptosis	0	0	0
Micción	0	++++	0
Defecación	0	0	0
Piloerección	0	0	0
Cianosis	0	0	0
Muerte	0	0	0

	Flor loroco	Flor Loroco	Flor Loroco
	grupo 1	grupo 1	grupo 1
	4 h	4h	4h
	02/07/2018	02/07/2018	02/07/2018
	C1	C2	C3
	227	207	200
	++	++	++
	0	0	0
	0	0	0
	+	+	+
	++++	++++	+++
	0	0	0
	++	++	++
	++	+++	++
	++	++	+++
	0	0	0
	++++	++++	++++
	++++	++++	++++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	++	++	+
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	++++	0
	0	++++	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0

	Flor loroco	Flor Loroco	Flor Loroco
	grupo 1	grupo 1	grupo 1
	1 día	1 día	1 día
	03/07/2018	03/07/2018	03/07/2018
	C1	C2	C3
	239	221	239
	+++	+++	+++
	0	0	0
	0	0	0
	++++	++	++
	++++	++	++
	0	0	0
	+++	+++	+++
	+++	++++	+++
	++++	++	++
	0	0	0
	++++	++++	++++
	++++	++++	+++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	++++	++++	++++
	++++	++++	++++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0

Cuadro No. 7 Resultados Observación de Toxicidad Oral Aguda Grupo Control

	Control	Control	Control
	grupo 3	grupo 3	grupo 3
	15 min	15 min	15 min
	04/06/2018	04/06/2018	04/06/2018
	C1	C2	C3
Peso corporal inicial	188	194	181
Actividad general	+++	++	+
Grito	0	0	0
Irritabilidad	0	0	0
Respuesta al toque	0	+++	++
Huida	+	+++	0
Contorsiones	0	0	0
Enderezamiento	0	0	++
Tono corporal	++++	++++	+++
Actividad prensil	++++	++++	+
Ataxia	0	0	+
Reflejo pineal	++++	++++	++++
Reflejo corneal	++++	++++	+++
Temblores	0	0	0
Convulsiones	0	0	0
Salivación	0	0	0
Diarrea	0	0	0
Sueño	0	0	+
Anestesia	0	0	0
Lagrimación	0	0	0
Ptosis	0	0	0
Micción	++++	++++	++++
Defecación	++++	++++	++++
Piloerección	0	0	0
Cianosis	0	0	0
Muerte	0	0	0

	Control	Control	Control
	grupo 3	grupo 3	grupo 3
	30 min	30 min	30 min
	04/06/2018	04/06/2018	04/06/2018
	C1	C2	C3
	188	194	181
	++++	++++	++
	0	0	0
	0	+	0
	++++	++	+
	++++	+++	++
	0	0	0
	0	++++	++
	+++	+++	++
	++++	++++	+
	0	0	+
	++++	++++	++
	++++	++++	++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	++++	++++	++++
	++++	++++	++++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0

	Control	Control	Control
	grupo 3	grupo 3	grupo 3
	45 min	45 min	45 min
	04/06/2018	04/06/2018	04/06/2018
	C1	C2	C3
	188	194	181
	++	++	++
	0	0	0
	0	0	0
	++++	+++	++
	++	++	+
	0	0	0
	++++	++++	+++
	+++	++++	++
	++++	++++	++
	0	0	++
	++++	++++	++
	++++	++++	++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	++	++	++
	0	+	++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	+
	0	0	0
	0	0	0

Resultados Observación de Toxicidad Oral Aguda Grupo Control (Continuación cuadro No.7 parte II)

