

**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA DE AGRONOMIA**

Evaluación del efecto del ácido fórmico sobre *Varroa destructor* Anderson & Trueman (Mesostigmata: Varroidae), aplicado en otoño, sobre colonias de *Apis mellifera* L.(Hym: Apidae) en Valdivia.

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

**Hugo Alejandro Pérez Ziegele**

VALDIVIA – CHILE

2007

**Profesor Patrocinante:**

Miguel Neira Caamaño

Ing. Agr.

---

**Profesores Informantes:**

Roberto Carrillo Llorente

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

---

Claudia Dussaubat Arriagada

Ing. Agr.

---

**INSTITUTO PRODUCCIÓN Y SANIDAD VEGETAL**

## **AGRADECIMIENTOS**

En esta importante etapa de mi vida, no puedo dejar de recordar a todas las personas que me apoyaron en este largo proceso del paso por la universidad...

Al profesor Miguel Neira C., patrocinante de esta tesis, por su constante colaboración y apoyo en el desarrollo de este trabajo...

A los profesores informantes Roberto Carrillo y Claudia Dussaubat, por la colaboración en el desarrollo de este trabajo....

Al personal del "Fundo Santa Rosa", por la ayuda en el desarrollo de este ensayo...

A Sicylle, gracias por acompañarme en estos años y por el apoyo constante en el desarrollo de esta tesis....

Gracias a todas las personas que conocí y ayudaron en mi crecimiento personal...

## INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCION	1
2	REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Características de la abeja <i>Apis mellifera</i> L. y la colonia	3
2.1.1	Biología de las abejas	3
2.1.2	Organización de la colonia	4
2.2	Enfermedades que afectan a las abejas	5
2.3	<i>Varroa destructor</i> Anderson & Trueman	5
2.3.1	Antecedentes históricos	7
2.3.2	Clasificación taxonómica del ácaro	8
2.3.3	Características morfológicas del ácaro	9
2.3.4	Ciclo biológico	11
2.3.5	Daños provocados por <i>Varroa destructor</i> en <i>Apis mellifera</i>	15
2.4	Métodos de control	16
2.4.1	Control físico o mecánico	17
2.4.2	Control biológico	18
2.4.3	Control químico	18
2.4.4	Control alternativo	20
2.4.4.1	Control con ácido fórmico	21
3	MATERIAL Y MÉTODO	23
3.1	Ubicación del ensayo	23
3.2	Materiales	23
3.2.1	Material biológico	23
3.2.2	Material no biológico	23
3.2.2.1	Material ocupado en el campo	23
3.2.2.2	Materiales de diagnóstico y laboratorio	23

3.2.3	Producto químico	25
3.2.3.1	Características del ácido fórmico	25
3.3	Metodología del ensayo	25
3.3.1	Período experimental	25
3.3.2	Diseño experimental	25
3.3.3	Descripción de los tratamientos	26
3.3.4	Métodos de aplicación	26
3.3.5	Periodicidad de las aplicaciones	27
3.3.6	Mediciones y observaciones	27
3.4	Evaluaciones realizadas	27
3.4.1	Nivel de infestación en abejas adultas	27
3.4.2	Nivel de infestación en cría operculada	28
3.4.3	Abejas muertas sobre las trampas	29
3.4.4	Ventilación de la colmena	29
3.4.5	Medición de pillaje	29
3.4.6	Caída de ácaros	30
3.4.7	Cantidad de producto aplicado	30
3.4.8	Registros meteorológicos	30
3.5	Determinación de la efectividad de los tratamientos	30
3.6	Análisis estadísticos de los datos	31
4	PRESENTACION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	33
4.1	Efecto del ácido fórmico en hembras adultas	33
4.1.1	Intensidad de ventilación	33
4.1.2	Pillaje en colmenas	35
4.1.3	Mortalidad de abejas	37
4.1.4	Varroas caídas	38
4.1.5	Nivel de infestación en cría operculada	39
4.1.6	Nivel de infestación en abejas obrera adulta	41
4.1.7	Determinación de la efectividad	42
5	CONCLUSIONES	45

Capítulo		Página
6	RESUMEN	46
	SUMMARY	47
7	BIBLIOGRAFIA	48
8	ANEXOS	58

**INDICE DE CUADROS**

Cuadro		Página
1	Duración en días, del ciclo biológico de las tres castas de abejas	4
2	Algunos productos químicos usados para el control de varroosis	20
3	Mortalidad promedio de abejas de cada tratamiento	38
4	Varroas caídas por efecto de los tratamientos, del total de varroas existentes en las colmenas, en porcentajes.	42

**INDICE DE FIGURAS**

Figura		Página
1	Varroas hembras, vista dorsal	9
2	Detalle del cuerpo de <i>Varroa destructor</i>	10
3	Varroas foréticas alimentándose sobre abejas nodrizas	12
4	Sincronización del ciclo de desarrollo de varroa con el de la abeja	13
5	Varroas foréticas alimentándose sobre crías de abeja	14
6	Plano de medidas de trampa para el conteo de varroas	24
7	Vaporizador universal puesto sobre los marcos de crías	26
8	Sistema doble filtro para separar varroas de abejas	28
9	Ventilación promedio por tratamiento de ácido fórmico	34
10	Pillaje promedio por tratamiento de ácido fórmico	36
11	Promedio de varroas caídas por tratamiento de ácido fórmico	39
12	Porcentaje promedio de infestación de varroa en crías de abeja por tratamiento de ácido fórmico	40
13	Porcentaje promedio de infestación de varroa en abejas adultas por tratamiento de ácido fórmico	41
14	Porcentaje de efectividad de los tratamientos con ácido fórmico para el control de varroa	44



## INDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
1	59
2	59
3	60
4	60
5	61
6	62
7	65
8	66
9	67
10	68
11	69
12	70
13	70
14	71
15	74

Anexo		Página
16	Análisis de varianza de medidas repetidas realizado sobre la variable dependiente % de infestación de varroa sobre abejas adultas. Prueba de Tukey	74

## 1 INTRODUCCIÓN

La apicultura es una actividad que tuvo su origen en el Lejano Oriente hace miles de años y que se ha expandido a lo largo de todo el mundo.

En la actualidad la cría de abejas permite a los apicultores la obtención de miel, cera, además de otros productos y subproductos. También es importante destacar el papel primordial que cumplen estos insectos en la polinización de diversas plantas.

Las abejas son afectadas por una gran gama de enfermedades que provocan efectos negativos en la producción apícola, las cuales son causadas principalmente por bacterias, virus, hongos y ácaros. Éstas se encuentran presentes en la mayor parte del mundo y son las principales responsables de los problemas que aquejan a las actividades productivas concernientes al rubro apícola.

La enfermedad más grave y destructiva para la apicultura mundial en la actualidad es la varroosis, ocasionada por el ácaro *Varroa destructor* Anderson & Trueman. Este ectoparásito de *Apis mellifera* L., se alimenta de la hemolinfa de las abejas, succionándola, ya sea en estadíos larvales, cría operculada, como en estado adulto, en sus tres castas.

Las colonias de *A. mellifera* atacadas por la varroosis mueren en unos pocos años si el crecimiento de la población de ácaros no es regulado. Los tratamientos químicos de las colonias que reducen significativamente el daño causado por el ácaro, son comunes. El uso de acaricidas, sin embargo, es controversial debido a los residuos que su empleo incorrecto o reiterado deja en

la miel, cera y propóleos; el desarrollo potencial de ácaros resistentes a productos químicos; y su toxicidad en abejas.

Debido a lo anterior, se han buscado métodos alternativos de control entre los cuales se destaca el empleo de ácido fórmico.

La hipótesis de esta investigación es que el ácido fórmico aplicado con un vaporizador específico logra disminuir la población de varroas, sin afectar a su hospedero *A. mellifera*.

El objetivo general del presente trabajo, es determinar el efecto acaricida del ácido fórmico, aplicado con un vaporizador específico, bajo las condiciones de campo en un apiario ubicado en la provincia de Valdivia.

Como objetivos específicos se plantean:

- Evaluar la acción acaricida del ácido fórmico sobre varroa, considerando, caída de varroa, nivel de infestación del ácaro y efectividad de los tratamientos.
- Determinar la dosis más efectiva de ácido fórmico a utilizar para el control del parásito entre las dos concentraciones a probar.
- Analizar los efectos negativos del ácido fórmico sobre la conducta de las abejas respecto a pillaje e intensidad de ventilación, así como evaluación de la mortalidad.

## 2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Características de la abeja *Apis mellifera* L. y la colonia.

La abeja melífera es mucho más antigua que el hombre y en la actualidad puede encontrarse en todos aquellos lugares donde las condiciones climáticas hayan hecho posible su existencia, ya que su adaptabilidad es sorprendente (CRANE, 1975).

DADANT (1975), indica que una explotación apícola exitosa necesita, no sólo buena floración y apicultores dedicados, sino, en primer lugar, una abeja con las siguientes características:

- Vigor y capacidad de desarrollar la colonia.
- Mansedumbre y tranquilidad en el panal.
- Recolectar grandes cantidades de reservas.

CORNEJO (1993), señala que para comprender la biología de estos insectos hay que considerar a la colonia como un solo organismo, como si se tratara de un cuerpo con diferentes órganos, que juntos cumplen una función, y la armonía de toda esta estructura hace que la colmena se desarrolle, crezca y se reproduzca.

**2.1.1 Biología de las abejas.** La abeja es un insecto con metamorfosis holometábola (huevo, larva, pupa y adulto). La duración de estos diferentes estados es distinta para la reina, obrera y zángano (Cuadro 1). Las obreras, después de la emergencia como adultos permanecen en la colmena 19-21 días y se las llama abejas nodrizas. Después de este periodo se vuelven pecoreadoras y permanecen como tales el resto de sus vidas (MORSE y HOOPER, 1992).

**CUADRO 1 Duración en días, del ciclo biológico de las tres castas de abejas.**

Castas	Huevo	Larva	Pupa	Adulto
Reina	3	5,5	7,5	16
Obrera	3	6,0	12,0	21
Zángano	3	6,5	14,5	24

FUENTE: NEIRA (1998).

La reina es la única hembra sexualmente productiva de la colonia y, por tanto, la madre de todos los zánganos, obreras y futuras reinas. Su alimento es casi exclusivamente una secreción llamada jalea real, que producen las glándulas hipofaríngeas de las abejas obreras (DADANT, 1975).

**2.1.2 Organización de la colonia.** La colonia de abejas se caracteriza por poseer tres castas: reinas, obreras y zánganos. Casta, es el término que se emplea para describir un grupo de individuos del mismo sexo, que se puede separar atendiendo a diferencias morfológicas o de comportamiento, de otros grupos de individuos de la misma especie. En la colonia de abejas melíferas, las tres castas son muy diferentes entre sí, tanto en su morfología como en su comportamiento (MORSE y HOOPER, 1992).

FREE (1987), indica que la presencia de la reina mantiene la cohesión y estabilidad de la colonia, produciendo un conjunto de feromonas que atraen a las obreras hacia ella, estimula el pecoreo, producción de cría, construcción de panales y otras actividades, inhibe la producción de nuevas reinas y el desarrollo de los ovarios de las obreras.

## 2.2 Enfermedades que afectan a las abejas.

Algunas de las enfermedades que atacan a las abejas son tan antiguas como estos insectos, existen distintos tipos, y afectan a los diferentes sistemas vitales, como también a los estados inmaduros y adultos. Estas enfermedades se encuentran distribuidas por todo el mundo, y son responsables de cuantiosas pérdidas, por lo que se ve afectado directamente el costo de producción apícola (NEIRA, 1998).

NEIRA (1990), señala que una visión general de las enfermedades en abejas se puede analizar utilizando distintos criterios, dentro de los cuales se encuentra aquel que clasifica a las enfermedades existentes en abejas de acuerdo al agente causal, es decir, su etiología. Dentro de este criterio se tiene las siguientes enfermedades:

- Enfermedades provocadas por ácaros.
- Enfermedades provocadas por bacterias.
- Enfermedades provocadas por hongos.
- Enfermedades provocadas por protozoos.
- Enfermedades provocadas por virus.

## 2.3 *Varroa destructor* Anderson & Trueman.

La varroosis es la principal enfermedad parasitaria de las abejas melíferas, cuyo agente etiológico es al ácaro *Varroa destructor* Anderson & Trueman, antes se pensaba que la especie correspondía a otro ácaro del mismo género *V. jacobsoni* Oud. pero posteriormente se ha determinado que esta última especie no parasita *A. mellifera*. Se presenta en Europa, Oriente medio, sur de África, Asia, Norte y Sud de América (HIGES *et al.*, 1999; ZHANG, 2000).

La varroosis es una enfermedad parasítica de las abejas que hoy en día se extiende por casi todo el mundo y constituye el principal problema para la

apicultura (COBEY, 2001). El agente causal de esta enfermedad es un ácaro del género *Varroa* que se puede encontrar parasitando estados adultos de abejas reinas, obreras y zánganos, además de los estados inmaduros, larvas y pupas en celdillas operculadas (NEIRA, 1999).

CASTILLO (1992), señala que originalmente este ácaro parasitaba a la abeja asiática *Apis cerana* L. y la relación parásito huésped se consideraba como balanceada, ya que el huésped no era destruido.

CASTILLO (1992), indica que la especie *A. mellifera* no ofrece resistencia a la parasitación de varroa por diversas razones de orden biológico y de comportamiento, y la relación huésped parásito no llega a un equilibrio, llevando a las colonias a su rápida y total destrucción.

*V. destructor* es hoy en día una de las más serias amenazas a la apicultura mundial debido a la popularización del uso de la abeja europea, *A. mellifera*, para la producción de miel y la polinización de cultivos (DE JONG y EGEA SOARES, 1997; ANDERSON y TRUEMAN, 2000). La introducción a nuevos países en diversos continentes está causando mucha preocupación a los apicultores de todo el mundo (ANDERSON y TRUEMAN, 2000).

PELDOZA (1992), indica que esta enfermedad no solo puede producir una pérdida económica directa en los productos derivados de la apicultura, sino que también puede alcanzar una gravísima repercusión en la producción hortofrutícola y en la producción de semillas de hortalizas, forrajeras y oleaginosas, como consecuencia de una notoria baja en la masa entomófila polinizadora, en la cual la abeja es lejos el insecto de mayor efectividad.



### 2.3.1 Antecedentes históricos

*V. destructor* fue observada originalmente en la abeja asiática *A. cerana* F. a inicios del siglo XX. En esta especie, el ácaro parasitaba sólo las crías de zánganos y no representaba un riesgo para la salud de la colonia. Esta abeja, además de ser naturalmente resistente al ácaro, tiene la característica de poder removerlos de su cuerpo, mediante sus patas y piezas bucales (EICKWORT, 1990; CASANUEVA, 1992 y FREDES, 1993).

Este ácaro fue descubierto en el año 1904 por Jacobsoni sobre ejemplares de abejas asiáticas en la isla de Java. Más tarde, en el mismo año, fue descrito por Oudemans denominándolo *Varroa jacobsoni* (CASTILLO, 1992; MORENO, s.f). Posteriormente se determinó que el ácaro presente en *A. mellifera* corresponde a la especie *V. destructor* (ANDERSON y TRUEMAN, 2000).

