

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



“PESTICIDAS COMERCIALES EN LA MORTALIDAD DE *Apis mellifera* L.”

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

BARBARA AMALIA EDEN ROMÁN

LIMA – PERÚ

2020

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad intelectual)**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

“PESTICIDAS COMERCIALES EN LA MORTALIDAD DE *Apis mellifera* L.”

BARBARA AMALIA EDEN ROMÁN

Tesis para optar el Título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Alexander Regulo Rodríguez Berrio
PRESIDENTE

Dr. Agustín Martos Tupes
ASESOR

Ing. Mg. Sc. Mónica Narrea Cango
MIEMBRO

Ing. José Alfredo Palacios Vallejo
MIEMBRO

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mis padres Amalia J. B. Román Portocarrero y Jorge A. Eden Camacho, quienes forjaron mi carácter y sentaron las bases de mi camino.

A mi asesor Dr. Agustín Martos Tupes, quien me invitó a conocer el maravilloso mundo apícola y con ello la razón de hacer agronomía, guiándome con mucha paciencia y entrega en el presente proyecto de investigación en toda su complejidad.

A cada uno de los apicultores, en quienes fundamento la presente y cuya labor fue incentivo para profundizar en el tema y llegar hasta el final del proyecto.

A mi familia, quienes a pesar de la distancia siempre estuvieron al tanto de mis avances.

A cada uno de mis amigos y compañeros molineros quienes compartieron momentos muy gratos dándome una mejor perspectiva para lograr la investigación.

A ti por invertir unos minutos en la presente investigación, la cual espero te sea de gran utilidad.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor y patrocinador Dr. Agustín Martos Tupes, catedrático de la UNALM, quien me brindó todo su apoyo por medio de invaluable conocimientos, y también al brindarme los materiales necesarios para llevar a cabo la presente.

Al Mg. Sc. Julian Chura Chuquija por su total entrega en el análisis estadístico de los resultados de la presente, además de consejos y recomendaciones muy importantes para su elaboración.

Al Proyecto de Investigación y Proyección Social Apícola La Molina (PIPSA-La Molina).

Al Programa de Investigación y Proyección Social en Frutales por brindarme los insumos necesarios para la correcta ejecución de esta tesis.

Al Dr. Javier A. Vásquez Castro, quien facilitó las jaulas para las evaluaciones y de esa manera lograr llevar a cabo la presente.

A mis amigos Paola Relayze Porras y Josbet J. López Trujillo por brindarme importante e interesante material audiovisual y fotográfico para la sustentación de la presente investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Págs.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1 Materiales	21
3.1.1 Jaulas para los ensayos	21
3.1.2 La pasta alimenticia	21
3.1.3 Abejas obreras pecoreadoras	21
3.1.4 Materiales auxiliares	21
3.1.5 Pesticidas	24
3.2 Diseño experimental	39
3.2.1 Tratamientos	39
3.2.2 Ensayos realizados	39
A. Ensayo de contacto	40
B. Ensayo de ingestión	40
C. Ensayo de contacto para determinación del poder residual	40
3.2.3 Variables estudiadas	40
3.2.3.1 Número de abejas muertas	40
3.2.3.2 Estudio del comportamiento de las abejas	47
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1 Efecto de los pesticidas en la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> L.	48
4.1.1. Ensayo de contacto	48
4.1.2 Ensayo de ingestión	76
4.1.3 Ensayo de contacto para determinación del poder residual	104
4.2 Efecto de los pesticidas en el comportamiento de las abejas <i>Apis mellifera</i> L.	120
4.2.1 Ensayo de contacto	120
4.2.2 Ensayo de ingestión	129
V. CONCLUSIONES	139
VI. RECOMENDACIONES	140
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141
VIII. ANEXOS	154

ÍNDICE DE TABLAS

	Págs.
Tabla 1: Información técnica de los pesticidas ensayados	30
Tabla 2: Propiedades físicoquímicas de los ingredientes activos utilizados en los ensayos	37
Tabla 3: Dosis comerciales de los pesticidas utilizados en los ensayos según cultivo y plaga o maleza, con sus respectivas concentraciones de ingrediente activo (i.a.)	38
Tabla 4: Porcentajes de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas a 1 hora de exposición en prueba de contacto	49
Tabla 5: Porcentajes de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas a 3 horas de exposición en prueba de contacto	52
Tabla 6: Porcentajes de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas a 6 horas de exposición en prueba de contacto	58
Tabla 7: Porcentajes de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas a 24 horas de exposición en prueba de contacto	62
Tabla 8: Porcentajes de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas a 48 horas de exposición en prueba de contacto	68
Tabla 9: Porcentajes de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas a 72 horas de exposición en prueba de contacto	72
Tabla 10: Porcentajes de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas a 1 hora de exposición en prueba de ingestión	77
Tabla 11: Porcentajes de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas a 3 horas de exposición en prueba de ingestión	82
Tabla 12: Porcentajes de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas a 6 horas de exposición en prueba de ingestión	89
Tabla 13: Porcentajes de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas a 24 horas de exposición en prueba de ingestión	93
Tabla 14: Porcentajes de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas a 48 horas de exposición en prueba de ingestión	97

Tabla 15: Porcentajes de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas a 72 horas de exposición en prueba de ingestión	100
Tabla 16: Porcentajes de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas a 1 hora de exposición en prueba de contacto para la determinación del poder residual	105
Tabla 17: Porcentajes de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas a 3 horas de exposición en prueba de contacto para la determinación del poder residual	109
Tabla 18: Porcentajes de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas a 6 horas de exposición en prueba de contacto para la determinación del poder residual	112
Tabla 19: Porcentajes de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas a 24 horas de exposición en prueba de contacto para la determinación del poder residual	115

ÍNDICE DE FIGURAS

	Págs.
Figura 1. Colmenar donde fueron capturadas las abejas para su evaluación.	20
Figura 2. Laboratorio donde se realizaron las aplicaciones de los pesticidas.	20
Figura 3. Jaula acrílica transparente utilizada para el confinamiento de las abejas.	22
Figura 4. Jaula plástica transparente utilizada para el confinamiento de las abejas.	22
Figura 5. Ingredientes de la pasta alimenticia para las abejas.	23
Figura 6. Materiales utilizados en las evaluaciones de laboratorio.	23
Figura 7. Productos pesticidas. Roundup (glifosato) (a) y Lannate (metomil) (b).	25
Figura 8. Productos pesticidas. Cipermax Super (alfacipermetrina) (a) y Regent (fipronil) (b).	26
Figura 9. Productos pesticidas. Tracer (spinosad) (a) y GF-120 (spinosad) (b).	27
Figura 10. Productos pesticidas. Absolute (spinetoram) (a) y Movento (spirotetramat) (b).	28
Figura 11. Productos pesticidas. Lorsban (clorpirifós) (a) y Confidor (imidacloprid) (b).	29
Figura 12. Dilución del pesticida según dosis comercial (a) y captura o introducción de abejas desde la piquera sin intervención manual (b).	41
Figura 13. Registro de mortandad y comportamiento de las abejas <i>Apis mellifera</i> a 1, 3, 6, 24, 48 y 72 horas de exposición por contacto tarsal forzado.	42
Figura 14. Pesado de la pasta alimenticia para su posterior mezcla con el pesticida en la prueba de ingestión (a) y puesta de la mezcla en el recipiente (tapa de botella) para su posterior ingesta en la jaula (b).	43
Figura 15. Registro y observación de mortandad y comportamiento de las abejas en la prueba de ingestión.	44
Figura 16. Asperjador tipo spray de acción manual para la aplicación del pesticida en toda la jaula de forma homogénea para la prueba de contacto	45

(a) e introducción o captura de abejas con la jaula plástica transparente con ingreso desde la piquera sin manipulación manual (b).	
Figura 17. Registro y observación de la mortandad y comportamiento de las abejas en la prueba de contacto para la determinación del poder residual.	46
Figura 18. Alto valor porcentual de mortandad registrado en el tratamiento Lannate (metomil) (a) contrastando fuertemente con el testigo (b) en la prueba de contacto.	54
Figura 19. Altos valores porcentuales de mortandad registrados en los tratamientos Cipermax Super (alfacipermetrina) (a) y Regent (fipronil) en la prueba de contacto.	63
Figura 20. Altos valores porcentuales de mortandad registrados en los tratamientos Lorsban (clorpirifós) (a) y Tracer (spinosad) (b) en la prueba de contacto.	64
Figura 21. Altos valores porcentuales de mortandad registrados en los tratamientos Absolute (spinetoram) (a) y Confidor (imidacloprid) (b) en la prueba de contacto.	69
Figura 22. Alto valor porcentual de mortandad registrado en el tratamiento Movento (spirotetramat) en la prueba de contacto.	73
Figura 23. Valores porcentuales bajos registrados en los tratamientos Roundup (glifosato) (a) y GF-120 (spinosad) (b) en la prueba de contacto.	74
Figura 24. Alto valor porcentual de mortandad registrado por el tratamiento Lannate (metomil) (a), contrastando fuertemente con el testigo (b) en la prueba de ingestión.	78
Figura 25. Valores altos de mortandad registrados por los tratamientos Lorsban (clorpirifós) (a) y Confidor (imidacloprid) (b) en la prueba de ingestión.	83
Figura 26. Abeja posada en el suelo descansando para luego continuar su pecoreo (a) y abeja posada en una hoja hidratándose para continuar su ruta de pecoreo (b).	87
Figura 27. Altos valores porcentuales de mortandad registrados por los tratamientos Regent (fipronil) (a) y Tracer (spinosad) (b) en la prueba de ingestión.	90