	Control	Control	Control
	grupo 3	grupo 3	grupo 3
	2 h	2 h	2h
	04/06/2018	04/06/2018	04/06/2018
	C1	C2	C3
Peso corporal inicial	188	194	181
Actividad general	+++	+++	++
Grito	0	0	0
Irritabilidad	0	0	0
Respuesta al toque	++	++	+
Huida	+++	+++	++
Contorsiones	0	0	0
Enderezamiento	++++	++++	+++
Tono corporal	+++	++++	++
Actividad prensil	+++	+++	0
Ataxia	0	0	+
Reflejo pineal	+++	+++	++
Reflejo corneal	+++	+++	++
Temblores	0	0	0
Convulsiones	0	0	0
Salivación	0	0	0
Diarrea	0	0	0
Sueño	+	+	++
Anestesia	+	++	+++
Lagrimación	0	0	0
Ptoxis			
Micción	0	0	++++
Defecación	0	0	0
Piloerección	0	0	+
Cianosis	0	0	0
Muerte	0	0	0

	Control	Control	Control
	grupo 3	grupo 3	grupo 3
	3 h	3 h	3 h
	04/06/2018	04/06/2018	04/06/2018
	C1	C2	C3
	188	194	181
	++	++	+
	0	0	0
	0	0	0
	++	++	0
	+++	++	+
	0	0	0
	+++	+++	++
	+++	+++	++
	++	+++	++
	0	0	+
	++	+++	++
	++	+++	++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	++	0	++
	0	0	++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	++
	0	0	0
	0	0	0

	Control	Control	Control
	grupo 3	grupo 3	grupo 3
	4 h	4h	4h
	04/06/2018	04/06/2018	04/06/2018
	C1	C2	C3
	188	194	181
	+	++	+
	0	0	0
	0	0	0
	++	+++	+
	++	++	+
	0	0	0
	+++	++	+++
	++	+++	++
	+	++	+++
	+	+	++
	++	+++	+++
	++	+++	+++
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	++	+	++
	++	++	+++
	0	0	0
	0	0	0
	++++	0	0
	0	0	0
	++	0	++
	0	0	0
	0	0	0

Cuadro No. 8 Resultados de peso de animales de experimentación, cambio de peso y muerte

Descripción	Orden Admón.	ID	Peso Do (g)	Peso D4 (g)	% C	Peso D8 (g)	% C	Peso D12 (g)	% C	Peso D15 (g)	% C	Peso D30 (g)	% C
Flor de loroco	1	C1	185	192	3.8	198	7.0	196	5.9	223	20.5	251	35.7
		C2	175	190	8.6	190	8.6	190	8.6	209	19.4	255	45.7
		C3	185	202	9.2	195	5.4	195	5.4	219	18.4	253	36.8
	2	C1	230	241	4.8	248	7.8	251	9.1	259	12.6	280	21.7
		C2	210	223	6.2	230	9.5	235	11.9	238	13.3	250	19.0
		C3	202	214	5.9	219	8.4	220	8.9	220	8.9	243	20.3
Control	1	C1	188	195	3.7	192	2.1	190	1.1	233	23.9	241	28.2
		C2	194	180	-7.2	182	-6.2	178	-8.2	215	10.8	271	39.7
		C3	181	186	2.8	184	1.7	188	3.9	213	17.7	243	34.3
Hoja de loroco	1	C1	192	210	9.4	207	7.8	220	14.6	237	23.4	279	45.3
		C2	175	188	7.4	190	8.6	192	9.7	215	22.9	247	41.1
		C3	170	186	9.4	188	10.6	190	11.8	213	25.3	239	40.6
	2	C1	201	210	4.5	216	7.5	219	9.0	220	9.5	248	23.4
		C2	209	211	1.0	219	4.8	222	6.2	236	12.9	252	20.6
		C3	197	209	6.1	220	11.7	218	10.7	213	8.1	230	16.8

Orden de admón.: 1=primera evaluación, 2=repetición, Do: día inicial previo a administración, %C= porcentaje de cambio de peso en relación a peso Do, D8: día 8 posterior a administración, D12: día 12 posterior a administración, D15: día 15 posterior a administración, D30: día 30 posterior a administración.

NOTA: ninguno de los animales murió durante el periodo de observación (30 días), en todos fue aplicado eutanasia luego de haber terminado el estudio y los órganos fueron mandados a patología macroscópica y microscópica.

