

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMIA

Caída natural de *Varroa destructor* Anderson & Trueman
(Mesostigmata: Varroidae), como indicador del nivel de infestación
y efecto del tratamiento otoñal con ácido fórmico sobre la colmena
en la Región Metropolitana, Chile

Tesis presentada como parte de los
requisitos para optar al grado de
Licenciado en Agronomía

Carlos Gustavo Eberhardt Fellay

VALDIVIA-CHILE

2006

PROFESOR PATROCINANTE

Miguel Neira C.

Ing. Agr. _____

PROFESORES INFORMANTES

Roberto Carrillo L.

Ing. Agr., M. Sc., Ph. D. _____

Claudia Dussaubat A.

Ing. Agr: _____ .

INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Varroosis	3
2.2	Origen y clasificación del parásito	3
2.3	Distribución mundial de varroa	4
2.4	Situación de varroa en Chile	5
2.5	Características morfológicas del ácaro	5
2.5.1	Morfología de la hembra	6
2.5.2	Morfología del macho	6
2.6	Ciclo biológico del ácaro	7
2.6.1	Fase forética	7
2.6.2	Fase reproductiva	8
2.6.2.1	Período de pre operculación	8
2.6.2.2	Período de post operculación	9
2.6.2.3	Apareamiento de la descendencia de varroa	10
2.6.2.4	Salida y diseminación de varroa	11
2.6.2.4.1	Éxito del ciclo reproductivo	11
2.7	Daño producido por <i>Varroa destructor</i>	11
2.7.1	Acción directa	12
2.7.2	Acción indirecta	13
2.8	Detección y diagnóstico de la varroa	13
2.8.1	Diagnóstico en abeja adulta	14
2.8.2	Diagnóstico en cámara cría	14

Capítulo		Página
2.8.3	Diagnóstico por caída natural	15
2.9	Dinámica poblacional de la <i>Varroa destructor</i>	16
2.10	Métodos de control de varroa	17
2.10.1	Control químico	19
2.10.2	Control integrado	21
2.10.3	Control alternativo	22
2.10.3.1	Control con aceites esenciales	22
2.10.3.2	Control con ácidos orgánicos	23
2.10.3.2.1	Control con ácido fórmico	25
2.10.4	Control biológico	27
2.10.5	Medidas culturales de control	27
2.10.6	Medidas biotecnológicas de control	28
3	MATERIAL Y MÉTODO	29
3.1	Ubicación del ensayo	29
3.2	Material del ensayo	29
3.2.1	Material biológico	29
3.2.2	Material apícola	29
3.2.3	Material químico	29
3.2.4	Otros materiales	30
3.3	Metodología del ensayo	30
3.3.1	Periodo experimental	30
3.3.2	Diseño experimental	30
3.3.3	Descripción de los rangos de caída	30
3.3.4	Métodos de aplicación del ácido fórmico	31
3.4	Parámetros a evaluar	31
3.4.1	Nivel de infestación en abeja adulta	32
3.4.2	Caída natural diaria	32
3.4.3	Caída de ácaros por efecto del ácido fórmico	32

Capítulo		Página
3.4.4	Conducta de las colmena	33
3.4.4.1	Fortaleza de la colmena	33
3.4.4.2	Mortalidad de abejas en el piso	33
3.4.4.3	Conducta de pillaje	33
3.5	Registro de temperatura y humedad	33
3.6	Análisis estadístico	33
4	PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	35
4.1	Caída natural diaria como indicador de los niveles de infestación de varroa pre y post aplicación de ácido fórmico	35
4.2	Efecto del ácido fórmico en la conducta de las abejas	37
4.2.1	Mortalidad de abejas en el piso de la colmena	38
4.2.2	Fortaleza de la colmena	39
4.3.3	Conducta de pillaje en la colmena	41
5	CONCLUSIONES	43
6	RESUMEN	44
	SUMMARY	45
7	BIBLIOGRAFIA	46
	ANEXOS	55

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Productos químicos con una alta eficacia en control de varroa	20
2	Productos comerciales formulados con aceites esenciales	23
3	Efecto del ácido fórmico sobre la mortalidad de las abejas entre los distintos periodos y rangos de caída de varroa	38
4	Efecto del ácido fórmico sobre la fortaleza de la colmena entre los distintos periodos y rangos de caída de varroa	40
5	Efecto del ácido fórmico sobre la conducta de pillaje de la colmena entre los distintos periodos y rangos de caída de varroa	42

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Hembra (izquierda) y macho (derecha) de <i>Varroa destructor</i> .	6
2	Ciclo de <i>Varroa destructor</i> Anderson & Trueman	9
3	Correlación entre nivel de infestación en abeja adulta y caída natural diaria de ácaros en el periodo de pre aplicación de ácido fórmico	35
4	Correlación entre nivel de infestación en abeja adulta y caída natural diaria de ácaros en el periodo de post aplicación de ácido fórmico	36
5	Efecto del ácido fórmico sobre la mortalidad según rango de caída de varroa para cada uno de los periodos	39
6	Efecto del ácido fórmico sobre la fortaleza de la colonia según rango de caída de varroa para cada uno de los periodos	40

INDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Nivel de infestación de abejas adultas y caída natural para el total de colmenas muestreadas en el periodo de pre aplicación de ácido fórmico, antes de la selección de colmenas para el ensayo	56
2	Datos de las variables medidas a lo largo de todo el ensayo	57
3	Porcentaje de infestación de varroas en abejas adultas	58
4	Registro de temperatura y humedad durante el ensayo	58
5	Análisis de regresión para el nivel de infestación en abejas adultas y caída natural de varroa, en el periodo de pre aplicación de ácido fórmico. Modelo lineal: $Y = a + b \cdot X$	59
6	Análisis de regresión para el nivel de infestación y caída natural de varroa, en el periodo de post aplicación de ácido fórmico. Modelo lineal: $Y = a + b \cdot X$	59
7	Análisis de Kruskal Wallis para la variable fortaleza, en los distintos periodos y rangos de caída de varroa	59
8	Análisis de Kruskal Wallis para la variable mortalidad, para los distintos periodos y rangos de caída de varroa	59
9	Análisis de Kruskal Wallis para la variable pillaje, en los distintos periodos y rangos de caída de varroa	61
10	Análisis de Kruskal Wallis para la variable fortaleza, en los distintos rangos en el periodo de pre aplicación	61
11	Análisis de Kruskal Wallis para la variable fortaleza, en los distintos rangos en el periodo durante la aplicación	61

Anexo		Página
12	Análisis de Kruskall Wallis para la variable fortaleza, en los distintos rangos en el periodo de post aplicación	62
13	Análisis de Kruskall Wallis para la variable mortalidad, en los distintos rangos en el periodo de pre aplicación	62
14	Análisis de Kruskall Wallis para la variable mortalidad, en los distintos rangos en el periodo durante la aplicación	62
15	Análisis de Kruskall Wallis para la variable mortalidad, en los distintos rangos en el periodo post aplicación	62
16	Análisis de Kruskall Wallis para la variable pillaje, en los distintos rangos en el periodo pre aplicación	63
17	Análisis de Kruskall Wallis para el variable pillaje, en los distintos rangos en el periodo durante la aplicación	63
18	Análisis de Kruskall Wallis para la variable pillaje, en los distintos rangos en el periodo post aplicación	63
19	Pauta de evaluación para la mortalidad de abejas	63
20	Pauta de evaluación para la fortaleza de la colmena	64
21	Pauta de evaluación para de la conducta de pillaje	64
22	Rangos de caída natural de varroas y nivel de infestación en abejas adultas para los cuales la colmena está en peligro de colapsar	64
23	Tabla de índices de correlación según grados de libertad	65
24	Trampas para el conteo de ácaros	66
25	Aplicación de vaselina en trampas	66
26	Bolsas utilizadas como dispensadores	67
27	Vermiculita utilizada como material absorbente	67
28	Sellado de bolsas	68
29	Ubicación en la colmena de los dispensadores de ácido fórmico	68

1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años *Varroa destructor* Anderson & Trueman se ha convertido en la plaga más importante de la apicultura a nivel mundial, debido a que lleva directa o indirectamente a la muerte de las abejas. La apicultura chilena no se ha escapado de esta situación y presenta hoy en día un importante daño en sus colmenares debido a su presencia.

A pesar de que existen métodos simples para establecer la tasa de parasitismo de las colonias, se observa que en muchos colmenares se utilizan métodos para el control de varroa, sin saber si éstos son realmente necesarios, lo que en la mayoría de los casos se vuelve en contra del apicultor, ya que el tratamiento no tiene la eficacia esperada, representando un gasto inútil. Ante esto, es de gran importancia que los apicultores estén en conocimiento de las técnicas de detección y diagnóstico de varroa para poder evaluar la situación en la cual se encuentran sus colmenas y determinar la necesidad de aplicar un tratamiento.

La hipótesis de esta investigación es que la caída natural de varroa en la Región Metropolitana, es un indicador del nivel de infestación pre y post aplicación del tratamiento otoñal de *Varroa destructor* con ácido fórmico.

El objetivo general es la utilización de la caída natural de varroa, como parámetro para estimar el nivel de infestación, durante el control otoñal del ácaro, en un apiario de la comuna de María Pinto, ubicada en la provincia de Melipilla, Región Metropolitana.

Como objetivos específicos se plantean:

- Determinar la relación entre el nivel de infestación en abejas adultas por método propuesto por el SAG (1994) y la caída natural de varroa en los periodos de pre y pos aplicación de ácido fórmico para su control.
- Determinar si el tratamiento con ácido fórmico produce algún efecto toxico sobre las abejas que influya sobre la mortalidad y fortaleza de las colmenas.
- Determinar si la aplicación de ácido fórmico para el control de varroa modifica la conducta de pillaje en la colmena.

2 REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Varroosis.

La varroosis es una grave enfermedad contagiosa de las abejas, que representa una de las patologías más importantes de los apiarios (PELDOZA, 1994). El agente causal es el ácaro *Varroa destructor* Anderson & Trueman (FAKHIMZADEH, 2001), el cual es un parásito externo, obligado de zánganos y obreras de abejas melíferas, que succiona la hemolinfa de adultos y crías en desarrollo (UNIVERSITY OF GEORGIA, ENTOMOLOGY DEPARTMENT, 2001).

El hospedero original del ácaro es la abeja asiática *Apis cerana* Fab., donde no causa daños graves, sin embargo, con el reciente establecimiento de varroa sobre *Apis mellifera* L., se ha transformado en uno de los principales problemas para la apicultura a nivel mundial (VANDAME, 2000).

Actualmente, la varroosis se extiende por casi todo el mundo y constituye el principal problema para la apicultura (COBEY, 2001).

2.2 Origen y clasificación del parásito.

La varroa ha convivido durante muchos años en equilibrio biológico con su hospedador. Este ácaro fue descubierto por Jacobsoni y luego descrito por Oudemans en el año 1904 (VANDAME *et al.*, 1998b; LESSER, 2001). Posteriormente, se determinó que solo dos de los 18 haplotipos implícitos dentro del complejo de ácaros que infestan *A. cerana*, han llegado a ser plagas en *A. mellifera*, a nivel mundial. Ambas pertenecen a *V. destructor*. El haplotipo más común es el haplotipo Coreano, llamado así porque fue encontrado parasitando a *A. cerana* en el sur de Corea e identificado en *A. mellifera* en Europa, Medio Oriente, Africa, Asia y América. El menos común es el haplotipo Japón / Tailandia llamado así porque fue encontrado parasitando a *A. cerana* en Japón y Tailandia e identificado en *A. mellifera* en Japón, Tailandia y América (ANDERSON y TRUEMAN, 2000).

Según los mismos autores, este ácaro pertenece a:

Phylum	:	Artropoda.
Sub Phylum	:	Chelicerata.
Clase	:	Arachnida.
Sub Clase	:	Acari.
Orden	:	Mesostigmata.
Familia	:	Varroidae.
Género	:	<i>Varroa</i> .
Especie	:	<i>Varroa destructor</i> Anderson & Trueman

2.3 Distribución mundial de varroa.

En un comienzo, la varroa estaba confinada al sudeste de Asia donde parasitaba, sin causar mayores problemas, a la abeja asiática *A. cerana*, probablemente debido a la coevolución entre ambos, por lo que estaba adaptada para mantenerlo bajo control (SAMMATARO *et al.*, 2000).

Desde el traspaso del huésped de *A. cerana* a *A. mellifera*, la parasitosis se ha extendido a velocidad creciente (VANDAME *et al.*, 1998 b).

El movimiento de colonias y reinas a nivel mundial ha ocasionado que la varrosis se haya dispersado por casi todo el mundo. Antes del final de los años 60, el ácaro se detectó en todas las colmenas de la ex Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), durante los años 70 se detectó en Europa oriental y a principios de los 80 se encontró en Europa occidental (VANDAME *et al.*, 1998 b).

En el año 1969, se introdujo el ácaro a América procedente de abejas importadas desde Japón hacia Paraguay (CASTILLO, 1992 y MANRIQUEZ, 1994). Desde aquí se expandió hacia Brasil, Argentina y Uruguay. Debido a la dispersión de la abeja africanizada desde Brasil, alcanza a todos los países de Centroamérica, México y en 1987 llega a los Estados Unidos y posteriormente a Canadá (CASTILLO, 1992). Actualmente esta plaga afecta a todos los países del continente americano (ALDA, 1994).

Hoy en día, Australia se ha convertido en el único país de importancia apícola que se encuentra libre de *V. destructor* (CULLEN y SMITH, 2000).

2.4 Situación de varroa en Chile.

En Chile los primeros registros de la presencia de esta plaga apícola fueron efectuados en marzo de 1992, en apiarios del sector de Aguas Buenas, comuna de San Fernando, VI Región (LESSER, 2001). Esto determinó un estudio de situación, destinado a cuantificar y dimensionar la extensión de la enfermedad (ALDA, 1994). El estudio destinado al análisis de más de 16.000 muestras, arrojó información acerca de la distribución de esta patología en el país, determinándose su presencia entre la I y X Región, incluyendo Chiloé insular, encontrándose más afectadas las regiones V, VI, VIII y Región Metropolitana (CHILE, SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG), 1994). Estos hechos revelaron estar frente a un problema de introducción antigua de ácaros, por el alto nivel de infestación y de diseminación alcanzado (PELDOZA, 1992).

Desde ese momento el país ha perdido una condición sanitaria envidiable (ALDA, 1994; CASTILLO, 1992).

Debido a que la varroa ingresó a Sudamérica por abejas introducidas desde Japón, y luego se diseminó al resto del continente, el haplotipo que debiera encontrarse en mayor número en Sudamérica y también en Chile correspondería al de Japón/Tailandia, sin embargo, ANDERSON y TRUEMAN (2000), en muestras de varroas de Argentina y Uruguay encontraron el haplotipo de Corea y en muestras de Brasil encontraron los dos haplotipos, por lo tanto es difícil señalar por qué tipo de varroa es afectado Chile, o si es afectado por los dos.

2.5 Características morfológicas del ácaro.

El ácaro presenta un claro dimorfismo sexual (Figura 1), observándose solamente a las hembras sobre las abejas adultas (Grobov 1979, citado por CLEMENTE, 1990).

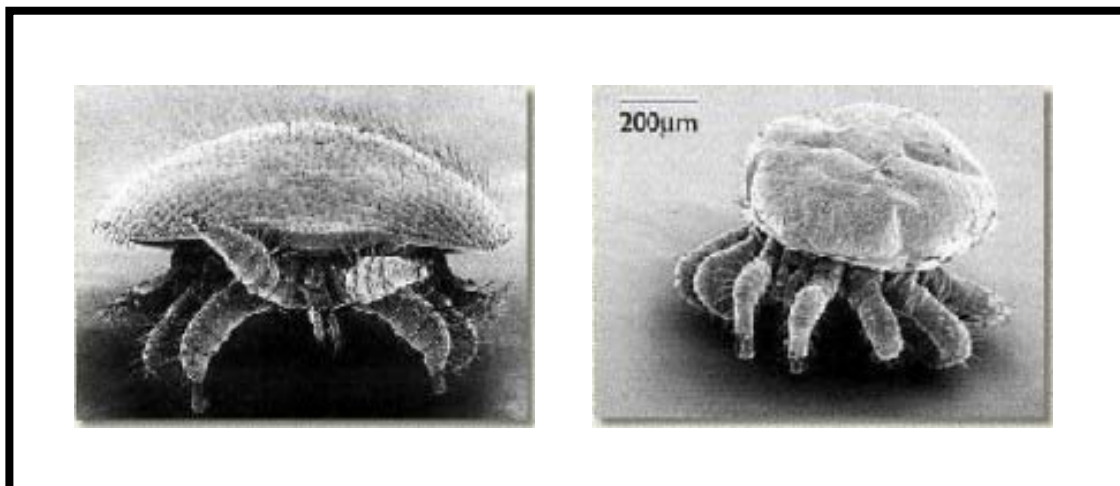


FIGURA 1 Hembra (izquierda) y macho (derecha) de *Varroa destructor*.

