

Desarrollo de microeconomías regionales en la producción de aceites esenciales cosechados en suelos mineros (ATN/RF-16110-RG)

Producto 19 - Informe de desarrollo de prototipos de bioinsumos

Dra. Mónica Bellozas

Dra. Marisol Minig

Dr. Carlos Moldes

Lic. Victoria Manso

Lic. Mariana Morero

Año 2020



Códigos JEL: Q16

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un mecanismo único de cooperación técnica entre países de América Latina, el Caribe y España, que promueve la competitividad y la seguridad alimentaria. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por la Dra. Mónica Bellozas, Dra. Marisol Minig, Dr. Carlos Moldes, Lic. Mariana Morero y Lic. Victoria Manso.

Copyright © 2021 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial- SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

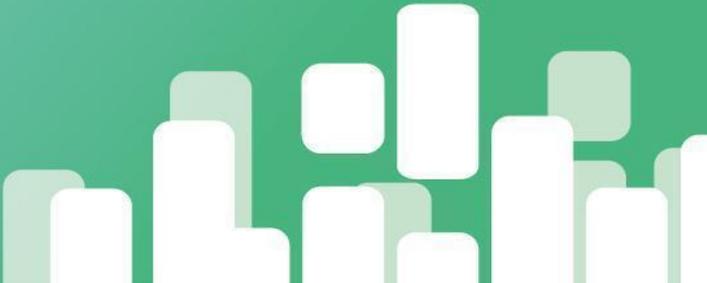
FONTAGRO

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org

www.fontagro.org



Tabla de Contenidos



Resumen	4
Introducción	6
Objetivos	8
Metodología	9
Resultados y Discusión	11
Conclusiones	16
Referencias Bibliográficas	17
Instituciones participantes	20

Resumen

Los aceites esenciales son una forma alternativa de hacer nuevos insecticidas ecológicos. Sin embargo, la aplicación directa de los mismos presenta inconvenientes que están relacionados a sus propiedades físico-químicas: volatilidad, escasa solubilidad en agua y oxidación. *Tribolium castaneum* conocido como el “escarabajo rojo de la harina” es una plaga secundaria que se puede utilizar como modelo de estudio para el diseño de productos repelentes.

El objetivo de este trabajo, fue diseñar formulaciones líquidas, empleando diversos aceites esenciales obtenidos de especies vegetales provenientes de la provincia de La Pampa y de limón comercial. Se realizaron un total de 10 formulaciones líquidas que contenían distinta concentración de aceite esencial y coadyuvante. A partir de dos formulaciones base (F1 y F2), se realizaron repelentes que contuvieron como principio activo (PA) un solo aceite esencial (formulaciones simples) y dos aceites esenciales (formulaciones dobles). Se emplearon concentraciones de aceite esencial de 2% v/v (F1) y 10% v/v (F2). Las pruebas de repelencia se llevaron a cabo siguiendo el Método de Preferencia de Área. Las 10 formulaciones ensayadas presentaron repelencia clase V para *T. castaneum*. Se ha logrado una familia de productos repelentes, consistente en 10 formulaciones diseñadas en el seno de la Universidad Nacional de la Pampa. Estas formulaciones tienen potencial para generar productos comerciales, a partir de especies vegetales como *Helianthus petiolaris* y *Baccharis spartioides*.

Palabras clave: aceites esenciales, formulaciones líquidas, repelentes.

Abstract

Tribolium castaneum known as the "red flour beetle" is a secondary pest that has spread throughout the world. The establishment of this insect in grain or flour storage sites decreases the quantity and quality of commercial and consumable products derived from flour. Essential oils are an alternative way to make new eco-friendly insecticides. However, their direct application has drawbacks that are related to their physicochemical properties: volatility, poor water solubility and oxidation.

The objective of this work was to design liquid formulations using various essential oils obtained from plant species from the province of La Pampa as well as commercial lemon essential oil, in order to evaluate its repellent effect against the pest insect: *T. castaneum*. A total of 10 liquid formulations were made that contained different concentrations of essential oil and adjuvant. Of both types of base formulations (Formulation 1 and Formulation 2), repellents were made that contain as an active principle (AP) a single essential oil (simple formulations) and two essential oils, double formulations). Essential oil concentrations of 2% v/v (F1) and 10% v/v (F2) were used. The repellency tests were carried out following the Area Preference Method. The 10 formulations tested presented class V repellency. From the results obtained, a family of repellent products has been achieved, consisting of 10 formulations designed within the Universidad Nacional de la Pampa, with the potential to generate commercial products, from commercially unexplored plant species such as *Helianthus petiolaris* and *Baccharis spartioides*.