Figura 28. Alto valor porcentual de mortandad registrado por el tratamiento Absolute (spinetoram) en la prueba de ingestión.	94
Figura 29. Alto valor porcentual de mortandad registrado por el tratamiento Cipermax Super (alfacipermetrina) en la prueba de ingestión.	98
Figura 30. Altos valores porcentuales de mortandad registrados por los tratamientos Movento (spirotetramat) (a) y el GF-120 (spinosad) (b) en la prueba de ingestión.	101
Figura 31. Valor porcentual registrado por el tratamiento herbicida Roundup (glifosato) en la prueba de ingestión.	103
Figura 32. Mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> L. a 1 hora de exposición en prueba de contacto para determinación del poder residual.	106
Figura 33. Altos valores porcentuales de mortandad registrados en los tratamientos de Lannate (metomil) (a) y Confidor (imidacloprid) (b) en la prueba de contacto para la determinación del poder residual.	107
Figura 34. Mortandad de abejas <i>Apis mellifera</i> L. a 3 horas de exposición en prueba de contacto para la determinación del poder residual.	110
Figura 35. Mortalidad en abejas <i>Apis mellifera</i> L. a 6 horas de exposición en prueba de contacto para la determinación del poder residual.	113
Figura 36. Mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> L. a 24 horas de exposición en prueba de contacto para la determinación del poder residual.	116
Figura 37. Disposición de las jaulas plásticas transparentes para la evaluación de los tratamientos.	118
Figura 38. Excesiva ingesta del alimento.	121
Figura 39. Residuos hallados en el suelo de la jaula producto de las excreciones y restos corporales.	121
Figura 40. Positiva respuesta a la luz expresada en atracción.	123
Figura 41. Aglomeraciones de abejas caracterizadas además por su inmovilidad.	125
Figura 42. Buena adherencia sobre las superficies de la jaula.	127
Figura 43. Las abejas manifestando un comportamiento de necrofagia.	127
Figura 44. Regurgitaciones.	128
Figura 45. Nubosidad en la jaula presentada probablemente por la volatilidad del producto.	131

Figura 46. Efecto de volteo producido por el intermitente y acelerado movimiento de extremidades de las abejas.	131
Figura. 47. Alta humedad registrada en la jaula.	134
Figura 48. Según la vigorosidad de cada individuo, dependía tanto el comportamiento como su temprana mortandad.	136
Figura 49. Excesivas exudaciones del cuerpo de las abejas, originando un oscurecimiento de los cuerpos.	136
Figura 50. Abejas del testigo manteniendo un comportamiento activo y constante, aún con el pasar de las horas.	137

ÍNDICE DE ANEXOS

	Págs.
Anexo 1. Tabla de registro de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas comerciales.	154
Anexo 2. Tabla de registro de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas comerciales	155
Anexo 3. Tabla de registro de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas comerciales.	156
Anexo 4. Tabla de registro de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas comerciales.	157
Anexo 5. Tabla de registro de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas comerciales.	158
Anexo 6. Tabla de registro de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas comerciales.	159
Anexo 7. Tabla de registro de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas comerciales.	160
Anexo 8. Tabla de registro de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas comerciales.	161
Anexo 9. Tabla de registro de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas comerciales.	162
Anexo 10. Tabla de registro de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas comerciales.	163
Anexo 11. Tabla de registro de mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas comerciales.	164
Anexo 12. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 1 hora de exposición.	165
Anexo 13. Comparación de medias de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 1 hora de exposición.	165
Anexo 14. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 3 horas de exposición.	166
Anexo 15. Comparación de medias de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 3 horas de exposición.	166

Anexo 16. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 6 horas de exposición.	167
Anexo 17. Comparación de medias de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 6 horas de exposición.	167
Anexo 18. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 24 horas de exposición.	168
Anexo 19. Comparación de medias de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 24 horas de exposición.	168
Anexo 20. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 48 horas de exposición.	169
Anexo 21. Comparación de medias de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 48 horas de exposición.	169
Anexo 22. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 72 horas de exposición.	170
Anexo 23. Comparación de medias de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 72 horas de exposición.	170
Anexo 24. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 1 hora de exposición.	171
Anexo 25. Comparación de medias de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 1 hora de exposición.	171
Anexo 26. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 3 horas de exposición.	172
Anexo 27. Comparación de medias de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 3 horas de exposición.	172
Anexo 28. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 6 horas de exposición.	173
Anexo 29. Comparación de medias de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 6 horas de exposición.	173
Anexo 30. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 24 horas de exposición.	174
Anexo 31. Comparación de medias de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 24 horas de exposición.	174

Anexo 32. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 48 horas de exposición.	175
Anexo 33. Comparación de medias de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 48 horas de exposición.	175
Anexo 34. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 72 horas de exposición.	176
Anexo 35. Comparación de medias de la mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i> por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 72 horas de exposición.	176

RESUMEN

Se realizaron ensayos de laboratorio para determinar efectos de Roundup SL (glifosato), Lannate 40 SP (metomil), Ciperhex Super 10 CE (alfacipermetrina), Regent SC (fipronil), Tracer 120 SC (spinosad), GF-120 CB (spinosad), Absolute 60 SC (spinetoram), Movento 150 OD (spirotetramat), Lorsban 4 EC (clorpirifós) y Confidor 350 SC (imidacloprid), en la mortalidad de *Apis mellifera* L. y sus efectos en su comportamiento. Las pruebas se realizaron de enero a marzo de 2019 en el apiario de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), utilizando abejas europeas *Apis mellifera* L. en jaulas acrílicas transparentes, bajo un diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 11 tratamientos, incluido un testigo sin aplicación química. En general, se hicieron evaluaciones a 1, 3, 6, 24, 48 y 72 horas, con ligeras variaciones, según ensayos de contacto, ingestión y poder residual. Todos los pesticidas, en los diferentes ensayos, ocasionaron valores importantes y significativos de mortalidad en la abeja melífera, habiéndose determinado, además, notorias alteraciones, por efecto de pesticidas, en el comportamiento de las abejas.

Palabras claves: pesticidas, *Apis mellifera*, mortalidad, ensayos de ingestión, ensayos de contacto, ensayos de poder residual.

ABSTRACT

Laboratory tests were performed to determine the effects of Roundup SL (glyphosate), Lannate 40 SP (metomil), Cipermax Super 10 CE (alpha-permethrin), Regent SC (fipronil), Tracer 120 SC (spinosad), GF-120 CB (spinosad), Absolute 60 SC (spinetoram), Movento 150 OD (spirotetramat), Lorsban 4 EC (chlorpyrifos) and Confidor 350 SC (imidacloprid), in the mortality of *Apis mellifera* L. and its effects on its behavior. The tests were carried out from January to March 2019 in the apiary of the National Agrarian University La Molina (UNALM), using European bees *Apis mellifera* L. in transparent acrylic cages, under a design in Completely Random Blocks (DBCA) with 11 treatments, including a witness without chemical application. In general, evaluations were made at 1, 3, 6, 24, 48 and 72 hours, with slight variations, according to contact tests, ingestion and residual power. All pesticides, in the different tests, caused important and significant mortality values in the honey bee, having also determined notorious alterations, due to the effect of pesticides, on the behavior of bees.

Keywords: pesticides, *Apis mellifera*, mortality, ingestion tests, contact tests, residual power tests.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el notable crecimiento casi exponencial de la densidad poblacional humana ha generado mayor demanda a nivel nacional e internacional en productos alimenticios, teniendo que recurrir al uso de pesticidas para la represión de plagas y enfermedades en los cultivos para lograr cumplir con las exigencias en cantidad y calidad sobre todo en exportación.

Los pesticidas que se aplican en agricultura pueden ser herbicidas, fungicidas e insecticidas con una gran diversidad de ingredientes activos correspondientes a grupos químicos como organofosforados, piretroides, fenilpirazoles, reguladores de crecimiento y neonicotinoides, que hacen de ellos sustancias altamente tóxicas para un control eficaz de las plagas, por esta razón también llamados agrotóxicos; sin embargo, a su vez afectan especies que no son objeto de control como los insectos polinizadores; siendo los más importantes, los abejorros, las abejas silvestres y la abeja melífera *Apis mellifera* L., destacándose la participación de esta última por su predominio en número de individuos y por su gran actividad como agente polinizador, siendo potencialmente la más afectada ya que las aplicaciones suelen darse antes y durante el periodo de floración, causando por ende su muerte o variaciones en comportamiento irreversibles (Greenpeace, 2013).

La abeja *Apis mellifera* L. es un insecto que poliniza eficientemente la mayoría de los cultivos comerciales, mejorando notablemente los rendimientos y la calidad de los frutos tanto en su calibre y aspecto en general, así como en el sabor y otras características organolépticas; tradicionalmente, su importancia se limitaba a la producción de los derivados de la colmena que permitían generar sustento a los apicultores y agricultores; actualmente, se constituye en un insecto muy importante y crucial por su óptima labor de polinización en frutales y plantas productoras de semillas, generando, a su vez, ingresos económicos por el alquiler de colmenas (Greenpeace, 2013).

En la última década, en nuestro país, se ha venido observando un fenómeno de mortalidad masiva de abejas en colmenares y en colmenas instaladas en plantaciones de frutales para fines de polinización, generando pérdidas económicas a los apicultores de 300 U.S. dólares americanos por colmena, sin considerar la catástrofe ecológica que altera el equilibrio de los ecosistemas, poniendo en riesgo la actividad de producción frutícola a corto y mediano plazo, afectando, a largo plazo, la biodiversidad en flora y fauna (Greenpeace, 2013); la experiencia nos indica que la muerte masiva de abejas está estrechamente ligada a la aplicación de pesticidas en las plantaciones agrícolas donde las abejas hacen la polinización o en parcelas contiguas a los colmenares, casos muy similares ocurridos alrededor del mundo, donde además los productos han sido ya prohibidos hasta la fecha, despiertan la sospecha de que los principales causantes serían los pesticidas a pesar que personas ligadas a ellos lo nieguen o se desentiendan por intereses económicos, tomando ventaja de la ausencia de investigaciones conducentes a la determinación de los efectos de los pesticidas de uso comercial en la mortalidad de las abejas tanto en laboratorio como en campo.

Por lo antes manifestado, se planteó la presente investigación para determinar el efecto de pesticidas de uso comercial en la mortalidad y comportamiento de abejas *Apis mellifera* L. bajo condiciones de laboratorio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Clinch *et al.* (1973) registraron en el methomyl 8 días de persistencia de toxicidad con un efecto de desorganización de abejas forrajeras, nula producción de néctar por 4 días y una muy evidente mortalidad, sin repelencia alguna.