7. Discusión e Interpretación de Resultados

En el presente estudio se evaluó la toxicidad oral aguda LD50 mediante la metodología OECD 423 de los extractos metanólicos de hoja y flor de loroco. En el loroco a nivel de tallo, pecíolo y hoja se ha descrito la presencia de alcaloides, saponinas, almidón, mucílagos, grasas y aceites, no se conoce cuáles son las propiedades que pueden tener estos metabolitos, inclusive existen reportes que indican que *F. pandurata* es tóxica posiblemente por alcaloides como la loroquina y la lorocina (Palencia, 2003).

En el caso de la flor se ha descrito la presencia de alcaloides, grasas, aceites, cumarinas, flavonoides y antocianinas (Chízar, 2009; Cáceres, 2009). En la evaluación realizada se describen los efectos agudos de los metabolitos extraídos con metanol bajo el procedimiento previamente descrito, como se observa en los resultados de los cuadros No. 3 al cuadro No. 7 se llevó a cabo la evaluación en dos fases, en la primera fase se evaluaron los extractos de hoja, flor y un grupo control (cuadro 3, cuadro 4 y cuadro 7) a una dosis de 2000 mg/kg, luego se volvió a repetir la administración de los extractos a la misma dosis de 2000 mg/kg (cuadro 5 y cuadro 6) para asegurar los datos obtenidos y permitir la clasificación de la sustancia (OECD, 2001).

Los datos descritos en los resultados (cuadros No.3 al cuadro No. 7) son una descripción de la evaluación física realizada diariamente a los animales de experimentación, estos abarcan los diferentes sistemas, si el animal presentaba: grito, contorsiones, temblores, convulsiones, salivación, diarrea, sueño o pérdida de peso mayor al 20%, se hizo la evaluación de la severidad de estas características para proceder a eutanasia, sin embargo ninguno de los animales utilizados en esta investigación presentó estos problemas.

Previo a la evaluación de los efectos tóxicos de los dos extractos analizados es importante considerar los efectos del solvente, para esto se trabajó un grupo control (cuadro 7) al cual se le administró únicamente metanol, en un volumen similar al de los extractos analizados, la cantidad que se administró fue menor a la DL50 del metanol que se encuentra en el rango de 5600 – 7500 mg/kg. Los efectos observados (cuadro 7) se empezaron a manifestar luego de los 45- 60 min, con una disminución en la actividad general, disminución de la respuesta de huida por lo que se comprueban los efectos sedantes a nivel del sistema nervioso central, el metanol es rápidamente absorbido en el tracto gastrointestinal. Una vez absorbido se distribuye rápidamente por los tejidos; como se observa en el cuadro estos efectos aumentaron hasta presentar un efecto máximo a las dos horas posteriores a la administración con pérdida de los efectos sensoriales periféricos, con tendencia al

sueño y anestesia; los efectos se mantuvieron durante al menos 6 horas con una posterior disminución desapareciendo en su mayoría a las 24 horas, luego de lo cual se observó un efecto de irritabilidad que duró aproximadamente 3 días, no se presentó ninguna otra manifestación en otro sistema; estos datos descritos también se observaron en los animales dosificados con los extractos de hoja y flor por lo cual no deben ser atribuidos a la planta si no al solvente.

En el cuadro 3 y cuadro 4 se observan los resultados de la evaluación de los efectos tóxicos de la administración de los extractos de flor de loroco, debido a que ninguno de los animales murió o fue sacrificado durante el análisis, la toxicidad de este extracto corresponde a la categoría 5 según la guía OECD 423, lo que corresponde a una DL50 mayor al rango máximo de 2000- 5000 mg/kg , por lo que es válido afirmar que el extracto evaluado es relativamente poco toxico, a manera de ejemplo, un adulto promedio de 70 kg debería de consumir 140 kg de extracto seco en una sola dosis para poder observar algún efecto no deseado con poca probabilidad de mortalidad, los efectos anormales observados en la primera evaluación (cuadro No. 3) fueron disminución de la actividad general con tendencia al sueño a los 60 minutos, manteniendo efectos notorios en el sistema nervioso central por las primera 4 horas y desapareciendo en su totalidad en el primer día, la respuesta al toque, huida, actividad prensil y tono corporal no se vieron afectadas, inclusive estos efectos fueron menores en comparación con el grupo control, se observa diarrea a los 30 en uno de los animales sin embargo esta no persiste.