Key words: essential oils, liquid formulations, repellents.

Introducción

La utilización de aceites esenciales, presenta grandes ventajas: son fácilmente extraíbles, ecoamigables y al ser biodegradables son rápidamente catabolizados en el ambiente (Zygodlo *et al.*, 1995). Poseen baja toxicidad hacia vertebrados y especies benéficas. Por ello los aceites esenciales se presentan como una alternativa a los plaguicidas químicos para el control de plagas de granos almacenados (Enan *et al.*, 1998).

La presencia de plagas constituye un serio problema en el almacenamiento de granos y su industria derivada (Pérez *et al.*, 2004). A nivel mundial, entre el 5 y el 15% del peso total de los cereales, semillas oleaginosas y leguminosas se pierden en la post cosecha; entre el 5 y 10% de estas pérdidas son causadas directamente por plagas (Hill, 1990). Por ejemplo, la familia Curculionidae conocidos vulgarmente como “gorgojos”, son responsables de cerca del 34% en la reducción del rendimiento de cosechas a nivel mundial (Oerke, 2006).

En la actualidad, las medidas de control se basan en la aplicación de productos químicos, debido a su eficacia y bajo costo (Sahaf *et al.*, 2008). En nuestro país y el resto del mundo, los más utilizados son los insecticidas químicos convencionales como los organofosforados (diclorvos, malatión, metil-clorpirifós, metil-pirimifós), piretroides (deltametrina) y piretrinas obtenidas a partir de extractos de *Tanacetum sp.* (Asteraceae) y los fumigantes que incluyen el bromuro de metilo, la fosfina y el fluoruro de sulfhidrilo (Ducom *et al.*, 2002; Navarro, 2006).

La resistencia que han adquirido las plagas, la contaminación ambiental y los problemas toxicológicos asociados con los insecticidas sintéticos han llevado a la necesidad de encontrar alternativas más efectivas y amigables a la salud y el ambiente. Hoy en día, uno de los productos naturales más analizados son los aceites esenciales, como consecuencia de las diferentes acciones biológicas que estos derivados de las plantas poseen en el control de plagas de alimentos almacenados (Rajendran *et al.*, 2008).

En este contexto, los aceites esenciales se presentan como una excelente alternativa dado que ofrecen biodisponibilidad, biodegradabilidad y selectividad.

Los aceites esenciales, presentan distintos tipos de efectos sobre los insectos plaga, (Papachristos *et al.*, 2002). Pueden tener actividad fumigante (Shaaya *et al.*, 2007), penetrar dentro del cuerpo de los insectos como insecticidas de contacto (Weaver *et al.*, 1994), actuar como repelentes; (Ndungu *et al.*, 1995), como agentes antialimentarios (Huang *et al.*, 1997), afectar ciertos parámetros como la tasa de crecimiento, el lapso de vida y la reproducción (Pascual-Villalobos, 1996).

La repelencia es uno de los tópicos que presentan gran interés entre los efectos subletales de los aceites esenciales y sus componentes. Algunos de los terpenos responsables de la actividad repelente son: α -pineno, cineol, eugenol, limoneno, terpinoleno, citronelol, citronelal, alcanfor y timol (Park *et al.*, 2005).

En los sitios donde se almacenan granos se ha incrementado en los últimos años el consumo de repelentes. Estos productos se emplean como protectores, evitando que el insecto se acerque al grano, además de prevenir la alimentación y la oviposición (Fields *et al.*, 2001). Generalmente son

colocados alrededor de los silos, en los empaques o como preventivos, tratando las estructuras de almacenaje antes de guardar el grano fresco (Cox, 2004).