FUENTE: COOPERATIVA DE HORTOFRUTICULTORES DE IIHA TERCEIRA C.R.L. (2005).

2.5.1 Morfología de la hembra. La hembra, dependiendo de su estado de crecimiento, mide aproximadamente entre 1045 μm y 1135 μm de largo x 1575 μm y 1666 μm de ancho (FERNANDEZ y COINEAU, 2002). Presenta un cuerpo aplastado dorso-ventralmente, ligeramente convexo en el dorso con forma transversal oval, de color pardo oscuro (rojizo) y con abundante pilosidad (BARRIGA y NEIRA, 1988).

El esclerito dorsal de la hembra forma una pieza única, sobre la que se insertan centenares de pelos. La cara ventral presenta el aparato bucal, respiratorio, excretor, reproductor y locomotor. Los quelíceros que posee en la parte exterior del aparato bucal son los encargados de perforar el exoesqueleto quitinoso de las abejas, extrayendo de esta forma la hemolinfa (BARRIGA y NEIRA, 1988).

El cuerpo de la hembra de varroa adulta sumado a sus ocho patas que terminan en una ventosa, la convierten en un ácaro netamente adaptado para ser un ectoparásito y para la foresis (desplazamiento por las abejas adultas). La varroa se encuentra normalmente en el abdomen por debajo de los escleritos abdominales en las abejas adultas (VANDAME *et al.*, 1998b; VANDAME, 2000).

2.5.2 Morfología del macho. Según BARRIGA y NEIRA (1988), el macho de varroa es muy distinto a la hembra, es mucho más pequeño, de forma casi redonda,

débilmente esclerotizado de color blanco grisáceo o amarillento, presenta un cuerpo densamente piloso. Mide aproximadamente entre 752 μm y 912 μm de largo x 707 μm y 883 μm de ancho (Delfinado 1984, citado por FERNANDEZ y COINEAU, 2002).

Debido al menor tamaño del macho, puede confundirse con las formas inmaduras de la hembra: protoninfas y deutoninfas. Su aparato bucal se encuentra modificado (BARRIGA y NEIRA, 1988), ya que el macho presenta grandes quelíceros que están adaptados sólo para la transferencia de semen y por lo tanto muere de inanición. El macho no está adaptado al parasitismo (CASTILLO, 1992; PELDOZA, 1992).

2.6 Ciclo biológico del ácaro.

El ciclo de vida de varroa adulta es variable, viven en promedio 2 a 3 meses en verano y 6 meses o más en invierno y otoño (período de invernación de la colmena) (CASTILLO, 1992).

El ciclo de vida presenta una fase forética y una fase reproductiva (VANDAME *et al.*, 1998a).

2.6.1 Fase forética. La foresia es un proceso por el cual un animal busca a otro para fijarse sobre el por un periodo limitado para migrar de un sitio a otro, en el caso de *V. destructor* se produce un parasitismo durante la fase forética. Esta fase es llevada a cabo por las hembras adultas, que se localizan sobre las obreras y zánganos para colonizar nuevas colmenas (FERNANDEZ y COINEAU, 2002).

Las varroas se alimentan intermitentemente de la hemolinfa de las abejas, a través de la perforación de sus membranas intersegmentales, consumiendo alrededor de 0.1 mg de hemolinfa cada dos horas (FREDES, 1993). La varroa es un ectoparásito obligado de la abeja, esto significa que es un parásito externo que no puede llevar vida libre (VANDAME, 2000).

Las varroas pueden moverse de un huésped a otro cuando el ácaro no se está alimentando y las abejas adultas establecen contacto físico. Esto se debe a que

permanecen adheridas a su huésped entre los segmentos abdominales o en lugares retirados de la cabeza, tórax y abdomen, donde son difíciles de detectar (CASTILLO, 1992). Por otra parte Needham (1986), citado por DIETZ y HERMANN (1988), señala que los ácaros adultos aparentemente prefieren a obreras y zánganos "caseros" sobre obreras pecoreadoras y zánganos "viajeros", esto podría deberse a la pequeña resistencia aerodinámica del ácaro durante el vuelo de su hospedero.

2.6.2 Fase reproductiva. La fase reproductiva se inicia cuando el ácaro ingresa a la celdilla de la cría (VANDAME, 2000).

2.6.2.1 Período de pre operculación. Los factores que influyen en la transmisión de las varroas que están sobre las abejas a las crías, todavía no son del todo conocidas. La atracción química, producida por las feromonas emitidas por la cría de *A. mellífera* parece ser el factor esencial que provoca la infestación de las varroas foréticas, ya que éstas se guían por las feromonas, con el fin de penetrar en la cría en el momento preciso (VANDAME *et al.*, 1998b). De la misma manera (FERNANDEZ y COINEAU, 2002), señalan que existen sustancias que se encuentran sobre las abejas en concentraciones variables que han mostrado tener cualidades para atraer a las varroas a las celdas, estas son ésteres como el lineolato de metilo y palmitato de metilo. Estos ésteres representan una señal química que inicia el proceso de operculado.

La varroa se reproduce exclusivamente en la celda de cría, generalmente después de un período forético. La entrada debe ocurrir a una edad precisa de la larva, y constituye un punto crítico en la vida de la varroa. Entrar demasiado temprano significa un riesgo importante de ser detectada y retirada por las abejas antes de opercular la celdilla, entrar tarde no es posible ya que la cría está operculada, es decir, herméticamente cerrada a toda entrada o salida (VANDAME *et al.*, 1998b).

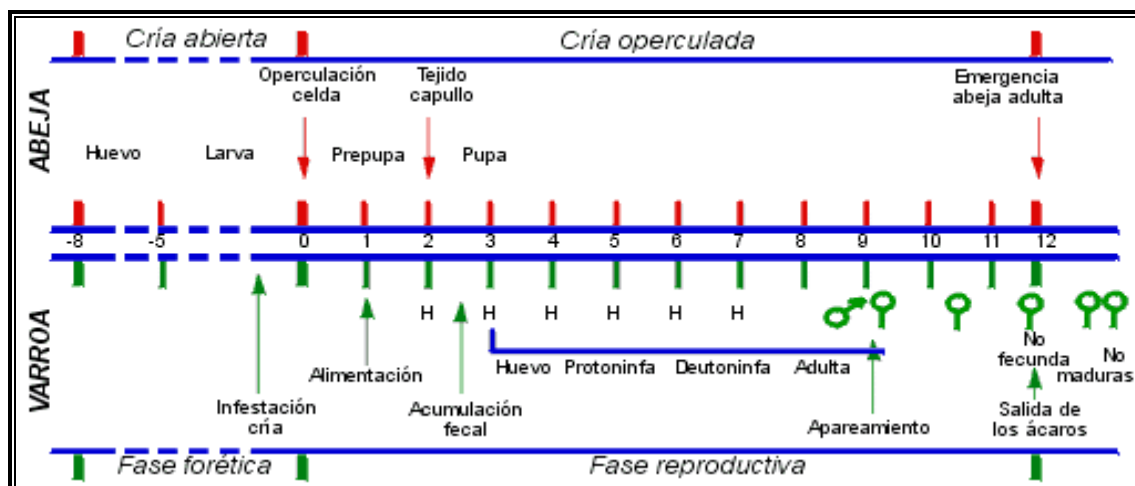


FIGURA 2 Ciclo de *Varroa destructor* Anderson & Trueman.

FUENTE: VANDAME (2000).

Las varroas infestan las crías de obreras cuando las larvas pesan más de 100 mg, es decir, durante las 15 horas anteriores a la operculación e infestan a la cría de zángano cuando las larvas pesan más de 200 mg, es decir, durante las 45 horas anteriores a la operculación. Las larvas en ese momento se encuentran en el quinto estadio larval (L5) (VANDAME, 2000). La hembra pasa entre la larva y la pared de la celda para continuar hasta llegar a la jalea larval, donde se sumerge para protegerse de posibles ataques de abejas (FERNANDEZ y COINEAU, 2002), la varroa queda inmóvil hasta que se inicie la fase de pupa de *A. mellifera* y sólo entonces, comienza a poner los huevos (VANDAME, 2000).

Las larvas de abejas emiten de forma natural ésteres de ácidos grasos (palmitato de metilo) con el fin de provocar la operculación de las celdas. Las varroas foréticas se guían por estas feromonas para penetrar en la celdilla de la larva en el momento preciso. De la misma manera, el tamaño de celdilla y la distancia entre la larva y el borde hacen que varroa tenga una preferencia por celdillas de crías de zánganos (VANDAME *et al.*, 1998b). Finalmente, ISSA *et al.*, (1995), señala que el mayor tamaño de la celdilla del zángano influiría en su mayor parasitismo.

2.6.2.2 Período de post operculación. Inmediatamente después de la operculación de la celda y durante 36 horas, la larva se alimenta y empieza a tejer su capullo. La

primera alimentación de la larva constituye una señal para la varroa madre, quien sale de la fase inmóvil, sube sobre la larva y se alimenta por primera vez (VANDAME, 2000). Durante el tejido del capullo, la varroa madre se desplaza rápidamente sobre la larva, para evitar ser aplastada contra la pared de la celda, mientras empieza a alimentarse y a defecar (VANDAME, 2000). La acumulación fecal es de gran importancia para el desarrollo de la descendencia de varroa, tanto para la varroa madre como para sus descendientes. Durante la metamorfosis, los movimientos de la abeja tienden a alejar a la varroa madre de la acumulación fecal, pero ella siempre logra regresar, lo que le permite no alejarse de la zona posterior de la celda, donde tiene que estar para poner sus huevos (VANDAME, 2000).

El primer huevo haploide es puesto entre 64 y 74 horas después de la operculación, dando origen a un macho; los cuatro o cinco huevos siguientes son puestos a intervalos de 30 horas, son diploides y en la mayoría de los casos dará origen a hembras. El macho llega a su madurez alrededor de 20 horas antes de la hembra. Esto permite que el mayor número posible de hembras sean fecundadas (FERNANDEZ y COINEAU, 2002).

El desarrollo completo de varroa (huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto) tarda alrededor de 130 horas para la hembra y 150 horas para el macho. Este desarrollo se ve muy afectado por una alta mortalidad juvenil, particularmente de las deutoninfas. Sólo 1,45 hembras llegarán a la edad adulta en una celda de obrera, contra 2,2 en una celda de zángano (VANDAME, 2000).

2.6.2.3 Apareamiento de la descendencia de varroa. Cuando la celda es infestada con una sola fundadora, el apareamiento sólo puede ocurrir entre el macho y sus hermanas y es entonces, altamente relacionado genéticamente. El macho se aparea con la primera hembra tan pronto como llega a la fase adulta. El apareamiento puede ser repetido hasta nueve veces. Cuando la segunda hija llega al estado adulto, el macho abandona la primera hija para aparearse con ella. Si una tercera hija llega al estado adulto, se repite el mismo escenario (VANDAME, 2000).

Al contrario de lo que se creía hasta hace poco, una hembra de varroa puede ser fecundada únicamente en la celda donde nace. Luego, una parte de su aparato genital se destruye, lo que impide todo apareamiento. En las celdas donde el macho muere antes del apareamiento, las hembras quedan estériles e infecundas para siempre; esto puede ocurrir en 10% a 46% de las celdas (VANDAME, 2000).

2.6.2.4 Salida y diseminación de varroa. En el momento que emerge la abeja una gran parte de la descendencia de varroa se queda en la celda, las hijas fecundadas tan pronto como salen de la celda tratan de subir sobre las abejas y así se vuelven foréticas. Las hijas inmaduras y el macho, privados de un aparato bucal que les permita alimentarse de las abejas, sobrevivirán poco tiempo (VANDAME, 2000).

Las hembras de varroa tienen una preferencia muy clara por las abejas nodrizas, más susceptibles de acercarse a la cría, lo que ofrece más oportunidades a los ácaros para entrar en otras celdillas. Las demás varroas que infestan a las abejas pecoreadoras son las que constituyen el principal factor de la diseminación de la especie, ya que aprovechan la deriva y el pillaje para invadir nuevas colmenas. De esta manera, durante un día de gran actividad pueden llegar a una nueva colmena hasta 70 varroas (VANDAME *et al.*, 1998b).

2.6.2.4.1 Éxito del ciclo reproductivo. El número de ciclos reproductivos por cada hembra de varroa todavía no se conoce bien. En condiciones artificiales, una hembra de varroa puede realizar hasta 7 ciclos, alcanzando así un potencial de 35 descendientes. Este número, sin embargo, es menor en condiciones naturales, ya que sólo un 30% de las fundadoras realizan un primer ciclo reproductivo, un 21 % un segundo ciclo y un 14% un tercer ciclo (VANDAME, 2000). Para CALATAYUD (2004), se puede asumir que cada hembra de varroa puede dejar en cada ciclo reproductivo de una a dos hijas viables en cría de obrera y de 2 a 4 hijas en la cría de zánganos.

2.7 Daño producido por *Varroa destructor*.

Las colmenas de abejas europeas tienen una alta sensibilidad, éstas mueren a causa del rápido desarrollo de las poblaciones de varroa (VANDAME *et al.*, 1998b). Sin la intervención del apicultor, la probabilidad de mortalidad en un colmenar de abeja

Europea es 10-15% el primer año, 20 a 30% el segundo año, y alrededor de un 100% en el tercer año. A lo sumo, una colonia no tratada es improbable que viva más de cinco años después de la infestación (VEERKAMP, 1996).

Varroa ocasiona diversos tipos de alteraciones que pueden agruparse en dos categorías: de acción directa y de acción indirecta (NEIRA, 1992).

2.7.1 Acción directa. El daño inicial tiene lugar en la cría el cual es causado por el ácaro de varroa. Un ácaro que parasita la cría es capaz de influir negativamente en la vida futura de la abeja. La cría parasitada produce abejas que no se integran totalmente como un miembro productivo del sistema de división del trabajo, que es de importancia esencial en la colonia de abejas (RITTER, 1999).

UNIVERSITY OF GEORGIA, ENTOMOLOGY DEPARTMENT (2001), al respecto señala que se presentan abejas con malformaciones como alas arrugadas o desarticuladas, abdomen acortado y más pequeñas que lo normal.

Por su parte CASTILLO (1992), indica que una abeja parasitada reduce su posibilidad de vida al menos un 50% y que, por cada ácaro que la parásita pierde el 10% de su peso y sufre una disminución de proteínas de un 60%. Larvas con 4 a 6 ácaros pueden completar su metamorfosis, pero si llegan a adultos, presentan malformaciones o atrofas y son eliminados de la colmena. Aquellas larvas con 7 a 10 ácaros no se desarrollan (BARRIGA y NEIRA, 1988).

Las abejas infestadas se muestran particularmente inquietas. Abejas con una parasitosis muy fuerte no son constantes en la construcción de panales. La falta de vitalidad de las abejas infestadas y su muerte prematura, ocasionan un menor aporte de néctar y polen, que origina un debilitamiento de la colonia y por tanto puede producirse su destrucción (CLEMENTE, 1990).

BOWEN y GUNN (2001), determinaron los siguientes efectos de varroa en obreras emergentes:

- Disminución del peso de emergencia en un 3% y el contenido de agua de la obrera también en un 3%, por cada varroa adulta o deutoninfa que infesta a una obrera.
- Disminución del peso seco, tanto en la cabeza, tórax y abdomen.
- Disminución de la proteína en la cabeza y abdomen pero no del tórax.
- Disminución de carbohidratos en el abdomen, pero no en la cabeza y tórax,
- Disminución en la concentración de lípidos.
- Una varroa adulta consume 0.67 uL de hemolinfa en 24 horas.
- Transmisión de material entre las abejas, al alimentarse, al traspasar carbono 14 de abejas irradiadas a abejas sanas, lo que sugiere que varroa puede ser un importante vector de agentes, como son los virus.