El ácaro fue detectado en la década del 70' en Argentina, Paraguay y Brasil, en Israel en 1984, España en 1985, Estados Unidos en 1987 y en México en 1992 (Levin, 1985 citado por GERSON *et al.*, 1991; CASTILLO, 1992; GÓMEZ, 1998; GÓMEZ, 2000).

CASTILLO (1992), indica que en América, varroa aparece en el año 1969 procedente de un regalo de abejas de Japón a Paraguay, sin percatarse que con ello ingresaba esta peligrosa plaga a América.

En la actualidad se encuentra libre de esta enfermedad Australia y el estado de Hawai (SAMMATARO *et al.*, 2000).

En Chile la detección del ácaro ocurrió en marzo del año 1992, en el sector de Agua Buena, comuna de San Fernando, y significó un duro golpe a la actividad apícola nacional, que hasta esa fecha ostentaba una condición

sanitaria envidiable (CHILE, SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG, 1994).

Con la llegada de varroa a Chile, se estima una pérdida superior al 50% de las colmenas, en su mayoría rústicas (AGUAYO, s.f). Luego se efectuó el análisis de más de 16.000 muestras, que 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 (SAG, 1994).

Ayudados por el hombre, mediante el movimiento de colmenas para la polinización y aprovechar la floración del bosque valdiviano, varroa alcanzó una amplia distribución en Chile, detectándose su presencia en la mayoría de las regiones de importancia apícola (CONGRESO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA APÍCOLA, 4º, 1994).

**2.3.2 Clasificación taxonómica del ácaro.** Según ANDERSON y TRUEMAN (2000), 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

**2.3.3 Características morfológicas del ácaro.** Es un ácaro del tamaño de la cabeza de un alfiler (SAG, 1994), el cual presenta un marcado dimorfismo sexual (BARRIGA y NEIRA, 1988).

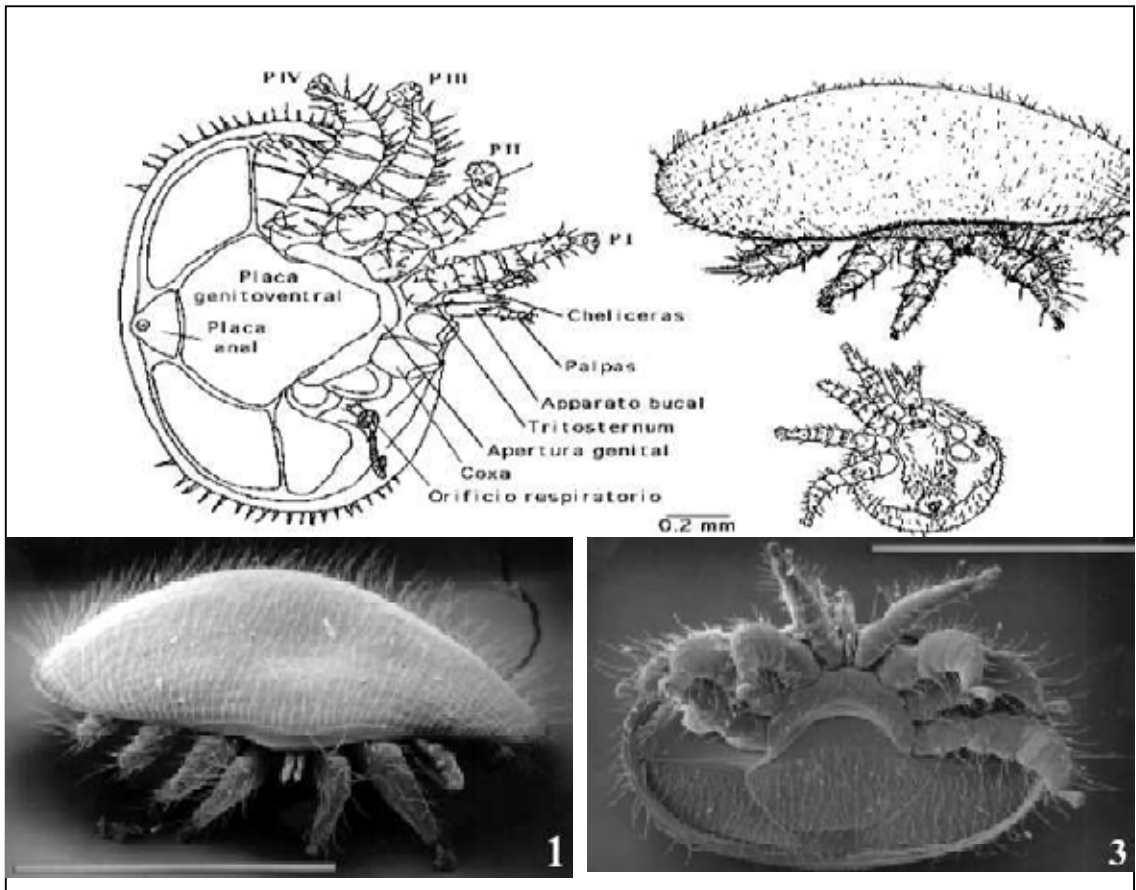
La hembra adulta, (Figura 1), es de un color marrón rojizo, con cuerpo fuertemente esclerotizado y aplastado dorso ventralmente, ligeramente convexo en el dorso, con forma transversal oval. Su tamaño es de 1.0 - 1.7 mm de largo por 1.5 – 1.99 mm de ancho (BARRIGA y NEIRA, 1988).



**FIGURA 1. Varroas hembras, vista dorsal.**

FUENTE: VANDAME *et al.*, (1998).

PELDOZA (1992), indica que posee cuatro pares de patas, las que están provistas de ventosas para adherirse fuertemente y desplazarse con mucha facilidad y agilidad sobre el cuerpo de la abeja. El borde corporal está provisto de cerdas, que permiten su fuerte anclaje cuando se ubica entre los segmentos abdominales y torácicos de la abeja, dificultando con ello su desprendimiento. El aparato bucal, posee un par de pedipalpos con cerdas táctiles y quimiorreceptores. En la Figura 2 se pueden apreciar las distintas estructuras del ácaro.



**FIGURA 2. Detalle del cuerpo de *Varroa destructor*.**

FUENTE: DE JONG (1990); ZHANG (2000).

Según BARRIGA y NEIRA (1988), el macho adulto es más pequeño que la hembra, su tamaño es de 0.8 – 0.97 mm de largo por 0.7 – 0.93 mm de ancho. Presenta un color blanco grisáceo o amarillento, la forma de su cuerpo es casi redonda, débilmente esclerotizado y densamente piloso.

BARRIGA y NEIRA (1988) indican que por el tamaño inferior del macho, puede confundirse con las formas inmaduras de las hembras: protoninfas y

deutoninfas. PELDOZA (1992), señala que el macho de varroa por lo general, no abandona la celdilla del panal, lo que hace muy difícil su observación.

**2.3.4 Ciclo biológico.** El ácaro se desplaza de una colmena a otra transportado por las abejas, es decir, se comporta como un ácaro forético, y a la vez es ecto-parásito obligado, o sea, es un parásito externo que no puede llevar vida libre (VEERKAMP, 1996).

La cría de abeja al parecer provoca una atracción química que facilitaría el ingreso de varroa al interior de la celdilla; se comprobó que hay ésteres de ácidos grasos, como el palmitato de metilo, que emitirían las larvas en forma natural para que las abejas operculen la celdilla, los que estimularían el ingreso del ácaro (VEERKAMP, 1996).

Los ácaros prefieren alimentarse de las abejas nodrizas (Figura 3), más que las pecoreadoras de polen (KRAUS, 2000), esto aumentaría la posibilidad de que el ácaro vuelva a ingresar a una celda con cría (VANDAME *et al.*, 1998). Por otra parte, se ha sugerido que los ácaros necesitan una cantidad relativamente alta de hormona juvenil III de estas abejas, para así estimularlos a entrar a una celdilla (Hänel & Koeniger, 1986 citados por KRAUS, 2000).

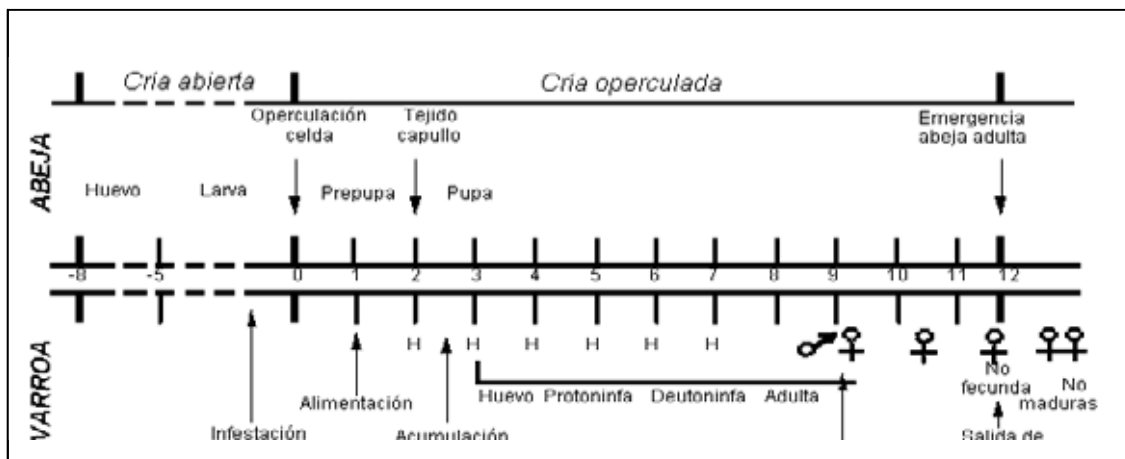


*\* La flecha indica al ácaro parasitando una abeja nodriza.*

**FIGURA 3. Varroas foréticas alimentándose sobre abejas nodrizas.**

Según CORNEJO (1993) el ciclo de varroa es de 8 días de duración. CASTILLO (1992) indica que el promedio de vida de varroas adultas difiere según la época del año siendo de 2 a 3 meses en verano y 6 o más en invierno y otoño, sin embargo, no puede vivir más de 6 días fuera del cuerpo de la abeja.

En la Figura 4 se presenta la sincronización del ciclo de desarrollo de varroa con el de la abeja, el individuo clave en este ciclo del ácaro es la hembra adulta. Este ciclo de vida tiene comienzo cuando una hembra madre se desprende de la abeja adulta y penetra a una celda ocupada por una cría de obrera o zángano, próxima a ser operculada (COBEY, 2001).



*\*Entre las dos líneas al centro, se indica el número de días, tomando como cero el día de la operculación. En la parte superior se presenta el desarrollo de la abeja, y en la inferior el desarrollo del ácaro.*

**FIGURA 4. Sincronización del ciclo de desarrollo de varroa con el de la abeja.**

FUENTE: VANDAME (2000a).

Según DE JONG (1990) la varroa tiene un sistema haplodiploide de determinación del sexo. Si el huevo no es fertilizado, es un macho que contiene 7 cromosomas. En cambio si es fertilizado, contiene catorce cromosomas y da origen a una hembra.

FREDES (1993) indica que la hembra pone de 2 a 5 huevos a intervalos variables. El primero de ellos después de una incubación de 24 horas, origina una larva que pasa por dos estadios ninfales, que después de 7 a 8 días, produce generalmente una hembra. En cambio los ácaros machos provienen de un segundo huevo, luego de una evolución más corta de 5 a 6 días. El resto de los huevos generan sólo hembras.

Según MORENO (s.f), las hembras tienen sus quelíceros en forma de cuchillos y conforman una estructura adaptada para atravesar la cutícula de las abejas. Las patas terminan en ambulacros bien desarrollados, membranosos, con fuertes escleritos basales y sin uñas, perfectamente adaptados para adherirse al cuerpo de su hospedero.

Los machos tienen una corta vida, debido a que su aparato bucal está especializado en la transferencia de espermios, por lo cual se ve dificultada su alimentación (PELDOZA, 1992).

El mismo autor señala que dentro de la celdilla ocurre el apareamiento entre ácaros nacidos en la misma postura. Esto se ve facilitado principalmente por dos hechos bien puntuales: el primero se refiere a que el ácaro puede controlar la determinación del sexo de la descendencia, asegurando que uno de los primeros huevos den origen a un macho, y el segundo es que el ciclo de vida del macho es más corto, lo cual le permite inseminar a la hembra apenas alcanza su estado adulto. En la Figura 5 se pueden apreciar crías de abeja infestadas por el ácaro.



**FIGURA 5. Varroas foréticas alimentándose sobre crías de abeja.**

FUENTE: ANDERSON & TRUEMAN (2000).



Según FREDES (1993) al producirse la emergencia de las abejas desde las celdillas ya tiene hembras fertilizadas de varroa en su cuerpo. Estas acompañan a las abejas por un período de 4 a 13 días, luego se dejan caer a celdillas de cría sin opercular y reiniciar nuevas generaciones.

### **2.3.5 Daños provocados por *Varroa destructor* en *Apis mellifera*.**

Según CASTILLO (1992), una abeja parasitada tiene su posibilidad de vida reducida al 50% por lo menos. Por cada ácaro que parasita una abeja, ella pierde un 10% de su peso y además sufre una grave disminución de sus proteínas que llega al 60%. Una celda parasitada por más de seis ácaros ocasiona la muerte de la abeja a los pocos días de nacer o cuando aún está en la celda. Pueden presentar daños, tales como abdómenes más cortos, deformes y alas deterioradas.

VEERKAMP (1996), indica que si el apicultor no interviene cuando hay ataque del ácaro, la probabilidad de mortalidad en un colmenar de abejas europeas es de 10 – 15% en el primer año, 20 – 30% el segundo año, y alrededor de un 100% en el tercer año. Una colonia no tratada es imposible que viva más de cinco años después del inicio de la infestación.

CORNEJO (1993) indica que los efectos de la enfermedad se manifiestan en las crías y abejas adultas. Como el ácaro tiene un corto ciclo biológico y una alta producción de nuevas hembras, su población crece rápidamente en la colmena.

Según BALL (1994) entre los efectos físicos y fisiológicos pueden mencionarse: la pérdida de peso, deformaciones, inducción de cambios en la hemolinfa y reducción de la sobrevivencia de las abejas.

En cuanto a los efectos patológicos PELDOZA (1992) indica que la presencia de varroa puede introducir hongos productores de cría de tiza (*Ascosphaera apis* Oliver y Spiltoor), bacterias productoras de loque europeo (*Melisococcus pluton* Bailey y Collin) y americana (*Paenbacillus larvae* White) y los virus de cría ensacada y parálisis aguda de las abejas (ABPV).

#### **2.4 Métodos de control.**

Es de suma importancia detectar el ataque del ácaro antes de la aparición de síntomas en las abejas. Si ésta es descubierta tardíamente, el tratamiento tendrá poco éxito y las pérdidas en la colonia serán cuantiosas (DIETZ y HERMANN, 1988).