Los repelentes han sido definidos como sustancias químicas que actúan localmente o a distancia, provocando el alejamiento de un insecto de la fuente emisora y previniendo así su alimentación (Choochote *et al.*, 2007). Donde uno de los repelentes sintético es el DEET, (N,N-dietilmeta-toluamida), que aún es utilizado a pesar de sus efectos adversos sobre la salud del hombre, pero que sigue siendo efectivo como repelente frente a artrópodos hematófagos (Nerio *et al.*, 2009). Diversos aceites esenciales fueron estudiados para evaluar su capacidad repelente, entre ellos podemos mencionar el aceite esencial proveniente de la cáscara de limón, de las hojas de *Eucalyptus globulus* y *Citronella* (González *et al.*, 2016; Moctezuma *et al.*, 2014).

Los aceites esenciales provenientes de especies aromáticas de la Región Semiárida Pampeana, presentan un amplio espectro de actividad contra plagas de insectos de granos. El aceite esencial de *Heliantus petiolaris* presenta actividad repelente contra *T. castaneum* (Saran 2019). Mientras que, para *Baccharis spartioides*, se reportó actividad repelente del aceite esencial puro contra la plaga de la mosca de la fruta, *Ceratitis capitata* (Jofré Barud *et al.*, 2014).

Los ingredientes activos de los plaguicidas en su estado "crudo", no son usualmente adecuados para el control de plagas. Los fabricantes de plaguicidas agregan otros ingredientes o aditivos (a veces ingredientes inertes) para "formularlo" y así lograr el producto ofrecido para la venta (Herzfeld *et al.*, 2011). El principal objetivo de los aditivos, es aumentar la eficacia del principio activo (Rasheed *et al.*, 2017).

En el desarrollo de las formulaciones, la primera etapa del proceso es la pre-formulación. En esta etapa, se estudian en forma preliminar, las características físico-químicas del principio activo: solubilidad, pH, transparencia, color, olor y presencia de impurezas. En su conjunto, pueden influir en el rendimiento del producto y su fabricación. En la segunda etapa, la llamada fase de formulación, se realizan los ensayos exigidos para que de la combinación entre principios activos y coadyuvantes den como resultado un producto con las características requeridas (Aquino *et al.*, 2013).

El uso de formulaciones plaguicidas empleando aceites esenciales, se presenta hoy como un método alternativo para el control de plagas domésticas. Sin embargo, queda mucho por estudiar acerca de las técnicas y procedimientos para el desarrollo de este tipo de productos (Rasheed *et al.*, 2017).

Objetivos

Objetivo general

El objetivo del presente trabajo fue diseñar formulaciones líquidas con aceites esenciales de *H. petiolaris* y *B. spartioides* y aceite esencial de limón comercial, para evaluar sus efectos repelentes frente a *T. castaneum*.

Objetivos específicos

- Caracterizar las formulaciones líquidas obtenidas: pH, densidad y aspecto.
- Evaluar la estabilidad física de cada formulación desarrollada.
- Evaluar la repelencia de las formulaciones líquidas obtenidas en base a uno o dos aceites esenciales como principios activos.

Metodología

Desarrollo de formulaciones base

En base a los componentes que se muestran en la tabla 1, se diseñaron formulaciones del tipo emulsión estable. El diseño de las formulaciones se llevó a cabo modificando las proporciones de adyuvantes y vehículos. La estabilidad de las emulsiones diseñadas se determinó de la siguiente manera: se colocó 3 ml de la formulación en tubo de ensayo a temperaturas controladas: 30°C y 5°C, durante 24 h. La emulsión se consideró estable cuando no se observó la aparición de cualquier signo de inestabilidad física como cremado, coalescencia o separación de fases.

Tabla 1. Componentes utilizados para el diseño de formulaciones.

Función	Componente
Principios activos	Aceites esenciales de <i>B. Spartioides</i>
	Aceite esencial de <i>H. petiolaris</i>
	Aceite esencial de limón
	DEET
Coadyuvantes	Polietilenglicol
	Tween 80
	Nonil NP10
	Propilenglicol
	Polivinilpirrolidona (PVP K 30)
Vehículos	Etanol
	Agua

Caracterización físico-química de las formulaciones

La caracterización físico química se realizó para las formulaciones obtenidas y se evaluaron los siguientes parámetros:

- Aspecto: se determinó bajo observación simple.
- Densidad: la determinación se realizó mediante pesada de un volumen conocido del formulado y se calculó de la siguiente manera:
$$\text{Densidad del formulado a } 20^{\circ}\text{C (g/mL)} = \text{masa} / \text{volumen}$$
- pH: se realizó con un phmetro (HANNA Instruments), en una muestra de 10ml.