No existió ninguna evidencia clínica con respecto a la afectación de otro sistema fisiológico en los animales de experimentación con el extracto de hoja de loroco, estos resultados y la DL50 calculada concuerda con el ensayo de toxicidad aguda llevada a cabo por Escobar, Mata, Marroquin y Osorio en el año 2011 en donde los extractos evaluados no mostraron actividad biocida, por tal razón no fue posible calcular su CL50 (Concentración Letal Media), además debe considerarse que existe evidencia de la utilización de la flor de loroco (*Fernaldia pandurata*) como alimento, además posee gran demanda en el mercado nacional, por lo que se confirma la seguridad del consumo de la flor al evaluar los metabolitos extraídos.

Al evaluar un posible efecto tóxico agudo con manifestación en un plazo más largo (1mes) se determinó el cambio de peso de los animales, como se observa en el cuadro No. 8 ninguno de los individuos tuvo disminución de peso y al comparar las dos evaluaciones hechas con la flor de loroco los resultados son similares observando de manera natural un aumento gradual de peso comparable con el grupo control.

En los resultados obtenidos de la evaluación de la toxicidad de la hoja de loroco en la primera prueba se observó una disminución de la actividad general a las 2 horas sin embargo no fue significativa, además este efecto se presentó en diferentes grado en los individuos dosificados, además esta desapareció luego de un periodo corto de tiempo, la respuesta al toque, huida, tono corporal y actividad prensil no se vieron afectados por lo que el sistema nervioso no se encuentra totalmente afectado, el efecto de sueño y anestesia inicia a los 45 min y se pierde a los 3 horas, de la misma manera que con el extracto anterior los efectos sobre el SNC son atribuidos al solvente más que al extracto evaluado, inclusive los efectos presentados fueron menores en comparación con el grupo control. Los resultados observados de los efectos de la hoja de loroco en la segunda evaluación (cuadro No. 6) fueron similares a la primera evaluación, se observó una marcada alteración de la actividad general a los 45 minutos que duró 4 horas, no se presentó ninguna otra alteración en otro sistema fisiológico de los animales evaluados.

Según los resultados obtenidos el extracto de hoja de loroco se encuentra en la categoría 5 con una $DL50 > 2000- 5000$ mg/kg , siendo relativamente poco tóxico, al evaluar un posible daño agudo que no se manifieste de manera temprana, se determinó cual fue el cambio de peso durante el periodo de evaluación (1mes), como se observa en el cuadro No. 8 existe un aumento gradual del peso en relación con el peso inicial al comenzar el estudio, el aumento es similar en las dos evaluaciones y comparable con el grupo control, por lo que se puede descartar en alguna medida algún daño agudo interno que impacte en el crecimiento de los animales.

Debido a que varios estudios reportan que las raíces son consideradas muy tóxicas ya que poseen dos alcaloides pirrolizidínicos (metabolitos secundarios) llamados lorocina y loroquina; ya que el loroco pertenece a las familia Leguminosae y Apocynaceae. El contenido de este alcaloide varía con cada especie, pero puede llegar a ser un porcentaje importante del peso seco. La mayor concentración se encuentra en raíces y es mayor en hojas jóvenes, inflorescencias y capullos que en hojas más viejas. La toxicidad de la pirrolizidinas en humanos ha sido subestimada debido a la falta de asociación de los síntomas con las plantas. Sin embargo, la ingestión de estos alcaloides ha sido asociada con daños hepáticos severos por oclusión de los vasos del hígado por tejido conectivo (veno-oclusión). También afectan a otros órganos elevando los niveles de presión arterial, hipertrofia del ventrículo derecho, cambios morfológicos y oclusión de arterias, megalocitosis en riñones y páncreas. Además, producen daños al tejido del pulmón que se hacen evidentes a 9 días

de la exposición al alcaloide (Castillo, 2007). Por lo previamente descrito es importante correlacionar los datos de ausencia toxicidad con los datos histopatológicos.