2.7.2 Acción indirecta. Como se ha mencionado, la varroa hembra para alimentarse perfora el revestimiento quitinoso de su hospedero, así el acaro actúa como un vector o agente transmisor de otros agentes patógenos como virus y bacterias (NEIRA, 1998b). Esto concuerda con FERNANDEZ y COINEAU (2002), que señalan que las alteraciones que *V. destructor* pueden ocasionar en forma indirecta, son la acción inoculadora de diversos tipos de hongos patógenos, como el *Ascophaera apis* Olive & Spiltoir, agente causal de la cría tiza o cría yesificada.

2.8 Detección y diagnóstico de la varroa.

Detectar la varroa antes de la aparición de síntomas en las abejas es de vital importancia. Si ésta es descubierta tardíamente; el tratamiento será poco exitoso y las pérdidas en la colonia serán altas (DIETZ y HERMANN, 1988).

Los signos de la enfermedad tardan en aparecer y se manifiestan ante un avance importante de ésta, momento en el que ya se han producido serias pérdidas. Por lo tanto, reviste suma importancia el diagnóstico precoz de la parasitosis, a fin de adecuar los tratamientos y el manejo al sistema de producción en sí (APINET, 2002).

En general, puede tomar de 2 a 4 años desde que se adquirió la enfermedad, el detectar en una colmena o colmenar la varroosis, mediante una inspección visual (DIETZ y HERMANN, 1988).

2.8.1 Diagnóstico en abeja adulta. El método más utilizado para determinar el grado de infestación de abejas adultas contempla la obtención de, al menos, 200 abejas adultas de la cámara de cría, las cuales; son sumergidas en una solución al 2% de detergente líquido en agua, luego agitada fuertemente en un frasco por el lapso de un minuto. Posteriormente, pasan por un sistema de doble malla: la primera (más gruesa) retendrá las abejas y la segunda (más fina) retendrá los ácaros. El grado de infestación se establece dividiendo el número de ácaros por el de abejas, obteniendo la relación de ácaros por cada 100 abejas (SAG, 1994).

En abejas adultas; los niveles de infestación deben mantenerse por debajo del 5%, situación en que la colonia no necesita tratamiento de urgencia. En el caso que sea mayor al 5%, deben ser tratadas rápidamente ya que en poco tiempo pueden alcanzar niveles que resultan mortales para la colonia (VANDAME, 2000).

BARRIGA y NEIRA (1988), señalan que se pueden detectar los ácaros mediante la aplicación de humo de tabaco. El método consiste en aplicar humo al interior de la colmena y luego clausurarla por una hora. Posteriormente, se retira un papel blanco puesto en el piso, previo a la introducción del humo, en el que se podrá detectar la presencia de ácaros; desprendidos de las abejas producto de la agitación, siendo ésta una forma de detección y no de control.

2.8.2 Diagnóstico en cámara cría. PELDOZA (1992), señala que se debe cortar un rectángulo de 3 x 15 cm de larvas operculadas, que incluya de preferencia larvas de zánganos si las hubiere. VANDAME (2000), a su vez, indica que se deben abrir 100 celdillas operculadas del panal de cría, para sacar las larvas y contar el número de larvas infestadas con varroa. Si la tasa de infestación en cría es mayor al 10% (10 varroas por 100 larvas), la colonia requiere un tratamiento rápido.

2.8.3 Diagnóstico por caída natural. Este método consiste en la utilización de un piso para recolectar desechos de las colmenas (polen, abejas, crías muertas, ácaros, etc.), el cual puede ser usado en cualquier época del año, pero los mejores resultados han sido obtenidos en otoño. Básicamente, el piso se compone de una parte inferior de cartulina blanca que recibe los desechos y de una parte superior de rejilla que impida a las abejas el contacto con los desechos, incluido los ácaros (DIETZ y HERMANN, 1988).

Según FERNANDEZ y COINEAU (2002), el piso debe ser preferentemente de madera prensada pintada blanca y la rejilla debe ser de metal para evitar que las abejas eliminen los ácaros muertos. Es importante engrasar el piso con margarina, ya que evita que los ácaros muertos que caigan sobre ésta, sean arrastradas con una brisa o un movimiento brusco.

Los desechos pueden ser observados directamente o separados mediante un método de flotación, en el cual los desechos son cubiertos con etanol al 98% para que, en base a las diferencias de densidad, los desechos se hundan y los ácaros floten (DIETZ y HERMANN, 1988).

Es importante al revisar los ácaros diferenciarlos de *Braula coeca* Nitzsch o piojo de las abejas, que es muy similar en tamaño y color, pero es diferente en morfología. El piojo es un insecto del orden Diptera y por lo tanto tiene tres pares de patas y además la estructura de su cuerpo es distinta (PELDOZA, 1994).

Según IMDORF *et al.* (2003), si la caída natural diaria entre inicio de primavera y verano es mayor a 30, se debe hacer de inmediato un control de emergencia, debido a que el colapso de la colonia es inminente, de igual manera afirma que con una caída sobre 3 ácaros diarios se deberá tratar la colonia. A diferencia de VANDAME (2000) que afirma que con una caída diaria superior a 10, se debe hacer un tratamiento. Por otra parte GOODWIN y VAN EATON (2001), señalan que con una caída de varroa en otoño superior a 20, la colmena puede morir.

2.9 Dinámica poblacional de *Varroa destructor*.

Según DIETZ y HERMANN (1988), la población de abejas está directamente relacionada con el desarrollo de la población de ácaros, es así como un aumento de las crías de abejas resulta en un aumento de la población de ácaros. A su vez, el número y ubicación de ácaros en una colonia varía de acuerdo a la época del año, es decir, el número es bajo en primavera, aumenta durante el verano y alcanza su máximo en otoño.

Una vez determinada la presencia del ácaro en la colonia y antes de la utilización de cualquier método de control, resulta fundamental conocer la dinámica poblacional de la varroa para poder establecer la oportunidad de aplicación de cada producto (IFANDITIS, 1988).

Los ciclos de cría sucesivos permiten un crecimiento muy rápido de esta población: bastan cinco años para que las 10 varroas iniciales se conviertan en una población de más de 15.000 individuos. Ya que, el peso individual de una fundadora varroa es de alrededor de 450 mg, el peso de la población varroa es entonces de 6.75 g, o sea una milésima parte del peso total de las abejas de una colmena (VANDAME, 2000).

Para FERNANDEZ y COINEAU (2002), existen tres fenómenos relacionados con la dinámica poblacional de varroas:

- El desplazamiento de las varroas hacia la celdilla de cría: este varía de acuerdo a la duración del estado forético, al número y tipo de celdillas disponibles y, a la elección de abejas nodrizas o pecoreadoras como hospederas.
- La mortalidad de la varroa: en climas templados la mortalidad en invierno es estimada en un 50% y un 0.5 % de muerte en estado de forosis cada día. Otros factores que inciden en la muerte de varroas es el comportamiento higiénico (desopercular crías parasitadas) y el acicalamiento, ya sea consigo misma o con sus congéneres.

- La reproducción del ácaro: fenómeno que va depender del número de ciclos reproductivos y de la fertilidad de la hembra.

El clima juega un rol importante en cuanto a la conducta preferencial de *V. destructor*, es así como durante la primavera y verano, más ácaros son encontrados en la cría (especialmente cría de zángano) y, a fines de otoño y comienzos de invierno, más ácaros están unidos a abejas obreras adultas (KLASSEN, 1995).

Debido a que las abejas adultas de verano tienen un mayor nivel hemolinfático de hormona juvenil, la transferencia de ácaros a celdas de crías demuestra ser más exitosa que la realizada desde abejas de primavera (Hanel y Koeninger 1983, citados por DIETZ y HERMANN, 1988).

Según FREDES (1993), es conocido que tanto *A. mellifera* como *A. cerana*, se dispersan a nuevos sitios de morada frente a condiciones climáticas ambientales desfavorables, ante lo cual, no producen crías y la fase reproductiva de *V. destructor* es interrumpida. Bajo estas condiciones las varroas son capaces de sobrevivir hasta 6 meses, alimentándose de la hemolinfa de abejas adultas, produciéndose de esta forma su dispersión geográfica.

Para CLEMENTE (1990), la dispersión de la varroa ocurre desde colonias infestadas a colonias sanas en forma natural con la deriva de obreras y zánganos y, artificialmente, con el intercambio de materiales y equipos entre apicultores.

2.10 Métodos de control de varroa.

NEIRA (1998a), señala que para realizar un efectivo control de los ácaros, es necesario detectarlos y realizar un diagnóstico que permita su identificación oportuna.

Según PELDOZA (1992), los tratamientos que se conocen hoy contra varroa son efectivos sólo contra los estados adultos que se encuentran sobre las obreras y zánganos. Esto último, sumado al hecho que el ciclo vital del ácaro ocurre en el interior de las celdillas de la cría operculada, determinan la necesidad de repetir los

tratamientos, habida consideración de la duración del ciclo biológico del ácaro y de la fase operculada de la abeja.

Desde la década de los `80 y hasta el presente, el control realizado involucra el uso de acaricidas de síntesis, fundamentalmente piretroides (flumetrina, fluvalinato y acrinatrina) que han mostrado un buen efecto acaricida. Sin embargo, su utilización indiscriminada e inadecuada, ha dado lugar a una disminución de su efectividad, fundamentalmente por la aparición de resistencia generada por los ácaros a los principios activos más usados. Esto ha generado que una gran parte de las investigaciones actuales involucren sustancias naturales no contaminantes en el control de la varroosis. Las sustancias más utilizadas, aunque por el momento con resultados variables son el ácido láctico, el ácido fórmico y extracto de aceites vegetales (AGROBIT, 2000).

Para VANDAME (2000), existen cuatro puntos a seguir para controlar la varroosis, éstos son:

- Aplicar fuera de la temporada de producción. Con ésto se busca eliminar la posibilidad de introducir sustancias extrañas a la miel, aunque para productos de origen natural como aceites esenciales y ácidos orgánicos no existe el mismo riesgo de contaminación que los tratamientos clásicos.
- Aplicar siempre un tratamiento al terminar la cosecha. Con ésto se consigue no tener problemas de escasez de néctar en la temporada, consumiendo lo mínimo de sus reservas.
- Un mes antes de la floración, determinar si la colonia necesita un tratamiento. Esto se hace para asegurar que el nivel de infestación esté bajo y, de este modo, la colonia pueda aprovechar la floración sin ningún problema.
- Alternar los productos aplicados. De este modo se asegura que no se seleccionarán varroas resistentes y así se mantiene la duración de los nuevos productos.

Los tratamientos necesitan ser efectuados en todos los apiarios de una región, para escapar de una posible reinfestación. No es factible tratar algunas colonias y dejar las restantes sin tratamientos, porque a consecuencia de la reinfestación se pueden alcanzar niveles mayores de infestación. Se necesita un esfuerzo coordinado para tratar todos los apiarios cercanos (DE JONG y EGEA SOARES, 1997).

Existen distintos métodos de control, unos más efectivos que otros, pero es importante señalar que es imposible erradicar el ácaro, pero sí es posible controlarlo (NEIRA, 1998a).

2.10.1 Control químico. En la actualidad, el control con sustancias químicas ha sido el método más efectivo en la lucha contra *V. destructor*, pero su uso indiscriminado ha resultado en la selección de biotipos resistentes, contaminación de cera, miel o propóleos; por lo que su recomendación se hace más viable como parte de un control integrado (PELDOZA, 1992).

NEIRA (1992), señala que el uso de productos químicos debe ser manejado cuidadosamente, debiendo cumplir escrupulosamente importantes requisitos como:

- El producto debe ser mortal para los ácaros, sin dañar a las abejas.
- No deben quedar residuos en la miel ni en la cera, o bien sólo estar presentes en cantidades trazas o insignificantes (no detectables).
- El producto debería estar autorizado en el país de destino como medicamento veterinario, si la miel va a ser exportada a dicho país.
- Debe ser de fácil utilización para el apicultor, sin que le provoque ningún trastorno a la salud.

FREDES (1993), señala que existen numerosos métodos de tratamiento, siendo el más común la fumigación de las colonias y, en segundo lugar, la aplicación de los productos sólo en los marcos, tiras fumígenas o rociando a las abejas directamente. Mundialmente estos tratamientos se han agrupado en acaricidas de primera generación, acaricidas de acción sistémica o de segunda generación y otros de acción por contacto o de tercera generación. En el Cuadro 1 se muestran algunos ejemplos.

CUADRO 1 Productos químicos con una alta eficacia en control de varroa.

Nombre comercial	Principio activo	Grupo químico
Apistan	fluvalinato	Piretroide sintético
Apitol	Cimiazol	Derivado de Iminofenil tiazolidine
Apivar	Amitraz	Formamidinas
Bayvarol	Flumetrina	Piretroide sintético
Checkmite+Perizin	Coumaphos	Organo fosforado
Folbex	Bromopropatol	Hidrocarbano clorado

FUENTE: Adaptado de GOODWIN y VAN EATON, (2001).

PELDOZA (1992), señala al bromopropilato y amitraz (dejado de lado debido a los residuos que deja en la miel, potencialmente oncogénicos) como acaricidas de primera generación de gran eficacia (modo de acción vía aerógena). Posteriormente, surgieron acaricidas sistémicos, basados en el intercambio de alimento de abejas dentro de la estructura social de la colmena (trofalaxia). El principio activo, coumaphos, dio muy buenos resultados y se registró comercialmente como un producto sistémico. Sin embargo, este tipo de tratamiento no actúa sobre los ácaros que se encuentran en el interior de las celdas (APINET, 2002). Otra dificultad es la determinación de la dosis del producto para que no resulte tóxico en las primeras abejas, manteniendo la efectividad con las sucesivas diluciones; diferente es el caso de los productos de tercera generación, los cuales se encuentran en un soporte que permite su dosificación constante y permanente por un período de hasta 60 días, entre ellos se encuentran los productos de mayor uso actual, como son el fluvalinato y flumetrina (PELDOZA, 1992).

Durante los últimos 10 años, la principal fuente acaricida usada para el control de varroa han sido los piretroides, sin embargo, en algunos sectores de Estados Unidos y Europa los ácaros han desarrollado resistencia a estos (ROSENKRANZ, 1999). Coincidentemente con esto, VANDAME *et al.*, (1998b), agregan que los fenómenos de resistencia de varroa a los acaricidas de síntesis comprueban los límites de los productos químicos, y añaden que el control químico ofrece una solución temporal a los apicultores, pero no constituye una solución a largo plazo.

En Chile los productos más utilizados son: fluvalinato (Apistan), flumetrina (Bayvarol), cimiazol (Apitol) y tratamientos artesanales (tablillas impregnadas en fluvalinato) (SAG, 1994; CASTILLO, 1994). Actualmente, el único producto registrado en Chile ante el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) es el Bayvarol¹. El uso de tablillas es un tratamiento artesanal de bajo costo que el Servicio Agrícola y Ganadero no recomienda, debido al alto riesgo de contaminación en la miel (SAG, 1994). El componente usado en la fabricación de las tablillas es la base activa del Apistan, el fluvalinato, que también es encontrado en el mercado, en una solución al 24% con el nombre comercial Mavrik, que es utilizado para el control de ácaros en cultivos (SAG, 1994).

Según SAG (1994), los riesgos implícitos en los tratamientos artesanales son tanto para quienes preparan y manipulan los productos como para las abejas. Pues, un exceso de concentración puede provocar muerte de abejas, disminución de la producción y una baja dosificación puede provocar la resistencia del ácaro a productos que bien manejados pudieran permitir un uso prolongado y efectivo en el control de la varroosis.

2.10.2 Control integrado. El control integrado es una nueva técnica de control que se aplica sólo cuando la peste está presente. Se utilizan una serie de técnicas para mantener las poblaciones bajo el umbral que causa daño económico, éstas deben ser de bajo valor económico, no dejar residuos químicos, no producir resistencia por parte del ácaro y no dañar el medio ambiente (GOODWIN y VAN EATON, 2001).