Wilkendorf (1995) determinó que el polen contaminado con Mancozeb (...), empleado como alimento de abejas melíferas, no tuvo efectos sobre mortalidad de adultos ni sobre el desarrollo de larvas y pupas.

Jiménez *et al.* (1996) observaron en abejas melíferas una alta mortalidad y disminución del área de cría por efecto del clorpirifós (Lorsban 4E), habiendo observado disminución de la actividad de vuelo, temblores y convulsiones con las alas y proboscis extendidas, pérdida del sentido de orientación y abultamiento del abdomen.

Koch & Weiber (1997) sugirieron que las abejas están expuestas a los pesticidas tras aplicaciones en campo, y que además los trasladan; debido a que varias trazas de los químicos fueron halladas en las colmenas en concentraciones de 1.62 a 20.84 ng/abeja en huertos de manzano y 6.34 a 35.77 ng/abeja en cultivos de Phacelia.

Louvet (2004) afirmó que Bayer y BASF no fueron transparentes al asegurar que el fipronil no estaría al alcance de las abejas por el solo hecho de estar enterrado o en las plantas, negando de esta manera cualquier posibilidad a ser el causante de la muerte de abejas en Francia; además, Ravel libra al pesticida de toda culpa al señalar que la abeja únicamente lo transporta sin consumirlo y en concentraciones triviales.

Chauzat *et al.* (2006) encontraron fipronil en el polen superando el límite de detección y el imidacloprid hallado en el 69% de las muestras con valores hasta de 5.7 ug/kg.

Cutler & Scott-Dupree (2007) concluyeron que las abejas *Apis mellifera* L. no se ven afectadas en ningún aspecto al estar expuestas a plantas de canola en plena floración y cuyas

semillas fueron tratadas previamente con Clotianidina, habiendo sido trasladada esta sustancia, por su naturaleza, al polen y néctar, pero ello no repercutió en el desarrollo de las abejas en ningún aspecto.

Yang *et al.* (2008) encontraron alteración en el comportamiento forrajero de abejas, tal como demora en la visita al alimento, tras la ingesta del imidacloprid a una concentración de 50 microgramos/litro en su alimento; mientras que, con 1200 microgramos/litro un grupo de ellas se perdía y otras lograban volver al alimento al día siguiente.

Las neuronas se comunican entre sí por medio de neurotransmisores, como la acetilcolina, que llevan el impulso nervioso a través de un sitio llamado sinapsis, luego llegando a un receptor, originando así un cambio del potencial de membrana de la neurona postsináptica; lo cual es fundamental para el sistema nervioso central, de verse atrofiado causaría deterioro cognitivo progresivo, autonómico y en la función neuromuscular (Sánchez-Chávez & Salceda, 2008).

La acetilcolina es un neurotransmisor distribuido en el sistema nervioso central y periférico, cuya función es mediar la actividad del sistema nervioso y tiende a causar acciones excitatorias; una vez realizada su función, es hidrolizada por la enzima acetil colinesterasa que la transforma en colina y acetato; por otro lado, se sintetiza en ciertas neuronas mediante la enzima colina acetiltransferasa a partir de colina y acetil-CoA (Wikipedia, 2010).

El impulso nervioso inicia con la llegada de un potencial que despolariza la membrana presináptica activando los canales iónicos, el ingreso del Ca^{+2} fomenta la liberación de la acetilcolina que se unirá a los receptores postsinápticos y así, dando apertura a los canales iónicos para el ingreso de Ca^{+2} , y otros cationes, ocurriendo despolarización; por otro lado, la acetilcolina es hidrolizada por la acetilcolinesterasa (UAH, 2010).

La acetilcolinesterasa es una enzima situada en las hendiduras sinápticas que hidroliza a la acetilcolina primero a colina, que regresa a la membrana presináptica y es reutilizada en la síntesis de acetilcolina, y segundo, a acetato (UAH, s.f.).

Han *et al.* (2010) en China, determinaron que el polen transgénico Cry1Ac + CpTI de algodón tratado con imidacloprid a una concentración de 48 ppb y, tras una exposición de

abejas adultas por 7 días, la mortalidad fue nula, aunque hubo variaciones en el comportamiento alimenticio expresado como un rechazo al alimento.

Las abejas pueden entrar en contacto con los pesticidas por pulverizaciones, polvo y al pecorear, existiendo a su vez niveles de intoxicación aguda con muerte a corto plazo, y crónica por exposición más prolongada, ocurriendo daño neuronal, comportamental, fisiológico, bioquímico o celular; además, los efectos subletales pueden alterar nutrición, comunicación, termorregulación, memoria, aprendizaje, y provocar vulnerabilidad a la colonia (Sabench, 2011).

Coppa & Huerta (2011) hicieron un registro de los pesticidas de uso frecuente en la agricultura andino Patagónica, según su nocividad en las abejas, determinando al clorpirifós e imidacloprid como altamente tóxicos, el herbicida glifosato como no tóxico y al spinosad como exento de riesgo una vez seco y con la recomendación de no aplicar en presencia de abejas; además, resaltan que un producto no es tóxico cuando su DL50 es mayor a 100 microgramos/abeja.

Los inhibidores de la enzima acetilcolinesterasa, carbamatos y organofosforados, actúan principalmente bloqueando la degradación del neurotransmisor acetilcolina (Ach), ocasionando un incremento de la concentración de Ach en la unión sináptica del sistema nervioso central y con ello la interrupción del impulso nervioso (UAH, 2011).

Whitehorn *et al.* (2012) tras los exámenes realizados en laboratorio acerca de la exposición de abejorros *Bombus terrestris* a imidacloprid y luego siendo liberados a condiciones de campo para su desarrollo natural, hallaron una reducción significativa del 85% en producción de reinas, como consecuencia de la exposición a este neonicotinoide.

Krupke *et al.* (2012) demostraron que las abejas están expuestas severamente a los pesticidas que se aplican en periodos forrajeros, en el suelo aún sin sembrar, semillas tratadas y su polen generado; se encontró clotianidina en el polen de la colmena y en abejas polinizadoras que lo recolectan; evidenciando el poder altamente residual y contaminante de los neonicotinoides no solo en la planta sino también en el suelo.

Gill *et al.* (2012) encontraron que la toxicidad de los pesticidas neonicotinoides y piretroides se expresan en un comportamiento forrajero deficiente e incremento de la tasa de mortandad, habiendo observado, además, el efecto knock-down y la propensión al fracaso de la colonia por exposición a estos productos.

En-Cheng *et al.* (2012) concluyeron que la exposición de los estadios pre pupa, pupa y eclosión de abejas a una solución de imidacloprid con 0.1% o 1% de dimetilsulfóxido en aplicaciones mayores a 0.04 ng/larva, trae consecuencias perjudiciales en el aprendizaje y memoria en el estadio adulto lo cual conlleva a una baja producción de alimento.

Carrasco-Letelier *et al.* (2012) encontraron que el clorpirifós en formulación comercial Lorsban 48E representa un problema potencial para las abejas debido a la dosis aplicada en campos de soya en Uruguay equivalente a 23 veces su DL50; además, tras estudios sobre la toxicidad de los insecticidas cipermetrina, clorpirifós y endosulfán en abejas, se observó mayor sensibilidad a los dos últimos productos.

Aufauvre *et al.* (2012) expusieron abejas *Apis mellifera* al hongo parásito *Nosema ceranae* y a dosis subletales del pesticida fipronil con el objetivo de descartar algún tipo de sinergia, los resultados establecieron que la combinación de ambos repercute negativa y potencialmente en la supervivencia del agente polinizador; cabe resaltar que, tanto el patógeno como el agrotóxico fueron aplicados en distinto orden como también, al mismo tiempo.

Para identificar los residuos agroquímicos a los cuales las abejas están más expuestas, el Centro de Investigaciones Aplicadas de la UTFSM analizó diversas muestras de miel, obteniéndose como resultados la presencia de glifosato en el 80% de las muestras; con lo cual se corrobora la exposición de abejas al herbicida, y que logra llegar a formar parte de la producción de la miel (Agrocompetitivo, 2012).

Tirado *et al.* (2013) mostraron su preocupación ante la notable reducción de las abejas, tanto en Norteamérica como Europa, llegando en este último a un 53% en algunos países, señalando a los neonicotinoides, piretroides, fipronil y clorpirifós, entre otros, como los posibles principales causantes y acusando a su vez la falta de programas regionales e

internacionales sólidos que protejan a los polinizadores de los cuales dependen el 90% de los cultivos.

Tecnova (2013) halló que Mospilan (acetamiprid) en aplicaciones foliares en cultivo de melón en invernadero, no afectó la actividad polinizadora de las abejas; agrega que el porcentaje de mortalidad de abejas obreras en las parcelas tratadas ha sido similar a las registradas en campo con la ausencia de tratamientos foliares; en general, la investigación pone de manifiesto que el producto Mospilan no presenta efectos nocivos para las abejas.

Pilling *et al.* (2013) analizaron los residuos de tiametoxan y clotianidina en polen y néctar, resultando dentro del rango de 1-7 ug/kg en maíz y 0.5-3.5 ug/kg en colza; no hallándose variación en mortalidad y comportamiento forrajero, entre otros, con respecto al grupo control; concluyendo que existe un muy bajo riesgo para las abejas melíferas expuestas a cultivos de maíz y colza cuyas semillas fueron tratadas con tiametoxan.

Tras los análisis en laboratorio del agua de gutación de cultivos de maíz de semillas tratadas con neonicotinoides Poncho y Cruiser, se registró en el primero 11.709 µg/l de clotianidina, y en el segundo 55.260 µg/l de tiametoxam y 9.651 µg/l de clotianidina, que iguala o supera la DL50 de toxicidad oral aguda en tan solo una de las 46 visitas de la abeja a la planta, arriesgando la salud de la abeja como de su colonia (Greenpeace, 2013).