Bioensayos

Insectos modelo, cría y manutención.

Se utilizó la cepa de laboratorio *T. castaneum* Herbst proveniente del CIPEIN-CITEFA. Esta, se conservó en frascos (tamaño 14 x 10,5 x 30 cm) y se mantuvo en condiciones controladas de temperatura ($27\pm 2^{\circ}\text{C}$), humedad relativa ($75\pm 5\%$) y fotoperiodos alternados de 12 h para permitir su rápida reproducción. Los insectos fueron alimentados con una mezcla de harina y levadura en una proporción 7:1.

Ensayos de repelencia

Las pruebas de repelencia se llevaron a cabo por el Método de “preferencia de área”, según la técnica descrita por Zhe *et al.*, (2017). Se utilizaron papeles de filtro (Whatman N ° 1, diámetro 9 cm) que se colocaron en placas de Petri. Una mitad del papel se impregnó con 1 ml de formulado, mientras que la otra mitad no fue tratada. Se contaron los insectos en la zona no tratada en intervalos de una hora durante las primeras 5 h, y luego a las 24 h de aplicada la formulación. Se realizaron 9 réplicas para cada formulación ensayada.

El porcentaje de repelencia (PR) se calculó a través de la siguiente fórmula:

$$\text{PR} = (\text{C}-\text{T}) / (\text{C}+\text{T}) \times 100$$

Donde C = número de insectos en el área no tratada y T = número de insectos en el área tratada (Nerio *et al.*, 2010).

Los resultados promedios obtenidos, se categorizaron en diferentes porcentajes de repelencia (PR) en clase 0 a V. clase 0 (0-0,1%); clase I (0,1-20%); clase II (20,1- 40%); clase III (40,1- 60%); clase IV (60,1- 80%) y clase V (80,1- 100%) según Liu *and* Ho (1999).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y un test de Tukey con los resultados obtenidos (%PR) para determinar las diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las distintas formulaciones y el tiempo óptimo de repelencia.

Resultados y Discusión

Diseño de formulaciones base.

El desarrollo de productos de formulaciones repelentes se realizó a partir del diseño de dos formulaciones base. El ajuste de proporciones de principios activos, coadyuvantes y vehículos resultó en la obtención de dos emulsiones estables (tabla 2) que se identificaron como F1 y F2.

Tabla 2. Composición de las formulaciones base (emulsiones estables)

	Componentes	Proporción (%)
Emulsión estable F1	Principio activo	2
	Coadyuvantes	15
	Vehículos	83
Emulsión estable F2	Principio activo	10
	Coadyuvantes	15,3
	Vehículos	74,7

Caracterización fisicoquímica de formulaciones simples.

A partir de las emulsiones F1 y F2, se diseñaron varias formulaciones repelentes simples constituidas por un solo tipo de aceite esencial como principio activo. Se empleó DEET como control químico positivo para los posteriores ensayos de repelencia. La tabla 3, detalla las características fisicoquímicas de todas las formulaciones diseñadas y su estabilidad física.

Tabla 3. Características fisicoquímicas y estabilidad de Formulados simples.

Formulado	Aspecto	pH	Densidad (g/ml)	Ensayo de estabilidad	
				30°C	5°C
F1A	traslúcido	6,49	0,89	Si	si
F1B	traslúcido	6,38	0,9	Si	Si
F1C	traslúcido	6,37	0,89	Si	Si
F1D	traslúcido	6,57	0,88	Si	Si
F2A	Blanco lechoso	3,27	0,99	No	No
F2B	Blanco lechoso	3,35	1	No	No
F2C	Amarillo lechoso	3,27	1	No	No
F2D	Blanco lechoso	3,66	1	Si	Si

Referencias: F1 emulsión estable 1; F2 emulsión estable 2; A: aceite esencial de limón; B: aceite esencial de *H. petiolaris*; C: aceite esencial de *B. spartioides*; D: DEET.