NEIRA (1999), señala que para realizar control efectivo de los ácaros, es necesario detectarlos y realizar un diagnóstico que permita su identificación oportuna.

Según PELDOZA (1992) los tratamientos conocidos hoy en día contra varroa, son sólo efectivos en los estados adultos que se encuentran sobre las obreras y zánganos. Esto último, más el hecho que el ciclo de vida del ácaro es en el interior de las celdillas de la cría operculada, hace necesario repetir los tratamientos, habida consideración de la duración del ciclo biológico del ácaro y de la fase operculada de la abeja.

Cualquier infestación de varroa sobre abeja adulta mayor al 5% debe ser tratada rápidamente, ya que en un lapso de tiempo menor puede alcanzar niveles de 20% o más, los que pueden causar la muerte de la colonia. La época indicada para el tratamiento de la colmena es idealmente cuando hay poca cría o simplemente no las hay (desde inicios de otoño en adelante). No son recomendables los tratamientos en épocas de flujo de néctar, a no ser que los niveles de infestación estén sobre el 5%, sobre este nivel deben ser tratados sin

importar la época que sea. Además, es importante sincronizar el diagnóstico y tratamiento en cada apiario, para hacer coincidir el último, con la época de ausencia o baja cantidad de cría (SAG, 1994).

Según NEIRA (1998) existen diversos métodos de control, siendo algunos bastantes efectivos y otros no tanto; es de suma importancia recalcar que es imposible erradicar el ácaro, pero si es posible controlarlo.

A continuación se describen algunos de los métodos que han controlado satisfactoriamente la varroosis.

**2.4.1 Control físico o mecánico.** Según CRANE (1990) el método más utilizado y práctico es colocar colmenas trampas con crías de zánganos en su interior, una vez saturadas de varroa se eliminan. Este método ayuda a disminuir la carga infestiva en un lugar y época determinada.

El método del panal zanganero consiste en un panal construido enteramente por celdillas de zánganos, con alrededor de 3400 celdillas por marco. Este método se basa en la marcada preferencia que existe de varroa por las crías de zánganos (MENDEZ, 2004).

Una alternativa interesante en colonias infestadas está basada en el uso de calor y logra que los ácaros se desprendan del cuerpo de las abejas adultas a temperaturas de 46 a 48°C. Este método a su vez es bastante riesgoso ya que las abejas mueren a temperaturas de 49 a 50°C, por lo cual su éxito es variable incluso con la combinación de agentes químicos (RITTER, 1981; BARRIGA y NEIRA, 1988).

**2.4.2 Control biológico.** El control biológico se basa principalmente en la utilización de patógenos antagonistas del ácaro y mejoramiento genético de las razas de abejas buscando resistencia (BARRIGA y NEIRA, 1988).

Principalmente, la mayor ventaja del control biológico frente al control químico, para el control de varroa, es que no produce contaminación de los productos de la colmena: miel, polen, cera y propóleos (DIETZ y HERMANN, 1988).

Una posible solución a la varroosis es promover una tolerancia natural a este ácaro mediante selección de razas de abejas con ciclos de vida más cortos, niveles de hormona juvenil bajos o mejores hábitos de limpieza (DE JONG, 1990; BOEKING y RITTER, 1994).

En este sentido una buena idea sería tratar las colonias altamente infestadas y dejar las infestaciones bajas sin tratar, de tal modo que se dejara actuar la selección natural, la cual ha producido una relación estable entre varroa y *A. cerana* (KOENIGER y FUCHS, 1989).

**2.4.3 Control químico.** FREDES (1993) señala que los estudios y recomendaciones apuntan al uso de productos especialmente formulados para las abejas. Estos son sólo efectivos para los estados adultos de los ácaros y requieren ser repetidos en forma periódica.

Las recomendaciones de control químico han estado cambiando debido al fuerte desarrollo de nuevos productos, y a que los productos existentes han causado problemas entre los cuales se puede mencionar la resistencia que han desarrollado los ácaros frente a éstos, y también residuos que quedan en la miel y cera (ZHANG, 2000).

Según PELDOZA (1992) los acaricidas los podemos agrupar en tres grupos:

- Primera generación: se les llama de esta forma en razón al modo de actuar, vía aerógena. Son los acaricidas de mayor eficacia, primero aparecieron productos como el clorobenzilato, que más tarde fue reemplazado por bromopropilato. Otro producto utilizado fue el amitraz, el cual ha sido dejado de lado debido a los residuos que deja en la miel, los que son potencialmente cancerígenos.

- Segunda generación: basándose en la forma de alimentación que poseen las abejas (trofolaxis), se empezó a aplicar productos sistémicos. Los cuales al ser ingeridos por las abejas llegan al intestino y de ahí a la hemolinfa, de la cual se nutren los ácaros. Sin embargo, existe dificultad para determinar la dosis del producto, para que no resulte tóxico a las primeras abejas y soporte las repetidas diluciones que implica el mecanismo, manteniendo la efectividad en los últimos intercambios. Entre ellos se conocen clordimeform, coumafos y cimiezol, el primero de los cuales produce efectos cancerígenos sobre humanos y actualmente no está registrado, ni en uso.

- Tercera generación: son de contacto, y se encuentran en un soporte que permite su dosificación constante y permanente por un período de hasta 60 días. Entre ellos se encuentran productos como fluvalinato y flumetrina.

El Cuadro 2 detalla algunos productos quimioterapéuticos utilizados para el control de varroa.

**CUADRO 2. Algunos productos químicos usados para el control de varroosis.**

Nombre común	Nombre distintivo	Grupo químico	Forma de acción
Bromopropilato	Folvex VA	Organoclorado	Fumigante
Cimiazol	Apitol	Organofosforado	Sistémico
Coumafós	Perizin	Organofosforado	Sistémico
Fluvalinato	Apistán	Piretroide	Contacto
Flumetrina	Bayvarol	Piretroide	Contacto

FUENTE: MOBUS y CONNOR (1988) y CRANE (1990).

Además, muchos productos químicos empleados muestran efectos colaterales indeseables, algunos son tóxicos, mientras que otros son cancerígenos y mutagénicos. Otros de los problemas con los productos sintéticos, es que en su mayoría presentan consecuencias adversas de contaminación de la miel, cera y polen (CALDERONE y SPIVAK, 1995).

**2.4.4 Control alternativo.** IMDORF *et al.*, (1996) se refieren a que se han ocupado con éxito métodos de control alternativo para la varroosis, estos métodos no utilizan acaricidas que ocasionen residuos.

EISCHEN (1996) indica que los vapores de distintos compuestos aromáticos matan el ácaro, pero aún no se sabe con certeza cuál es su modo de acción. Se ha observado que los compuestos aromáticos en general son muy eficientes, pero esto no necesariamente es así. Mediante estudios se ha demostrado que los compuestos activos de algunas plantas aromáticas son efectivos y otros no.

VANDAME (2000a), indica que los apicultores de distintas partes del mundo han probado diversos métodos de control a base de moléculas

naturales, en particular el ácido fórmico, ácido oxálico y también aceites esenciales como el timol; cuyas cualidades son que no contaminan la miel y tienen un costo menor.

2.4.4.1 Control con ácido fórmico. Según VANDAME (2000a) 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.

Según Colin (1990); Greatti *et al.*, (1992); Flores *et al.*, (1997) citados por MARIANI *et al.*, (2002), estos son productos de baja toxicidad para las abejas y nulo efecto para el hombre y además, se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza siendo algunos componentes naturales de la miel.

Se ha demostrado que *A. mellifera* tiene mayor tolerancia al ácido fórmico que las varroas, debido a ello puede utilizarse como acaricida. Sin embargo, esto no significa que el ácido fórmico no pueda matar las abejas (MITEAWAY.COM, 2004).

LIU (1991) indica que el ácido fórmico se comenzó a utilizar en Europa para el control de varroa a fines de la década de los setenta. La ventaja de utilizar el 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, 2000b).

Según ARCULEO (2000), la acción acaricida de estas sustancias está influida por factores climáticos como la temperatura.

Según RITTER (1993), para poder aplicar el ácido fórmico se requiere una temperatura ambiental que fluctúa entre 12 y 25°C. Con temperaturas más bajas se ha determinado que la evaporación es demasiado lenta y los

resultados son insatisfactorios y con altas temperaturas puede llegar a causar daño a las abejas. El mejor momento para la aplicación del tratamiento es después de la cosecha de miel, durante la preparación de la invernada.

VANDAME (2000b) indica que el ácido fórmico actúa dentro de la colonia matando al ácaro al evaporarse, ya que la colonia se satura del gas y las varroas mueren por acidificación, sin ninguna consecuencia para las abejas, siempre y cuando no se utilice una concentración demasiado alta.

Sin embargo, el ácido fórmico dependiendo de la temperatura ambiental va a presentar una evaporación que muchas veces no es homogénea, influyendo esto sobre el comportamiento general de la colmena, pudiéndose presentar: agresividad temporal, aumento en la actividad de ventilación y muchas veces pérdida de reinas (MUTINELLI *et al.*, 1996).

Existen dos formas de aplicar el ácido fórmico, la primera corresponde a una alta concentración por un tiempo reducido y la otra es de una baja concentración por tiempos más extensos. El primero controla ácaros en celdillas operculadas y es más recomendable para climas fríos. El segundo método en cambio es aconsejable para climas más cálidos y se necesita menor dosis. La ventaja de este método es que el tiempo de acción es prolongado (BRACEY y FICHER, 1989).



### 3 MATERIAL Y MÉTODO

#### 3.1 Ubicación del ensayo.

El ensayo se llevó a cabo en un colmenar ubicado en el fundo Santa Rosa, provincia de Valdivia, de propiedad de la Universidad Austral de Chile, cuya ubicación geográfica corresponde a 39°48' latitud sur y 74°24' longitud oeste, a una altura de 10 metros sobre el nivel del mar.

#### 3.2 Materiales.

A continuación se indicarán en detalle los materiales, tanto biológicos como de laboratorio, que se utilizaron en el presente ensayo.

**3.2.1 Material biológico.** El material biológico consistió en 12 colonias de abejas europeas *Apis mellifera* L., infestadas con *Varroa destructor* Anderson & Trueman, en un nivel superior al 5%, para abejas adultas. Además se utilizaron trozos de panal con crías de éstas en distintos estados: larvas y pupas, las que se encontraban en celdillas operculadas.

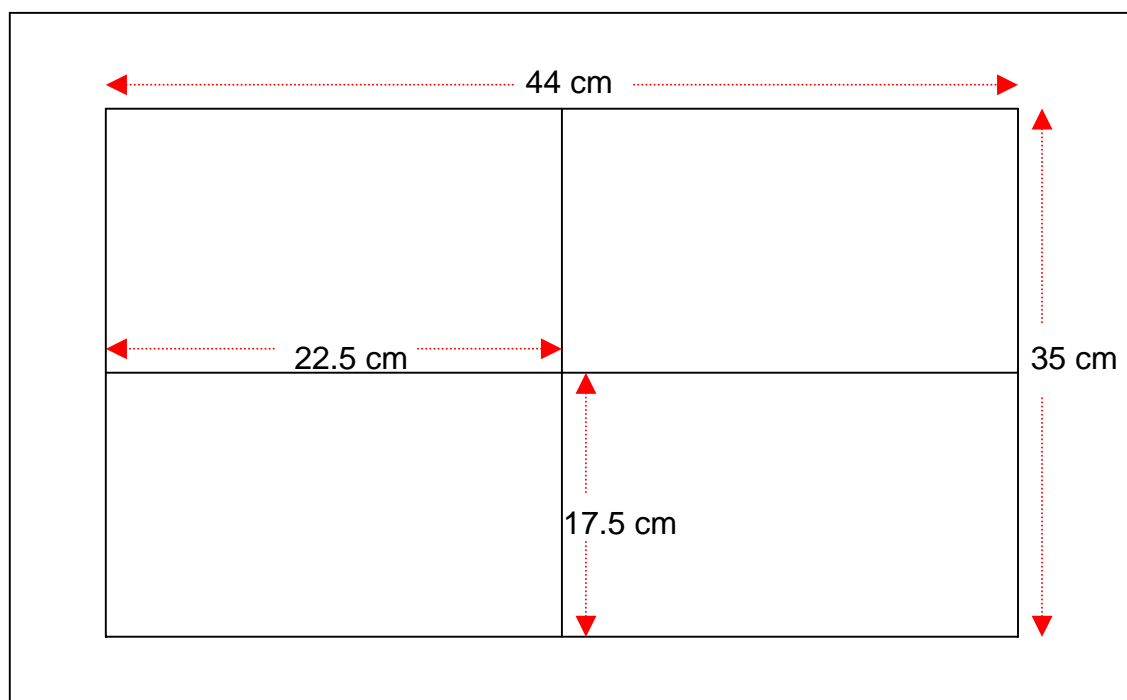
**3.2.2 Material no biológico.** Este se subdivide en:

3.2.2.1 Material ocupado en el campo. Este correspondió a 12 colmenas del tipo Langstroth, con todos sus componentes (pisos, techos, entretechos y marcos). Además para realizar las labores apícolas, se utilizó traje apícola, ahumador, palanca Root y acículas de pino como combustible para producir humo.

3.2.2.2 Materiales de diagnóstico y laboratorio. Para realizar el trabajo de diagnóstico y laboratorio se utilizaron los siguientes materiales:

Pinzas de punta fina, 12 frascos plásticos de 200cc, placas Petri (100 mm de diámetro y 10 mm de altura), juego de tamiz doble para diagnóstico cuantitativo de varroa, lupa estereoscópica marca Zeiss con un aumento de 200x, equipo generador de luz fría marca Zeiss KL 1500 LCD, refrigerador marca Philco (temperatura de 4° C), detergente líquido Quix® y agua, 8 vaporizadores Universal APICONCEPT® (Anexo 5), jeringas de 60 ml, Bayvarol® y balanza de precisión marca Sartorius®.

Además, para la confección de 24 trampas para varroa de 44x35cm, se utilizó (Figura 6): corchetes (número 26-6), cuchillo cartonero, cinta adhesiva, cola fría, regla 50 cm, láminas de acetato tamaño oficio (82), palillos de maqueta 2x6mm (240), planchas cartón piedra 770x1100x1,5mm (10), hojas cuadernillo cuadrículadas 44x32,5cm (40), martillo, malla mosquitera 2x2mm, pita de plástico (6m), tijeras, vaselina.



**FIGURA 6. Plano de medidas de trampa para el conteo de varroas.**

**3.2.3 Producto químico.** El producto químico evaluado en este ensayo fue el ácido fórmico, con una pureza de 85%, el cual fue diluido en agua destilada, a una concentración de 70% v/v.

3.2.3.1 Características del ácido fórmico. Se detallan a continuación:

Fórmula	: CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Peso molecular	: 46
Viscosidad	: 1966 poise
Índice de refracción	: 1.3714
Punto de ebullición	: 9°C
Densidad	: 1.220 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad	: Soluble en éter, alcohol y soluciones acuosas

FUENTE: ROSAS (1997).