Goulson (2013) tras el análisis acerca de la concentración de neonicotinoides en suelo (de 1 a más de 100 ppb), agua (de 1 a más de 200 ppb), campos (de 1-9 ppb) y néctar y polen de cultivos (1-50 ppb) que exceden al requerimiento para el control de plagas de 5-10 ppb únicamente, concluyó que estos productos estarían causando el declive o eliminación de diversos organismos como los polinizadores responsables de la producción agrícola.

Boily *et al.* (2013), con el objetivo de relacionar la actividad de la acetilcolinesterasa con la exposición a los neonicotinoides, expusieron abejas *Apis mellifera* a las dosis subletales de imidacloprid y glifosato por dos semanas en campos de maíz de manejo orgánico, convencional y no cultivado, resultando un aumento de actividad de AChE en todos ellos, principalmente en el segundo, sobre todo frente al insecticida, y disminución por el herbicida.

Las propiedades fisicoquímicas permiten entender cómo se comporta el plaguicida en el ambiente y de esa manera conocer el riesgo que implicaría para los animales benéficos, ya que, determinarían si son fácilmente transportados hasta aguas subterráneas, la tendencia y velocidad a volatilizarse del agua, fijación en la materia orgánica del suelo y polaridad para su distribución en tejido de grasa animal (CRC, s.f.)

Sánchez-Bayo & Goka (2014) afirmaron que las aplicaciones en campo de pesticidas piretroides y neonicotinoides dejan residuos en polen y néctar con un efecto acumulativo subestimado; también, tiametoxam, fosmet, imidacloprid, clorpirifós, clotianidina, y el organoclorado lindane en diferentes proporciones; finalmente, varios de los mencionados perjudican el comportamiento forrajero de la abeja y a la colonia, por su sinergia.

Ruíz-Toledo & Sánchez-Guillén (2014) en México bajo condiciones de laboratorio evaluaron la mortalidad de *Apis mellifera* expuestas vía oral a la mitad de dosis comercial de 178 ug/L del glifosato y a dosis halladas en campo de soya transgénica en un rango de 0.05 a 36.7 ug/L; obteniendo en el primer caso, abejas muertas desde los 44 minutos y total a las 12 horas; mientras que, en el segundo caso, nula diferencia significativa con el testigo.

Rondeau *et al.* (2014) determinaron los efectos de toxicidad del imidacloprid en abejas melíferas recién al día 30 y en larvas al día 11, no habiendo reportado mortalidad a corto plazo.

Iannacone & Alvarino (2014) determinaron que el fipronil es muy tóxico para la abeja melífera, tras realizar los ensayos en laboratorio obteniendo como resultados la siguiente secuencia decreciente de toxicidad en DL 50 a 24h de exposición: oral (1,56 ng i.a/abeja) > contacto (6,06 ng i.a/abeja), y a las 48h: oral (1,05 ng i.a/abeja) > contacto (1,07 ng i.a/abeja), con ello resultando el pesticida tener un efecto significativo de riesgo ecológico para *Apis mellifera* L.

Gómez (2014) reportó el efecto del GF-120 en *Apis mellifera*, por medio de aplicaciones tópicas, contacto tarsal y aspersión, resultando una mortandad importante en el primero a las 24 horas, no hubo diferencia significativa en el segundo, alta toxicidad en el tercero cuando el producto estuvo húmedo llegando a un 93% de mortalidad en 1 hora de exposición y

estando seco se registró menos de 20% en 1 hora; también resaltó que no es un buen repelente.

Tras la exposición de las abejas al herbicida glifosato mediante ingestión basados en dosis reales halladas en campo, Herbert *et al.* (2014) encontraron una repelencia olfativa hacia el néctar con el pesticida, daños a nivel del sistema nervioso como reducción de memoria a corto plazo y capacidad de aprendizaje; además, el pesticida lograba ser trasladado a la colmena contaminándola y trayendo consecuencias negativas a largo plazo en la colonia.

Baldi *et al.* (2014) en biomonitoreos realizados en áreas de cultivo de soja tratadas con glifosato en Entre Ríos – Argentina, informaron que la mortandad de abejas no superó el límite del “umbral de normalidad” (de 100 a 120 abejas / semana) en la mayoría de los casos, a pesar que, el herbicida convenientemente usado en el control de malezas en soja, alcanza los apiarios ayudado por los vientos con efectos a corto periodo de tiempo.

Zhang & Nieh (2015) encontraron que la exposición crónica a una concentración subletal de imidacloprid ($25.6 \mu\text{g} / \text{l} = 20.8 \text{ ppb}$) durante 4 días (media de $1.5 \mu\text{g} / \text{por día de abeja}$), perjudicó significativamente el aprendizaje aversivo a corto plazo en un 87% y la retención de memoria en un 85%. Concluyendo que, los xenobióticos podrían alterar las interacciones ecológicas más complejas, como las relaciones depredador-presa.

Los inhibidores de la acetilcolinesterasa actúan principalmente bloqueando la degradación de la acetilcolina, entre ellos se incluyen los organofosforados, carbamatos y agentes nerviosos. La vía de inhalación constituye la vía de exposición más veloz, luego la oral y, finalmente la dérmica; sin embargo, dosis muy altas pueden producir efectos más pronto sin importar la vía de exposición (Virú, 2015).

Pisa *et al.* (2015) afirman que los pesticidas neonicotinoides y fipronil por su uso frecuente y excesivo generan contaminación ambiental, siendo causa de impactos biológicos y ecológicos que afectan una gran diversidad de organismos, en particular abejas.

Hedrei *et al.* (2015) bajo condiciones de laboratorio expusieron abejas melíferas al herbicida glifosato por medio de ingesta para evaluar la peroxidación de lípidos y los niveles de antioxidantes, resultando una disminución del antioxidante más abundante β -caroteno y su

derivado ROH; concluyendo que, el sistema carotenoide-retinoide de la abeja melífera puede verse alterado por dosis subletales de herbicidas a dosis reales en campo.

El GABA es un neurotransmisor inhibitorio que reduce la actividad neuronal, se sintetiza por la descarboxilación del glutamato hecha por la enzima glutamato descarboxilasa, si ello se inhibiera, se producirían ataques convulsivos; existen receptores GABA ubicados en un canal iónico que permite el paso de iones como el Cl⁻, y otros más lentos acoplados a proteínas G que activan canales de K⁺ para la despolarización de la célula (García-Allen, s.f.).

Díaz (2015) determinó la mortalidad de *Apis mellifera* tras su exposición a los pesticidas glifosato, imidacloprid y spinosyn; en el primer caso la mortandad llegó a un 3% y fue progresiva desde el primer hasta décimo día; mientras que en los insecticidas fue alta y en un solo día llegando a una mortandad de 100%; concluyendo que todos resultaron ser tóxicos para las abejas con efectos diferenciados en la mortalidad.

En la Unión Europea se procedió a retirar los formulados a base de clorpirifós en cultivos frutales, hortalizas, entre otros; debido a la reducción de los límites máximos de residuos propuesto por la Comisión europea a la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (Agroprecios, 2015).

Urlacher *et al.* (2016) examinaron los niveles de clorpirifós en abejas en campo de Nueva Zelanda, detectando al pesticida en 17% de los lugares y 12% de las colonias evaluados, en cantidades muy por debajo de la DL50, registrando graves afecciones en la memoria olfativa, aprendizaje apetitivo y especificidad en el recuerdo; repercutiendo en la ecología del comportamiento y comunicación en busca de alimento, y con ello su supervivencia.

Sánchez-Bayo *et al.* (2016) hallaron que los pesticidas tales como neonicotinoides y fenilpirazoles son supresores de la inmunidad natural de las abejas frente a parásitos y/o enfermedades que conducen al colapso de la colonia; también, mencionaron que los niveles subletales son capaces de influir en las capacidades cognitivas perjudicando su rendimiento, además de diversos efectos secundarios por insecticidas sistémicos.

Riaño & Cure (2016) determinaron que la DL50 por exposición tópica a imidacloprid es altamente tóxica para las obreras de *Bombus atratus* con una DL50 < 1 ug i.a./abeja; por exposición oral al imidacloprid y spinosad tuvieron el mismo comportamiento respecto a la prueba anterior con un valor de DL50 < 1 ug i.a./abeja; el imidacloprid resultó ser, sin embargo, el producto de mayor toxicidad en ambas modalidades de exposición.

Pérez *et al.* (2016) sometieron a los pesticidas imidacloprid y fipronil al programa EPILOBEE, creado para determinar las causas de la muerte de abejas, en donde se hallaron en muy baja frecuencia, poniendo de manifiesto que en España el riesgo por intoxicación con estos pesticidas fue muy reducido, situación muy diferente a la detectada en Francia o Alemania.

Martos (2016), aseguró que el principal factor de mortalidad de las abejas melíferas son los pesticidas agrícolas, principalmente el imidacloprid, metomil, cipermetrina, deltametrina, clorpirifós, spirotetramat, glifosato y benzoato de emamectina, tras reportes en el periodo 2010 – 2016 en fundos y apiarios de La Libertad, Arequipa, Lima e Ica, incluyendo aquellos productos presentados como no tóxicos o de bajo impacto.

Long & Krupke (2016) encontraron pesticidas tales como neonicotinoides y piretroides en campos de plantas no cultivadas o silvestres, las cuales también son visitadas por abejas melíferas, que trasladan el polen a su colmena, y otros insectos; determinándose que también existe una potencial exposición a los agrotóxicos de esta manera indirecta y que el polen de las plantas cultivadas, representan solo un porcentaje del total colectado.

Kiljanek *et al.* (2016) tras el declive de abejas en Polonia y Unión Europea, desarrollaron una metodología en laboratorio que detecta pesticidas y sus metabolitos en abejas muertas, tales como imidacloprid, fipronil, neonicotinoides y piretroides, hallándose 57 de los 200 productos permitidos en campo, probándose la causa posiblemente más potencial en mortalidad de abejas y la nocividad de estos productos para ellas.