El aspecto, pH y densidades obtenidos en las formulaciones F1 fueron similares. Las formulaciones F2A, F2B y F2D presentaron el mismo aspecto, a excepción de F2C que contenía el aceite esencial de *B. spartioides*. El pH de las formulaciones F2, resultó más ácido que el observado en las F1. Esto puede ser atribuido al PVP K30, constituyente de F2, que su valor de pH fue de 3,2.

En los ensayos de estabilidad física realizados a 5°C y 30°C, las formulaciones F1A, F1B y F1C mantuvieron su apariencia y homogeneidad; mientras que F2A, F2B y F2C presentaron un cremado en la parte superior de las emulsiones. Las formulaciones F1D y F2D que contienen DEET como principio activo, se mantuvieron estables frente a las temperaturas ensayadas.

Al exponer las formulaciones a estas temperaturas (5°C y 30°C) se pueden presentar cambios en relación a su aspecto físico y químico. Esto es debido al aumento de la degradación de algunos de los componentes y desestabilización de la interfaz del tensioactivo. En consecuencia, se favorecerá la separación de fases del producto formulado (Mads, 2002).

Por otro lado, el hecho que la F1 en su composición contiene dos alcoholes (polietilenglicol y etanol) (tabla 2), puede favorecer su estabilidad, por la disminución de la tensión interfacial que logra la solubilización completa de los componentes. La F2 contiene un solo alcohol y una elevada concentración de aceite esencial, por lo que aumenta la tensión interfacial y disminuye la solubilidad de sus componentes. Las emulsiones resultantes desarrolladas con F2, presentaron separación de fases con fenómenos de inestabilidad como formación de cremado en la superficie.

Caracterización fisicoquímica de formulaciones dobles.

De la misma manera que se diseñaron las formulaciones simples, también se desarrollaron formulaciones dobles, que contenían dos tipos de aceites esenciales como principios activos en una proporción 1:1. En la tabla 4, se pueden observar las características fisicoquímicas y estabilidad de estas formulaciones.

Tabla 4. Características fisicoquímicas y estabilidad de Formulados dobles.

Formulado	Aspecto	pH	Densidad (gr/ml)	Ensayo de estabilidad	
				30°C	5°C
F1A-C	Traslúcido	6,39	0,9	Si	Si
F1A-B	Traslúcido	6,38	0,91	Si	Si
F2A-C	Amarillo translúcido	2,82	1	No	No
F2A-B	Amarillo translúcido	2,89	0,99	No	No

Referencias: F1: emulsión estable 1; F2 emulsión estable 2; A-C: aceite esencial de limón y aceite esencial de *B. spartioides*; A-B: aceite esencial de limón y aceite esencial de *H. petiolaris*.

Al igual que en las formulaciones simples, la F2 resultó ser más ácida que la F1 por la presencia del PVP K30.

Las formulaciones dobles diseñadas con F1 resultaron estables durante 24 h a temperaturas de 30°C y 5°C mientras que en las F2 se observó que la emulsión se separaba en dos fases formando un cremado en la parte superior de la emulsión.

Bioensayos

Actividad repelente de formulaciones simples

Se evaluó el comportamiento repelente sobre adultos de *T. castaneum* a lo largo del tiempo de aplicación de las formulaciones diseñadas simples. Los resultados son presentados en la tabla 5.

Tabla 5. Porcentaje de repelencia de formulaciones simples sobre *T. castaneum*.

Formulado	Repelencia PR (%)						Promedio PR (%)	CR
	Tiempo (h)							
	1	2	3	4	5	24		
F1A	100a	97,8a	100a	97,8a	97,8a	97,8a	98,5	V
F1B	95,5a	97,7a	91,1a	93,3a	86,7b	93,3a	97,4	V
F1C	97,8a	100a	97,8a	97,8a	95,5a	95,5a	97,4	V
F1D	95a	85a	90a	90a	95a	92,5a	90,9	V
F2A	91,1a	97,8a	100a	97,8a	100a	95,5a	97	V
F2B	100a	100a	100a	100a	95a	100a	99,1	V
F2C	95,5a	97,8a	97,8a	100a	100a	97,8a	98,4	V
F2D	87,5a	95a	97,5a	92,5a	90a	97,5a	93,9	V

Letras diferentes indican diferencias significativas de acuerdo al test de Tukey

Referencias: F1: emulsión estable 1; F2 emulsión estable 2; A-C: aceite esencial de limón y aceite esencial de *B. spartioides*; A-B: aceite esencial de limón y aceite esencial de *H. petiolaris*

El total de las formulaciones tienen efecto repelente contra adultos de *T. castaneum* y pertenecen a la clase V de repelencia (Liu *et al.*, 1999). Esto indica que los formulados con F1, que contienen menor concentración de principios activos (aceites esenciales) consiguen una buena actividad repelente, con una menor cantidad de principio activo.