La finalidad de este control es reducir el número de aplicaciones de sustancias químicas al mínimo, utilizando de manera combinada otros métodos de control. Para poner en práctica esto, es necesario conocer el nivel de infestación, los umbrales de daño económico y cómo éstos se modifican para las diferentes situaciones productivas de cada apicultor (RODRIGUEZ *et al.*, 1999).

¹ NEIRA, M. (2005). Ing. Agr. Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, Universidad Austral de Chile. Comunicación Personal.

Una estrategia de control integrado, basado en el uso de sustancias químicas de menor impacto, es la utilización de los ácidos orgánicos como el fórmico, láctico, oxálico y aceites esenciales que han mostrado una eficiencia satisfactoria y tolerancia por parte de las abejas (MUTINELLI, 2000).

2.10.3 Control alternativo. Debido al rápido desarrollo de la resistencia y al aumento de la contaminación de los productos de la colmena por los pesticidas, son necesarias nuevas alternativas para el control de varroa (IMDORF *et al.*, 1999). Se han introducido nuevos controles alternativos con éxito, donde se han propuesto el uso de sustancias activas, como los ácidos orgánicos y componentes de aceites volátiles, como timol, eucaliptol, mentol y otros. Estos productos pueden ser una alternativa o bien complementarse a los métodos de controles tradicionales (IMDORF *et al.*, 1995)

2.10.3.1 Control con aceites esenciales. Los aceites esenciales son líquidos altamente volátiles, que se encuentran en plantas, se caracterizan por un intenso olor. Más de 150 aceites esenciales y componentes de aceites esenciales han sido probados, pero sólo algunos han tenido efectos positivos sobre el control de varroa (IMDORF *et al.*, 1999).

De acuerdo a AMRINE *et al.*, (1996), se han encontrado algunos aceites y compuestos derivados de éstos que pueden causar la muerte o efectos adversos sobre la varroa, a través de dos mecanismos de acción:

- Toxicidad por contacto directo: cuando los ácaros entran en contacto con los aceites esenciales, mezclados con aceite o grasa, mueren los ácaros por contacto, generalmente, dentro de breves minutos.
- Deterioro de la reproducción, por medio de jarabes de alimentación que contienen aceites esenciales: cuando los ácaros se alimentan de larvas que contienen los aceites esenciales, se interrumpe su reproducción. Si las concentraciones de aceite son altas, las hembras no oviponen. Si están en concentraciones menores, los huevos serán puestos, pero el desarrollo de éstos se retrasa, con lo cual los ácaros no maduran antes que la abeja salga de las celdillas y por lo tanto mueren.

IMDORF *et al.*, (1996), señalan que muchos aceites esenciales y sus componentes tienen actividad acaricida, pero deben presentar una baja toxicidad para las abejas. Sus efectos varroicidas se ven afectados por la temperatura ya que, en tiempos o climas fríos donde no se alcanza la volatilización, no pueden matar o repeler a los ácaros y, al contrario, con dosis altas existen problemas con agitación y mortalidad de abejas (SANFORD, 1997).

Otro problema que pueden originar los aceites esenciales es la incitación al pillaje debido al aroma que provienen de las colmenas tratadas NOEL (1997), lo que puede traer problemas de reinfestación o de dispersión de la enfermedad, al tomar contacto abejas sanas con abejas infestadas (RADEMACHER, 1991; SAMMATARO *et al.*, 1998). Sin embargo, cuando IMDORF *et al.* (1995), trataron todas las colmenas del apiario a la misma vez no observaron pillaje.

En el Cuadro 2, se indican algunos productos comerciales varroicidas basados en mezclas de aceites esenciales o componentes de éstos con altos porcentajes de mortalidad de varroa.

CUADRO 2 Productos comerciales formulados con aceites esenciales.

Nombre comercial	Nombre del componente
Apiguard	Timol
Apilife VAR	Mentol, alcanfor,timol, eucaliptol

FUENTE: Adaptado GOODWIN y VAN EATON , (2001).

Según (IMDORF *et al.*, 1999), la resistencia a aceites esenciales y componentes de estos últimos puede desarrollarse, así como ha sucedido con los pesticidas sintéticos. Y ésto debe ser considerado al aplicar planes de manejo que incorporen dichas sustancias.

2.10.3.2 Control con ácidos orgánicos. Los ácidos orgánicos son productos presentes en los alimentos de forma natural, su eficacia es muy variable en función del método de aplicación, del período estacional, del tipo de colmena y del compuesto que se trate, además, en todos los casos, se puede hablar de ausencia de toxicidad en las abejas,

excepto para el ácido oxálico que presenta cierta toxicidad a corto, mediano y largo plazo, pero con aceptable eficacia (SUAREZ, s.f).

Según RITTER (1999), muchos estudios demuestran que varios ácidos orgánicos, presentes en pequeñas cantidades en colmenas de abejas (ácidos oxálico, láctico y fórmico) se pueden utilizar para controlar ácaros de varroa. Es también evidente que, los métodos que funcionan bien en una región pueden ser inadecuados en otra con un clima diferente. Para HIGES (1996), si bien se trata de productos naturales, pueden ser peligrosos para el apicultor y deben aplicarse con cuidado. En cuanto a los residuos no presenta problemas cuando son aplicados en forma apropiada (IMDORF *et al.*, 1996)

En cuanto al ácido oxálico FERNANDEZ y COINEAU (2002), señalan dos métodos de aplicación: por aspersión y por goteo. El primero, es un método que se realiza durante la época otoñal, se utiliza una solución de 30 g de ácido oxálico por un litro de agua de la cual se rocían 3 a 4 mL de solución por cada cara del panal. La eficacia es mayor al 95% sin cría ya que, en presencia de cría desciende la eficiencia a 30%. En cuanto al goteo, utiliza una solución compuesta por 1 parte de ácido oxálico, 10 partes de azúcar y 10 partes de agua, de las cuales se aplica 5 mL en cada espacio ocupado por abejas, entre los panales la eficacia es mayor al 95% pero sólo en el caso de que la colmena no tenga cría. Para asegurar la efectividad es muy importante la temperatura, siendo la óptima de 10° C o superior a ésta (BARBERO *et al.*, 1997a).

El ácido láctico es efectivo sólo en los ácaros que se encuentran sobre las abejas y no alcanza el interior de las celdas de cría. Debido a ello, mayor eficacia tendrá el tratamiento cuando las colmenas presentan la menor cantidad de crías (HIGES *et al.*, 1997). Este ácido se prepara en una solución con agua al 15%. Se deben aplicar aproximadamente entre 4 a 8 mL por cada cara del panal poblado de abejas. La aplicación se efectúa en forma de aspersión (HIGES, 1996). El tratamiento debe repetirse 4 veces con intervalos de 7 días, es recomendable que las temperaturas sean mayores a 12°C (FERNANDEZ y COINEAU, 2002).

HIGES (1996), comprobó que la mortalidad de varroa osciló entre 71% y 83%, dependiendo del grado de cría operculada presente en la colmena ya que, en períodos de alta proporción de cría y gran actividad de vuelo la eficacia del ácido láctico, disminuye significativamente.

2.10.3.2.1 Control con ácido fórmico. El ácido fórmico es un compuesto químico orgánico presente en la naturaleza. Se encuentra en la miel, en la mordedura de las hormigas, en las frutas, etc (VANDAME, 2000).

RITTER (1981), indica que el ácido fórmico, además de ser un componente normal de la miel, tiene la ventaja de permanecer en cantidades mínimas en ésta posterior a su tratamiento. En relación a lo anterior, concuerda con lo obtenido por FERNANDEZ (1995), quien señala valores de 100 mg/kg en mieles de abejas no tratadas y niveles de 680 mg/kg en mieles de colmenas tratadas, mientras que, para Hansen y Guldborg 1989, citados por FERNANDEZ (1995), los valores fueron de 25 mg/kg para las no tratadas y 51 mg/kg para las tratadas.

Los investigadores han demostrado que *A. mellifera* tiene mucha mayor tolerancia al ácido fórmico que las varroas, debido a ello se puede usar como acaricida. Sin embargo, esto no significa que el ácido fórmico no pueda matar las abejas (MITEAWAY, 2000).

El ácido fórmico ha sido usado exitosamente para controlar varroa desde el año 1980 (FERNANDEZ y COINEAU, 2002). La ventaja de utilizar ácido fórmico es que, por ser muy volátil, se evapora en tan sólo tres semanas, y en consecuencia, no contamina los productos de la colonia (VANDAME, 2000). Para IMDORF *et al.* (1996), si el ácido fórmico es aplicado después de la cosecha de miel a fines de verano, no habrá problemas de residuos.

El ácido fórmico es utilizado en concentraciones que varían de 60 a 90%, y su eficacia puede situarse entre el 92 y 98%. La temperatura juega un rol importante ya que, sobre 30°C y bajo 10°C se reduce su efecto significativamente (FERNANDEZ y COINEAU, 2002). Este ácido actúa dentro de la colonia, matando al ácaro al

evaporarse, ya que la colonia se satura del gas y las varroas mueren por acidificación. Esto no trae ninguna consecuencia para las abejas, siempre y cuando, no se utilice una concentración demasiado alta (VANDAME, 2000).

El tratamiento con ácido fórmico ha planteado dos problemas a la hora de utilizarlo en las colmenas: por una parte, la tasa de mortalidad de los ácaros varía considerablemente, por lo que el éxito del tratamiento es impredecible y, por otra parte, las crías de las abejas a punto de nacer, las abejas jóvenes y/o las reinas pueden sufrir algún tipo de daño (RADEMACHER *et al.*, 1996).

Actualmente, las técnicas de aplicación del ácido fórmico son múltiples, existiendo diferentes tipos de dosificadores que actúan por evaporación. Las dosis totales y los tiempos de aplicación son variables, las concentraciones de ácido fórmico generalmente van de 60 a 85 %. Se utilizan entre 20 a 25 mL por colmena y el número de aplicaciones depende del método utilizado. La temperatura óptima de aplicación varía entre 10 a 15° C (HIGES, 1996).

Según FERNANDEZ y COINEAU (2002), el ácido fórmico puede ser aplicado de dos formas:

- Tratamiento puntual. Permite la evaporación de pequeñas cantidades de ácido fórmico de forma incontrolada en el espacio de unas horas (entre 6 y 10 horas). El período de aplicación depende de la temperatura, tipo de explotación y fisiología de la colmena. Las concentraciones del ácido varían entre 60% y 85%, dependiendo del lugar donde se depositan las almohadillas con el ácido. Se debe verificar la mortalidad diaria ya que, si después de dos semanas hay una caída de más de un ácaro, será necesario aplicar un tratamiento con ácido oxálico o láctico.
- Tratamiento de larga duración. Estos disminuyen el trabajo del apicultor, son tratamientos que duran alrededor de cuatro semanas y generalmente son después de la cosecha, en otoño. La concentración varía desde 60% a 90% (130 a 250mL), con temperaturas que fluctúan entre 10 y 15°C.

La eficacia está en relación con la evaporación diaria del ácido ya que, entre 7 y 10 g de evaporación diaria, llega a un 95% (Imdorf *et al.* 1995, citado por FERNANDEZ y COINEAU, 2002).

2.10.4 Control biológico. La mayor ventaja del control biológico sobre el método químico para el control de varroa, es la ausencia de contaminación de los productos de la colmena: miel, polen, cera y propóleos (DIETZ y HERMANN, 1988). Además, se puede señalar que el efecto de los microorganismos utilizados como agentes de control, puede ser más persistente a lo largo del tiempo que los productos químicos (TERRALIA, s.f.).

Una forma de control biológico es a través del efecto de la estructura del panal en la infestación de la cría de abejas, en donde, a menor profundidad de las celdillas, aumenta el grado de infestación de varroa. Un nuevo método de control de varroa es a base de aceites con feromonas de cría de abeja, aplicados en aspersiones sobre las abejas, esto ha surgido como resultado del estudio de las feromonas de la cría y distintas señales químicas, con resultados que alcanzan el 95% de eficacia en colonias sin cría y de 80-95% en colonias con cría (CAÑAS, 2000).

2.10.5 Medidas culturales de control. FAUCON (1999), señala que una de las posibilidades para luchar contra la varroosis, se basa en la selección de abejas cuyo comportamiento pueda modificar el nivel de infestación.

Este autor indica que existen características que son investigadas en diversas partes del mundo para desarrollar abejas resistentes contra varroa, algunas de éstas son las siguientes:

- Comportamiento de limpieza entre abejas: las abejas durante el proceso de aseo, unas a otras, remueven de sus cuerpos los ácaros presentes. Al estudiar el comportamiento de *A. mellifera*, se observó que un 16,6% intentó realizar una acción autolimpiante y un 0,3% de ellas fue exitosa en remover las varroas de su cuerpo, demostrando que tal reacción, no está establecida en su patrón de comportamiento (DIETZ y HERMANN, 1988).

- Comportamiento de limpieza relacionado a la cría: este comportamiento consiste en la extracción más o menos rápida por las abejas limpiadoras de la cría parasitada, enferma o muerta.
- Duración del período de operculado: la duración del desarrollo del parásito es ligeramente inferior al tiempo de operculación, una disminución de seis horas en el tiempo de operculado es relevante para reducir el número de varroas.

SAMMATARO *et al.* (2000), señalan que estos métodos culturales de control tienen el inconveniente de ser muy laboriosos y son difícilmente practicables en grandes apiarios, además agrega la utilización de razas menos atractivas a la lista antes mencionada.

2.10.6 Medidas biotecnológicas de control. Según FERNANDEZ y COINEAU (2002), estos métodos se basan en la aplicación de técnicas que permiten controlar *V. destructor* sin la necesidad de utilizar químicos, este método también nombrado método natural comprende:

- Búsqueda de abejas resistentes o tolerantes a varroa.
- El trampeo de ácaros en las crías operculadas de zánganos.
- El bloqueo de la puesta de la reina.
- Colmenas realizadas con ciertas maderas.
- Utilización de frecuencias acústicas.
- Termoterapia.
- La utilización de ciertas feromonas como la alomonas y kairomonas para dar falsa información.

3 MATERIAL Y METODO

3.1 Ubicación del ensayo.

El ensayo se llevó a cabo en el colmenar experimental perteneciente al proyecto fondo SAG N° 64, el que se encuentra ubicado en el fundo Dos Enriques. El predio se encuentra en la Región Metropolitana, provincia de Melipilla, comuna de María Pinto, 27 km al noroeste de la ciudad de Melipilla. Su ubicación geográfica corresponde a 33°45' latitud Sur y 71°31' longitud Oeste. El predio se encuentra a una altitud de 229 m.s.n.m.

3.2 Material del ensayo.

Los materiales se clasificaron como:

- materiales biológicos
- materiales apícolas
- materiales químicos
- otros materiales

3.2.1 Material biológico. El material biológico consistió en 14 colonias de abejas europeas *Apis mellifera* L., seleccionadas al azar a partir de 40 colmenas iniciales con niveles de infestación sobre 5% de *Varroa destructor* Anderson & Truman, en abejas obreras adultas (Anexo 1), las cuales presentaban el mismo manejo apícola.

3.2.2 Material apícola. Este consistió en 14 colmenas del tipo Langstroth, con sus respectivos marcos, pisos, techos y entretechos. Como herramientas de trabajo se utilizó ahumador, palanca Root y traje apícola (velo, guantes y overol).

3.2.3 Material químico. El producto químico utilizado fue ácido fórmico al 85% de pureza. El que se diluyó en agua destilada al 70% v/v, esto debido a lo señalado por VANDAME, (2000) quien explica la relación de la temperatura y la acción del ácido

fórmico en la colmena especificando que para la temperatura promedio durante la época de este ensayo (anexo 4), la concentración del ácido fórmico debe ser del 70%.

3.2.4 Otros materiales. En cuanto al material utilizado para el diagnóstico de varroa en abeja obrera adulta, se emplearon 40 frascos plásticos de 250 cc, pinzas, placas Petri, juego de tamiz doble, un contador manual marca Compass N°2 de 4 dígitos, detergente Quix ® y agua.