Aslam *et al.* (2016) demostraron la alta toxicidad de los insecticidas imidacloprid y spinosad en abejas *Apis mellifera* L. obteniendo como resultados un incremento de mortalidad con el aumento en concentraciones y periodos de exposición a los insecticidas; el valor de la LC50

de imidacloprid fue de 16.6ppm y de spinosad fue 13.5ppm después de 24 horas, con altos efectos tóxicos aún después de 3 horas de exposición.

Zhu *et al.* (2017), tras pulverizar pesticidas en abejas en laboratorio, hallaron que ciertos agrotóxicos tales como el Roundup, mezclados con imidacloprid que pueden ayudar a las abejas a desintoxicar al neonicotinoide por medio de enzimas inducidas por el glifosato; de esta manera, se lograría aliviar el riesgo de toxicidad para las abejas melíferas; por otro lado, resaltan, que no existe interacción aditiva/sinérgica entre ellos.

Woodcock *et al.* (2017), luego de aplicar neonicotinoides en las semillas de colza sembradas en Alemania, Hungría y Reino Unido, exponiendo de esta manera a las abejas melíferas y salvajes; concluyeron que, estos pesticidas causan una reducción en la capacidad reproductiva de los polinizadores al año siguiente de su exposición, repercutiendo en la densidad de la colonia para la primavera que es la temporada de floración.

Muñoz, E. (2017) investigó acerca de los efectos del fipronil en abejas melífera vía ingestión mediante la dosificación de 0,00125 ug/abeja por debajo de la DL50 de 0,00417 ug/abeja, concluyendo que las abejas tras la exposición, desarrollan malformaciones morfo anatómicas tales como en alas y antenas, disminución de producción de miel, y por el polen registrado en la miel se observa una reducción en el área de pecoreo.

Muñoz, A. (2017) dio a conocer al fipronil como el causante de la pérdida de casi 1800 colmenas equivalentes a la producción de 50.000 kilos de miel, tras el análisis de abejas muertas que tenían una alta concentración del pesticida, a pesar que desde el 2009 estaba prohibida su aplicación a raíz de la alta mortandad apícola ocurrida en unas praderas.

Tras encuestar a diversos apicultores acerca del posible causante de las pérdidas de sus colonias de abejas, un 52.6% señaló al mal tiempo, 42% a enfermedades y plagas, 41% a los insecticidas, entre otros; en el Altiplano y norte de México (Medina-Flores, et al., 2017).

El plaguicida fipronil famoso por los daños que provoca a las abejas y por el gran riesgo que representa al sistema agroalimentario, fue prohibido totalmente en toda la Unión Europea; por otro lado, se ha demostrado que los neonicotinoides son peligrosos incluso bajo

condiciones de campo y no solo de laboratorio; concluyendo que la solución más adecuada sería una agricultura ecológica (Ferreirim, 2017).

Christen & Fent (2017) realizaron ensayos en laboratorio para descubrir los efectos moleculares en abejas melíferas tras su exposición a un pesticida piretroide y a un clorpirifós; resultando tras 24, 48 y 72h de evaluación, implicaciones negativas en genes de inmunidad, metabolismo y alimentación; además, se logró comprobar la existencia de un patrón de expresión de los cambios transcripcionales relacionado al compuesto y su modo de acción.

El efecto del organofosforado acefato a una concentración de 0.168 mg/l en abejas fue de supresión de la actividad de la esterasa y disminución de peso al mezclarse con clorpirifós; y a 6.97 mg/l (LC50), una tolerancia relativamente alta en USA y en las sobrevivientes se inhibió el 79.9, 20.4 y 29.4% de la actividad de esterasas, GST y acetilcolinesterasa a las 48 horas, respectivamente (Yao *et al.* 2018).

Se descubrió en áreas apícolas de China la presencia de residuos de acaricidas, fungicidas y los ingredientes activos (i.a.) imidacloprid, thiamethoxam, clorpirifós, fenpropathrin y bifenthrin de diversos insecticidas, hallándose los tres primeros i.a. en mayor presencia en el polen que en el pan de abeja; además se registró que las contaminaciones de ambos productos de la colmena fueron mayores en época de primavera (Tong *et al.* 2018).

Según Rossi & Cabaleiro (2018) Argentina registró un descenso de 44% en la población de abejas equivalente a 1,2 millones de colmenas, al mismo tiempo que los productos agrotóxicos aumentaron en un 60% equivalente a 200 millones de litros kilos anuales en el periodo de 2010 y 2018, proyectándose, además, las abejas al borde de la extinción para el año 2050; a pesar que existen normativas de protección desde 1994, las cuales no han sido cumplidas.

La Unión Europea prohibió casi totalmente el uso de los neonicotinoides clotianidina, imidacloprid y tiametoxan, por los riesgos que representan para las abejas tanto a nivel del sistema nervioso como mortal, transmitiéndose la contaminación, además, al suelo y agua; sin embargo, el acetamiprid se salvó de esta normativa al ser considerado de bajo riesgo (Ríos, B. & Guerrero, T., 2018).

Prado *et al.* (2018) expusieron abejas forrajeras a pesticidas por medio del polen, resultando perturbaciones en el metabolismo energético precedentes al comportamiento alterado, observándose efectos a largo plazo como lentitud y baja eficiencia en el pecoreo; una vida más larga tras exponerse tempranamente a los pesticidas; mencionando finalmente, la importancia de evaluar los efectos a largo plazo además de mortandad.

Los estudios evidencian los efectos letales y subletales de los pesticidas agrícolas por el daño colateral en abejas en Colombia, con una alta residualidad, bioacumulación y efecto adverso, agravándose por la falta de restricciones y una normatividad que permitan controlar el uso de pesticidas, sumado a una escasa información acerca de los servicios ecosistémicos por polinización. (Martin-Culma & Arenas-Suarez, 2018).

Tras los ensayos en laboratorio en abejas forrajeras expuestas a imidacloprid y glifosato, evaluando percepción gustativa y aprendizaje olfativo, Mengoni & Farina (2018) descubrieron en ambos casos una reducción de respuesta a la sacarosa y efecto negativo en el aprendizaje olfativo y comportamiento apetitivo; con el glifosato una reducción de absorción del alimento durante la cría; además, registrándose diferente susceptibilidad según la edad de las abejas.

Se han identificado los receptores GABA_A y GABA_B, los primeros son pentámeros con una estructura cuaternaria que conforma un poro central, que es el canal para los iones CL⁻, cuando llega el neurotransmisor GABA, se une a la interfaz alpha/beta por su sensibilidad, mientras que los GABA_B regulan la permeabilidad para el Ca⁺² (López, 2018).

En Francia, se prohibió el uso de pesticidas neonicotinoides tras una lucha desde el 2016, ya que el químico es responsable de la muerte de 300 000 colonias de abejas por año según la ONG, nocivo para polinizadores y el medio ambiente en general; el imidacloprid, clotianidina, tiametoxan, acetamiprid y el tiacloprid han sido, finalmente, prohibidos con el fin de luchar contra el declive masivo de colonia de abejas (La Vanguardia, 2018).

Grassl *et al.* (2018), después de exponer zánganos y abejas pecoreadoras en estado larval a concentraciones de thiamethoxam 20 veces más bajas que las halladas en campo, y a *Nosema apis*; hubo un incremento de mortalidad y reducción de inmunidad, concluyendo en una

sinergia con impacto negativo; los machos no llegaban a la etapa madura de reproducción, con un flujo de genes y diversidad genética que comprometía a la colmena.

Según Elcacho (2018) en su publicación, indicó que las abejas estarían siendo afectadas por el glifosato ya que el ingrediente activo altera la comunidad microbiana específicamente la bacteria *Snodgrassella alvi* que posee enzimas que son bloqueadas por el herbicida en el sistema digestivo del insecto, atentando contra el procesamiento de alimentos y su sistema inmunológico, todo lo anterior negado por Bayer.

El fipronil actúa como antagonista del GABA bloqueando los receptores GABAérgicos asociados a los canales de CL⁻ de los insectos, produciendo una hiperexcitación neuronal a bajas dosis y como consecuencia la parálisis y muerte de éstos a dosis elevadas; por otro lado, exhibe un alto grado de selectividad por los receptores de las células nerviosas de insectos en relación a los de mamíferos (Portolés, 2018).

El pesticida methomyl con ingrediente activo (i.a.) metomil considerado altamente tóxico para abejas; Confidor, Arrivo, Regent y GF-120, con i.a. imidacloprid, cipermetrina, fipronil y spinosad, respectivamente, de ecotoxicología extrema; Roundup y Movento, con i.a. glifosato y spirotetramat, respectivamente, de ligera ecotoxicología; y Lorsban con i.a. clorpirifós y de extrema a alta ecotoxicología (De la Cruz *et al.* 2018).

Coulon *et al.* (2018), tras evaluar los efectos del virus de la parálisis crónica en abejas (CBPV) con el thiamethoxam a 5.0, 2.5 y 0.25 ng/abeja/día, obtuvieron un incremento en la mortalidad en 8 y 10 días, aumento en carga viral, y una metabolización rápida y efectiva a clotianidina en 20 días de exposición, respectivamente; concluyendo que no hay sinergia, y que la tolerancia al virus puede variar en exposición al neonicotinoide.

Calatayud-Vernicha *et al.* (2018), luego de analizar el polen y la cera de diversos apiarios cercanos a campos de agricultura intensiva, detectaron la alta presencia de clorpirifós a niveles muy significativos; en el caso del polen hallaron residuos de diferentes pesticidas, y la cera registró altas concentraciones, en ambos casos traducidos a una gran peligrosidad para las abejas, a comparación de los apiarios alejados de los campos agrícolas.

Boff *et al.* (2018) evaluaron el comportamiento social de las abejas sin aguijón *Melipona quadrifasciata* mediante las variables de trofalaxis y uso de antenas luego de exponerlas a una mezcla de un pesticida neonicotinoide con un piretroide, registrándose como resultados una reducción en la comunicación e interacción social de las abejas pecoreadoras.

