

Ácido fórmico en gel para regular su evaporación

Fidel Ávila Ramos*

Recepción: 3 de febrero de 2009

Aceptación: 7 de septiembre de 2009

* Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
Centro Universitario Amecameca. Universidad
Autónoma del Estado de México, México.
Correo electrónico: ledif@colpos.mx

Resumen. El ácido fórmico se utiliza como acaricida, sus vapores son letales para los ácaros y no existe un método adecuado para manipularlo. Para evitar el riesgo al usuario se elaboraron dos geles a base de fécula de maíz, se colocó sobre bandejas de espuma laminada con 200 g de ácido fórmico al 85% en bolsas de polietileno. Para evaporar el ácido fórmico se utilizaron 6 áreas diferentes de transferencia; la pérdida del ácido fue gradual y continua durante dos semanas, el gel y el tamaño de la apertura regularon la evaporación del ácido a las dosis recomendadas (10 g / día). La formulación desarrollada es un método barato y práctico para el manejo del ácido fórmico.

Palabras clave: *Apis mellifera*, *Varroa destructor*, ácido fórmico, gel.

Formic Acid Gel to Regulate its Evaporation

Abstract. Formic acid is used as a miticide, its fumes are lethal to the mites and there is no suitable method for handling it. To avoid risk to the user two gels were prepared from cornstarch, they were placed on sheets of foam in trays with 200 g of formic acid at 85% in polyethylene bags. In order to evaporate the formic acid six different areas of transfer were utilized, the acid loss was gradual and continuing for two weeks, the gel and the size of the opening regulated evaporation of acid at the recommended dose (10 g / day). The formulation developed is a cheap and practical method for handling formic acid.

Key words: *Apis mellifera*, *Varroa destructor*, formic acid, gel.

Introducción

En México, existen 1.95 millones de colmenas distribuidas en todo el país. Generalmente, las abejas son afectadas por el ácaro *Varroa destructor*, un ectoparásito obligado de *Apis mellifera*, que afecta, tanto a los adultos como a sus crías; se alimentan de las abejas en desarrollo: perfora su cutícula y succiona su hemolinfa. Causa daños que pueden agruparse en dos categorías: directos e indirectos; en los daños directos se reduce el tamaño de las abejas al nacer; emergen abejas sin alas, presentan abdomen recortado y su promedio de vida es menor (Sammataro, 1997). Además varroa es vector de bacterias, virus y hongos a la colmena, lo que ocasiona daños indirectos (De Jong *et al.*, 1982).

1. Control de la varroasis

El control de varroa se puede lograr con productos naturales y químicos. Los productos naturales como las esencias de

eucalipto, alcanfor y timol, tienen resultados adecuados, pero su efectividad es irregular (Ciolino *et al.*, 1999). En México existen productos químicos de uso obligatorio; éstos son el Apistan® (principio activo fluvalinato) y el Baybarol® (principio activo flumetrina), cuyo precio es alto y contamina la miel, la cera y el propóleo (Wallner, 1999).

El ácido fórmico sirve como acaricida; es un líquido incoloro de olor insoportable, soluble en agua, alcohol y éter. Es un potente inhibidor a nivel de citocromo oxidasa (Bollí *et al.*, 1993); es más ligero que el aire y se evapora más rápido que el agua. Mata ácaros que están sobre las abejas adultas; con temperaturas adecuadas, entre 18 y 25 °C, penetra en las celdillas operculadas y alcanza a los ácaros en etapa reproductiva (Eguaras *et al.*, 2003; Imdorf *et al.*, 1990).

El ácido fórmico se aplica en dispositivos para controlar su evaporación y de acuerdo con los gramos evaporados por día se clasifica en terapia de shock o en terapia de liberación controlada. En la primera, el método más popular es el plato Illertissener que consiste en una placa de cartón

de 20 × 30 cm × 1.5 mm de espesor saturada con 22 g de ácido fórmico al 65%. Para un tratamiento se requieren cuatro placas en la cámara de cría, aplicadas con intervalos de 4 días (Wachendörfer *et al.*, 1985); el ácido contenido en cada placa se evapora en menos de 8 horas (Imdorf y Gerig, 1988). Algunos apicultores preparan tiras de cartón como aplicadores; las humedecen con 20 g de ácido fórmico al 60% y las colocan entre los bastidores de la cámara de cría por tres ocasiones para completar el tratamiento (Van *et al.*, 1998).