### **3.3 Metodología del ensayo.**

El ensayo se realizó de acuerdo a las siguientes metodologías.

**3.3.1 Período experimental.** El experimento se inició el día 20 de abril de 2004, previamente se tomaron muestras para observar el estado inicial de infestación por varroa en abejas adultas y crías, y finalizó el día 23 de mayo de 2004, tomando muestras para observar el estado final de infestación. El período de evaluación del producto fue desde el 22 de abril 2004 hasta el 13 de mayo del mismo año, comprendiendo un total de 22 días.

**3.3.2 Diseño experimental.** El diseño fue completamente al azar con 3 tratamientos y 4 repeticiones, conformando un total de 12 colmenas, cada colmena correspondió a una repetición.

**3.3.3 Descripción de los tratamientos.** Los tratamientos consistieron en dos dosis de ácido fórmico, 60 y 100 ml, con nuevas aplicaciones a intervalos de 5 y 10 días respectivamente.

Tratamiento 1: testigo sin aplicación de ácido fórmico.

Tratamiento 2: 60 ml de ácido fórmico al 70% v/v aplicado en 4 dosis iguales de 60 ml a intervalos de cinco días.

Tratamiento 3: 100 ml de ácido fórmico al 70% v/v aplicado en 2 dosis iguales de 100 ml a intervalos de diez días.

**3.3.4 Métodos de aplicación.** Las dosis de ácido fórmico de los tratamientos se aplicaron en las colmenas mediante el vaporizador puesto sobre los marcos de crías, cubriendo la zona de los cabezales de los marcos con una capa de folio plástico de espesor 0.05 mm. Este folio se sujeta entre el anillo del dispensador y el recipiente, después de haber efectuado ya la dosificación básica según el tratamiento (se efectuó con jeringas de 60 ml). El conjunto se colocó volcado sobre los marcos de crías y encima se cubrió con una cámara de cría vacía (Figura 7).



**FIGURA 7.** Vaporizador puesto sobre los marcos de crías.

**3.3.5 Periodicidad de las aplicaciones.** Para el tratamiento 2 se realizaron las aplicaciones los días 0, 5, 10 y 15. En cambio para el tratamiento 3, se realizaron los días 0 y 10. Donde el día 0 indica el día de inicio de las aplicaciones, para terminar el día 20 con el retiro del vaporizador Apiconcept.

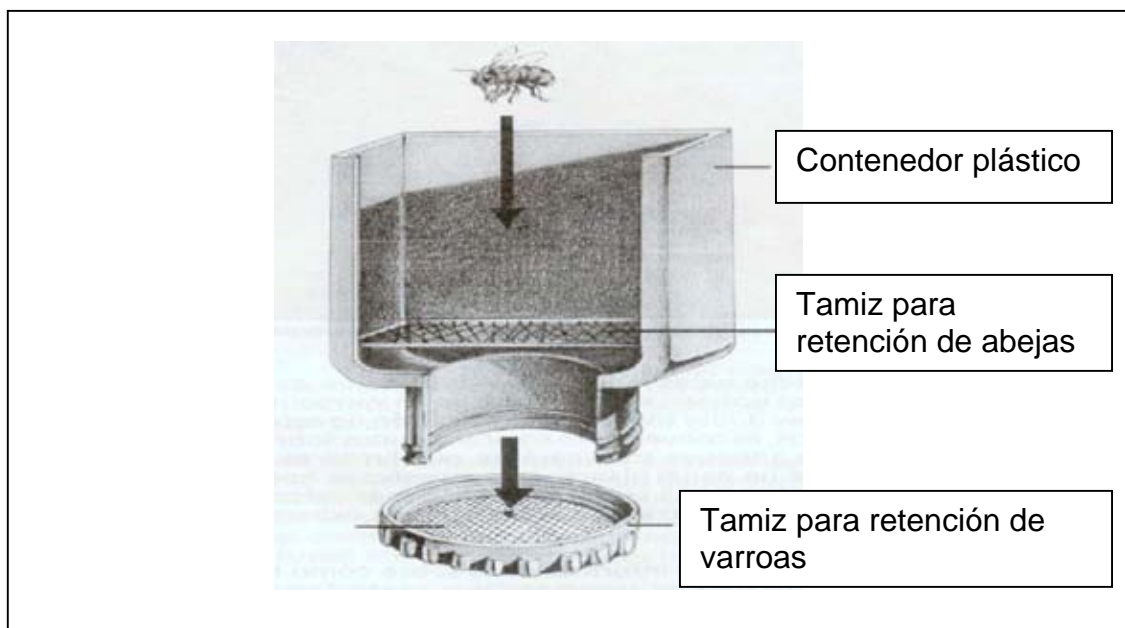
**3.3.6 Mediciones y observaciones.** Para el tratamiento 2 las evaluaciones se efectuaron a las 48 y 120 horas. Para el tratamiento 3, a las 48, 120 y 240 horas. En ambos casos posteriores a cada aplicación.

Todas las mediciones y observaciones se efectuaron entre las 11:00 y las 15:00 horas de cada día. Las mediciones comenzaron el día 22 de abril y finalizaron el 13 de mayo de 2004.

### **3.4 Evaluaciones realizadas.**

Las evaluaciones en el ensayo fueron: nivel de infestación de cría, nivel de infestación de abejas obrera adulta, caída de ácaros, abejas muertas en el piso, ventilación de la colmena y pillaje por colmena.

**3.4.1 Nivel de infestación en abejas adultas.** Este método consistió en tomar una muestra de cada colonia de 200 abejas aproximadamente, provenientes de los panales centrales de cada colmena. Para lograr la separación de los ácaros y las abejas adultas, éstas se sumergieron en una solución jabonosa en relación de 10 ml de Quick® por cada litro de agua, y luego se agitó en forma vigorosa por 20 segundos, luego se pasó por un juego de tamices lavándolas bajo un abundante chorro de agua. Posteriormente se revisaron las abejas bajo la lupa estereoscópica, para detectar las posibles varroas obtenidas por muestra y luego determinar la relación existente entre el número de abejas y el número de varroas foréticas presentes (SAG, 1994).



**FIGURA 8. Sistema doble filtro para separar varroas de abejas.**

FUENTE: SAG (1994).

**3.4.2 Nivel de infestación en cría operculada.** Fue medido en base a muestras de cada una de las colmenas, desde la cámara de cría (consistentes en un trozo de panal de aproximadamente 200 celdillas de crías operculadas), se extrajeron desde éstas las crías para observar y detectar la presencia del ácaro, estableciendo finalmente una relación del número de celdillas con crías y el número de celdillas con presencia de varroas (ecuación 3.1); esto se realizó al comienzo y al término del ensayo.

Para determinar el nivel de infestación en abejas adultas y en cría operculada se utilizó la ecuación 3.1.

$$\text{Nivel de infestación en cría (\%)} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ celdillas con presencia de varroas}}{\text{N}^{\circ} \text{ de celdillas con crías}} \times 100 \quad (3.1)$$

**3.4.3 Abejas muertas sobre las trampas.** Se observó el número de abejas muertas sobre las trampas al momento del conteo de las varroas, para tratar de determinar si el tratamiento tuvo algún efecto en la mortalidad de las abejas obreras adultas; en este conteo se descartaron las abejas muertas por aplastamiento al manipular las trampas.

**3.4.4 Ventilación de la colmena.** La atmósfera interna de la colmena es controlada por el movimiento de las alas de las abejas, lo que produce una circulación de aire. Esta ventilación regula el control de la temperatura, humedad, distribución de feromonas y la concentración de gases producto de la respiración. Además también elimina los olores producidos dentro de la colmena (GARY, 1993).

La metodología que mide el grado de ventilación de la colmena consistió en colocar pequeñas cintas de papel en los bordes y centro de la entrada de la piquera de cada colmena, luego se observó cuidadosamente por un lapso de 1 minuto la oscilación del papel. La oscilación de los papeles de cada colmena recibió una puntuación asignada con anterioridad, para su medición (ROSAS, 1997). Consistió en lo siguiente:

1 = Sin movimiento

3 = Moderado

2 = Leve

4 = Alto

**3.4.5 Medición de pillaje.** Pillaje es el comportamiento de alimentación, en el cual las abejas de una colmena sustraen la miel y el néctar almacenados en otra colmena. Las abejas son atraídas principalmente por el olor a miel que emana de la entrada o cuando las colmenas son abiertas, ésta conducta ocurre con mayor frecuencia en condiciones de escasez de alimento que durante la mielada. En la entrada de la colmena las abejas guardianas reconocen a las

invasoras por la conducta y el olor y las atacan para evitar el robo de alimento (GARY, 1993).

El método consistió en contabilizar la cantidad de abejas que tratan de ingresar a una colmena, siendo éstas expulsadas por las abejas guardianas de la colonia respectiva, el tiempo establecido para cada medición fue de 5 minutos.

**3.4.6 Caída de ácaros.** Esta medición contabilizó los ácaros, tanto muertos como vivos, que han caído sobre las trampas, quedando pegados en la vaselina. Estas trampas se ubicaron en el piso de la colmena y fueron retiradas según el número de tratamiento, ya explicados detalladamente en el punto 3.3.6.

**3.4.7 Cantidad de producto aplicado.** Se procedió a registrar los volúmenes de solución de ácido fórmico aplicados en cada ocasión.

**3.4.8 Registros meteorológicos.** Se registraron las temperaturas medias, además de la humedad relativa existente durante los días del ensayo. Estos datos fueron solicitados al Instituto de Climatología de la Universidad Austral de Chile (Anexo 8).

### **3.5 Determinación de la efectividad de los tratamientos.**

Una vez finalizado el ensayo de ácido fórmico, se procedió a una aplicación de un acaricida de contacto llamado comercialmente Bayvarol® el cual tiene como componente activo flumetrina, que según los fabricantes tiene una efectividad del 95%. Esta aplicación se inició el día 13 de mayo de 2004 y finalizó el día 23 de mayo del mismo año, la dosis usada y el tiempo fueron los recomendados por el fabricante. Una vez que finalizó la aplicación se llevó a cabo el conteo de las varroas caídas por el efecto de Bayvarol® durante los 10



días de duración, a ésta se le sumó la cantidad de varroas caídas por los tratamientos (ácido fórmico), lo cual conformó el 100% de la población de varroas; a partir de este valor se obtuvo una relación para las varroas caídas por efecto de los tratamientos (ecuación 3.2), y posterior a esto se compararon los porcentajes entre si, para determinar si existieron o no diferencias significativas entre tratamientos, y además, obtener un índice de la eficacia de los tratamientos.

$$\text{Varroas caídas en tratamientos (\%)} = \frac{\text{Total varroas caídas en tratamientos}}{\text{Total de varroas caídas (Tratamiento + Bayvarol®)}} \times 100 \quad (3.2)$$

### 3.6 Análisis estadísticos de los datos.

Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa Statistica 6.0. Debido a que los tratamientos fueron aplicados sobre la misma unidad muestral (i.e colmena, 4 réplicas por tratamiento) se utilizó un análisis de varianza de dos vías con medidas repetidas (ANDEVA de medidas repetidas, LITTLE y HILLS, 1990). Se consideró como factor de medidas repetidas el tiempo desde la aplicación del tratamiento de ácido fórmico y como factor fijo el tratamiento con ácido fórmico (3 niveles: control, 60 ml y 100 ml). Las variables dependientes utilizadas en los análisis fueron porcentaje de infestación de varroa sobre abejas adultas y crías, varroas muertas por colmena, pillaje y ventilación de la colmena. Se comprobó que las variables dependientes cumplieran con los supuestos de normalidad, homocedasticidad y esfericidad (supuesto específico para el ANDEVA de medidas repetidas) a través de las pruebas de Lilliefors, Levene y esfericidad, respectivamente, LITTLE y HILLS, 1990. Cuando las variables expresadas en porcentaje no cumplieron el supuesto de normalidad fueron transformadas con arcoseno de la raíz cuadrada de la variable. Las demás variables, cuando correspondió, fueron transformadas con logaritmo en base 10; para las variables expresadas en porcentaje se utilizó

arcoseno de la raíz cuadrada. Si pese a esta transformación las variables no se ajustaron a una distribución normal se utilizó la prueba de Friedman, análogo no paramétrico del ANDEVA de medidas repetidas. Para probar las diferencias específicas entre cada tratamiento y el control, luego de realizado el ANDEVA de medidas repetidas, se utilizó la prueba a *posteriori* de Tukey para cada variable dependiente (STEEL y TORRIE, 1997).

## 4 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Efecto del ácido fórmico en obreras adultas de *Apis mellifera* L.

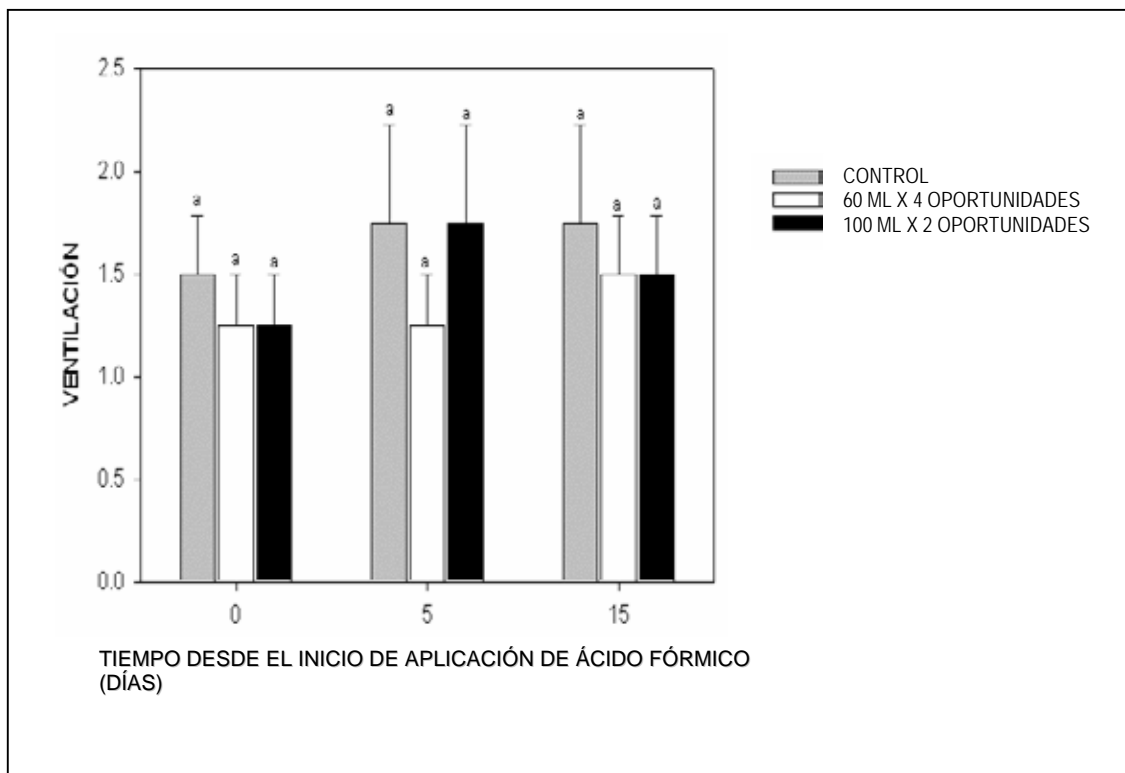
Los aspectos evaluados en este experimento, para la comparación del efecto producido por el ácido fórmico en los tratamientos de control de varroa fueron: ventilación, pillaje y abejas muertas.