Se confeccionaron además 50 trampas (Anexo 24), para las cuales se necesitaron 50 planchas de policarbonato blanco (44cm x 35cm), las que fueron cubiertas por una malla jardinera de 8 mm de espesor, de las mismas dimensiones que la plancha de policarbonato. A la plancha se le adjuntaron palitos de maqueta de 6 x 2 mm por todo su contorno con el fin de dar altura a la malla y evitar que las varroas salgan de la trampa. Con este mismo fin, se aplicó una capa delgada de vaselina sólida sobre las planchas (Anexo 25). Para la aplicación del ácido fórmico se usaron bolsas transparentes de 10 x 15 cm como dispensadores (Anexo 26). además se utilizaron planchas de vermiculita marca Oasis (10 x 7.5 cm) de 1,5 cm de espesor (Anexo 27) como material absorbente según metodología utilizada por VARGAS (2003) y lo expuesto por FERNANDEZ y COINEAU (2002).

3.3 Metodología del ensayo

A continuación se describe la metodología del ensayo.

3.3.1 Periodo experimental El ensayo se realizó en la temporada otoñal del año 2005, entre el 5 de mayo y el 21 de junio.

3.3.2 Diseño experimental. El diseño empleado para el ensayo correspondió a un ensayo completamente al azar, de 3 rangos de caída natural diaria de varroa con distinto número de repeticiones, usando en total 14 colmenas.

3.3.3 Descripción de los rangos de caída. Estos consistieron en 3 intervalos diferentes de caída natural diaria de varroa, la cual se midió en la primera semana del ensayo o periodo de pre aplicación, el criterio utilizado se basó en los rangos de caída

que señalan UNITED KINGDOM, MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOODDE (MAFF), (2000); GOODWIN y VAN EATON (2001) e IMDORF *et al.* (2003) los cuales indican que durante la época otoñal una caída natural diaria mayor a 20 ácaros produciría un colapso; si no se llevara a cabo un tratamiento con algún ácido orgánico. Además, señala que independiente, de la época del año se deberá realizar un tratamiento si es que la caída diaria de ácaros supera los 30. A partir de esto se determinaron los siguientes rangos de caída: 3- 20 ácaros, 21-30 ácaros y > 30 ácaros. El primer intervalo indica un mínimo de 3 ácaros ya que todas las colmenas presentaron una caída mayor a este valor.

Para todas las colmenas independiente de su rango de caída, se realizó una sola aplicación de 240 mL de ácido fórmico al 70%.

3.3.4 Método de aplicación del ácido fórmico. Este fue aplicado en dispensadores artesanales fabricados con bolsas, las cuales contenían en su interior una plancha de vermiculita que absorbía 120 mL de ácido fórmico diluido; para introducir el ácido se utilizó una jeringa de 60 mL, que fue llenada dos veces para completar la dosis señalada por aberturas de 1,5 x 1,5 cm hechas a las bolsitas en ambos lados con una tijera. Luego se procedió a sellar el extremo de las bolsitas con la llama de una vela (Anexo 28). Se utilizaron dos bolsas por cada colmena para completar los 240 mL del tratamiento las que se colocaron entre el marco número uno y dos, y la otra entre el marco nueve y diez (Anexo 29).

3.4 Parámetros a evaluar.

Cada uno de los parámetros que se detallan a continuación, fueron evaluados en tres oportunidades de muestreo:

- Pre aplicación: corresponde al periodo previo a la aplicación del tratamiento con ácido fórmico, durante el cual se evaluó la caída natural de varroas diaria durante una semana. Además, se tomaron muestras para poder determinar el nivel de infestación inicial de varroa en abejas adultas.

- Tratamiento con ácido fórmico: es el periodo en el cual se llevó a cabo la aplicación del tratamiento hasta el día en que se retiraron las bolsitas que contenían el ácido (15 días).
- Post aplicación: periodo posterior al retiro de las bolsitas que contenían el ácido fórmico, hasta 15 días después.

3.4.1 Nivel de infestación en abeja adulta. Para el diagnóstico de varroa en abeja adulta se utilizó el método propuesto por SAG (1994), el cual considera tomar alrededor de 200 abejas adultas de la cámara de cría o panales centrales de cada colmena. Las abejas se colocan en un frasco al cual se le agrega agua y detergente líquido, luego de agitar el frasco para que se desprendan las varroas de las abejas adultas, se vierte su contenido en un juego de tamiz doble aplicándole un chorro de agua. A continuación se contabiliza: número de varroas retenidas y el número de abejas total, esto se realizó al comienzo del ensayo. Los datos antes mencionados sirvieron para el desarrollo de la ecuación 3.1

$$\text{Nivel de infestación de abeja adulta (\%)} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ varroas} * 100}{\text{N}^{\circ} \text{ abejas}} \quad (3.1)$$

3.4.2 Caída natural diaria. Se utilizaron trampas de policarbonato, a las que se le aplicó vaselina sólida para que los ácaros vivos no se desprendieran de la trampa. El objetivo fue identificar los tratamientos del ensayo. Para este parámetro fue necesario desarrollar la ecuación 3.2.

$$\text{Caída natural diaria} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ total de varroas caídas sobre la trampa}}{\text{Total de días en que la trampa estuvo dentro de la colmena}} \quad (3.2)$$

3.4.3 Caída de ácaros por efecto del ácido fórmico. Esta medición se realizó para conocer el efecto del ácido fórmico sobre la caída de ácaros, se contabilizaron las varroas que se encontraban tanto en la trampa misma, como en la malla que impide que las abejas se vuelvan a infestar.

3.4.4 Conducta de las abejas. Se evaluaron tres variables para poder determinar el efecto que pudiese producir la aplicación de ácido fórmico en la colmena, estas se midieron en las mismas oportunidades que las variables anteriores.

3.4.4.1 Fortaleza de la colmena. Para evaluar la fortaleza o vigor, se observó el número de marcos que se encontraba con abejas, por lo que esta medición se expresa del número uno al diez, que es el total de marcos que forman una colmena del tipo Langstroth.

3.4.4.2 Mortalidad de abejas en el piso. Consistió en contabilizar las abejas muertas sobre la trampa. No se consideraron las abejas muertas por manipulación de las trampas.

3.4.4.3 Conducta de pillaje. Esta medición duró tres minutos y consistió en observar el número de abejas y avispas que ingresan a la colmena y que rápidamente son expulsadas por las abejas guardianas que cuidan la entrada de la colmena.

3.5 Registros de temperatura y humedad.

Se registraron estos datos cada vez que se medían los parámetros a evaluar mencionados en el punto 3.4, para lo cual se utilizó un termómetro e higrómetro a la vez, marca Veto, digital, modelo HD-TRHO7C (Anexo 4).

3.6 Análisis estadístico.

Se evaluó la correlación existente entre el nivel de infestación en abeja adulta y la caída natural diaria de varroa, tomando como variable independiente el nivel de infestación en abeja adulta y variable dependiente la caída natural diaria de ácaros; para los periodos de pre aplicación y post aplicación respectivamente.

Para determinar si las colonias presentan diferencias respecto de su fortaleza, conducta de pillaje y mortalidad de abejas, se utilizó estadística no paramétrica empleando la prueba de Kruskal Wallis (SIEGEL, 1959)

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa computacional STATGRAPHICS PLUS 5.0.

Las pautas de evaluación utilizadas para las variables cualitativas y rangos de niveles de infestación en abeja adulta y caída natural de varroa se detallan en los Anexos 19, 20, 21 y 22.

4 PRESENTACIÓN Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 Caída natural diaria como indicador de los niveles de infestación de varroa pre y post aplicación de ácido fórmico.

En el estudio se determinó la correlación existente entre el nivel de infestación en abejas adultas y la caída natural diaria de ácaros, para lo cual se consideró el número de ácaros diario que abandonan la abeja y caen en el piso de la colmena, técnica similar a la utilizada por BARBERO *et al.* (1997b) y la determinación del porcentaje de infestación en abejas adultas a través del método descrito por SAG (1994).

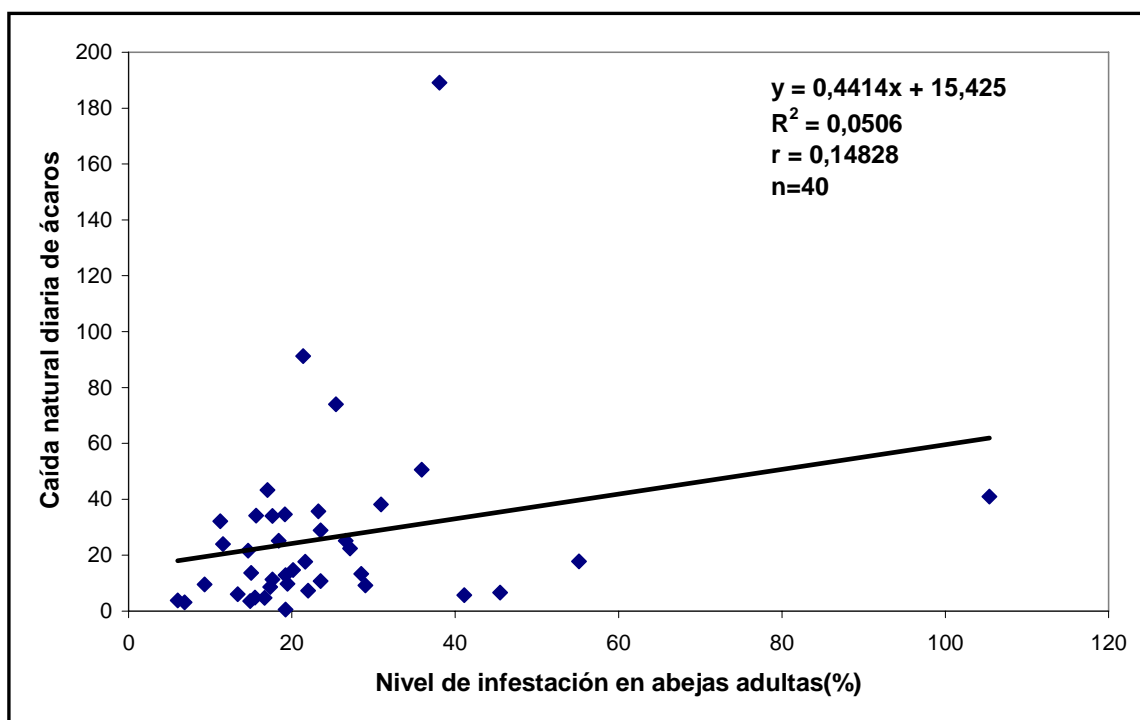


FIGURA 3 Correlación entre nivel de infestación en abeja adulta y caída natural diaria de acaros en el periodo de pre aplicación de ácido fórmico.

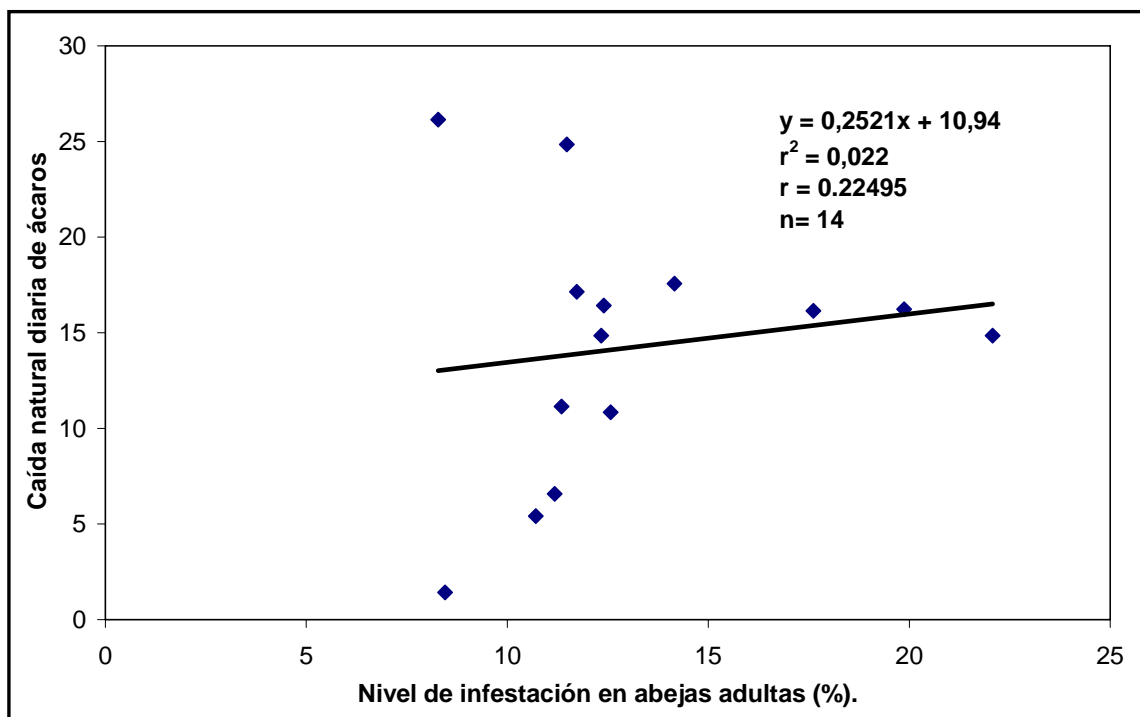


FIGURA 4 Correlación entre nivel de infestación en abeja adulta y caída natural diaria de acaros en el periodo de post aplicación de ácido fórmico.

Los resultados (Figura 3 y 4) de la relación entre el nivel de infestación y la caída de varroas muestra que si bien existió una correlación positiva entre ambas, ella no fue estadísticamente significativa; de acuerdo al índice de determinación un 5% y 2% de las variaciones de la caída de ácaros es explicada por el nivel de infestación en los periodos de pre y post aplicación respectivamente.

Esta situación es aún más clara al referirnos al índice de correlación, ya que para el periodo de pre aplicación con un $n=40$ el r debe ser mayor a 0.312 lo que en este caso no ocurre; encontrando igual respuesta al analizar el periodo de post aplicación donde el r con un $n=14$ debería ser mayor a 0.532 (Anexo 23); a partir de esto no queda duda que el nivel de infestación y la caída de ácaros no presenta relación alguna al menos con la metodología usada; lo que concuerda con lo señalado por CALDERONE, (1999), el cuál a través de diversos ensayos determinó que no existe una relación entre el porcentaje de infestación y la caída de ácaros, ya que

colmenas con un mismo porcentaje de infestación pueden tener una población distinta de abejas, por lo tanto un número diferente de ácaros que pueden estar afectándolas.

Esto último se contradice con lo expuesto por DEVLIN (2001), quien señala que en otoño la mayoría de los métodos utilizados son bastante eficaces en la predicción de la población absoluta de ácaros en la colmena, resaltando además que existe una alta relación entre el porcentaje de infestación de abejas adultas y la caída natural diaria. Esto no reflejaría los resultados obtenidos en este ensayo (Anexo 5 y 6), ya que el análisis de regresión nos señala que la correlación existente entre ambas variables es casi nula por presentar un índice de correlación más cercano a cero para ambos periodos (pre y post aplicación), como se observa en las Figuras 3 y 4.

Al analizar cada uno de los métodos, diversos autores señalan que el mejor método de determinación de la población real de ácaros existente en la colmena lo representa la caída natural, señalando además que el nivel de infestación en abejas adultas tomado de un sólo cuadro de cría no constituye un buen índice del grado de infestación (CALATAYUD y VERDÚ, 1993; 1995, MARCANGELI, (1995)): Si relacionamos esto con los resultados obtenidos podríamos inferir que la escasa correlación existente entre la caída de varroas y el nivel de infestación en abejas adultas se debería a que la muestra de abejas adultas sólo fue tomada del marco central y no como señala MARCANGELI (1995) de los tres marcos centrales para que pueda existir una relación entre ambos métodos. Ya que para él sería más representativo y disminuiría, además, la posibilidad de error de sobreestimar como subestimar el nivel de infestación en las colmenas; esto último podría ser una de las razones de la no existencia de correlación entre las variables.

4.2 Efecto del ácido fórmico en la conducta de las abejas.

Con relación a los rangos de caída de varroa establecidos inicialmente y los periodos pre, durante y post aplicación de ácido fórmico, se evaluaron tres variables para poder definir el efecto que estos rangos de caída pudieran ejercer en el comportamiento de las abejas al ser tratadas con ácido fórmico.