Balsebre *et al.* (2018) registraron la presencia del pesticida clorpirifós en 34% ($<0.017-0.067 \mu\text{g/g}$) de las muestras, respectivamente, tras analizar mieles de abejas de 68 colmenas distribuidas en áreas apícolas como de agricultura en Chile, por medio del procedimiento *matrix solid-phase dispersion* (MSPD) para detectar la presencia de 12 pesticidas de los cuales el clorpirifós fue uno de los tres hallados con mayor frecuencia.

Los insecticidas carbamatos causan la mortandad mediante la inactivación reversible de la enzima acetilcolinesterasa, mientras que los organofosforados también la inhiben, pero de forma irreversible y, por lo tanto, causan un envenenamiento y un síndrome colinérgico mucho más severos (Wikipedia, 2019).

El GABA en insectos tiene funciones inhibitoras como excitatorias a diferencia de los vertebrados; los receptores GABA_A son canales de cloruro activados por la unión ligando, y según la dirección del flujo neto de los iones cloruro, puede resultar en excitatorio/despolarizante (cuando van hacia el exterior), inhibitorio/hiperpolarizante (cuando van hacia el interior) o sin efecto (shunting) (Wikipedia, 2019).

Meneguelli (2019) publicó la muerte de 500 millones de abejas en Brasil en menos de 3 meses debido a las aplicaciones de los pesticidas neonicotinoides y fipronil en plantaciones de soja, poniendo en peligro la producción del 60% de sus cultivos que dependen de una u otra manera de las abejas.

El Diario La República (2019) dio a conocer la denuncia de la muerte masiva de abejas provocada por el plaguicida GF120, según los agricultores de La Convención, en Cuzco; con la finalidad de reducir la presencia de mosca de la fruta, resaltando que no se recibió protección ni capacitación para ello por parte de SENASA ni MINAGRI, quienes respaldan el proyecto.

El Departamento de Agricultura y Servicios al Consumidor de la Florida (s.f.) descartó toda posibilidad de toxicidad del GF120 para la abeja de la miel mencionando la existencia de pruebas que demuestran la nula atracción hacia la abeja y por ende ausente ingesta del producto; además, las aplicaciones se realizan de noche cuando las abejas no están activas y una vez seco el producto, el spinosad no es tóxico para ellas.

IRAC (2019) menciona en su folleto acerca del mecanismo de acción de los insecticidas y sobre la notable lentitud de respuesta en el organismo del insecto cuando los pesticidas actúan sobre el crecimiento y desarrollo, ya que, actúan imitando a la hormona juvenil o a la ecdysona, perturbando directamente la formación de la cutícula o la biosíntesis de lípidos, tal es el caso, del spirotetramat derivado de los ácidos tetrámicos.

Los piretroides poseen su mecanismo de acción a nivel del sistema nervioso, manteniendo abierto el canal de sodio que está implicado en la propagación de potenciales de acción a lo largo de los axones nerviosos, causando hiperexcitación y en algunos casos bloqueo nervioso (IRAC, 2019).

Los neonicotinoides como spinosynes actúan a nivel del sistema nervioso central, en los receptores nicotínicos de la acetilcolina, con la diferencia de que los primeros son moduladores competitivos y los segundos son moduladores alostéricos; causando el primero de ellos hiperexcitación, letargia o parálisis, y los segundos, hiperexcitación (IRAC, 2019).

El glifosato inhibe la vía shikimato y es el único herbicida comercializado que afecta la biosíntesis de los aminoácidos aromáticos. Los aminoácidos son componentes esenciales de las proteínas y su bloqueo afecta la biosíntesis enzimática y metabolismo vegetal, solo hallados en plantas y microorganismos, siendo de baja toxicidad para mamíferos (Caseley, s.f.).

La acetilcolinesterasa está presente en vertebrados, incluyendo seres humanos, e invertebrados como insectos; se localiza en el sistema nervioso y los músculos regulando la concentración de acetilcolina; los plaguicidas organofosforados se unen a la enzima e inhiben su actividad por fosforilación irreversible, por lo cual su restauración depende de la síntesis de nuevas moléculas de esta enzima (Galindo-Guzmán *et al.*, 2019).

Los organofosfatos al fosforilar a la enzima acetilcolinesterasa, causan una excesiva acumulación de acetilcolina en el sistema nervioso central originando alteraciones sensoriales y de comportamiento, incoordinación, depresión de la función motora y depresión respiratoria (EPA, 2019).

A Primera Hora (2019) manifestó las posiciones en defensa de la aplicación del GF120 en el Proyecto de Mosca de la Fruta y su nula relación con la masiva muerte de abejas en La Convención, Cuzco; tanto Daniel Dancourt, Director Regional de Agricultura, como también el representante de SENASA, sustentaron técnicamente que el insecticida no mata las abejas, señalando que ninguna murió en el lugar de aplicación.

El glifosato será prohibido en Alemania en el 2023 con la finalidad de proteger a los insectos; ya la medida había sido puesta en marcha en 17 países de África, Asia, Centroamérica y Europa por ser cancerígeno, pero ahora último por razones de lucha contra la extinción de los insectos y protección de la biodiversidad (Carbajosa, 2019).

Bermudez (comunicación personal, 09 de diciembre de 2019) comenta que “Tienes que ir a las empresas y pedir que te digan lo que aplican en sus cultivos. Nosotros no sabemos de eso; las empresas son búnkeres que nadie puede ingresar para visitar o investigar sin autorización”.

Luna (comunicación personal, 14 de diciembre de 2019) afirma que “El peligro son los neonicotinoides; nosotros tuvimos problemas con el GF 120”.

Tras la aplicación del neonicotinoide acetamiprid en plantaciones de arándano, se registró una notable e inmediata repelencia de las abejas *Apis mellifera* L. al cultivo, a pesar de que las colmenas se hallaban cercanas, lo cual conllevaría a un perjuicio en la polinización del cultivo y su producción (M. Narrea, comunicación personal, 16 de diciembre de 2019).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el periodo enero - marzo 2019 en las instalaciones del apiario de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), ubicado en el distrito de La Molina, provincia y departamento de Lima, Perú, a 12° 05' 06" Latitud Sur y 76° 57' 00" Longitud Oeste, a 238 m.s.n.m. El clima presentó temperaturas mínimas mensuales promedio estimadas de 20 °C y máximas de 30 °C, una humedad relativa promedio estimada de 75 % y casi nula precipitación.

El apiario de la UNALM cuenta con alrededor de 80 colmenas que en los últimos tres años no han recibido ningún tipo de tratamiento químico para el manejo de plagas y enfermedades (fig. 1).

Las diferentes pruebas o ensayos con pesticidas y abejas son propuestas originales de evaluación realizadas bajo condiciones de laboratorio (fig. 2) para lo cual se empleó un laboratorio de 3 m x 2 m con adecuada calefacción para simular las condiciones de temperatura y humedad en la colmena que son de 33-35 °C y 75 -80 %, respectivamente. Los valores de temperatura y humedad fueron registrados diariamente durante el periodo que duró el estudio, para lo cual se empleó un termohigrómetro digital de máxima y mínima.

Para los ensayos o pruebas específicas, se emplearon jaulas adecuadamente acondicionadas, abejas obreras pecoreadoras y pesticidas comerciales de diversos grupos químicos entre herbicidas e insecticidas que son utilizados con frecuencia para el control de plagas agrícolas. Otros materiales complementarios se emplearon a lo largo del estudio.



Figura 1. Colmenar donde fueron capturadas las abejas para su evaluación.



Figura 2. Laboratorio donde se realizaron las aplicaciones de los pesticidas.

3.1 Materiales

3.1.1 Jaulas para los ensayos

Para realizar los ensayos de ingestión y contacto se emplearon jaulas de material acrílico transparente de forma paralelepípeda, de 13 cm de largo x 7 cm de alto x 6 cm de ancho, con paredes provistas de pequeños agujeros en las caras laterales y superior para una adecuada ventilación y oxigenación, con una tapa superior corrediza para el ingreso directo de las abejas a la jaula (fig. 3).

Para realizar los ensayos de poder residual se emplearon jaulas de material plástico transparente de forma más o menos cilíndrica de 20 cm de alto x 15 cm de diámetro en su parte inferior y 12 cm de diámetro en su parte superior (fig. 4).

3.1.2 La pasta alimenticia

La pasta alimenticia fue hecha a base de miel y azúcar impalpable, y colocado en recipientes pequeños (tapas); además, en los ensayos de ingestión el pesticida, en la misma dosis del ensayo de contacto, fue introducido en una masa de 100 g de pasta alimenticia, para posteriormente parte de ella sea colocada en la tapa (fig. 5).

3.1.3 Abejas obreras pecoreadoras

Se tomaron alrededor de 25 abejas pecoreadoras, las cuales ingresaron desde la piquera de la colmena directamente por sus propios medios, sin requerir manipulación manual ni ser forzadas, hacia la jaula de ensayo de cada uno de los tratamientos, en el menor tiempo posible para iniciar la toma de datos y respectivas observaciones en el laboratorio.

3.1.4 Materiales auxiliares

En el laboratorio como en la cocina fue necesaria la utilización de implementos de protección tales como guantes quirúrgicos, mandil y mascarilla, muy aparte de que cada pesticida fue manipulado con instrumentos personalizados y etiquetados para evitar su confusión, y de esa manera, trabajar con la mayor asepsia posible, con el objetivo de evitar la contaminación de las unidades experimentales tanto en tratamientos como testigo (fig. 6).



Figura 3. Jaula acrílica transparente utilizada para el confinamiento de las abejas.



Figura 4. Jaula plástica transparente utilizada para el confinamiento de las abejas.



Figura 5. Ingredientes de la pasta alimenticia para las abejas.



Figura 6. Materiales utilizados en las evaluaciones de laboratorio.