Trabajos previos con los aceites esenciales de *H. petiolaris* y *B. spartioides* han comprobado el efecto repelente de soluciones cetónicas de estos aceites (Saran *et al.*, 2019). Sin embargo, a las 24h el efecto repelente comenzaba a disminuir, debido a la disipación del principio activo. Esto se explica por sus propiedades físico-químicas como la volatilidad, escasa solubilidad en agua y oxidación (Trongtokit *et al.*, 2005). El efecto repelente se logró mantener por más tiempo a través del desarrollo de formulaciones líquidas. Los formulados F1 y F2 mostraron tener efecto repelente por encima del 90% hasta las 24 horas de ensayo. Los fenómenos de disipación y pérdida de actividad repelente disminuyen cuando los principios activos se encuentran en un formulado.

Actividad repelente de formulaciones dobles.

Se evaluó el efecto repelente de formulaciones F1 y F2 en las cuales se utilizaron dos aceites esenciales como principios activos en una proporción 1:1. Se adicionó a las formulaciones base, 5% de aceite esencial de limón y se completó la formulación con los aceites de *H. petiolaris* y *B. spartioides*. Sabatino y colaboradores (2006), reportaron que el limoneno (componente mayoritario del aceite de limón) tiene efecto repelente contra *Varroa destructor*. Por lo tanto, al

realizar la formulación de mezclas de aceites donde incluyeron el aceite esencial de limón, lograron potenciar la actividad repelente. Con este antecedente, fueron diseñadas formulaciones dobles que se muestran en la tabla 7.

Tabla 6. Porcentaje de repelencia de formulaciones dobles sobre *T. castaneum*.

Formulado	Repelencia PR (%)							
	Tiempo (h)						Promedio PR (%)	CR
	1	2	3	4	5	24		
F1A-C	95,5ab	100a	100a	100a	97,8ab	100a	99,2	V
F1A-B	91,1ab	100a	95,5a	97,8ab	86,7b	100a	95,1	V
F2A-C	71,1c	95,5ab	93,3ab	95,5ab	93,3ab	93,3ab	92,1	V
F2A-B	100a	100a	100a	100a	97,8ab	93,3ab	98,9	V

Letras diferentes indican diferencias significativas de acuerdo al test de Tukey

Referencias: F1: emulsión estable 1; F2 emulsión estable 2; A-C: aceite esencial de limón y aceite esencial de *B. spartioides*; A-B: aceite esencial de limón y aceite esencial de *H. petiolaris*

Todas las formulaciones con la combinación de aceites esenciales propuestas fueron clase V según Llu *et al* (1999). El formulado F1A-C fue el de mayor PR promedio (99,2%), mientras que el formulado F2A-B con una mayor proporción de cada aceite esencial (5%), tuvo menor PR promedio 92,1%.

En este estudio, en las formulaciones F2A-C y F2A-B que contienen una concentración de aceite esencial al 10% v/v, la repelencia disminuyó en comparación con las formulaciones simples, en particular a las 24 h. Sin embargo, el efecto repelente se mantuvo dentro de la clase V. Idin y colaboradores (2016), ensayaron formulaciones mixtas con dos aceites esenciales en una proporción de 10%. Esto presentaba una mejora en la repelencia para el control de cucarachas, en comparación con las formulaciones que contenían los aceites esenciales individuales. En nuestro trabajo, los repelentes con F1 tienen similar eficiencia en comparación con las formulaciones simples mientras que las F2 presentan menor eficiencia.

Conclusiones

El uso de formulaciones que emplean aceite esencial como principio activo, se presenta como una alternativa para el control de plagas granarías *T. castaneum*.