El segundo grupo de tratamientos, llamados cerrados o de liberación controlada, son más utilizados; brindan seguridad al usuario y éste se expone menos al ácido fórmico. Entre estos métodos se encuentra la placa Kramer, la cual es una fibra de celulosa de 3.3 mm de espesor que se coloca dentro de una bolsa de polietileno con 12 perforaciones de 1.5 cm de diámetro. Las perforaciones se tapan con cinta adhesiva impermeable y se destapan inmediatamente antes de colocarse en el interior de las colmenas (Krämer, 1991; Charrière *et al.*, 1997). El principio básico para aplicar el ácido consiste sólo en regular su evaporación empleando el diseño del evaporador Nassenheider; este recipiente es rectangular y aplanado, tiene un depósito para llenar con 120 g de ácido y una placa porosa conectada, la cual funciona como una mecha que regula la evaporación y se fija a un cuadro de la cámara de cría (Ritter y Rutter, 1980).

En los últimos años se ha intentado usar sustancias que regulen el proceso natural de evaporación del ácido fórmico y permitan que una aplicación dure varios días. Un sistema más complejo es un gel en una bolsa de polietileno con perforaciones, para regular la evaporación del ácido (Nelson, 1997).

A partir de la primera propuesta, se ha incrementado la búsqueda de sustancias que puedan formar geles con el ácido fórmico (Feldlaufer *et al.*, 1997; Kochansky y Shimanuki, 1999; Eguaras *et al.*, 2001) y sean capaces de retenerlo y liberarlo gradualmente, en cantidades preestablecidas.

La ventaja que tiene el uso de los geles como sistemas reguladores de evaporación, radica en su facilidad de manejo en campo. El presente trabajo tiene como objetivo diseñar una placa con ácido fórmico en matriz de gel como vehículo que facilite su manejo y regule la evaporación del ácido fórmico.

2. Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el laboratorio de Acarología del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. Para llevarlo a cabo se acondicionó una cámara climática y se fijó la temperatura a 32 °C, con 60% de humedad relativa.

El diseño experimental utilizado para determinar la cantidad de ácido fórmico evaporado con los diferentes tratamientos fue un diseño completamente al azar.

Se realizaron análisis sobre la evaporación de ácido fórmico en sus diferentes vehículos, donde las fuentes de variación fueron el tipo de gel y el área de liberación, mientras que la variable de respuesta fue el número de días que transcurrieron para que las placas tuvieran pérdida de masa de 25, 50 y 75%, respectivamente.

2.1. Elaboración del gel

Se probaron dos fórmulas nombradas Gel A y Gel B, preparadas a base de almidón de maíz con dos concentraciones de almidón y agua: 50/50 y 60/40. El almidón se disolvió en agua a 25 °C y se llevó a un estado de gel al elevar la temperatura 1.5 °C por minuto, en movimiento constante, hasta llegar a 90 °C; esta temperatura se mantuvo por 10 min y se disminuyó a la misma velocidad de calentamiento; al llegar a 25 °C el gel se licuó en una licuadora doméstica, para estandarizar su tamaño.

2.2. Manufactura de la placa

Para preparar los dispositivos con gel se utilizaron platos de plástico de baja densidad, con un área de 300 cm² y un espesor de 2 cm. En el plato se colocaron 200 g de gel, el cual se dispersó sobre toda la superficie, se agregaron 200 g de ácido fórmico al 85%. Los platos se mantuvieron a 4 °C durante 10 minutos. Finalmente, cada plato se colocó dentro de una bolsa transparente de polietileno de baja densidad, calibre 400, con dimensiones de 25 × 40 cm y ésta se selló con una máquina de calor continuo, a 120 °C. Al conjunto de plato, gel con ácido fórmico y empaque de polietileno se le denominó placa.