Colmenas con abejas
Palos de madera baja lengua
Jeringas de 5ml
Balanza
Guantes quirúrgicos
Lapiceros de tinta indeleble
Agua de mesa de botella
Libreta de notas
Termohigrómetro
Azúcar impalpable
Miel
Tapas de botellas
Aspersores
Envases de plástico para las disoluciones
Ventilador

3.1.5 Pesticidas

Para las pruebas se emplearon productos pesticidas de uso comercial, entre herbicidas e insecticidas (fig. 7 – 11), cuyas dosis aplicadas fueron las recomendadas según etiqueta para plagas agrícolas (tablas 1 - 3).



(a)



(b)

Figura 7. Productos pesticidas. Roundup (glifosato) (a) y Lannate (metomil) (b)

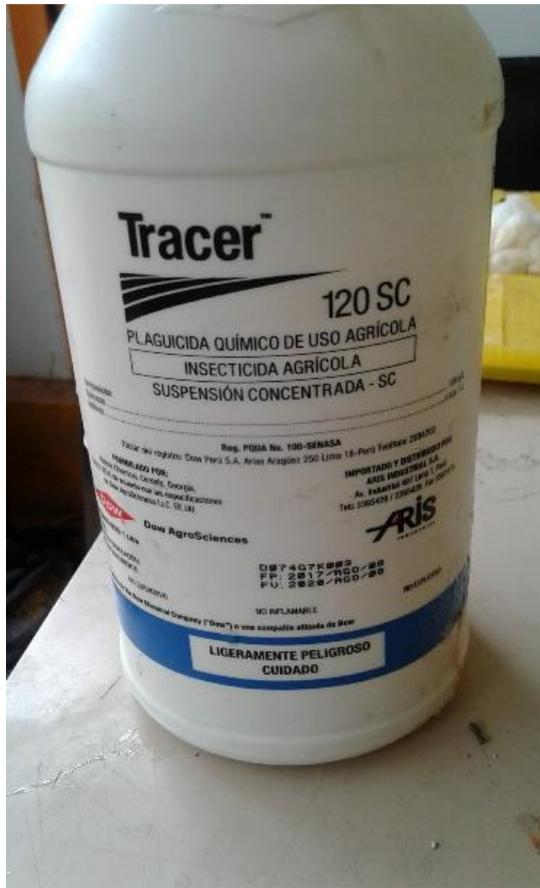


(a)



(b)

Figura 8. Productos pesticidas. Ciper mex super (alfacipermetrina) (a) y Regent (fipronil) (b).

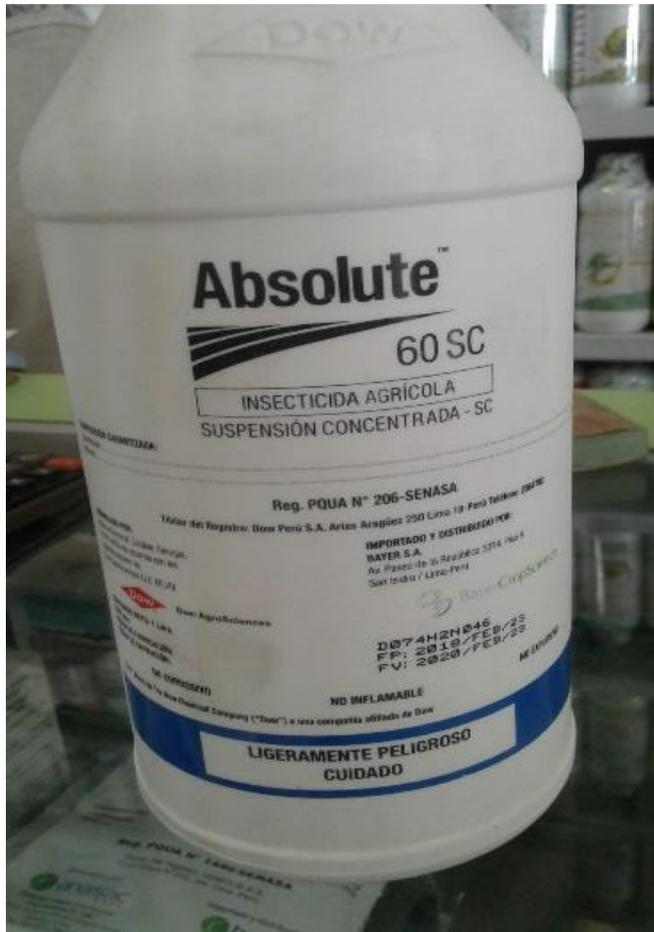


(a)



(b)

Figura 9. Productos pesticidas. Tracer (spinosad) (a) y GF-120 (spinosad) (b).



(a)



(b)

Figura 10. Productos pesticidas. Absolute (spinetoram) (a) y Movento (spirotetramat) (b)



Figura 11. Productos pesticidas. Lorsban (clorpirifós) (a) y Confidor (imidacloprid) (b).

Tabla 1A: Información técnica de los pesticidas ensayados

Nombre comercial	Ingrediente activo	Grupo químico	Formulación	Mecanismo de acción
Roundup SL	glifosato	Derivado de la Glicina	Concentrado soluble 480 g/l	Inhibición de la síntesis de aminoácidos
Lannate 40 SP	metomil	Carbamato	Polvo soluble 400 g/kg	Inhibición de la acetilcolinesterasa en la sinapsis nerviosa
Cipermex Super 10 CE	alfacipermetrina	Piretroide	Concentrado emulsionable 100 g/l	Modulador del canal de sodio en el sistema nervioso
Regent SC	fipronil	Fenilpirazol	Suspensión concentrada 200 g/kg	Bloqueo del paso de iones del cloruro a través del receptor GABA en el sistema nervioso central
Tracer 120 SC	spinosad	Spinosyn o Actynomicetal	Suspensión concentrada 120 g/l	Modulador alostérico del receptor nicotínico de la acetilcolina en el sistema nervioso

Fuente: SENASA, (2019) & De la Cruz, E.; Bravo, V.; Ramírez, F. (2018)

Tabla 1B: Información técnica de los pesticidas ensayados

Nombre comercial	Ingrediente activo	Grupo químico	Formulación	Mecanismo de acción
GF-120 CB	spinosad	Spinosyn o Actynomicetal	Cebo concentrado 0.24 g/l	Modulador alostérico del receptor nicotínico de la acetilcolina en el sistema nervioso
Absolute 60 SC	spinetoram	Spinosyn o Actynomicetal	Suspensión concentrada 60g/l	Modulador alostérico del receptor nicotínico de la acetilcolina en el sistema nervioso
Movento 150 OD	spirotetramat	Ácidos Tetrámicos	Dispersión oleosa 150 g/l	Inhibición de la acetil CoA carboxilasa en la síntesis lipídica
Lorsban 4 EC	clorpirifós	Organofosforado	Concentrado emulsionable 480 g/l	Inhibición de la acetilcolinesterasa en la sinapsis nerviosa

Fuente: SENASA, (2019) & De la Cruz, E.; Bravo, V.; Ramírez, F. (2018)

Tabla 1C: Información técnica de los pesticidas ensayados

Nombre comercial	Ingrediente activo	Grupo químico	Formulación	Mecanismo de acción
Confidor 350 SC	imidacloprid	Neonicotinoide	Suspensión concentrada 350 g/l	Modulador competitivo del receptor nicotínico de la acetilcolina en el sistema nervioso

Fuente: SENASA, (2019) & De la Cruz, E.; Bravo, V.; Ramírez, F. (2018)

Tabla 1D: Información técnica de los pesticidas ensayados

Nombre comercial	Rango de dosis l/ha	Modo de acción	Toxicidad (DL50)	Efecto tóxico en abejas	Rangos de P.C* / T.R.** / L.M.R. en ppm***
Roundup SL	2 – 6	Sistémico no selectivo	Oral 5600 mg/kg	n.d.	n.d. / 24 horas / 0.1 – 2
	Coquito y Grama dulce		Dermal 2000 mg/kg		
Lannate 40 SP	0.5 – 0.9 kg	Sistémico, contacto e ingestión	Oral 34 mg/kg	Peligroso	1 - 21 días / 72 horas / 0.02 – 1
	Gusano del fruto en tomate y Gusano de la mazorca en maíz		Dermal > 2000mg/kg		
Cipermex Super 10 CE	0.25 - 0.6	Contacto e ingestión	Oral 57mg/kg	Altamente tóxico	2 -14 días / 24 horas / 0.05 – 5
	Mosca minadora (adultos) en papa y Trips de la cebolla		Dermal >2000 mg/kg		

Fuente: SENASA, (2019) & De la Cruz, E.; Bravo, V.; Ramírez, F. (2018)

Tabla 1E: Información técnica de los pesticidas ensayados

Nombre comercial	Rango de dosis l/ha	Modo de acción	Toxicidad (DL50)	Efecto tóxico en abejas	Rangos de P.C* / T.R.** / L.M.R. en ppm***
Regent SC	- 0.5 Mosquilla o Caracha en espárrago y Gorgojo de los Andes en papa	Sistémico, contacto e ingestión	Oral 100 mg/kg Dermal > 2000 mg/kg	Altamente tóxico	14 – 21 días / 24 horas / 0.002 – 0.01
Tracer 120 SC	0.05 – 0.2 Minador de los cítricos, Bicho del cesto en palto y Prodenia en tomate	Contacto e ingestión	Oral 3783 mg/kg Dermal > 5000 mg/kg	Peligroso	1 – 28 días / 24 horas / 0.02 - 2
GF-120 CB	1.6 l/2.4 l de agua para Mosca del mediterráneo en frutales	Contacto e ingestión	Oral > 3783 mg/kg Dermal > 5000 mg/kg	Peligroso	0 / 4 horas / 0.02 – 0.5

Fuente: SENASA, (2019) & De la Cruz, E.; Bravo, V.; Ramírez, F. (2018)

Tabla 1F: Información técnica de los pesticidas ensayados

Nombre comercial	Rango de dosis l/ha	Modo de acción	Toxicidad (DL50)	Efecto tóxico en abejas	Rangos de P.C* / T.R.** / L.M.R. en ppm***
Absolute 60 SC	0.075 – 0.3 Thrips en vid y Gusano perforador en alcachofa	Contacto e ingestión	Oral > 5000 mg/kg Dermal > 5000 mg/kg	Tóxico	1 - 7 días / 24 horas / 0.04 – 0.5
Movento 150 OD	0.5 Mosca blanca en palto y Mosquilla de los brotes en arándano y espárrago	Sistémico y contacto	Oral 2000 mg/kg Dermal 2000 mg/kg	n.d.	3 – 46 días / 24 Horas / 0.1 – 0.3
Lorsban 4 EC	0.1 – 2.5 Broca del café y Gusano de tierra en maíz y alcachofa	Contacto, ingestión e inhalación	Oral 66 mg/kg Dermal > 2000 mg/kg	Peligroso	7 días / 24 horas / 0.01 – 5 (grano/fruto)

Fuente: SENASA (2019) & De la Cruz, E.; Bravo, V.; Ramírez, F. (2018).