8. CONCLUSIONES

- Según la evaluación de la tasa de mortalidad en base a la metodología OECD 423 la DL50 oral aguda de los extractos metanólicos de hoja y flor de loroco se encuentra en la categoría 5 (>2000-5000 mg/kg) siendo relativamente poco tóxico.
- Deben tomarse precauciones especiales en la utilización y aplicación de los extractos evaluados ya que la mayoría de efectos clínicos observados se deben a los efectos tóxicos del metanol.
- La flor de loroco debido al uso comestible que ha tenido durante muchos años en la región mesoamericana y considerando que la extracción de metabolitos activos en la solución evaluada no presentó efectos tóxicos se considera seguro para su uso en dosis menores al rango de la categoría 5.
- En la evaluación de algún daño agudo que pueda impactar en la tasa de crecimiento de los animales mediante el peso, se determinó que ninguno de ambos extractos producen una diferencia en comparación con el grupo control.
- El estudio de evaluación de toxicidad realizado concuerda con estudios previos reportados en donde los extractos de las partes comestibles de loroco no presentan efectos tóxicos y no fue posible determinar con exactitud una DL50.

1. Cáceres, A. (2009). Actividad Antioxidante de diez especies nativas como posibles preservantes de alimentos y fuente para el desarrollo de nutriceúticos. Guatemala: Consejo nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT), 134pp.
2. Castillo, E., & Martínez, I. (2007). Manual de fitoterapia. España: ELSEVIER.
3. Chízmar, C. (2009). Plantas comestibles de Centroamérica. Heredia, Costa Rica: InBio., 44pp.
4. Escobar N., Mata C., Marroquin N., y Osorio C., (2011) Características de identidad y pureza, útiles para el control de calidad de cuatro especies de interés medicinal, conocidas popularmente como Madrecacao, Loroco, Pepitoria y Macuy, Informe de Tesis , Universidad de San Carlos de Guatemala.
5. López, Y. E. 2005. Caracterización molecular de poblaciones silvestres y cultivadas en Loroco (*Fernaldia pandurata* Woodson), diapositiva, San Salvador, El Salvador; E.S. 56 diapositivas.
6. OECD/ OCDE, OECD Guideline for Testing of Chemicals, Acute Oral Toxicity- Acute Toxicity Class Method, 423. Adopted 17th December, 2001.
7. Palencia, H. (2003). Diagnóstico preliminary de las enfermedades fungosas y bacterianas en el cultivo de loroco (*Fernaldia pandurata* Wodson). (Tesis Licenciatura). Facultad de Agronomía, Universidad de san Carlos de Guatemala, Guatemala.

Anexo 8. Fotografías sobre mantenimiento de plantas de loroco; riego, poda y fertilización



Fig. 1. Plantas de loroco colocadas en el área de vivero.



Fig. 2. Riego de plantas de loroco por parte del jornalero Héctor López.



Fig. 3. Traslado de plantas de loroco a macetas plásticas, por parte del jornalero Héctor López.



Fig. 4. Colocación de tutor de loroco en macetas plásticas.



Fig. 5. Deshierbe de malezas a plantas de loroco.



Fig. 6. Poda de plantas de loroco.



Fig. 7. Preparación de fertilizante Blaucor.



Fig. 8. Aplicación de fertilizante Blaucor a plantas de loroco.

Anexo 9. Fotografías sobre instalación de agribón en el área de mega túnel, para la separación de tratamientos.