**4.1.1 Intensidad de ventilación.** La ventilación en la colmena comienza cuando la temperatura es menor a 30°C o mayor a ésta, y esta se realiza centralmente para mantener la temperatura del racimo de abejas y periféricamente para remover el CO<sub>2</sub> (TAKAHASHI, 1992). La ventilación provocada por el intenso movimiento de las alas de las obreras ancladas fuertemente a la colmena, puede ser desarrollada como una respuesta ante diferentes factores, tales como el enfriamiento de la colmena, concentración de miel o la disminución de humedad en ella, CO<sub>2</sub> u otros compuestos (WINSTON, 1987).

Para RITTER (1993), dependiendo de la sustancia activa utilizada, la reacción de las abejas será ventilar la colmena u obstruir la evaporación al aplicar una cubierta de propóleo sobre la fuente de evaporación.

Según IMDORF *et al.* (1996), indican que la óptima efectividad del producto se obtiene cuando la temperatura ambiente se encuentra entre los 18 y 25°C, con temperaturas nocturnas no inferiores a los 12°C.

El análisis estadístico de los datos determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas (Figura 9, Anexo 12), para la intensidad de ventilación entre tratamientos.



**FIGURA 9. Ventilación promedio por tratamiento de ácido fórmico.**

Letras iguales en los histogramas de la Figura 9 para tiempo desde la aplicación, indican la no existencia de diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ) de acuerdo a la prueba no paramétrica de Friedman y coeficiente de concordancia de Kendall.

La falta de respuesta podría deberse, a que la concentración alcanzada por la evaporación del ácido fórmico no fue suficiente para producir cambios en la atmósfera interna de la colmena y alterar el comportamiento de ventilación. Los valores presentados en la figura 9 fueron homogéneos siendo el menor de 1,75 y el mayor valor de 2,167, pero iguales estadísticamente.

CAMPOS (2000), por su parte señala que la inexistencia de una significativa conducta de ventilación se estima como positiva para la acción

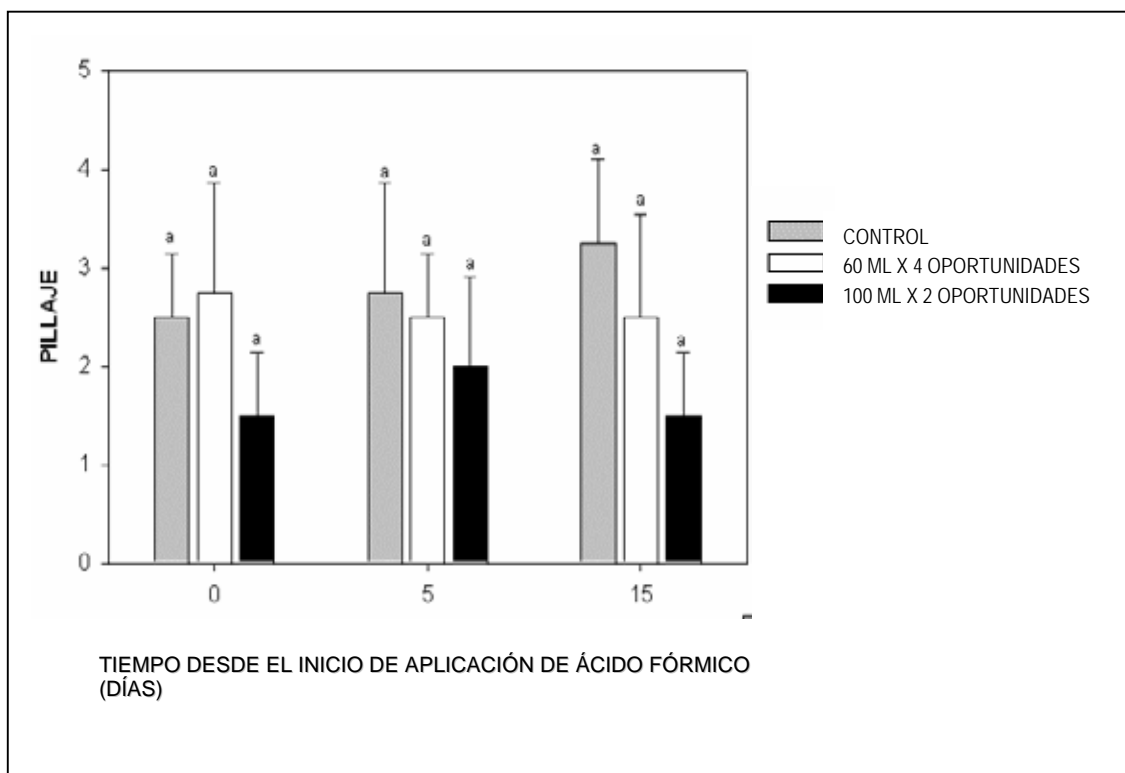
acaricida de los tratamientos, ya que no provocaría una pérdida excesiva de los aceites esenciales y de los ácidos orgánicos, favoreciendo su tiempo de permanecía al interior de la colmena.

Los resultados se contraponen con los resultados obtenidos en los ensayos realizados por ABARCA (2001), quien usando ácido fórmico, observó un aumento de la ventilación, la cual no fue cuantificada, ello podría deberse a diferentes factores entre otros una distinta condición de la colmena, temperaturas distintas, etc.

**4.1.2 Pillaje en colmenas.** Para WINSTON (1987), 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 suya, para evitarlo existen abejas guardianas en la entrada de la colmena, que permiten el acceso solo de abejas de la colonia y expulsan a todo agente extraño a ella.

Por su parte SAG (1994), señala que cuando una colmena está débil a causa de una reinfestación por varroas, abejas provenientes de otras colmenas hacen pillaje, entrando en contacto abejas sanas con las crías y con abejas altamente infestadas, actuando de este modo como vectores que llevan a las varroas a colonizar colmenas o apiarios no infestados. Esto concuerda con lo señalado por IMDORF *et al.*, (1999), quienes al respecto indican que la infestación de colmenas sanas o la reinfestación de colonias ya tratadas, por parte de *V. destructor*, ocurre en forma natural por el pillaje desde colonias infestadas y por la deriva de zánganos.

El análisis determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas (Figura 10, Anexo 13) para pillaje en los tratamientos estudiados.



**FIGURA 10. Pillaje promedio por tratamiento.**

Letras iguales en los histogramas de la Figura 10 para tiempo desde la aplicación, indican la no existencia de diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) de acuerdo al ANDEVA de medidas repetidas.

Sin embargo, los resultados demuestran que las diferentes concentraciones de ácido fórmico ocupadas en el ensayo no logran modificar la conducta de pillaje de las abejas. Resultados similares fueron obtenidos por ROSAS (1997) y CAMPOS (2000), al utilizar ácido fórmico, aunque, esos resultados pudieran no ser comparables ya que ellos trabajaron con una concentración distinta (60%).

Por otra parte RITTER (1993) señala que las sustancias volátiles cambian el olor de la colmena, pudiendo provocar el pillaje, situación que no se produjo en esta investigación. Esto pudo deberse a que las concentraciones de

ácido fórmico no fueron suficientes para lograr modificar el olor de la colmena y desencadenar dicha reacción.

**4.1.3 Mortalidad de abejas.** El estudio de este factor cuantifica el efecto letal que pudo provocar el ácido fórmico sobre el hospedero de varroa.

Según BRACEY y FISCHER (1989), el ácido fórmico no tiene efectos adversos en colonias de abejas aún pensando en tratamientos por un período extendido de tiempo. La mortalidad de reinas fue nula (en Europa la pérdida de reinas ha estado ligada a ácido fórmico en altas dosis), y la mortalidad de abejas fue insignificante. Sin embargo NELSON *et al.* (1994), demostraron que el ácido fórmico, aún en concentraciones recomendadas produce una alta mortalidad de abejas, ello puede haberse debido a la distinta condición de la colmena. Por otro lado EISCHEN (1996), reportó daños en crías por acción de tratamientos con ácido fórmico.

ROSAS (1997), en ensayos similares obtuvo 21.8 abejas/muertas/día para ácido fórmico al 60%. Usando la misma concentración, las diferencias observadas pueden deberse a características abióticas (temperatura) o bióticas (condición de la colonia). CAMPOS (2000), obtuvo 0.51 abejas/muertas/día.

En el experimento se produjo una escasa mortalidad de abejas como se puede observar en el Cuadro 3 y Anexo 6.

**CUADRO 3. Mortalidad promedio de abejas de cada tratamiento**

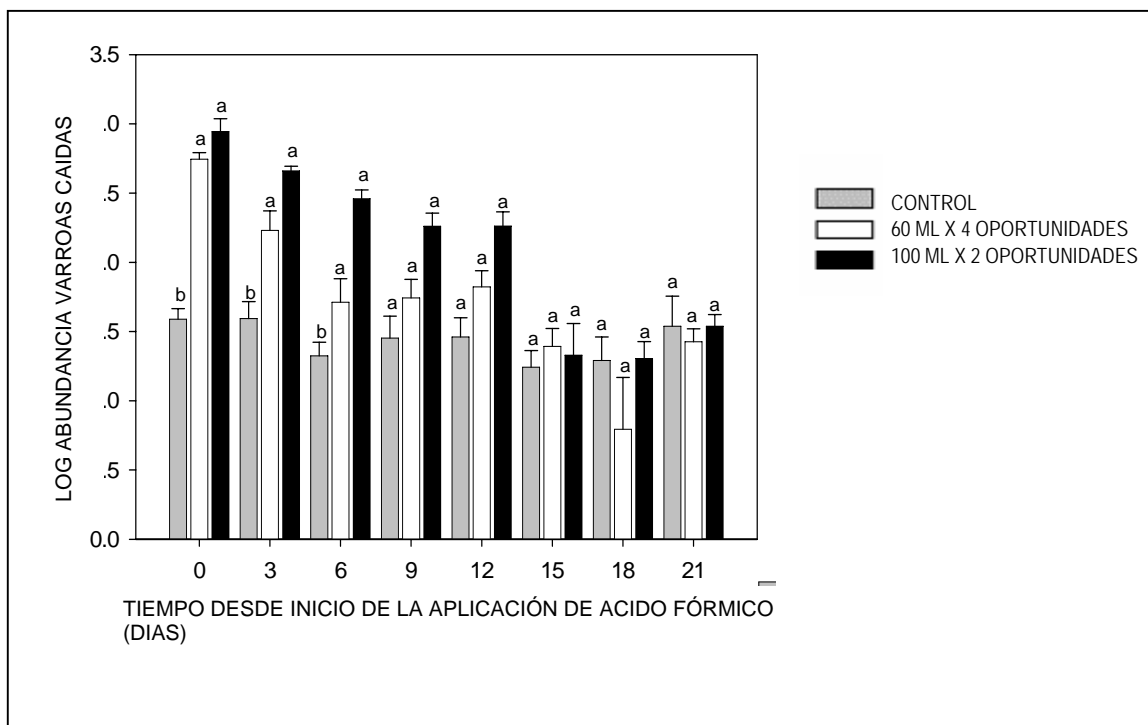
Tratamiento	Abejas muertas promedio
Control	2,09
60 ml ácido fórmico x 4 oportunidades	2.38
100 ml ácido fórmico x 2 oportunidades	2,63

**4.1.4 Varroas caídas.** La caída de ácaros fue medida mediante el recuento de las varroas encontradas en la cartulina cuadrículada y plastificada ubicada en el piso de la colmena; similar a la técnica empleada para el diagnóstico de varroosis descrito por (BARBERO *et al.*, 1997).

Según CAMPOS (2000) los productos acaricidas aplicados modifican la atmósfera interna de la colonia, liberándose lentamente hasta que su concentración en el medio llega a un nivel tal que provoca en varroa muerte por contacto directo o confusión en su sentido de orientación, producto de lo cual se desprenden de la abeja y pueden ser recuperados en la cartulina, para su posterior conteo.

La temperatura óptima para la aplicación de ácido fórmico es sobre los 15°C (HIGES *et al.*, 1999).





**FIGURA 11. Promedio de varroas caídas por tratamiento de ácido fórmico.**

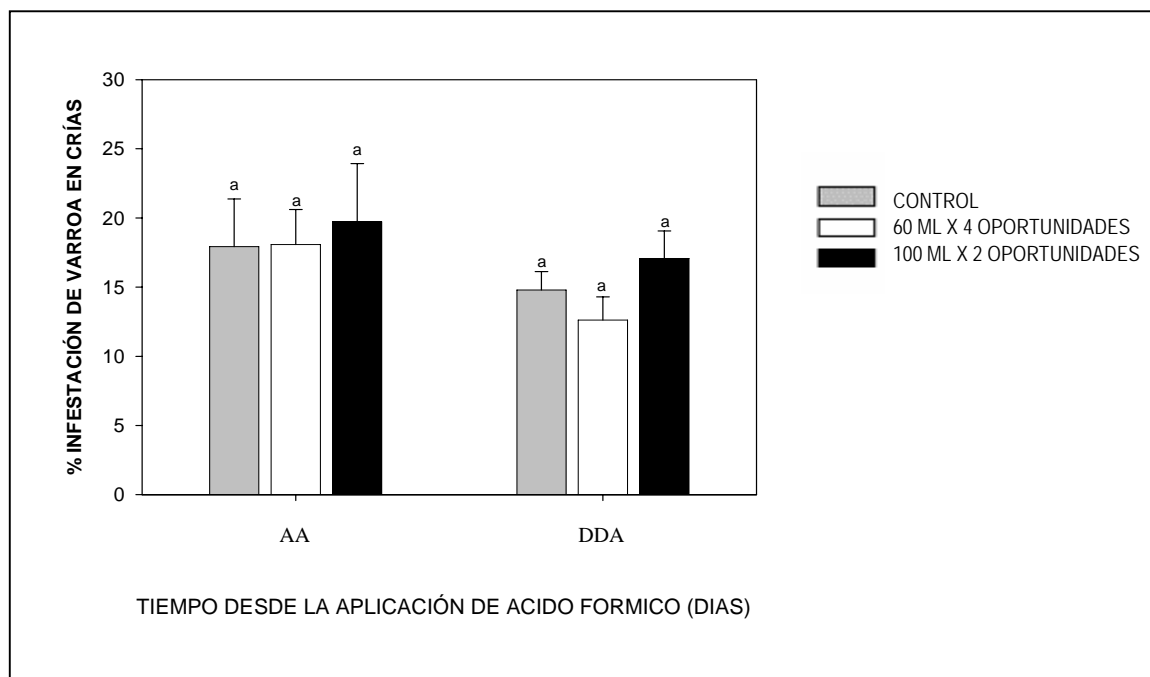
Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) de acuerdo a la prueba de Tukey.