4.2.1 Mortalidad de abejas en el piso de la colmena. Este parámetro fue tomado como un indicador de la letalidad que en las abejas pudiera ejercer el tratamiento con ácido fórmico. Para lo cual se contabilizó toda abeja encontrada muerta en el piso de la colmena.

Para el análisis se llevó a cabo una prueba no paramétrica (Anexo 8, 13, 14, y 15) la cual no arrojó diferencias estadísticamente significativas .

CUADRO 3 Efecto del ácido fórmico sobre la mortalidad de las abejas entre los distintos periodos y rangos de caída de varroa.

Rangos de caída	Periodo		
	Pre aplicación	Durante la aplicación	Post aplicación
3-20	29.14 a	18.14 a	25.57 a
21-30	27.20 a	14.40 a	19.20 a
>30	17.00 a	10.50 a	17.00 a

Prueba de Kruskal Wallis. Letras distintas indican (DHS 5%) para cada columna.

Como se observa en el Cuadro 3 y Figura 5, el tratamiento con ácido fórmico no estaría provocando ningún efecto tóxico en la colmena que produjera un aumento en la mortalidad de las abejas esto es coincidente con lo expuesto por otros autores en trabajos realizados con este ácido en dosis similares a las evaluadas en dicho ensayo (GATIEN y CURIE, 2003; UNDERWOOD y CURRIE; 2004; 2005). Además se observa que esto fue independiente del rango de caída, lo cual indicaría que aún las abejas que pudieran tener más varroas no fueron influidas en su mortalidad.

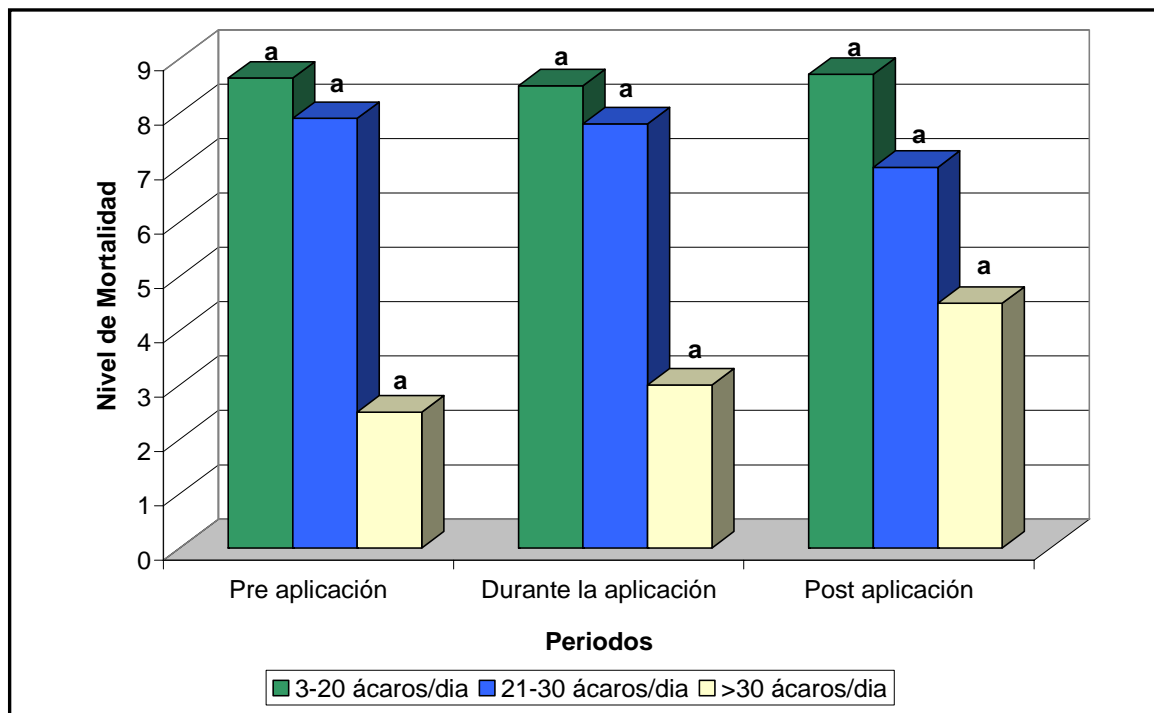


FIGURA 5 Efecto del ácido fórmico sobre la mortalidad según rango de caída de varroa para cada uno de los periodos.

Si se ha observado mortalidad de reinas en algunos ensayos; lo que en algunas casos produjo pérdidas de colmenas pero los autores señalan que la mayoría de las colmenas sobrevivieron produciendo nuevas reinas (UNDERWOOD y CURRIE; 2004;2005); la sobrevivencia de las reinas no fue medida para este ensayo directamente pero al final del periodo experimental no se observaron características que evidenciaran colmenas huérfanas.

4.2.2 Fortaleza de la colmena. Esta variable refleja a la población de abejas en la colmena, el cuál es evaluado a través de marcos completamente cubiertos con abejas.

Para esta variable el análisis de Kruskal Wallis (Anexo 7, 10, 11, 12) no arrojó diferencias estadísticas significativas ($\alpha= 0.05$), esto coincidiría con lo observado para la variable mortalidad de abejas donde tampoco se presentaron variaciones.

CUADRO 4 Efecto del ácido fórmico sobre la fortaleza de la colmena entre los distintos periodos y rangos de caída de varroa.

Rangos de caída	Periodo		
	Pre aplicación	Durante la aplicación	Post aplicación
3-20	15.00 a	26.00 a	17.50 a
21-30	21.50 a	27.10 a	20.80 a
>30	25.00 a	32.00 a	16.25 a

Prueba de Kruskal Wallis. Letras distintas indican (DHS 5%) para cada columna.

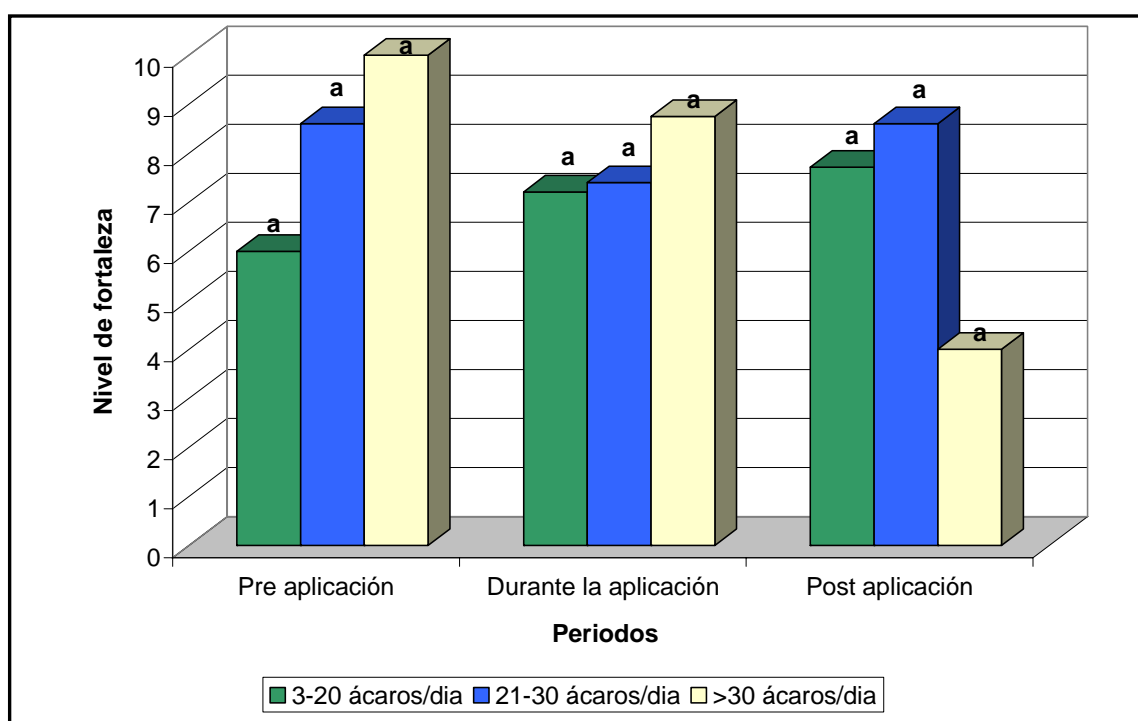


FIGURA 6 Efecto del ácido fórmico sobre la fortaleza de la colonia según rango de caída de varroa para cada uno de los periodos.

Con esto podríamos señalar que bajo las condiciones evaluadas, el ácido fórmico no produjo disminución en la población de abejas por ende, en su fortaleza y esto es coincidente con la mortalidad ya que tampoco se observaron variaciones entre los periodos (Cuadro 4) y rangos de caída como se observa en la Figura 6.

Esto no es coincidente con lo detectado por SATTI *et al.* (2005) los cuáles señalaron que los tratamientos con ácido fórmico pueden llegar a causar un debilitamiento de la colmena interrumpiendo su desarrollo lo que causaría una disminución en la fortaleza de esta si las tasas de evaporación del producto alcanzan dosis de 24 a 40g diarios; lo que a las temperaturas (Anexo 4) detectadas durante este ensayo no ocurriría y explicaría la ausencia del efecto. Otros autores además señalan que tratamientos a fines de otoño causan una disminución en el tamaño de las poblaciones de abeja (UNDERWOOD y CURRIE; 2004) efecto tampoco observado en este ensayo.

4.3.3 Conducta de pillaje en la colmena. La conducta de pillaje es la acción que realizan las abejas con el ingreso y posterior robo de recursos alimenticios de una colmena que no es la propia y para evitarlo las abejas guardianas se ubican en la entrada de la piquera impidiendo el acceso de abejas ajenas a la colmena (WINSTON, 1987).

Esta conducta incide directamente en el grado de infestación de la colmena, ya que es una de las formas de diseminación del ácaro a otras colmenas (DIETZ y HERMANN, 1988).

Al analizar el efecto del tratamiento con ácido fórmico sobre la condición de pillaje en la colmena (Anexo 9, 16, 17, 18) podemos señalar como se observa en el Cuadro 5 que el periodo en que se llevaron a cabo los tratamientos mostró un aumento de esta conducta haciéndose esta extensiva hacia el periodo de pos aplicación siendo ambas similares estadísticamente y diferentes al periodo de pre aplicación.

Cabe destacar que al analizar la conducta de pillaje en relación a los rangos de caída (Cuadro 5), estos no influyeron en el aumento o disminución de la conducta de pillaje, ya que no se detectaron diferencias estadísticas significativas.

CUADRO 5 Efecto del ácido fórmico sobre la conducta de pillaje de la colmena entre los distintos periodos y rangos de caída de varroa.

Rangos de caída	Periodo		
	Pre aplicación	Durante la aplicación	Post aplicación
3-20	8.50 bA	25.78 aA	23.35 aA
21-30	10.10 bA	32.10 aA	28.70 aA
>30	18.50 bA	35.50 aA	18.50 bA

Prueba de Kruskal Wallis. Letras distintas indican (DHS 5%) para cada columna.

Según RITTER (1993), la aplicación de aceites esenciales y ácidos orgánicos, modifica la atmósfera interna de la colmena, produciendo estímulos olfatorios en otros individuos ajenos a la colmena, incentivando la conducta de pillaje, lo que explicaría lo observado. Así también THOMAS (1997), considera que el uso de estos tratamiento es causal del estímulo de esta conducta, lo que vuelve a afirmar que el tratamiento con ácido fórmico provocó un estímulo en esta conducta por parte de las abejas.

SATTA *et al.* (2005); señalan resultados totalmente distintos a los obtenidos en este ensayo ya que los autores no encontraron ningún efecto sobre la conducta de pillaje en las colmenas que ellos evaluaron durante su ensayo con igual dosis a la utilizada en este ensayo, pero a temperaturas mas altas que las detectados durante este ensayo.

5 CONCLUSIONES

De acuerdo a lo expuesto en el presente trabajo, considerando la metodología y bajo las condiciones existentes durante el ensayo, es posible concluir lo siguiente:

No existe una correlación entre la caída natural y el nivel de infestación de la colmena para ninguno de los periodos evaluados (pre y post aplicación), por lo que la caída diaria de varroas no puede ser utilizada como un indicador del nivel de infestación de varroa en colmenas de la Región Metropolitana.

El tratamiento con ácido fórmico no produjo ningún efecto sobre las abejas en lo que respecta a un aumento en la mortalidad y disminución en la fortaleza y no existió relación entre los niveles de caída de varroa y el ácido fórmico, para ninguno de los aspectos anteriormente señalados.

La conducta de pillaje se vio estimulada por el tratamiento con ácido fórmico, pero no así por los distintos rangos de caída.

6 RESUMEN

En los últimos años *Varroa destructor Anderson & Trueman* se ha convertido en la plaga más importante de la apicultura a nivel mundial. Ante esto, es de gran importancia que los apicultores estén en conocimiento de las técnicas de detección y diagnóstico de varroa para poder evaluar la situación en la cual se encuentran sus colmenas y determinar la necesidad de aplicar un tratamiento. En base a esto se plantea la hipótesis de que la caída natural de varroa puede ser utilizada en la región Metropolitana, durante el control otoñal de varroa, como parámetro para evaluar su nivel de infestación. El objetivo general es la utilización de la caída natural de varroa, como parámetro para evaluar su nivel de infestación, durante el control otoñal del ácaro, en la comuna de María Pinto, ubicada en la provincia de Melipilla, Región Metropolitana. Los objetivos específicos buscan determinar si existe algún efecto adverso sobre la conducta de la colonia relacionado a los distintos rangos de caída o a la aplicación del ácido fórmico. El diseño experimental consistió en tres rangos diferentes de caída natural diaria de varroa conformando un total de 14 colmenas. Para todas las colmenas independiente del rango de caída se realizó una aplicación de 240 mL de ácido fórmico al 70% en las colonias. Las variables evaluadas fueron: nivel de infestación en abejas adultas, caída natural diaria, fortaleza de la colmena, mortalidad de abejas adultas y pillaje. En relación a estas variables se determinó que no existe una correlación entre caída natural y nivel de infestación de la colonia para ninguno de los periodos evaluados, por lo que la caída diaria de varroas no puede ser utilizada como un indicador del nivel de infestación. Respecto a la conducta de la abeja está no se vio afectada para las variables mortalidad y fortaleza; en cambio si se observó un incentivo en la conducta de pillaje por acción del ácido fórmico no así por los diferentes niveles de caída.

SUMMARY

With the objective to determine the relation between natural mite drop-down and the level of infestation and the effect of the treatment with formic acid in the conduct of the bees. The hypothesis of investigation is established: "The natural mite drop-down it is an indicator of the level of infestation before and after autumnal treatment of *Varroa destructor* with formic acid ". The bioassay was located in the experimental apiary Dos Enriques, Region Metropolitana of the Proyecto Fondo SAG N ° 64. The experimental design consisted of 3 ranges from natural daily mite drop-down; this was counted in colonies for periods before and after formic treatment. The evaluated variables were: level of infestation of adult bee, natural daily mite drop-down, fortress of the beehive, mortality of bees and robbing. One could observe that correlation does not exist between natural daily mite drop-down and the level of infestation of the beehive for any of the periods evaluated (before and after treatment). The treatment with formic acid did not produce any effect on the mortality and fortress of the bees. The robbing was stimulated by the treatment with formic, but not like that acid for the different ranges of natural daily mite drop-down.