2.3. Permeabilidad del polietileno al ácido fórmico

Para conocer la permeabilidad del polietileno al vapor del ácido y determinar si las bolsas de este material estaban perfectamente selladas y resistían acciones mecánicas, se realizó una prueba para determinar la pérdida de ácido. Cuatro placas se colocaron a temperatura ambiente y cuatro en refrigeración a 4 °C, se pesaron cada 24 h durante 30 días. Esta parte del experimento también incluyó dos testigos uno con ácido fórmico al 85% y otro con agua.

2.4 Evaporación del ácido en condiciones controladas

Esta prueba se llevó a cabo para determinar la velocidad de evaporación de ácido fórmico en las placas. Se consideraron como variables el tipo de gel (A, B) y el área de transferencia de los vapores. Se hicieron cortes rectangulares a cada

bolsa de polietileno que contenía una charola con gel, con el objetivo de permitir la evaporación de los componentes volátiles. Estos cortes, denominados tratamientos, fueron los siguientes: 10 cm² (1), 12 cm² (2), 14 cm² (3), 16 cm² (4), 32 cm² (5) y 64 cm² (6), más una placa de gel sin bolsa, con un área de 300 cm². Para cada área se realizaron cuatro repeticiones (placas) más los testigos, los cuales incluyeron sólo ácido fórmico líquido y agua, por separado, con las mismas áreas de evaporación y repeticiones.

3. Resultados y discusión

3.1. Elaboración del gel

Los geles a base de almidón de maíz presentaron tres ventajas: a) fácil elaboración y manejo, b) económicos y c) la materia prima se consigue con cualquier distribuidor de almidones. Por otra parte, al preparar gel con almidón, el usuario no se expone al vapor del ácido. La capacidad de inhibición del almidón en estado de gel permitió la absorción del AF al 85% en una relación 1:1.

3.2. Diseño y elaboración de la placa

El diseño de la placa presentó tres inconvenientes; el primero fue su espesor (2 cm), este problema puede resolverse con el uso de la entretapa tipo California y la colocación de la placa directamente sobre los bastidores, lo cual permite instalarla y dejar un espacio para la liberación del vapor. El segundo inconveniente fue el tamaño del plato que se utilizó para contener el gel, debido a que se derramaba hacia los lados. El tercero fue la flexibilidad del polietileno utilizado como empaque, debido a que se deformaba. Los últimos dos inconvenientes no se resolvieron en esta etapa del trabajo y se continuó usando el diseño construido artesanalmente. Para evitar deformaciones del empaque de polietileno, se usó una banda elástica y se evitaron derrames de gel con sólo manejarlo con cuidado. Es claro que hace falta desarrollar un empaque rígido para el gel; éste debe ser impermeable al vapor de ácido fórmico.

3.3. Permeabilidad del polietileno al ácido fórmico

En las placas que se almacenaron en refrigeración y en aquellas que se mantuvieron a temperatura ambiente hubo una pérdida de masa menor de 1.5% de la masa inicial (200 g) para todos los tratamientos; en esta etapa no se incluyó el grupo de placas sin polietileno, pues la finalidad fue determinar si el material era permeable o no al ácido. No hubo forma de saber si el ácido fórmico se perdió a través del polietileno o de pequeñas imperfecciones en el sello. Por otra parte, las placas que contenían ácido fórmico sin gel, perdieron

2.6 g (1.3%) a temperatura ambiente (15 a 20 °C), luego de 30 días (cuadro 1), el tratamiento mostró diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos. En las placas mantenidas en refrigeración (4 °C) no hubo diferencia alguna (cuadro 2).

3.4. Evaporación del gel en condiciones de laboratorio

La pérdida de masa de las placas con los geles A y B, en función del área de apertura en las bolsas de polietileno, fue similar, mientras que la evaporación de masa de agua y de ácido fórmico líquido sin ningún vehículo fue más rápida. En todos los casos, la evaporación fue gradual y continua, la tasa de evaporación se redujo al perder 90% de la masa inicial. No se compararon estadísticamente las pérdidas de peso de agua, ácido fórmico líquido y los geles; la formulación en gel retardó la evaporación. El ácido fórmico sin ningún vehículo se evaporó en 18 días aun con el área de liberación más pequeña, contra 45 días cuando se usó el gel para la misma área de liberación.