Todas las formulaciones líquidas desarrolladas, presentaron repelencia dentro de la clase V; tanto para los productos que contenían un principio activo o dos.

Respecto a la estabilidad de las emulsiones, se puede observar que las F2 a pesar de presentar problemas de inestabilidad física, mostraron tener efecto repelente frente a *T. castaneum*.

De las dos fórmulas propuestas inicialmente, la F1 se muestra como una alternativa para la elaboración de un repelente estable, con baja concentración de principio activo (2%). A la hora de evaluar los costos de elaboración del producto final, estas características pueden ser ventajosas.

Se ha logrado una familia de productos repelentes, consistente en 10 formulaciones diseñadas en el seno de la Universidad Nacional de la Pampa, con potencial para generar productos comerciales, a partir de especies vegetales como *H. petiolaris* y *B. spartioides*.

Referencias Bibliográficas

Aquino, A y Ochoa, M (2013). "Formulación de una loción repelente utilizando como principio activo aceite esencial de *Eucalyptus globulus* (eucalipto) y perfume de citronella". (Tesis de Grado). Universidad del Salvador. Buenos Aires, Argentina.

Choochote, W Chaithong, U Kamusuk, K Jitpakdi, A Tippawangkosol, P Tuetun, B Champakaew, D y Pitasawat, B (2007). "Repellent activity of selected essential oils against *Aedes aegypti*". *Fitoterapia*. Volumen (78), pp. 359-364.

Cox, P (2004). "Potential for using semiochemicals to protect stored products from insect infestation". *Journal of Stored Products Research*. Volumen (1), pp. 1-25.

Ducom, P Dupuis, S Stefanini, V y Guichard, A (2002). "Sulfuryl fluoride as a new fumigant for the desinfestation of flour mills in France". *Advances in Stored Product Protection*. Pp. 900-903.

Enan, E Beigler, M y Kende, A (1998). "Insecticidal action of terpenes and phenols to cockroaches: effect on octopamine receptors". En Proceedings of the International Symposium on Plant Protection. Gent, Bélgica.

Fields, P Xie, Y y Hou, X (2001). "Repellent effect of pea (*Pisum sativum*) fractions against stored-product insects". *J. Stored Prod. Res.* Volumen (37), pp. 359-370.

González, R Aguayo, S Urbina-Parra, A y González, M (2016). "Aceite esencial de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* (MYRTACEAE) para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky". *Chilean J. Agric. Anim. Sci, ex Agro-Ciencia*. Volumen (3), pp. 204-216.

Herzfeld, D y Sargent, K (2011). Chapter 4: Pesticide formulations: private pesticide applicator safety education manual 19th Edition. Minnesota Department of Agriculture, University of Minnesota Extension, USA.

Hill, D (1990). "Pests of stored products and their control". CRC Press, Boca Ratón, Florida, USA. 274.

Huang, Y Tan, J Kini, R y Ho, S (1997). "Toxic and antifeedant action of nutmeg oil against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch". *J. Stored Prod, Res.* Volumen (4), pp. 289-298.

Idin, Z Pooya Bahari, K y Majid, H (2016). "Evaluation of repellent activity of two essential oils and their mixed formulation against cockroaches (*Dictyoptera: Blattellidae, Blattellidae*) in Iran. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. Volumen (4), pp. 106-113.

Jofré Barud F., López S., Tapiaa A., Feresina G.E., López M.L. (2014). Attractant, sexual competitiveness enhancing and toxic activities of the essential oils from *Baccharis spartioides* and *Schinus polygama* on *Ceratitidis capitata* Wiedemann. *Industrial Crops and Products*. volumen (62), 299-304.

Liu, Z y Ho, S (1999). "Bioactivity of the essential oil extracted from *Evodia rutaecarpa* Hook f. et Thomas against the grain storage insects, *Sitophilus zeamais* Motsch. and *Tribolium castaneum* (Herbst)". *J. Stored Prod. Res.* Volumen (35), pp. 317–328.

Mads, K (2002). "Influence of microemulsions on cutaneous drug delivery". *Adv. drug Del.Rev.* Volumen (1), pp. 577-598.