Se puede observar en la Figura 11 y Anexo 14, que durante los primeros seis días después del inicio de la aplicación de los tratamientos se presentó la mayor caída de varroa en las colmenas tratadas con 60 y 100 ml de ácido fórmico, lo cual difirió significativamente del control. Posteriormente la caída de varroa fue similar y no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Esto se pudo deber a la mayor carga inicial de varroas en las colmenas, ya que después de los primeros seis días, la presión de varroa disminuyó lo que permitió que no hubiera diferencias significativas entre los tratamientos y el control.

**4.1.5 Nivel de infestación en cría operculada.** Para conocer si la población de ácaros que se encontraba infestando las colonias logró ser modificada por los

diferentes tratamientos, se evaluó la infestación inicial versus infestación final para cada tratamiento.

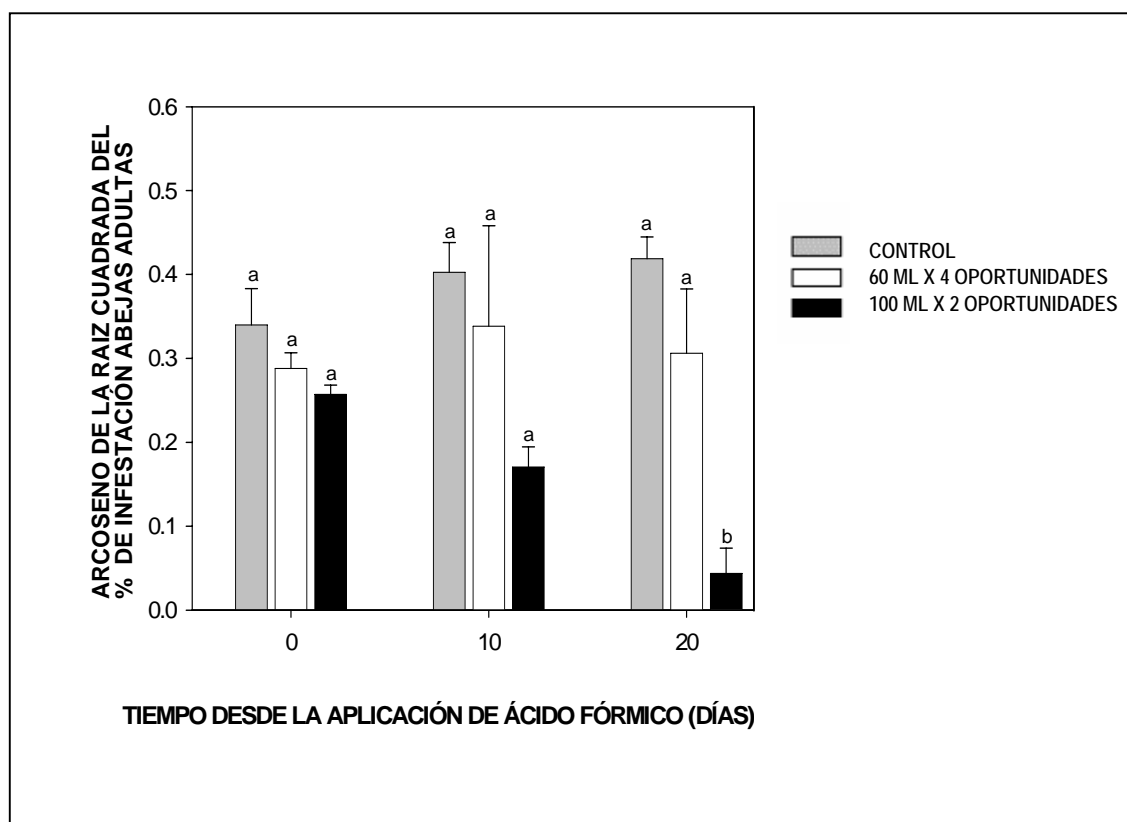
El análisis para esta variable no presentó diferencias significativas (Figura 12 y Anexo 15), para ninguno de los tratamientos, aunque se observó una leve reducción del porcentaje de infestación en todos los tratamientos luego de 20 días, que puede deberse a temperatura, carga de infestación inicial en crías u otros factores abióticos. Esto se contrapone con los ensayos realizados por RADEMACHER *et al.* (2000), quien con ácido fórmico al 60% obtuvo un efecto acaricida del 90% aproximadamente sobre celdillas de cría operculada.



**FIGURA 12** Porcentaje promedio de infestación de varroa en crías de abeja por tratamiento. Antes de la aplicación (AA) y 20 días después de aplicación (DDA) de ácido fórmico.

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) de acuerdo a la prueba de ANDEVA de medidas repetidas.

**4.1.6 Nivel de infestación en abejas obreras adultas.** En la (Figura 13 y Anexo 16), se aprecia que sólo el tratamiento de 100 ml, en el día 20 mostró diferencias significativas, ya que logró disminuir la carga parasitaria desde un 6,5% a un 0,76%.



**FIGURA 13** Porcentaje promedio de infestación de varroa en abejas adultas por tratamiento de ácido fórmico.

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) de acuerdo a la prueba de Tukey realizada después del ANDEVA de medidas repetidas.

Las diferencias observadas en el tratamiento de 100 ml de ácido fórmico se pudieron deber a que las temperaturas que hubo mientras duró el ensayo, no

fueron lo suficientemente altas como para permitir que el tratamiento con menor dosis de ácido fórmico actuara efectivamente.

Tanto el control y el tratamiento de ácido fórmico de 60 ml, no lograron disminuir la carga parasitaria de las abejas obreras adultas (Figura 13 y Anexo 16), en forma significativa.

**4.1.7 Determinación de la efectividad.** Para medir la efectividad de los tratamientos se procedió a comparar el número de varroas caídas por los tratamientos, una vez finalizado el ensayo, con el número de varroas caídas por un producto comercial de alta y comprobada efectividad, para esto se utilizó Bayvarol®.

**CUADRO 4. Varroas caídas por efecto de los tratamientos, del total de varroas existentes en las colmenas, en porcentajes.**

Tratamiento	Varroas caídas por colmena			Reducción alcanzada %
	Tratamiento (promedio)	Bayvarol® (promedio)	Total (promedio)	
Control	919	6483	7402	12,416b
Ácido fórmico 240 ml.*	4187	426	4613	90,765a
Ácido fórmico 200 ml.**	7925	511	8436	93,943a

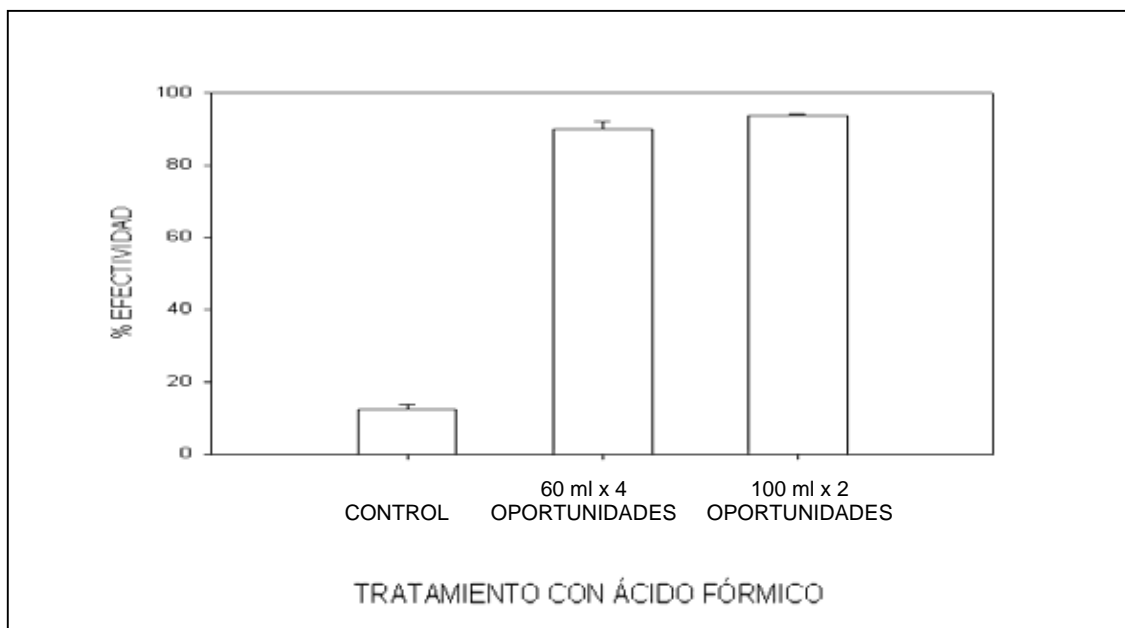
Letras distintas indican LSD al 5%, entre los tratamientos, para el porcentaje de reducción alcanzada. \* En 4 parcialidades \*\* En 2 parcialidades.

Los resultados que se aprecian en el Cuadro 4 muestran diferencias significativas entre el control y los dos tratamientos que tuvieron aplicación de ácido fórmico, lo que indicaría que ambos tratamientos lograron disminuir la carga parasitaria de las colmenas, en forma distinta al tratamiento testigo.

El tratamiento de ácido fórmico de 200 ml, en 2 parcialidades de 100 ml, fue el que obtuvo el mayor porcentaje de efectividad (93,94%), pero este valor no presentó diferencias estadísticas frente al tratamiento ácido fórmico de 240 ml en cuatro parcialidades de 60 ml (90,76%); pero ambos tratamientos mostraron diferencias estadísticas significativas frente al tratamiento control (12,42%), que corresponde a la caída natural de los ácaros de las abejas, que según FLORES *et al.*, (1997), puede oscilar entre 16 y 32%.

Estos resultados son similares a los obtenidos por MUTINELLI *et al.*, (1996), quienes utilizando ácido fórmico en una concentración de 60% lograron como resultado una mortalidad promedio de 95,5% del ácaro. Resultados similares lograron RADEMACHER *et al.*, (2000) quienes aplicaron a las colmenas 85 g de ácido fórmico al 60%, obteniendo una mortalidad del 85% en pleno verano y del 96% cuando el producto fue aplicado a fines de dicha estación, también RADEMACHER *et al.* (2000), en otro ensayo con ácido fórmico 60% logró un promedio de mortalidad del ácaro de 94,3%.

CALDERONE y NASR (1999), utilizando concentraciones de ácido fórmico 65%, sólo lograron un 35 y 51% de mortalidad del ácaro respectivamente. Sin embargo, HIGES *et al.* (1999), con la misma concentración obtuvo un índice de mortalidad de 85%. Por otro lado BAXTER *et al.* (2000), compararon la efectividad del ácido fórmico al 65% versus Apistan® obteniendo como resultados índices de 41% y 98% respectivamente, siendo estos resultados significativamente diferentes. Por otra parte BARBATTINI *et al.* (1994) y GREATTI *et al.* (1992), obtuvieron respuestas que variaron desde un 29,6% a un 62,3% de mortalidad de varroa, al aplicar ácido fórmico en concentraciones del 65% y 80% respectivamente.



**FIGURA 14. Porcentaje de efectividad de los tratamientos con ácido fórmico para el control de varroa.**

Según FELDLAUFER *et al.* (1997), utilizando ácido fórmico al 65%, formulados en gel (Bellsville Formica Acid o BFA) y formulación líquida, durante 21 días de ensayo, lograron una efectividad para BFA de 70.3%, y para la formulación líquida fue 61,2%, siendo este último muy variable (34 a 83,7%).

La aplicación de ácido fórmico a mayores concentraciones no asegura una alta efectividad, ya que FLORES *et al.* (1997), al realizar ensayos con aplicaciones de ácido fórmico 85%, lograron una efectividad de 40% al igual que MUTINELLI *et al.* (1996), con una eficacia de 49,2%. Por el contrario VAN VEEN *et al.* (1998), con la misma concentración, obtuvieron una efectividad de 83,5%, con tres aplicaciones de 15 ml de ácido fórmico. En otro ensayo realizado por ABARCA (2001), en la zona central de Chile, utilizando ácido fórmico 85%, obtuvo como resultado una efectividad de 88,26% el que fue superior al tratamiento control (47,15%), por lo cual el ácido fórmico resultó efectivo.

## 5 CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas en este ensayo, bajo las condiciones en las cuales se realizó, son las siguientes:

Los tratamientos de ácido fórmico al 70% (60 ml aplicados cada 5 días en cuatro ocasiones y 100 ml aplicado cada 10 días en dos ocasiones), lograron una efectividad mayor al 90% en el control de varroa foréticos en abejas adultas.

El empleo de ácido fórmico produjo un aumento en la caída de varroas desde abejas obreras adultas durante los seis primeros días de tratamiento.

La aplicación de ácido fórmico, no produjo efectos negativos sobre la conducta de las abejas respecto a pillaje y ventilación, así como tampoco afectó en la mortalidad de las abejas adultas.

Los tratamientos con ácido fórmico no disminuyeron los niveles de infestación de varroa en la celdilla de cría operculada. En abeja adulta, sólo el tratamiento con 100 ml en 2 aplicaciones, logró reducir significativamente el porcentaje de infestación inicial

## 6 RESUMEN

Se realizó un ensayo en el apiario experimental de la Universidad Austral de Chile, ubicado en el fundo Santa Rosa, en la comuna de Valdivia, en el cual se determinó el efecto acaricida del ácido fórmico, sobre *Varroa destructor* Anderson & Trueman, y sus efectos sobre las colonias de *Apis mellifera* L. a fines de otoño.

El experimento se inició el día 20 de abril de 2004, previamente se tomaron muestras para observar el estado inicial de infestación por varroa en abejas adultas y crías, y finalizó el día 23 de mayo de 2004, tomando muestras para observar el estado final de infestación. Se utilizaron 12 colmenas tipo Langstroth, divididas en 3 tratamientos con 4 repeticiones. Los tratamientos consistieron en dos dosis de ácido fórmico, 60 y 100 ml, con nuevas aplicaciones a intervalos de 5 y 10 días respectivamente, además del tratamiento control (testigo).

Los resultados mostraron que ninguna de las concentraciones de ácido fórmico tuvo efecto sobre el pillaje, ventilación y mortalidad de abejas adultas.

Los tratamientos de ácido fórmico (60 ml. aplicado cada 5 días en cuatro ocasiones y el de 100 ml. aplicado cada 10 días en dos ocasiones), mostraron ser efectivos en el control de varroa foréticos en abejas adultas.

Se observó que el ácido fórmico no disminuyó la infestación de varroa en la celdilla de cría operculada.



## SUMMARY

The research was carried out at the experimental apiary of the Estación Experimental Santa Rosa, property of the Universidad Austral de Chile, in the Valdivia county, to evaluate the acaricide effect of formic acid, on *Varroa destructor* Anderson & Trueman, and the effects on its host *Apis mellifera* L. at in of autumn.

The experiment began on April 20 th, 2004, before samples were taken to observe the initial condition of infestation for varroa in adult bees, and finished on May 23 th, 2004 taking samples to observe the final condition of infestation. There were in use 12 bee hives Langstroth type, divided in 3 treatments with 4 repetitions. The treatments consisted of 2 doses of formic acid of 60 and 100 ml, with new applications to intervals of 5 and 10 days respectively, besides the treatment control.