En el cuadro 3 se indican las diferencias significativas que presentó el área de liberación. No hubo diferencia en el tipo de gel, excepto a 25% de pérdida de masa. De lo anterior, se determinó que ambos geles siguen el mismo patrón de evaporación y la diferencia se debe al área de liberación.

La diferencia observada en la variable tipo de gel, a 25% de pérdida de masa, se atribuye a una mayor evaporación del Gel A en los primeros días después de abrir la placa.

Cuadro 1. Pérdida de masa en placas colocadas a temperatura ambiente, durante 30 días

Tratamiento	Día			Pérdida de masa %
	10	20	30	
Gel A	199.6a	199.1a	199.0a	0.5
Gel B	199.6a	199.1a	198.8a	0.5
AF	198.8b	197.6b	197.3b	1.3
Agua	199.7a	199.4a	199.3a	0.3

Medias con distinta letra para una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). AF: ácido fórmico. † Cada valor es el promedio de cuatro repeticiones.

Cuadro 2. Pérdida de masa en placas colocadas en refrigeración durante 30 días.

Tratamiento	Día			Pérdida de masa %
	10	20	30	
Gel A	199.9a	199.7a	199.6a	0.1
Gel B	199.9a	199.8a	199.8a	0.0
AF	199.5a	199.0a	198.9a	0.5
Agua	199.9a	199.8a	199.8a	0.0

Medias con distinta letra para una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). AF: ácido fórmico. † Cada valor es el promedio de cuatro repeticiones.

En el cuadro 4 se comparan los tiempos transcurridos para la liberación parcial de ácido en cada uno de los geles, en función del área de liberación. De los resultados de la

Cuadro 3. Efecto del tipo de gel, área de liberación e interacción entre ambas variables, sobre el número de días que transcurrieron para que se perdiera el 25, 50 y 75% del ácido fórmico contenido en la placa.

Fuente de variación	Días para evaporar el contenido de ácido %					
	25		50		75	
	F	Pr > F	F	Pr > F	F	Pr > F
Gel	5.50	0.0239	2.57	0.1166 ^{NS}	1.57	0.2178 ^{NS}
Área	42.81	<.0001	36.98	<.0001	52.25	<.0001

NS No significativa.

Cuadro 4. Días transcurridos para evaporar 25, 50 y 75% de ácido en los geles A y B con diferentes áreas de evaporación.

Áreas de liberación cm ²	Gel A%			Gel B%		
	25	50	75	25	50	75
10	10.75 a	22.75 a	31.00 a	12.7 a	24.2 a	33.5 a
12	8.75 ab	19.00 ab	30.25 a	10.2 ab	20.0 ab	28.0 b
14	7.50 ab	18.25 ab	27.50 a	8.7 b	19.5 b	28.2 b
16	7.00 ab	16.00 abc	25.75 ab	8.0 bc	18.0 b	28.0 b
32	4.25 bc	8.75 bed	14.00 bc	5.5 c	11.2 c	17.2 c
64	2.25 c	5.25 ed	9.50 c	2.7 d	7.5 c	12.5 c
300	1.25 c	2.50 d	4.25 c	1.0 d	2.7 d	4.5 d

Medias con distinta letra para una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, P ≤ 0.05). † Cada valor es el promedio de cuatro repeticiones.

prueba de Tukey se formaron tres bloques: el primero, con áreas de evaporación de 10 a 16 cm²; el segundo, de 32 a 64 cm²; y el tercero con 300 cm². De acuerdo con Scott *et al.* (1999), Calderone y Nasr (1999), Calderone (1999) e Imdorf *et al.* (1996), la cantidad evaporada por día para un tratamiento contra varroa debe ser aproximadamente 10g. El tratamiento que más se acercó a este valor fue el gel B, con un área de 32 cm², por lo tanto se consideró un vehículo adecuado.