7 BIBLIOGRAFIA

- AGROBIT.COM. 2000. Control de varroa a base de ácido fórmico. (On line).
<<http://www.agrobit.com.ar/html>> (04. sep. 2005).
- ALDA, L. 1994. Varroasis jaque a la agricultura. *Frontera Agrícola*. (Chile) 2(2):74-77.
- AMRINE, J; NOEL, B; MALLOW, H; STASNY, T. y SKIDMORE, R. 1996. Result of research: using essential oils for honey bee mite control. (On line).
<<http://www.wvu.edu/~agexten/varroa/varroa2.htm> > (09. sep. 2005).
- ANDERSON, D. y TRUEMAN, J. 2000. *Varroa jacobsoni* (Acari:Varroidae) is more than one species. *Experimental and Applied Acarology* (Holanda) 24(3): 165-189.
- APINET,2002. Varroasis. (On line).
<<http://www.culturaapicola.com.ar/apuntes/sanidad/varroasis%20apinet.pdf>>
(05. ago. 2005).
- BARBERO, R; PANELLA, F. y BONIZZONI, L. 1997a. Apilife Var y el plan de lucha contra la varroasis en Italia. *Vida Apícola* (España) 84:54-59.
- BARBERO, R; PANELLA, F. y BONIZZONI, L. 1997b. El carnet Europeo. Acido oxálico y el tratamiento de limpieza radical de otoño-invierno. *Vida Apícola* (España) 85: 8-13.
- BARRIGA, J. y NEIRA, M. 1988. *Varroa jacobsoni*, peligro para las abejas en Chile. In: Seemann, P. y Neira, M. (eds). *Tecnología de la producción apícola*. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia. Chile. pp: 31-46.

- BOWEN, P. y GUNN, A. 2001. The effect of the ectoparasitic mite, *Varroa destructor* on adult worker honeybee (*Apis mellifera*) emergence weights, water, protein, carbohydrate, and lipid levels. *Entomologia Experimentalis et Applicata* (Holanda) 101: 207-217.
- CALATAYUD, F. 2004. Ciclo biológico de *Varroa destructor*. *Vida Apícola* (España) 127:23-31.
- CALATAYUD, F. y VERDU, M. 1993. Hive debris count in honeybee colonies: a method to estimate the size of small populations and rate of growth to the mite *Varroa jacobsoni* Oud. (Mesostigmata:Varroidae). *Experimental and Applied Acarology* (Holanda) 17:889-894.
- CALATAYUD, F. y VERDÚ, M. 1995. Number of adult female mites *Varroa jacobsoni* Oud. (Mesostigmata:Varroidae) on hive debris from honey bee colonies artificially infested to monitor mite populations increase. *Experimental and Applied Acarology* (Holanda) 19:181-188.
- CALDERONE, N. 1999. Evaluation of formic acid and thymol – based blend of natural products for the control of *Varroa jacobsoni* Oud. In colonies of honey bees, *Apis mellifera*. *Journal of Economic Entomology* (EEUU) 92(2):253-260.
- CAÑAS, S. 2000. *Varroa* en el XXXVI Congreso Internacional de Apicultura en Vancouver. *Vida Apícola* (España) 99:42-45.
- CASTILLO, R. 1992. Varroasis: grave amenaza para la agricultura de nuestro país. *Chile Hortofrutícola* 5(26): 18-22.
- _____. R. 1994. Varroasis. In: Undurraga, P; Fuenzalida, N; Kehr, M. (eds). IV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Apícola. APISMAR Asociación de apicultores V región. Olmué. Chile. pp; 11-19.

- CHILE, SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG), DEPARTAMENTO DE PROTECCION PECUARIA. 1994. Control de varroasis de las abejas. Boletín técnico 1, Proyecto Control Varroasis. FAO/SAG. Santiago. Chile. 20p.
- CLEMENTE, I. 1990. Varroasis diversas experiencias para su control. In: II Encuentro Nacional de Ciencia y Tecnología Apícola. Departamento de Ciencias Agronómicas Básicas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de la Frontera Temuco. Chile. pp; 198-212.
- COBEY, S. 2001. The varroa species complex. Identifying *Varroa destructor* and new strategies of control. Bee Culture (EEUU) 129(2):26-28.
- COOPERATIVA DE HORTOFRUTICULTORES DE IIHA TERCEIRA C.R.L. 2005. Inimigos e doenças das abelhas. (On line). <<http://dacostadesigns.com/fruter/inimigos.htm>> (29. sep. 2005).
- CULLEN, J. y SMITH, K. 2000. Quality science for quality quarentine. (On line) <<http://www.ento.csiro.au/publicity/pressrel/2000/24may00.htm>> (05. sep. 2005).
- DE JONG, D. y EGEEA SOARES A. E. 1997. An isolated population of italian bees that survived varroa infestation without treatment for over 12 years. American Bee Journal (EEUU) 132:742-745.
- DEVLIN, M. 2001. Comparative analyses of sampling methods for varroa mites (*Varroa destructor* Anderson y Trueman) on honey bee (*Apis mellifera*). Tesis Master en manejo de plagas, Canadá. Universidad Simon Fraser. 62p. <<http://www.collectionscanada.ca/obj/s4/f2/dsk3/ftp04/MQ61548.pdf>> (22 jun. 2006).
- DIETZ, A. y HERMANN, H. 1988. Biology, detection and control of *Varroa jacobsoni*: A parasitic mite on honey bees. Georgia. EEUU. Lei-Act. 80p.

- FAKHIMZADEH, K. 2001. Detection of major mites pests of *Apis mellifera* and development of non-chemical control of varroasis. (On line) <<http://ethesis.helsinki.fi/jukaisut/maa/selai/vk/fakhimzadeh/detectio/pdf>> (20. sep.2005).
- FAUCON, J. 1999. Varroasis. Mecanismos de resistencia de la abeja. Vida Apícola (España) 97:57-59.
- FERNANDEZ, M. 1995. Acaricides residues in honey: analitical methods and levels found. Journal of Food Protection (EEUU) 58 (4): 449-454.
- FERNANDEZ, N. y COINEAU, Y. 2002. Varroa, El verdugo de las abejas. España. Atlántica. 205p.
- FREDES, F. 1993. Varroasis: un nuevo problema parasitario en Chile: Monografías de Medicina Veterinaria (Chile) 15(1-2):11-16.
- GATIEN, P. y CURIE, RW. 2003. Timing of acaricide treatments for control of low-level populations of *Varroa destructor* (Acari:Varroidae) and implications for colony performance of honey bees. Canadian Entomologist (Canada) 135(5):749-763.
- GOODWIN, M. y VAN EATON, C. 2001. Control of varroa, A guide for New Zealand Beekeepers. New Zealand, Ministry of Agriculture and Forestry. (On line). <<http://www.biosecurity.govt.nz/pests-diseases/animals/varroa/guidelines/control-of-varroa-guide.pdf>> (03. oct. 2005).
- HIGES, M. 1996. Tratamientos alternativos contra varroa. Vida Apícola. (España) 77:7.
- HIGES, M; SUARES, M y LLORENTE, J. 1997. Un método integral para el control de la varroasis de la abeja melífera (*Apis mellifera*): Acido láctico y cría dirigida de zánganos. Vida Apícola (España) 84:50-53.

- IFANDITIS, M. 1988. Some aspects of process of *Varroa jacobsoni* entrance into honey bee (*Apis mellifera*) brood cells. *Apidologie* (Francia) 19(4):387-396.
- IMDORF, A; BOGDANOV, S; KILCHENMANN, V. y MAQUELIN, C. 1995 Apilife var: a new varroacide with thymol as the main ingredient. *Bee World* (Inglaterra) 76(2):77-83.
- IMDORF, A; CHARRIERE, J; MAQUELIN, C; KILCHENMANN, V y BACHOFEN, B. 1996. Alternative Varroa control. *American Bee Journal* (EEUU) 136(3): 189-193.
- IMDORF, A; BOGDANOV, S; IBANES R. y CALDERONE, N. 1999. Use of essential oils for the control of *Varroa jacobsoni* Oud. in honey bee colonies. *Apidologie* (Francia) 30:209-228.
- IMDORF, A; CHARRIERE, J; KILCHENMANN, V; BOGDANOV, S. y FLURI, P. 2003. Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa destructor* in honey bee colonies. *Bee Research* (Suiza) 38:258-285
- ISSA, M.R.S; DE JONG, D; GONCALEUS, L.S. 1995. Study of preference of the mite *Varroa jacobsoni* for *Apis mellifera* drones. (On line) <<http://www.beesource.com/pov/lusby/apimoct1985a.htm>> (28. sep. 2005).
- KLASSEN, R. 1995. Control de *Varroa jacobsoni* Oud. con acaricidas aplicados a fines de invierno, en la Décima Región. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 97p.
- LESSER, R. 2001. Manual de apicultura moderna. Universitaria. Santiago, Chile. pp: 134-151.
- MANRIQUEZ, J. 1994. La varroasis, diagnóstico y control (On line). <<http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd46/varroasis.htm>> (04.ago. 2005).

- MARCANGELI, J. 1995. Aplicación de una nueva técnica para determinar los niveles de infestación de *Varroa jacobsoni* en colmenas de *Apis mellifera*. <www.culturaapicola.com.ar/apuntes/sanidad/aplicacion> On line (24 mar.2006).
- MITEAWAY.COM. 2000. Varroa. (On line) <http://www.miteaway.com/formic_Acid/formic_acid.html> (14. sep. 2005).
- MUTINELLI, F. 2000. Curso: "Calidad de la colmena para la apiterapia" VII Congreso Nacional de Ciencias Farmacéuticas. (On line) <http://beekeeping.com/articulos/calidad_colmena.htm> (29. sep. 2005).
- NEIRA, M. 1992. ¿Qué hacer ante la varroasis? Chile Agrícola (Chile) 16(177):133-136.
- _____.1998(a) Principales manejos de un colmenar, parte I. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Produccion y Sanidad Vegetal. Valdivia, Chile. 81p.
- _____. 1998(b). Apicultura. In: Amtmann, C.; Mujica, F. y Vera, B. (eds). Pequeña Agricultura en la Región de Los Lagos. Universidad Austral de Chile. pp:261-295.
- NOEL, R. 1997. The "hygienic factor" and essential oils. American Bee Journal (EEUU) 137(12): 863-864.
- PELDOZA, J. 1992. Varroasis de las abejas, presencia en Chile. El Campesino (Chile) 123(8): 49-58.
- _____. 1994. Varroasis de las abejas, actuales opciones para su control en Chile In: IV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Apícola. Olmué, 28,29,30 de Julio. pp:1-10.

- RADEMACHER, E. 1991. How varroa mite spread. American Bee Journal (EEUU) 131(2): 763-765.
- RADEMACHER, E; POLACZEK, B y SCHRICKER, B. 1996. Una nueva forma de aplicación del ácido fórmico. Vida Apícola (España) 79:15-20.
- RITTER, W. 1981. Varroa disease of the honey bee *Apis mellifera*. Bee World (Inglaterra) 62(4): 141-151.
- _____.1993. Chemical Control: options and problems. In: Matheson Andrew, Living with Varroa. International Bee Research Association (IBRA). Londres, Inglaterra. pp;17-30.
- _____. 1999. Coordination in Europe of research on integrated control of varroa mites in honey bee colonies. (On line) <<http://www.entom.slu.se/res/bi/proj16b.html>> (28. ago. 2005).
- RODRIGUEZ, G; MARIANI, F. y MARTINEZ, E. 1999. Efecto del nucleado de colmenas sobre la prevalencia de varroa. (On line) <http://sada.org.ar/boletin-gaceta/bc%2043/efecto_del_nucleado.htm> (29. sep. 2005).
- ROSENKRANZ, P. 1999. Honey bee (*Apis mellifera*L.) tolerance to *Varroa jacobsoni* Oud. in South America. Apidologie (Francia) 30:159-172.
- SAMMATARO, D., GERSON, U. y NEEDHAM, G. 2000. Parasitic mites of honey bees: life history, implications and impact. Annual Review of Entomology (EEUU) 45:519-548.
- SAMMATARO, D; DEGRANDI-HOFFMAN, G; NEEDHAM, G. y WARDELL, G. 1998. Some volatile plant oils as potential control agents for varroa mite (Acari: Varroidae) in honey bee colonies (Hymenoptera: Apidae). American Bee Journal (EEUU) 138(9):681-685.

- SANFORD, M. 1997. Oils of essence. (On line).
<<http://www.apis.ifas.ufl.edu/apis97/apjan97.htm#3>> (10. sep. 2005).
- SATTA, A., FLORIS, I., EGUARAS, M., CABRAS, P., GARAU, VL. y MELIS, M. 2005. Formic acid-based treatments for control of *Varroa destructor* in a Mediterranean area. *Journal of Economic Entomology* (EEUU) 98(2):267-273.
- SIEGEL, S. 1956. Nonparametric statistics for the behavioural sciences. EEUU McGraw-Hill. 311p.
- SUAREZ, M. (s.f.) Varroasis: situación actual y tratamientos. (On line)
<<http://www.vidaapicola.com/tecnica/varroa/varroa1.html>> (13. sep. 2005).
- TERRALIA. s.f. Biotecnología. (On line)<<http://www.terralia.com/revista8/pagina34.htm>> (14. sep. 2005).
- THOMAS, H. 1997. Practical aspects of alternative varroa control methods. In: *Varroa! Fight the mite*. International Bee Research Association (IBRA). Londres, Inglaterra. pp: 22-30.
- UNDERWOOD, RM. 2004. Indoor winter fumigation of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) colonies infested with *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) with formic acid is a potential control alternative in northern climates. *Journal of Economic Entomology* (EEUU) 97(2):177-186.
- UNDERWOOD, RM. y CURRIE, RW. 2005. Effect of concentration and exposure time on treatment efficacy against varroa mites (Acari:Varroidae) during indoor winter fumigation of honey bees (Hymenoptera:Apidae) with formic acid. *Journal of Economic Entomology* (EEUU) 98(6): 1802-1809.
- UNITED KINGDOM, MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD. (MAFF). 2000. *Managing Varroa*. London, England.

<http://www.csl.gov.uk/science/organ/environ/bee/factsheets/managing_varroa.pdf> (12. mar. 2006).

UNIVERSITY OF EDINBURGH. 2006. Correlation coefficient. (On Line)
<<http://helios.bto.ed.ac.uk/bto/statistics/table6.htm>> (17. sep. 2006).

UNIVERSITY OF GEORGIA; ENTOMOLOGY DEPARTMENT. 2001. Varroa mites
Varroa destructor (On line)
<http://www.ent.uga.edu/bess/Disorders/Varroa_mites.htm> (17. sep. 2005).

VANDAME, R 2000. Control alternativo de varroa en la apicultura.(On line)
<<http://www.apicultura.com/articulos/control-varroa/curso2.htm>> (11. sep. 2005).

VANDAME, R; COLIN, M y OTERO, G 1998a. Ensayos con abejas europeas y africanizadas en México. Biología del ácaro. Vida Apícola (España) 89:36-40.

VANDAME, R; COLIN, M y OTERO, G. 1998b. Tolerancia a Varroa. Vida Apícola (España) 88:45-50.

VARGAS, L. 2003. Evaluación del ácido fórmico para el control de *Varroa destructor* Anderson & Trueman en colonias de *Apis mellifera* L. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 124 p.

VEERKAMP, H. 1996. The Varroa mite, *Varroa jacobsoni* (On line)
<<http://web.inter.nl.net/hcc/beenet/varroa.htm>> (4. sep. 2005).

WINSTON, M. 1987. The biology of the honey bee. Harvard University Press. Londres, Inglaterra. 281p.

ANEXOS

ANEXO 1 Nivel de infestación de abejas adultas y caída natural para el total de colmenas muestreadas en el periodo de pre aplicación de ácido fórmico, antes de la selección de colmenas para el ensayo.

N° Abejas	N° Varroa	% Infestación inicial	Total varroas caídas (7 días)	Caída natural diaria
171	25	14,62	151	21,57
110	34	30,91	267	38,14
144	29	20,14	103	14,71
144	28	19,44	68	9,71
155	24	15,48	34	4,86
185	43	23,24	250	35,71
179	51	28,49	93	13,29
78	13	16,67	33	4,71
125	23	18,40	176	25,14
121	21	17,36	60	8,57
73	30	41,10	40	5,71
145	80	55,17	125	17,86
141	31	21,99	51	7,29
143	38	26,57	176	25,14
140	21	15,00	96	13,71
100	17	17,00	303	43,29
153	36	23,53	75	10,71
126	32	25,40	518	74,00
140	13	9,29	67	9,57
183	43	23,50	202	28,86
236	64	27,12	157	22,43
324	94	29,01	64	9,14
282	61	21,63	124	17,71
142	19	13,38	42	6,00
367	167	45,50	46	6,57
256	49	19,14	242	34,57
203	39	19,21	90	12,86
131	47	35,88	354	50,57
285	33	11,58	168	24,00
160	25	15,63	239	34,14
255	38	14,90	25	3,57
98	11	11,22	225	32,14
166	10	6,02	27	3,86
78	15	19,23	4	0,57
117	8	6,84	22	3,14
142	25	17,61	79	11,29
193	34	17,62	238	34,00
155	59	38,06	1324	189,14
111	117	105,41	287	41,00
131	28	21,37	639	91,29

ANEXO 2 Datos de las variables medidas a lo largo de todo el ensayo.