The results showed that none and the doses of formic acid adults had effect over food robbery, ventilation and bee mortality.

The treatments of formic acid (60 ml applied every 5 days in 4 oportunities and the 100 ml applied every 10 days in 2 oportunities) showed to be effective in the control of varroa phoretic on adult bees.

It was observed that the formic acid not diminished the infestation of varroa in the baby's celdilla operculada.

## 7 BIBLIOGRAFIA

- ABARCA, D. 2001. Comparación de la eficacia del ácido fórmico y del fluvalinato, como métodos para el control de *Varroa jacobsoni* Oud., en *Apis mellifera* L. en Ñuble. Tesis Med. Vet. Universidad de Concepción. Facultad de Medicina Veterinaria. Departamento de Cs. Pecuarias. 86p.
- AGUAYO, O. s.f. Apicultura chilena: sector emergente. (On line) <<http://www.proapis.cl/chile/charla1.htm>>. (20 julio 2002).
- ANDERSON, D. y TRUEMAN, J. 2000. *Varroa jacobsoni*. (Acari: Varroidae) is more than one species. *Experimental and Applied Acarology* (Holanda) 24: 165-168.
- ARCULEO, P. 2000. Ácido oxálico, experiencia realizada en el sur de Italia. *Vida Apícola* (España) 102: 44-48.
- BALL, B. 1994. Host-parasite-pathogen interactions. In: Matheson, A., (ed.) *New perspectives on varroa*. IBRA. England. pp.: 5-11.
- BARBATTINI, C.; GREATTI, M.; D'AGARO, M.; SABATINI, A.; COLOMBO, R. y MARCZZAN, G. 1994. Use of formic acid to control *Varroa jacobsoni*. Verification of its efficacy and residues in honey. *L'Ape Nostra Amica* (Italia) 16(4):4-9.
- BARBERO, R.; PANELLA, F. y BONIZZONI, L. 1997. El carné europeo. Ácido 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 potencial para 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.

**BAXTER, J.; ELLIS, M. y WILSON, W. 2000. Field evaluation of Apistan® and five candidate compounds for parasitic mite control in honey bees. American Bee Journal (USA) 141:898-901.**

BOEKING, O. y RITTER, W. 1994. Current status of behavioral tolerance of the honey bee *Apis mellifera* to the mite *Varroa jacobsoni*. American Bee Journal (USA) 134 (10): 689-694.

BRACEY, S. y FISCHER, F. 1989. Initial result of the field treatment of honeybee colonies infested with *Varroa jacobsoni* using formic acid in host males. American Bee Journal (USA) 129 (11): 735-738.

CALDERONE, N. y SPIVAK, M. 1995. Plant extracts for control of the parasitic mite *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) in colonies of the western honey bee (Hymenoptera: Apidae). Journal of Economic Entomology (USA) 88(5): 1211-1215.

CALDERONE, N. Y NASR, M. 1999. Evaluation of a formic acid for the fall control of *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) in colonies of the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in a temperate climate. Entomological Society of America (USA) 92(3) : 526- 533.

CAMPOS, P. 2000. Efecto del aceite esencial mentol y de ácidos orgánicos

fórmico y láctico sobre *Varroa jacobsoni* Oud. (Mesostigmata: Varroidae) y su hospedero *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencia Agrarias. 70p.

CASANUEVA, M. 1992. Ácaro fauna asociada con *Apis mellifera* L.: Primeros registros para Chile de *Varroa jacobsoni* Oud. y *Mellitiphis alvearus* (Berlese) (ACARI, MESOSTIGMATA). Boletín Sociedad Biológica de Concepción 63: 51-53.

CASTILLO, R. 1992. Varroasis, grave amenaza para la apicultura y la agricultura de nuestro país. Chile Hortofrutícola 5(26): 19-22.

CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA, SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). 1994. Control de la varroasis de las abejas. Convenio FAO-SAG. 20p.

COBEY, S. 2001. The varroa species complex: Identifying *Varroa destructor* and new strategies of control. American Bee Journal (USA) 141: 194-196.

CONGRESO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA APICOLA. 4º Olmué, Julio 28-30. 1994. Asociación de apicultores V región. Universidad Católica de Valparaíso. 40p.

CORNEJO, L. 1993. Apicultura práctica en América Latina Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 105. Roma, Italia. 168p.

CRANE, E. 1975. La apicultura en el mundo – Pasado y presente. In: Dadant e hijos (eds). La colmena y la abeja melífera. Montevideo, Uruguay. Hemisferio Sur. pp: 25-45.

- \_\_\_\_\_. 1990. Bees and beekeeping; science, practice and world resources  
New York, USA. Cornell University Press. 614p.
- DADANT. 1975. La colmena y la abeja melífera. Marx, de, H. (trad.).  
Montevideo (Uruguay), Hemisferio Sur. 936p.
- DE JONG, D. 1990. Mites: Varroa and other parasites of brood. In Honey Bee  
Pest, Predators, and Disease. New York, USA Comstock Publishing  
Associates a Division of Cornell University Press. pp:201-218.
- DE JONG, D. y EGEA SOARES A. E. 1997. An isolated population of Italian  
bees that has survived Varroa infestation without treatment for over 12  
years. American Bee Journal (USA) 132: 742-745.
- DIETZ, A. y HERMANN, H. 1988. Biology, detection and control of *Varroa*  
*jacobsoni*: A parasitic mite on honey bees. Georgia. USA. Lei-Act. 80p.
- EICKWORT, G. 1990. Mites overview. In: Morse, R. y Nowogrodzki, R., (eds.).  
Honey bee pest, predator and diseases. USA Cornell University Press.  
pp: 189-199.
- EISCHEN, F. 1996. Botanical acaricides and varroa control. American Bee  
Journal USA 136(4): 277-278.
- FELDLAUFER, M.; PETTIS, J.; KOCHANSKY, J. y SHIMANUKI, H. 1997. A gel  
formulation of formic acid for the control of parasites mites of honey bees.  
American Bee Journal (USA) 137 : 661-663.

- FLORES, J.; RUIZ, J.; RUZ, J.; PUERTA, F. y CAMPANO, F. 1997. Control de varroasis. Investigaciones sobre tratamientos alternativos en el sur de España. *Vida Apícola (España)* 84: 45-49.
- FREDES, F. 1993. Varroasis: un nuevo problema parasitario en Chile. *Monografías de Medicina Veterinaria (Chile)* 15(1-2): 11-16.
- FREE, J. 1987. Pheromones of social bees. Ithaca, New York (USA), Cornell University Press. 218p.
- GARY, N. 1993. Activities and behavior of honey bees. In Graham J. (ed.). *The hive and the honey bee*. Chelsea. USA. Dadant. pp: 269-372.
- GERSON, U; MOZES-KOCH; R y COHEN, E. 1991. Enzyme levels used monitor pesticide resistance in *Varroa jacobsoni*. *Journal of Apicultural Research (Inglaterra)* 30(1): 17-20.
- GÓMEZ, A. 1998. Nosemosis y varroasis, situación actual. 1998. *Vida Apícola (España)* 88: 51-54.
- GÓMEZ, P. 2000. La varroasis en España, situación actual. *Vida Apícola (España)* 102: 49-53.
- GREATTI, M.; IOB, M.; BARBATTINI, R. y D'AGARO, M. 1992. Efficacia di trattamenti primaverili con ácido lattico e ácido fórmico contra *Varroa jacobsoni*. *Apicoltore Moderno (Italia)* 83(2): 49-58.
- HIGES, M; LLORENTE, J; SANZ, A; PÉREZ, J; SUAREZ, M; BERNAL, J y JIMENEZ, J. 1999. Rotenona, eficacia acaricida en el control de la varroasis de *Apis mellifera*. *Vida Apícola (España)* 95: 45-48.

- IMDORF, A.; BOGDANOV, S.; IBAÑES 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; MAQUELIN, C; KILCHENMANN, V y BACHOFEN, B. 1996. Alternative varroa control. *American Bee Journal* (USA) 136(3): 189-193.
- KOENIGER, N. y FUCHS, S. 1989. Eleven years with varroa- Experiences, retrospects and prospects. *Bee World* (Inglaterra) 70: 148-159.
- KRAUS, B. 2000. Preferencias de *Varroa jacobsoni* por abejas (*Apis mellifera*) de diferente edad. *Vida Apícola* (España) 103: 49-55.
- LITTLE, T. y HILLS, J. 1990. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. México. Trillas. 270p.
- LIU, T. 1991. Honey bee virus and varroa mites. *American Bee Journal* (USA) 131(10): 642.
- MARIANI, F, RODRIGUEZ, G; MARTINEZ, E; DEL HOYO, M; BEDASCARRASBURE, E y SCHMIT, E. 2002. Ácido oxálico en el control de *Varroa destructor* en Argentina. *Vida Apícola* (España) 113: 25-31.
- MÉNDEZ, C. 2004. Evaluación de panales zanganeros, como método biotécnico, para el control del ácaro *Varroa destructor* Anderson & Trueman, en colonias de *Apis mellifera* L. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 93p.

- MITEAWAY.COM. 2004. Varroa (on line)  
<[http://www.miteaway.com/Formic\\_Acid/formic\\_acid.html](http://www.miteaway.com/Formic_Acid/formic_acid.html)> (11.mayo. 2004).
- MOBUS, B. y CONNOR, L. 1988. The varroa handbook. Connecticut, (USA) Northern bee books. 50p.
- MORENO, A. s.f. Manual Control de Enfermedades Apícolas (Descripción, Diagnóstico y Tratamiento). Red Nacional Apícola, Chile. 60p.
- MORSE, R. y HOOPER, T. 1992. Enciclopedia ilustrada de apicultura. Dantton, E. (Trad). Buenos Aires (Argentina), El Ateneo. 386p.
- MUTINELLI, F; CREMASCO, S; NANETTI, A; MASSI, S; ARCULEO, P. y ARTESE, F. 1996. Control de la varroasis en Italia, ensayos con diferentes métodos de aplicación del ácido fórmico. Vida Apícola (España) 77: 38-44.
- NEIRA, M. 1990. Enfermedades de abejas en Chile, problemas reales y peligros potenciales. In: II Encuentro Nacional de Ciencia y Tecnología Apícola. Universidad de la Frontera, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Temuco, Chile. pp: 18-24.
- \_\_\_\_\_. 1998. Principales manejos de un colmenar, parte I. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción y Sanidad Vegetal. Valdivia, Chile. 81p.



- \_\_\_\_\_. 1999. 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.
- NELSON, D.; MILLS, P.; SPORNS, P.; OORAIKUL, S. y MOLE, D. 1994. Formic acid application methods for the control of honey bee tracheal mite. *Bee Science (USA)* 3(3): 128-134.
- PELDOZA, J. 1992. Varroasis de las abejas, presencia en Chile. *El Campesino (Chile)* 123 (8): 49-58.
- RADEMACHER, E.; BRUCKNER, D.; OTTEN, CH. y RADTKE, J. 2000. El ácido fórmico en el tratamiento contra la varroasis. *Vida Apícola (España)* 101: 41-47.
- RITTER, W. 1981. Varroa disease of the honeybee *Apis mellifera*. *Bee World (Inglaterra)* 62: 141-153.
- \_\_\_\_\_. 1993. Chemical control: options and problems. In: Living with varroa. Internacional Bee Research Association. London, England. pp: 20-23.
- ROSAS, L. 1997. Aplicación otoñal de aceites esenciales y ácido fórmico para el control de *Varroa jacobsoni* Oud. en *Apis mellifera*. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 85p.
- SAMMATARO, D., GERSON, U. y NEEDHAM, G. 2000. Parasitic mites of honey bees: life history, implications and impact. *Annual Review of Entomology (USA)* 45: 519 – 548.

- STEEL, R. y TORRIE, J. 1997. Bioestadística: principios y procedimientos. México. McGraw Hill. 621p.
- TAKAHASHI, M. 1992. Regulation of hive temperature and carbondioxide concentration by fanning (*Apis mellifera* L). Honey Bee Science (USA) 13(3):120-124.
- VANDAME, R. 2000a. Control Alternativo de Varroa en la Apicultura.(On line) <<http://www.geocities.com/sitioapicola/organica/remy/remyvandame.html>> (20 julio 2002).
- \_\_\_\_\_. 2000.b Introducción. In: Curso de capacitación sobre control alternativo de Varroa en apicultura. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. pp: 4-5.
- VANDAME, R, COLIN, M y OTERO, G. 1998. Tolerancia a Varroa. Vida Apícola (España) 88: 45-50.
- VAN VEEN, J.; CALDERON, R.; CUBERO, A. y ARCE, H. 1998. *Varroa jacobsoni* in Costa Rica detection, spread and treatment with formic acid. Bee World (Inglaterra) 79(1):5-10.
- VEERKAMP, H. 1996. The Varroa mite, *Varroa jacobsoni*. (on line) <<<http://web.inter.nl.net/hcc/beenet/varroa.htm>>>(7. agost.2002).
- WINSTON, M. 1987. The biology of honey bee. London, England. Harvard University press. 281p.

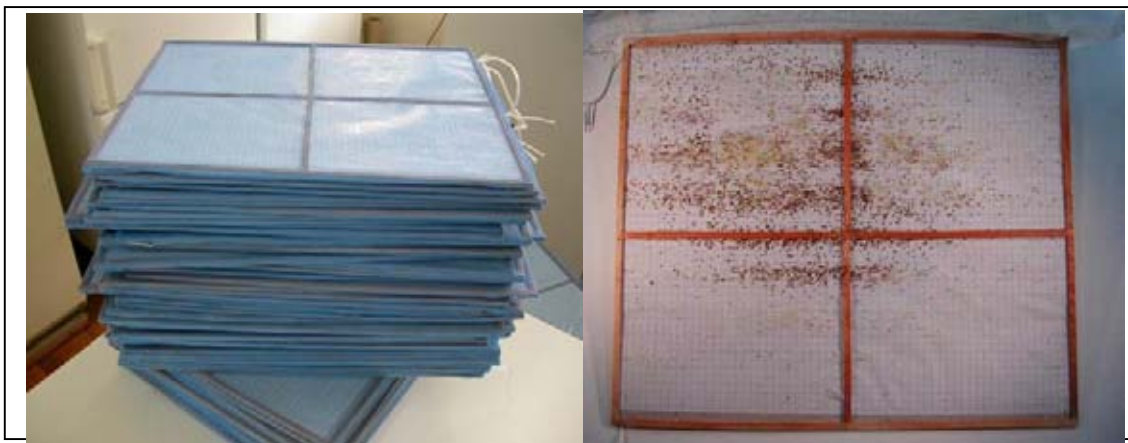
ZHANG, Z. 2000. Notes on *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) parasitic on honeybees in New Zealand.(On line) <[http://www.nhm.ac.uk/hosted\\_sites/acarology/saasp.html](http://www.nhm.ac.uk/hosted_sites/acarology/saasp.html)>. (20 julio 2002).