Fig. 1 Instalación de agribón con el apoyo de estudiantes de la carrera de agronomía.



Fig. 2 Instalación de agribón para la separación de tratamientos.



Fig. 3 Finalización de instalación de agribón.

Anexo 10. Fotografías sobre la recolección de áfidos en las parcelas de loroco de Chispán, Estanzuela, Zacapa.



Fig. 1 Identificación de áfidos en plantas de loroco con el apoyo del señor José Vargas.



Fig. 2 Recolección de áfidos en hojas de loroco.



Fig. 3 Muestra de áfidos en bolsa con cierre hermético.

Anexo 11. Fotografías sobre la separación de áfidos en el laboratorio de CUNORI e inoculación en plantas de loroco.



Fig. 1 Separación de áfidos en el laboratorio de aguas de CUNORI.



Fig. 2 Inoculación de áfidos en plantas de loroco.



Fig. 3 Áfidos en plantas de loroco.



Fig. 4 Áfidos a los 15 días de inoculados.

Anexo 12. Fotografías sobre la preparación de muestras para análisis en el laboratorio de Agroexpertos.



Fig. 1 Muestra de almacenamiento de hojas de loroco para análisis.

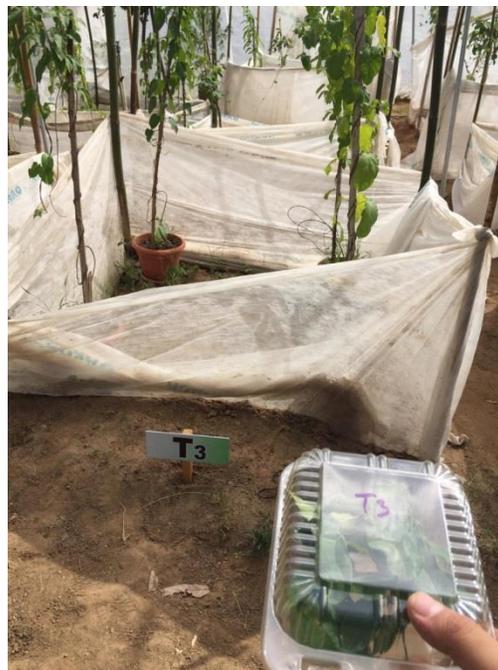


Fig. 1 Muestra de almacenamiento de hojas de loroco por tratamiento.

Anexo 13. Resultados de análisis por el laboratorio de Agroexpertos.



Empresa IICA-CRIA
Atención a Ing. Milton Solís
Asunto Reporte de análisis de Fitopatología
Realizado por Dr. Marco Antonio Arévalo
Código 3951218
Cultivo
Localidad Chiquimula
Fecha colecta 06 de Diciembre del 2018
Fecha recepción 06 de Diciembre del 2018
Fecha del informe 24 Enero del 2019

Reporte de Entomología

Cuadro 1. Cantidad de especímenes encontrados

No. Muestra	Homigas Hymenoptera Formicidae	Micro Avispas Hymenoptera (Control Biológico parasitoides)	Pulgones Orden: Heteróptera Sub-Orden: Homóptera Super Familia: Aphidoidea Familia: Aphididae Género: Aphis Especie: <i>Aphis gossypii</i>
M1	1	7	15 (Adicionalmente se detectaron 12 Exuvias de pulgones parasitados por parasitoides Hymenoptera)
M2	5	5	8
M3	0	9	96
M4	1	8	58
M5	0	4	5
M6	0	2	8
M7	2	0	2

OBSERVACIONES:

La principal plaga son los pulgones. Las homigas posiblemente se encuentran en una relación de simbiosis con los pulgones y las avisas probablemente son parasíticas y se encuentran ejerciendo un control natural sobre la población de pulgones.

Diagonal 6, 15-47 Local 1 Zona 10, Guatemala, C. A. 01010
Teléfono: (502) 2366-5941, (502) 5201-2104, FAX: (502) 2367-3454