Conclusiones

Se desarrolló un gel que pudo absorber el ácido fórmico y lo liberó de manera regulada, dentro de los límites preestablecidos en la bibliografía. La evaporación del ácido fórmico se reguló por el gel y el área de transferencia; ésta no se afectó por aumento o disminución de temperatura. Se logró una tasa regulada de 10 g día⁻¹ para perder el ácido fórmico de las placas. El empaque de polietileno utilizado para guardar las placas, fue impermeable al ácido fórmico; sin embargo, tuvo pequeñas fugas por fallas en el sellado. La formulación desarrollada ofrece un método efectivo, inocuo, barato y práctico para el manejo del ácido fórmico. Sin embargo, se debe trabajar en la mejora del empaque.

orig

Bibliografía

Bolli, H. K.; S. Bogdanov; A. Imdorf y P. Fluri (1993). "Action of Formic Acid on Oud and the Honey Bee (*Apis mellifera* L.)", *Apidologie*. Vol. 24, Núm. 1.

Calderone, N. W. (1999). "Evaluation of Formic Acid and a Thymol-based Blend of Natural Products for the Fall Control of *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroide) in Colonies of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae)", *Journal of Economic Entomology*. Vol. 92, Núm. 2.

Calderone, N. W.; E. M. Nars (1999). "Evaluation of Formic Acid Formulation for the Fall Control of *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) in Colonies of the Honey Bee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in temperate climate", *Journal Economic Entomology*. Vol. 92, Núm. 3.

Ciolino, P.; M. Eguaras y E. Rodríguez (1999). "Evaluación de dos métodos orgánicos para el control de *Varroa jacobsoni* Oudemans en colmenas de *Apis mellifera*", *Gestión Apícola*. Vol. 12, Núm. 6.

Charriere, J.; A. Imdorf; P. Fluri (1997). "A Formic Acid Dispenser Against Varroosis of Bees", *Agrarforschung*. Vol. 4, Núm. 5.

De Jong, D.; P. De Jong; H. Goncalves (1982). "Weight Loss and Other Damage to Developing Worker Honeybees from Infestation with *Varroa jacobsoni*", *Journal of Apicultural Research*. Vol. 2, Núm. 3.

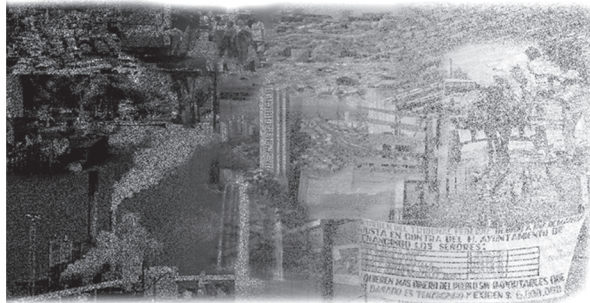
Eguaras, M.; L. Del Hoyo; M. Palacio; S. Ruffinengo y E. Bedascarrasbure (2001). "A New Product with Formic Acid for *Varroa jacobsoni* Oud. Control in Argentina. I. Efficacy", *Journal of Veterinary Medicine*. Vol. 48, Núm. 1.

Eguaras, M.; M. Palacio; C. Faverin; M. Basualdo; M. Del Hoyo; G. Velis y E. Bedascarrasbure (2003). "Efficacy of Formic Acid in Gel for *Varroa* Control in *Apis Mellifera* L.: Importance of the Dispenser Position Inside the Hive", *Veterinary Parasitology*. Vol. III, Núm. 2.

Feldlaufer, M. F.; J. S. Pettis; J. P. Kochansky y H. Shimanuki (1997). "A Gel Formulation of Formic Acid for the Control of Parasitic Mites of Honey Bees", *American Bee Journal*. Vol. 137, Núm. 9.

Imdorf, A. y L. Gerig (1988). "Lutte Intégrée Contre varroa: Acide Formique", *Journal Suisse d'Apiculture*. Vol. 85, Núm. 8.