## **A N E X O S**

**ANEXO 1 Apiario donde fue realizado el ensayo. Estación Experimental Santa Rosa. Valdivia, Universidad Austral de Chile.**



**ANEXO 2 Trampas utilizadas en el conteo de varroas.**



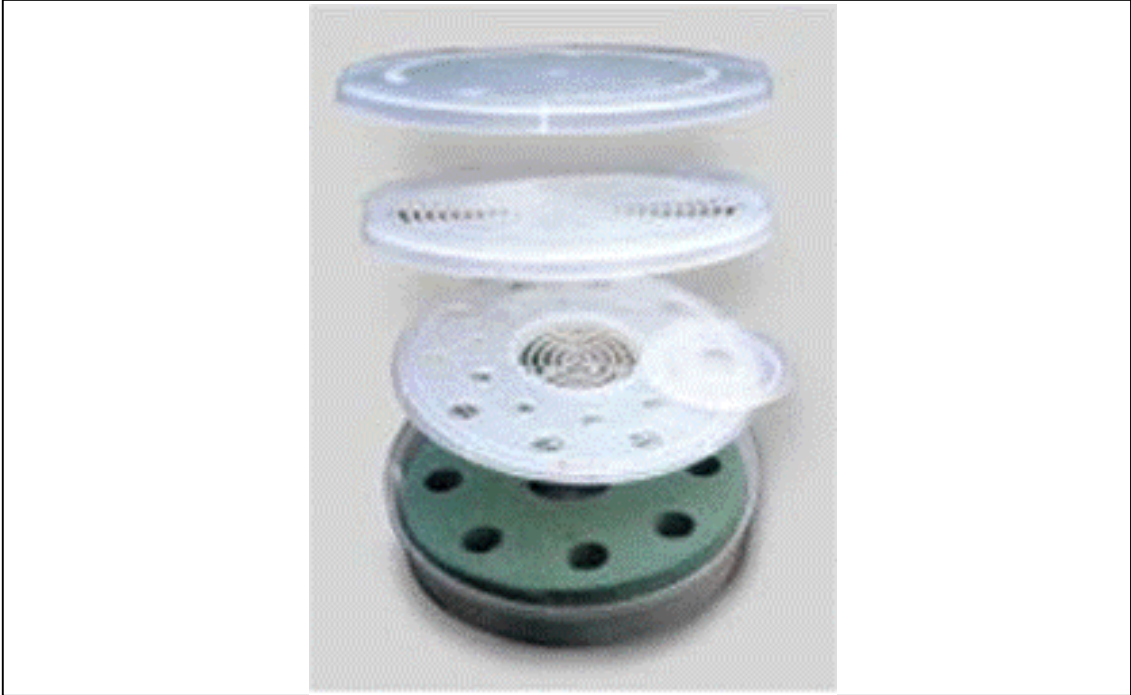
**ANEXO 3 Cinta de folio plástico utilizada para medir intensidad de ventilación.**



**ANEXO 4 Abejas guardianas de la colonia evitando el pillaje.**



**ANEXO 5 Vaporizadores Universal APICONCEPT®**



**ANEXO 6 Datos obtenidos para varroas y abejas muertas sobre las trampas.**

Día	Tratamientos	N° Colmena	N° Varroas Caídas	N° Abejas muertas
24 Abr. 2004	Control	7	43	2
		10	23	3
		13	44	1
		81	52	0
24 Abr. 2004	Ácido fórmico 60 ml.	1	514	4
		6	769	2
		8	497	1
		14	487	0
24 Abr. 2004	Ácido fórmico 100 ml.	5	1327	3
		12	747	5
		16	1167	1
		18	512	1
27 Abr. 2004	Control	7	32	2
		10	41	4
		13	29	3
		81	28	1
27 Abr. 2004	Ácido fórmico 60 ml.	1	99	0
		6	178	3
		8	113	2
		14	418	2
27 Abr. 2004	Ácido fórmico 100 ml.	5	568	3
		12	464	1
		16	408	1
		18	406	1
29 Abr. 2004	Control	7	17	2
		10	19	3
		13	15	1
		81	41	1
29 Abr. 2004	Ácido fórmico 60 ml.	1	19	2
		6	81	5
		8	41	2
		14	111	3
29 Abr. 2004	Ácido fórmico 100 ml.	5	97	4
		12	111	3
		16	69	2
		18	87	2

(Continúa)



## Anexo 6 Continuación

Día	Tratamientos	N° Colmena	N° Varroas Caídas	N° Abejas muertas
02 May.2004	Control	7	19	3
		10	52	1
		13	13	0
		81	39	3
02 May.2004	Ácido fórmico 60 ml.	1	47	0
		6	54	4
		8	29	3
		14	127	2
02May.2004	Ácido fórmico 100 ml.	5	252	2
		12	232	3
		16	195	2
		18	97	3
04 May.2004	Control	7	15	2
		10	57	4
		13	19	3
		81	43	2
04 May.2004	Ácido fórmico 60 ml.	1	63	1
		6	62	1
		8	37	1
		14	136	0
04May.2004	Ácido fórmico 100 ml.	5	241	3
		12	256	4
		16	197	2
		18	92	2
07 May.2004	Control	7	12	2
		10	37	3
		13	11	1
		81	19	2
07 May.2004	Ácido fórmico 60 ml.	1	17	3
		6	17	2
		8	22	1
		14	59	3
07May.2004	Ácido fórmico 100 ml.	5	75	4
		12	33	5
		16	12	2
		18	7	4
09 May.2004	Control	7	13	0
		10	46	3
		13	7	0
		81	27	2

## Anexo 6 Continuación

Día	Tratamientos	N° Colmena	N° Varroas Caídas	N° Abejas muertas
09 May.2004	Ácido fórmico 60 ml.	1	5	3
		6	6	0
		8	3	4
		14	62	5
09 May.2004	Ácido fórmico 100 ml.	5	16	2
		12	27	2
		16	34	3
		18	9	1
13 May.2004	Control	7	51	2
		10	23	4
		13	11	3
		81	21	4
13 May.2004	Ácido fórmico 60 ml.	1	15	2
		6	26	5
		8	42	4
		14	31	6
13 May.2004	Ácido fórmico 100 ml.	5	86	3
		12	21	2
		16	14	5
		18	14	3

**ANEXO 7 Datos obtenidos para pillaje e intensidad de ventilación.**

Día	Tratamiento	N° Colmena	Pillaje	Ventilación
24 Abr. 2004	Control	7	1	1
		10	3	2
		13	2	2
		81	4	1
24 Abr.2004	Ácido fórmico 60 ml.	1	0	1
		6	2	1
		8	5	1
		14	4	2
24 Abr. 2004	Ácido fórmico 100 ml.	5	2	2
		12	3	1
		16	0	1
		18	1	1
29 Abr.2004	Control	7	0	2
		10	2	3
		13	5	1
		81	4	1
29 Abr. 2004	Ácido fórmico 60 ml.	1	1	1
		6	3	2
		8	2	1
		14	4	1
29 Abr. 2004	Ácido fórmico 100 ml.	5	3	3
		12	0	1
		16	4	1
		18	1	2
04 May.2004	Control	7	4	2
		10	3	3
		13	5	1
		81	1	1
04 May.2004	Ácido fórmico 60 ml.	1	0	2
		6	2	2
		8	3	1
		14	5	1
04 May.2004	Ácido fórmico 100 ml.	5	1	1
		12	2	2
		16	3	2
		18	0	1

**ANEXO 8 Condiciones climáticas durante el periodo experimental, temperatura (C°) y humedad relativa (%).**

Fechas	t° media	H° relativa
22 Abr. 2004	10,6	81
23 Abr. 2004	9,8	83
24 Abr. 2004	10,4	89
25 Abr. 2004	10,5	90
26 Abr. 2004	11,7	85
27 Abr. 2004	11,7	85
28 Abr. 2004	11,6	92
29 Abr. 2004	11,3	77
30 Abr. 2004	8,3	77
01 May. 2004	10,3	96
02 May. 2004	12	79
03 May. 2004	8,3	79
04 May. 2004	8,9	74
05 May. 2004	11,9	73
06 May. 2004	10	90
07 May. 2004	9,6	96
08 May. 2004	11,7	91
09 May. 2004	12,6	87
10 May. 2004	9,3	82
11 May. 2004	10,7	71
12 May. 2004	9,4	80
13 May. 2004	10,4	68

Fuente: Instituto de Climatología, Universidad Austral de Chile.

**ANEXO 9 Infestación en abejas obreras adultas.**

Tratamiento	Colmena N°	Infestación inicial (%)	Infestación día 10 (%)	Infestación final (día 20) (%)
Control	7	19	19,32	17,05
	10	6,3	8,8	13,19
	13	8,4	18,62	14,38
	81	12,5	15,75	22,06
Ácido fórmico 60 ml.	1	6,4	2,76	7,33
	6	7,9	1,27	2,14
	8	7,1	19,4	8,03
	14	11,2	33,53	24,34
Ácido fórmico 100 ml.	5	8	2,52	0
	12	5,5	3,7	0
	16	6,6	4,76	3,03
	18	5,9	1,18	0

**ANEXO 10 Infestación inicial y final en celdilla de cría operculada.**

Tratamiento	Colmena N°	Infestación inicial (%)	Infestación final (%)
Control	7	15,32	16,32
	10	14,25	14,25
	13	28,23	17,3
	81	13,92	11,28
Ácido fórmico 60 ml.	1	18,72	12,41
	6	19,81	11,56
	8	22,83	17,25
	14	10,95	9,25
Ácido fórmico 100 ml.	5	22,35	18,96
	12	30,36	21,4
	16	14,58	15,64
	18	11,61	12,31

**ANEXO 11 Varroas caídas por efecto de los tratamientos, por Bayvarol, número total de varroas en las colmenas y efectividad durante el ensayo.**

Tratamiento	Colmena (N°)	Varroas caídas por tratamientos	Varroas caídas por Bayvarol	Total de varroas	Efectividad (%)
Control	7	202	1335	1537	13,14
	10	298	1770	2068	14,41
	13	149	1711	1860	8,01
	81	270	1667	1937	13,94
Ácido fórmica 60 ml.	1	779	123	902	86,36
	6	1193	102	1295	92,12
	8	784	112	896	87,50
	14	1431	89	1520	94,14
Ácido fórmica 100 ml.	5	2662	161	2823	94,30
	12	1924	123	2047	93,99
	16	2108	132	2240	94,11
	18	1231	95	1326	92,84

**ANEXO 12 Análisis no paramétrico de Friedman y coeficiente de concordancia de Kendall realizada sobre la variable respuesta ventilación. El tiempo desde la aplicación de ácido fórmico es considerado como el factor de medidas repetidas. El nivel de significancia es de 0.05 (i.e. valores significativos con  $p < 0.05$ ). Chi-cuadrado ( $N = 12$ ,  $df = 2$ ) = 1.806,  $p < 0.40526$ .**

Variable	Promedio	Suma de rankings	Promedio	Desviación estándar
Día 0	1,750	21,000	1,333	0,492
Día 5	2,083	25,000	1,583	0,792
Día 10	2,167	26,000	1,583	0,668

**ANEXO 13 Análisis de varianza de medidas repetidas realizado sobre la variable dependiente pillaje. El tiempo desde la aplicación de ácido fórmico es considerado como el factor de medidas repetidas, mientras que el tratamiento con ácido fórmico es el factor fijo. El nivel de significancia es de 0,05.**

Variables	S.C.	G.L.	M.C.	F	p
Tratamientos	9,056	2	4,528	1,038	0,392
Error	39,250	9	4,361		
Tiempo	0,222	2	0,111	0,048	0,953
Tiempo x Tratamientos	1,778	4	0,444	0,190	0,940
Error	42,000	18	2,333		



**Anexo 14 Análisis de varianza de medidas repetidas realizado sobre la variable dependiente varroas muertas (transformada con  $\log_{10}$ ). El tiempo desde la aplicación de ácido fórmico es considerado como el factor de medidas repetidas, mientras que el tratamiento con ácido fórmico es el factor fijo. En negrita se destacan los efectos significativos a un nivel de significancia de 0,05.**

Variables	S.C.	G.L.	M.C.	F	p
Tratamientos	6,956	2	3,478	10,928	<b>0,004</b>
Error	2,864	9	0,318		
Tiempo	15,303	7	2,186	40,711	<b>0,000</b>
Tiempo x Tratamientos	5,679	14	0,406	7,555	<b>0,000</b>
Error	3,383	63	0,054		

**Prueba *a posteriori* de Tukey realizada sobre el factor Tratamiento con ácido fórmico. En negrita se destacan los efectos significativos a un nivel de significancia de 0,05.**

Tratamientos	Control	60 ml	100 ml
Control	-	0,14	<b>0,00</b>
60 ml		-	0,07

**Anexo 14 Continuación**

**Resultados de la prueba *a posteriori* de Tukey realizada sobre el factor Tiempo desde la aplicación de ácido fórmico. En negrita se destacan los efectos significativos a un nivel de significancia de 0,05**

TIEMPO	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12	Día 15	Día 18	Día 21
Día 0		0,12	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Día 3	-		<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,03</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Día 6	-	-		1,00	1,00	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,02</b>
Día 9	-	-	-		1,00	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,03</b>
Día 12	-	-	-	-		<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>
Día 15	-	-	-	-	-		0,48	0,56
Día 18	-	-	-	-	-	-		<b>0,01</b>
Día 21	-	-	-	-	-	-	-	

**Prueba *a posteriori* de Tukey realizada sobre la interacción Tiempo (desde la aplicación de ácido fórmico) x Tratamientos (con ácido fórmico). En negrita se destacan los efectos significativos a un nivel de significancia de 0,05 .**



**Anexo 15. Análisis de varianza de medidas repetidas realizado sobre la variable dependiente % de infestación de varroa sobre crías. El tiempo desde la aplicación de ácido fórmico es considerado como el factor de medidas repetidas, mientras que el tratamiento con ácido fórmico es el factor fijo. El nivel de significancia es de 0,05.**

Variables	S.C.	G.L.	M.C.	F	p
Tratamientos	38,720	2	19,360	0,391	0,687
Error	445,911	9	49,546		
Tiempo	84,375	1	84,375	6,632	0,056
Tiempo x Tratamientos	9,017	2	4,509	0,461	0,644
Error	87,971	9	9,775		

**ANEXO 16. Análisis de varianza de medidas repetidas realizado sobre la variable dependiente % de infestación de varroa sobre abejas adultas. El tiempo desde la aplicación de ácido fórmico es considerado como el factor de medidas repetidas, mientras que el tratamiento con ácido fórmico es el factor fijo. En negrita se destacan los efectos significativos a un nivel de significancia de 0,05.**

Variables	S.C.	G.L.	M.C.	F	p
Tratamientos	0,329	2	0,164	121,329	<b>0,015</b>
Error	0,216	9	0,024	6,834	
Tiempo	0,015	2	0,007		0,2975
Tiempo x Tratamientos	0,095	4	0,023	1,298	<b>0,016</b>
Error	0,106	18	0,005		