Moctezuma, M Rojas Villa, M Torrez, O y Zaragoza, V (2014). "La citronella *Cymbopogon Nardus* funciona como perfume antimosquitos". Congreso Estudiantil de Investigación-Universidad Autónoma de México.

Navarro, S (2006). "New global challenges to the use of gaseous treatments in stored product". 9th International Working Conference on Stored Product Protection. Plenary session 6. *Fumigation and Control Atmosphere*. Pp. 495-509.

Ndungu, M Lawndale, W Hassanali, A Moreka, L y Chabra, C (1995). "Cleome monophylla essential oil and its constituents as tick (*Rhipicephalus appendiculatus*) and maize weevil (*Sitophilus zeamais*) repellents". *Entomol. Exp. Appl.* Volumen (76), pp. 217-222.

Nerio, L Olivero-Verbel, J y Stashenko, E (2010). Repellent activity of essential oils a review. *Bioresource Technology*. Volumen (101), pp. 372-378.

Oerke, E (2006). "Crop losses to pests". *J. Agr. Sci.* Volumen (144), pp. 31-43.

Rasheed, S y Rasheed A (2017). "Formulation of essential oil pesticides technology and their application". *Agri Res & Tech: Open Access J.* Volumen (2), pp. 555-759.

Rajendran, S., Sriranjini, V. (2008). Plant products as fumigants for stored product insect control. *J. Stored Prod. Res.* Volumen(44), pp 126-135.

Park, B Choi, W Kim, J y Lee, S (2005). "Monoterpenes from thyme (*Thymus vulgaris*) as potential mosquito repellents". *J. Am. Mosq. Control Assoc.* Volumen (21), pp. 80–83.

Pascual-Villalobos, M (1996). "Evaluation of insecticidal activity of *Chrysanthemum coronarium*, plant extracts". *Boletín de Sanidad*. Volumen (22), pp. 411-420.

Pérez Mendoza, Flinn J, Campbell P, Hagstrum J, y Throne D, (2004). "Detection of stored grain

insect infestation in wheat transported in railroad hopper-cars". *J. Econ. Entomol.* Volumen (97), pp. 1474-1483.

Sahaf, B Moharramipour, S y Meshkatsadat, M (2008). "Fumigant toxicity of essential oil from *Vitex pseudo-negundo* against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus oryzae* (L.)". *Journal of Asia-Pacific Entomology*. Volumen (11), pp. 175-179.

Saran, A. Fernández, L. Minig, M. Bellozas Reinhard, M. y Merini, L. (2019). Actividad repelente de aceites esenciales de plantas nativas y su mezcla para controlar *Tribolium castaneum* en granos almacenados. *Semiarida Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam* Volumen (29), pp. 43-51.

Sabatino, M Maggi, M Damiani, N Ruffinengo, S Gende, L y Eguaras, M (2006). "Relación entre la composición química de los aceites esenciales y el efecto sobre *Varroa destructor*. Congreso; I Congreso Argentino de Apicultura; Córdoba, Argentina.

Shaaya, E y Rafaei, A (2007). "Essential oils as biorational insecticides-potency and mode of action. *Insecticides Design Using Advanced Technologies*. Springer, Berlin, Alemania.

Trongtokit, Y (2005). "Comparative repellency of 38 essential oils against mosquito bites". *Phytother. Res.* Volumen (19), pp. 303-309.

Weaver, K Dunkel, V Potter, C y Ntezurubanza, L (1994). "Contact and fumigant efficacy of powdered and intact *Ocimum canum* Sims (Lamiales: Lamiaceae) against *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) adults (Coleoptera: Bruchidae)". *J. Stored Prod, Res.*3 , Volume (30), pp 243-252.

Zhe, Z Shan-shan, G Wen-juan, Z Zhu-feng, G Jun-yu, L Shu-shan, D Cheng-fang, W y Zhi-wei D (2017). "Essential oil and polyacetylenes from *Artemisia ordosica* and their bioactivities against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera:Tenebrionidae)". *Industrial Crops and Products Res.* Volumen (100), pp. 132-137.

Zygadlo, J y Grosso, N (1995). "Comparative study of the antifungal activity of essential oils from aromatic plants growing wild in the central region of Argentina". *Flavor Frag. J.* Volumen (10), pp. 113-118.

Instituciones participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org