- Imdorf, A.; J. D. Charriere; C. Maquelin; V. Kilchenmann y B. Bachofen (1996). "Alternative varroa control", *American Bee Journal* 136, Núm. 3.
- Imdorf, A.; Kilchenmann, V. y C. Maquelin (1990). "Emploi Optimal de l'Acide Formique Ce qu'il Importe de Savoir!", *Journal Suisse d'Apiculture*. Vol. 87, Núm. 7-8.
- Kochansky, J. y H. Shimanuki (1999). "Development of a Gel Formulation of Formic Acid for Control of Parasitic Mites of Honey Bees", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 47, Núm. 9.
- Krämer, K. (1991). "Feldversuche Mit Der Krämer-Platte. Deutsches Imker", *Journal*. Vol. 384, Núm. 9.
- Nelson, D. L. (1997). "Ameisensäure-Gelstreifen Könnten Höchst Wirksam Sein", *Allg Dtsch Imkerztg*. Vol. 17.
- Ritter, W. y F. Ruttner (1980). "Neue Wege Im der Behandlung Der Varroatose", *Allg Dtsch Imkerztg*. Vol. 14, Núm. 5.
- Sammataro, D. (1997). "Report on Parasitic Honey Bee mites and Disease Associations", *American Bee Journal* 137, Núm. 4.
- Scott, D. R.; H. R. Abdulkareem; E. L. Rogers; K. Mackenzie (1999). "Membrane-Barrier Delivery of Formic Acid, a Chemical Used for Mite Control on Honey Bees (*Apis mellifera*)", *Journal of Apicultural Research*. Vol. 38, Núm. 1-2.
- Van, V. J.; F. R. Calderón; A. A. Cubero y A. H. Arce (1998). "Varroa jacobsoni in Costa Rica: Detection, Spread and Treatment with Formic Acid", *Bee World*. Vol. 79, Núm. 1.
- Wachendörfer, G.; A. Klepsch; W. Stoya y E. Kaiser (1985). "Derzeitiger stand der Medikamentellen Behandlung der Varroatose Mit Neuen Ameisensäure-VerdunstungsSystemen", *Adiz*. Vol. 19, Núm. 10.
- Wallner, K. (1999). "Varroicides and their Residues in Bee Products", *Apidologie*. Vol. 30, Núm. 2.



R E V I S T A

Economía, Sociedad y Territorio

Nuestro próximo número

Vol. X, núm. 32, enero-abril de 2010

- Humberto Márquez Covarrubias
Responsabilizar a los migrantes en el desarrollo: lecciones del laboratorio social zacatecano
- Edgar Záyago-Lau y Guillermo Foladori
La nanotecnología en México: un desarrollo incierto
- Diosey Ramón Lugo-Morín, Javier Ramírez-Juárez, José Arturo Méndez-Espinoza y Benjamín Peña Olvera
Redes sociales asimétricas en el sistema hortícola del Valle de Tepeaca
- Sergio Vargas Velázquez
Aspectos socioeconómicos de la agricultura de riego en la Cuenca Lerma-Chapala
- Juliana Frassa, Leticia Muñoz-Terra, Alejandro Nacleiro
Trayectorias empresariales divergentes frente a un contexto de privatización. Un estudio comparativo de dos empresas públicas argentinas
- Teresa Kido y Manuel Cuellar
La industria de cruceros en Bahías de Huatulco, Oaxaca medida a través de estimadores panel con información del costo de viaje
- Saúl Antonio Obregón Biosca
El impacto de las carreteras en el desarrollo socioeconómico. Comparación de dos casos de estudio: El "Eix Transversal de Catalunya" en España y la MEX120 en México
- Oscar Sánchez y Javier Romero Torres
Factores de calidad del servicio en el transporte público de pasajeros en Toluca: Un estudio de caso

Reseñas

- Maximiliano Gracia Hernández
La inversión extranjera directa como palanca de crecimiento económico
- Maximiliano Korstanje
Economía del Riesgo, un análisis crítico a la mirada de Ulrich Beck.

Precio de lista por ejemplar: \$113.00*
(Descuento en números anteriores)

SUSCRIPCIONES:
Suscripción anual (3 números): \$240.00 mn
Estados Unidos y Canadá us\$50.00
Centro y Sudamérica us\$50.00
Otros países us\$50.00

Solicítela a:
El Colegio Mexiquense, A.C.
Departamento de ventas y librería
Ex hacienda Santa Cruz de los Patos s/n,
Col. Cerro del Murciélago, Zinacantepec 51350, México, MÉXICO
Teléfono: (+52+722) 279 99 08 y 218 00 56 exts. 221 y 222
Fax: (+52+722) 218 03 58 ext. 200
E-mail: ventas@cmq.edu.mx
Página-e: www.cmq.edu.mx