Rango de caída	Periodo	Caída varroas/24h	Fortaleza	Pillaje	Mortalidad
>30	Pre aplicación	35.12	2	1	2
>30	Pre aplicación	34,14	2	1	2
21-30	Pre aplicación	21,57	1	0	2
21-30	Pre aplicación	25,14	2	1	3
21-30	Pre aplicación	25,14	2	1	3
21-30	Pre aplicación	28,86	2	0	3
21-30	Pre aplicación	24	2	0	2
3-20	Pre aplicación	9,71	1	0	3
3-20	Pre aplicación	4,86	1	0	2
3-20	Pre aplicación	7,29	1	0	3
3-20	Pre aplicación	13,71	2	0	3
3-20	Pre aplicación	9,57	2	1	3
3-20	Pre aplicación	6	1	0	3
3-20	Pre aplicación	3,57	2	1	2
>30	Aplicación fórmico	15.23	2	2	2
>30	Aplicación fórmico	18,2	3	2	1
21-30	Aplicación fórmico	12,73	2	2	1
21-30	Aplicación fórmico	15,73	1	2	2
21-30	Aplicación fórmico	24,26	3	2	2
21-30	Aplicación fórmico	26,06	2	2	2
21-30	Aplicación fórmico	35,53	3	1	2
3-20	Aplicación fórmico	10,06	1	1	2
3-20	Aplicación fórmico	6,46	1	2	2
3-20	Aplicación fórmico	14,13	2	2	2
3-20	Aplicación fórmico	15,4	3	1	3
3-20	Aplicación fórmico	7	2	1	1
3-20	Aplicación fórmico	8,8	3	2	3
3-20	Aplicación fórmico	8,2	3	1	1
>30	Post aplicación	16,23	2	1	2
>30	Post aplicación	14,85	1	1	2
21-30	Post aplicación	11,14	1	2	2
21-30	Post aplicación	16,42	2	1	2
21-30	Post aplicación	6,57	1	1	1
21-30	Post aplicación	17,14	2	2	5
21-30	Post aplicación	26,14	3	2	2
3-20	Post aplicación	16,14	1	2	2
3-20	Post aplicación	14,85	1	1	3
3-20	Post aplicación	17,57	1	2	3
3-20	Post aplicación	10,85	2	1	2
3-20	Post aplicación	1,42	2	1	3
3-20	Post aplicación	5,42	2	1	11
3-20	Post aplicación	24,85	2	1	0

ANEXO 3 Porcentaje de infestación de varroas en abejas adultas.

Pre aplicación			Post aplicación		
N° Abejas	N° Varroa	% Infestación	N° Abejas	N° Varroa	% Infestación
152	25	16,44	161	32	19,87
160	25	15,63	235	29	12,34
171	25	14,62	185	21	11,35
125	23	18,40	121	15	12,40
143	38	26,57	152	17	11,18
183	43	23,50	196	23	11,73
285	33	11,58	169	14	8,28
144	28	19,44	142	25	17,61
155	24	15,48	145	32	22,07
141	31	21,99	113	16	14,16
140	21	15,00	175	22	12,57
140	13	9,29	142	12	8,45
142	19	13,38	112	12	10,71
255	38	14,90	270	31	11,48

ANEXO 4 Registro de temperatura y humedad durante el ensayo.

Días del ensayo	Temperatura °C	Humedad (%)
1	14,0	62
4	12,5	66
7	12,2	82
8	18,0	71
22	20,7	61
23	17,5	55
27	15,3	83
37	11,0	85
Máx.	20,7	85
Mínima	11,0	55
Promedio	15,15	70,62

ANEXO 5 Análisis de regresión para el nivel de infestación en abeja adulta y caída natural de varroa, en el periodo de pre aplicación de ácido fórmico. Modelo lineal: $Y = a + b \cdot X$

Variable dependiente: Caída natural				
Variable independiente: Infestación de abejas adultas				
Parámetro	Estimado	Error	T- estadístico	Valor P
Intercepto	15,4229	9,02557	1,7088	0,0956
Pendiente	0,441432	0,310176	1,42317	0,1628

Fuente de variación	SC	GL	CM	Valor P
Modelo	2113,25	1	2113,25	0,1628
Residual	39648,1	38	1043,37	
Total (Corr.)	417614,4	39		

ANEXO 6 Análisis de regresión para el nivel de infestación en abejas adultas y caída natural de varroa , en el periodo de post aplicación de ácido fórmico. Modelo lineal: $Y = a + b \cdot X$

Variable dependiente: Caída natural				
Variable independiente: Infestación de abejas adultas				
Parámetro	Estimado	Error	T- estadístico	Valor P
Intercepto	10,9468	6,65329	1,64532	0,1258
Pendiente	0,251918	0,485018	0,519399	0,6129

Fuente de variación	SC	GL	CM	Valor P
Modelo	13,3828	1	13,3828	0,6129
Residual	595,287	12	49,6073	
Total (Corr.)	608,67	13		

ANEXO 7 Análisis de Kruskal Wallis para la variable fortaleza, en los distintos periodos y rangos de caída de varroa.

Rangos de caída/Periodo	Tamaño muestra	Orden
21- 30 ácaros / Pre aplicación	5	21,5
21- 30 ácaros / Durante aplicación	5	27,1
21-30ácaros/ Post aplicación	5	20,8
3-20 ácaros / Pre aplicación	7	15,0
3-20 ácaros / Durante aplicación	7	26,0
3-20 ácaros/ Post aplicación	7	17,5
>30 ácaros / Pre aplicación	2	25,0
>30 ácaros / Durante aplicación	2	32,0
>30 ácaros/ Post aplicación	2	16,25

Test estadístico: 8,03963

P-Valor: 0,429609

ANEXO 8 Análisis de Kruskal Wallis para la variable mortalidad, para los distintos periodos y rangos de caída de varroa.

Rangos de caída /Periodo	Tamaño muestra	Orden
21- 30 ácaros / Pre aplicación	5	27,2
21- 30 ácaros / Durante aplicación	5	14,4
21-30ácaros/ Post aplicación	5	19,2
3-20 ácaros / Pre aplicación	7	29,14
3-20 ácaros / Durante aplicación	7	18,14
3-20 ácaros/ Post aplicación	7	25,57
>30 ácaros / Pre aplicación	2	17,00
>30 ácaros / Durante aplicación	2	10,50
>30 ácaros/ Post aplicación	2	17,00

Test estadístico: 10,7668

P-Valor: 0,215269

ANEXO 9 Análisis de Kruskall Wallis para el variable pillaje, en los distintos periodos y rangos de caída de varroa.

Rangos de caída /Periodo	Tamaño muestra	Orden
21- 30 ácaros / Pre aplicación	5	10,10
21- 30 ácaros / Durante aplicación	5	32,10
21-30ácaros/ Post aplicación	5	28,70
3-20 ácaros / Pre aplicación	7	8,50
3-20 ácaros / Durante aplicación	7	2,78
3-20 ácaros/ Post aplicación	7	23,35
>30 ácaros / Pre aplicación	2	18,50
>30 ácaros / Durante aplicación	2	35,50
>30 ácaros/ Post aplicación	2	18,50

Test estadístico: 25,3276

P- Valor: 0,00136776

ANEXO 10 Análisis de Kruskall Wallis para la variable fortaleza, en los distintos rangos en el periodo de pre aplicación.

Periodo	Tamaño muestra	Orden
3-20	7	6,0
21-30	5	8,6
>30	2	10,0

Test estadístico: 2,83111

P- Valor: 0,242791

ANEXO 11 Análisis de Kruskall Wallis para la variable fortaleza, en los distintos rangos en el periodo durante la aplicación.

Periodo	Tamaño muestra	Orden
3-20	7	7,21
21-30	5	7,4
>30	2	8,75

Test estadístico: 0,245978

P- Valor: 0,884274

ANEXO 12 Análisis de Kruskal Wallis para la variable fortaleza, en los distintos rangos en el periodo de post aplicación.

Periodo	Tamaño muestra	Orden
3-20	7	7,714
21-30	5	8,6
>30	2	4,0

Test estadístico: 2,2051

P- Valor: 0,332023

ANEXO 13 Análisis de Kruskal Wallis para la variable mortalidad, en los distintos rangos en el periodo de pre aplicación.

Periodo	Tamaño muestra	Orden
3-20	7	8,6428
21-30	5	7,9
>30	2	2,5

Test estadístico: 4,44021

P- Valor: 0,108598

ANEXO 14 Análisis de Kruskal Wallis para la variable mortalidad, en los distintos rangos en el periodo durante la aplicación.

Periodo	Tamaño muestra	Orden
3-20	7	8,5714
21-30	5	7,8
>30	2	3,0

Test estadístico: 3,36939

P- Valor: 0,185501

ANEXO 15 Análisis de Kruskal Wallis para la variable mortalidad, en los distintos rangos en el periodo post aplicación.

Periodo	Tamaño muestra	Orden
3-20	7	8,71429
21-30	5	7,0
>30	2	4,5

Test estadístico: 1,85267

P- Valor: 0,396003

ANEXO 16 Análisis de Kruskal Wallis para la variable pillaje, en los distintos rangos en el periodo pre aplicación.

Periodo	Tamaño muestra	Orden
3-20	7	6,5
21-30	5	7,3
>30	2	11,5

Test estadístico: 3,03333

P- Valor: 0,219442

ANEXO 17 Análisis de Kruskal Wallis para el variable pillaje, en los distintos rangos en el periodo durante la aplicación.

Periodo	Tamaño muestra	Orden
3-20	7	6,5
21-30	5	9,1
>30	2	7,0

Test estadístico: 1,57083

P- Valor: 0,45593

ANEXO 18 Análisis de Kruskal Wallis para la variable pillaje, en los distintos rangos en el periodo post aplicación.

Periodo	Tamaño muestra	Orden
3-20	7	7,0
21-30	5	9,2
>30	2	5

Test estadístico: 2,36889

P- Valor: 0,305916

Anexo 19 Pauta de evaluación para la mortalidad de abejas.

Valor	Definición	Rango(Nº abejas muertas)
1	No Presente	0
2	Presencia media	1-2
3	Alta presencia	>3

Anexo 20 Pauta de evaluación para la fortaleza de la colmena.

Valor	Definición	Rango (Nº marcos con abejas)
1	Baja	<4
2	Media	5-7
3	Alta	>8

Anexo 21 Pauta de evaluación para la conducta de pillaje en la colmena.

Valor	Definición	Rango (Nº abejas expulsadas)
1	Baja	< 2
2	Media	2 - 5
3	Alta	>5

Anexo 22 Rangos de caída natural de varroas y nivel de infestación en abejas adultas para los cuales la colmena está en peligro de colapsar.

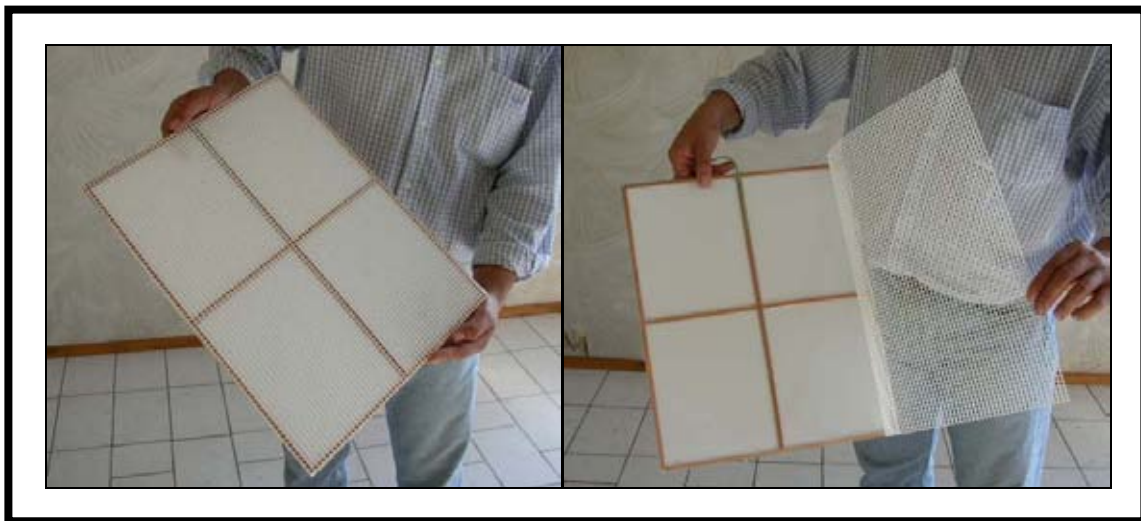
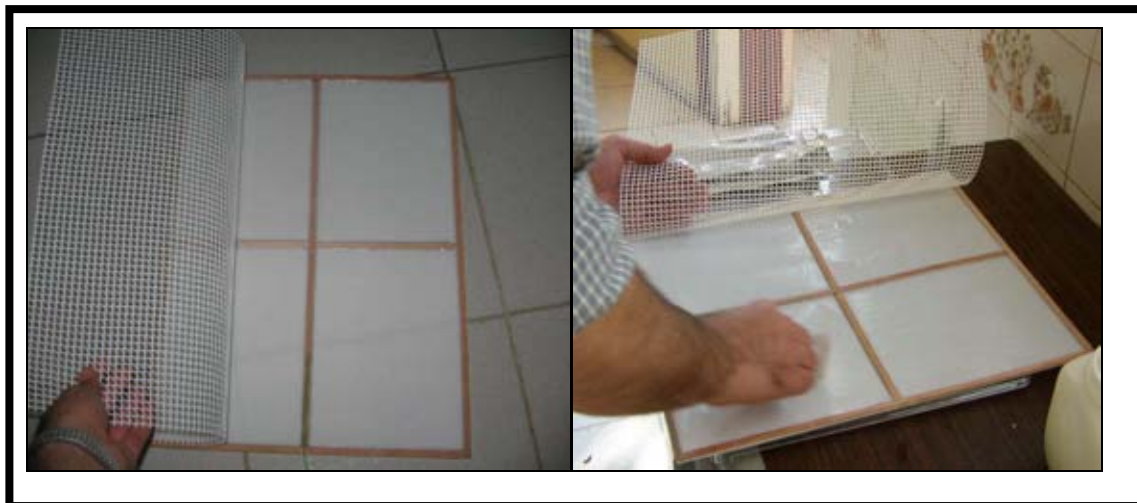
Época	Caída natural diaria de ácaros	Infestación de abejas adultas (%)
Otoño	> 20	> 5%
Invierno	> 1 – 0.5	> 5%
Cualquier época	> 30	> 5%

FUENTE: Elaborado a partir de MAFF (2000), GOODWIN y VAN EATON (2001), IMDORF (2003) y SAG (1994).

ANEXO 23 Tabla de índices de correlación según grados de libertad.

Grados de libertad (n-2)	$\alpha=0.05$
1	0.997
2	0.950
3	0.878
4	0.811
5	0.755
6	0.707
7	0.666
8	0.632
9	0.602
10	0.576
11	0.553
12	0.532
13	0.514
14	0.497
15	0.482
16	0.468
17	0.456
18	0.444
19	0.433
20	0.423
25	0.381
30	0.349
35	0.325
40	0.304
45	0.288
50	0.273
60	0.250
70	0.232
80	0.217
90	0.205
100	0.195

FUENTE: Modificado de University of Edinburgh, (2006).

ANEXO 24 Trampas para el conteo de ácaros.**ANEXO 25 Aplicación de vaselina en trampas.**

ANEXO 26 Bolsas utilizadas como dispensadores.



ANEXO 27 Vermiculita utilizada como material absorbente.



ANEXO 28 Sellado de bolsas.**Anexo 29 Ubicación en la colmena de los dispensadores de ácido fórmico.**