Tabla 1G: Información técnica de los pesticidas ensayados

Nombre comercial	Rango de dosis l/ha	Modo de acción	Toxicidad (DL50)	Efecto tóxico en abejas	Rangos de P.C* / T.R.** / L.M.R. en ppm***
Confidor 350 SC	0.075 – 0.5	Sistémico, contacto e ingestión	Oral 450 mg/kg Dermal > 5000 mg/kg	Peligroso	3 – 30 días / 24 horas / 0.05 – 6
	Filoxera en vid y Mosca de la fruta en mango				

Fuente: SENASA (2019) & De la Cruz, E.; Bravo, V.; Ramírez, F. (2018)

* Periodo de Carencia

** Tiempo de Reingreso

*** Límite Máximo de Residualidad en partes por millón

Tabla 2: Propiedades físicoquímicas de los ingredientes activos utilizados en los ensayos

Ingrediente activo	Solubilidad en agua 20°C (mg/l)	Presión de vapor (mPa) a 20°C	Constante de la Ley de Henry a 25°C (Pa m ³ mol ⁻¹)	Coefficiente de carbono orgánico (Koc)	Coefficiente de Partición Octanol – Agua (Kow) (P) en pH 7, 20°C
glifosato	10 500	0.0131	2.10 x 10 ⁻⁷	1424	6.31 x 10 ⁻⁴
metomil	55 000	0.72	2.13 X 10 ⁻⁰⁶	72	1.23 X 10 ⁰⁰
alfacipermetrina	0.004	0.00038	5.30 X 10 ⁻⁰²	288735	6.31 X 10 ⁰⁵
fipronil	3.78	0.002	2.31 X 10 ⁻⁰⁴	-	5.62 X 10 ⁰³
spinosad	7.6	0.00001	1.89 X 10 ⁻⁰⁷	34 600	1.26 X 10 ⁰⁴
spinetoram	29.0	0.057	4.0 X 10 ⁻⁰³	22836	1.58 X 10 ⁰⁴
spirotetramat	29.9	0.0000056	6.99 X 10 ⁻⁰⁸	289	3.24 X 10 ⁰²
clorpirifós	1.05	1.43	0.478	5509	5.01 X 10 ⁰⁴
imidacloprid	610	0.0000004	1.7 X 10 ⁻¹⁰	-	3.72 X 10 ⁰⁰

Fuente: PPDB (2020)

Tabla 3: Dosis comerciales de los pesticidas utilizados en los ensayos según cultivo y plaga o maleza, con sus respectivas concentraciones de ingrediente activo (i.a.)

Producto Comercial (PC)	Dosis aplicada de PC según la etiqueta			Concentración del i.a.			Cultivo	Plaga o maleza
	Hectárea (ha)	Cilindro (cil.) 200 l	100 ml de agua	En 1 L del PC	En 1 ml de dilución	1 cm ² de la jaula		
Roundup SL	2.5 l	1250 ml	0.625 ml	480 g	2.981 mg	0.007 mg	Arroz	Capulí
Lannate 40 SP	0.74 kg	368.75 g	0.184 g	400 g	0.736 mg	0.002 mg	Pimiento	Barrenador de brotes y frutos
Cipermex Super 10 CE	0.6 l	300 ml	0.15 ml	100 g	0.1497 mg	0.0004 mg	Ají	Gusano perforador
Regent SC	0.46 l	230 ml	0.115 ml	200 g	0.2297 mg	0.0005 mg	Papa	Gorgojo de los Andes
Tracer 120 SC	0.2 l	100 ml	0.05 ml	120 g	0.05997 mg	0.0001 mg	Vid	Trips
GF-120 CB	0.27 l	133.33 l	66.67 ml	0,24 g	0.096 mg	0.0002 mg	Mango	Mosca del mediterráneo
Absolute 60 SC	0.25 l	120 ml	0.06 ml	60 g	0.036 mg	0.00009 mg	Espárrago	Gusano cogollero
Movento 150 OD	0.5 l	250 ml	0.125 ml	150 g	0.187 mg	0.0004 mg	Pimiento	Mosquilla de los brotes
Lorsban 4 EC	1 l	500 ml	0.25 ml	480 g	1.197 mg	0.003 mg	Tomate	Gusano del fruto
Confidor 350 SC	0.34 l	168.75 ml	0.084 ml	350 g	0.294 mg	0.0007 mg	Tomate	Mosquilla de los brotes

Fuente: SENASA (2019)

3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño planteado corresponde a un experimento en Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 11 tratamientos, incluido el testigo sin aplicación química, con 4 repeticiones en las pruebas por ingestión y 3 repeticiones en las de contacto; además de 1 prueba de contacto sin repeticiones para la determinación del poder residual, en la cual, se realizaron 4 evaluaciones secuenciales, conformando un total de 121 unidades experimentales, cada jaula fue una unidad experimental, los resultados de los ensayos por contacto e ingestión se expresaron en datos numéricos (Anexos 1 – 11), transformados luego en porcentajes y puestos en tablas, con los cuales se hicieron los análisis estadísticos empleando para el efecto el test de Duncan (Anexos 12 – 35). Se empleó la fórmula de Abbott (Alves, 1998 citado en Barrera *et al.*, 2013) para corregir los valores de mortalidad en los tratamientos, cuando se registró mortalidad en el testigo. La fórmula de Abbott empleada es la siguiente:

$$\%MC = (\% MTX - \%MT0) \times 100 / (100 - \%MT0), \text{ donde:}$$

%MC = porcentaje de mortalidad corregida

%MTX = porcentaje de mortalidad del tratamiento

%MT0 = porcentaje de mortalidad del control absoluto

3.2.1 Tratamientos

T1: Roundup SL (glifosato), 0.625ml/100ml agua

T2: Lannate 40 SP (metomil) 0.184g/100ml agua

T3: Cipermax Super 10 CE (alfacipermetrina) 0.15ml/100ml agua

T4: Regent SC (fipronil) 0.115ml/100ml agua

T5: Tracer 120 SC (spinosad) 0.05ml/100ml agua

T6: GF-120 CB (spinosad) 66.67ml/100ml agua

T7: Absolute 60 SC (spinetoram) 0.06ml/100ml agua

T8: Movento 150 OD (spirotetramat) 0.125ml/100ml agua

T9: Lorsban 4 EC (clorpirifós) 0.25ml/100ml agua

T10: Confidor 350 SC (imidacloprid) 0.084ml/100ml agua

T11: Sin aplicación química (Testigo)

3.2.2 Ensayos realizados

Se condujeron tres tipos de pruebas: contacto, ingestión y contacto para determinación del poder residual.

Ensayos de contacto

Consistieron en la exposición de abejas *Apis mellifera* L. a pesticidas por medio de contacto dentro de la jaula acrílico de puerta corrediza limpia sin humedad, donde se aplicó la dilución del pesticida sobre la superficie interna y de forma homogénea en las paredes, base y techo de la jaula con un asperjador tipo spray de acción manual, y en el caso del testigo, se le asperjó agua; luego, la jaula fue expuesta al ventilador para eliminar el exceso de humedad; a continuación, se colocó el pequeño recipiente con la pasta alimenticia en la base de la jaula; finalmente, fueron llevadas y colocadas las jaulas en la piquera de la colmena para la introducción de las abejas; posteriormente, siendo llevadas al laboratorio a la brevedad para sus respectivas observaciones de forma intermitente las 6 primeras horas por los tempranos síntomas en comportamiento como en mortandad, en ciertos tratamientos (fig. 12 y 13).

Ensayos de ingestión

Consistieron en el suministro vía oral de pesticidas a abejas obreras al interior de jaulas acrílico de puerta corrediza, por medio de la pasta alimenticia a la cual se le agregó, en este caso, la dosis del pesticida recomendado en etiqueta, posteriormente un poco de la mezcla fue colocada en un recipiente pequeño en la base de la jaula para su ingesta. La metodología fue la misma que la de contacto con ausencia de aspersión del producto, ya que en este caso la exposición se dio por vía oral (fig. 14 y 15).

Ensayos de contacto para determinación del poder residual

Tuvo la misma metodología que la de contacto con la diferencia respecto a la modalidad de ingreso de las abejas a las jaulas plásticas cilíndricas ya que, en este caso, fue abriendo ligeramente la tapa para el ingreso de los polinizadores, además en cada prueba se realizaron evaluaciones únicamente hasta las 24 horas de exposición y para cada prueba se introdujeron poblaciones nuevas de abejas (fig. 16 y 17).

Variables estudiadas

Número de abejas muertas

En cada uno de los tratamientos y sus respectivas repeticiones, se determinó el número de abejas muertas, que luego fue transformado a porcentaje, por efecto de los pesticidas.



Figura 12a. Dilución del pesticida según dosis comercial.



Figura 12b. Captura o introducción de abejas desde la piquera sin intervención manual



Figura 13. Registro de mortandad y comportamiento de las abejas *Apis mellifera* a 1, 3, 6, 24, 48 y 72 horas de exposición por contacto tarsal forzado.



Figura 14a. Pesado de la pasta alimenticia para su posterior mezcla con el pesticida en la prueba de ingestión.



Figura 14b. Puesta de la mezcla en el recipiente (tapa de botella) para su posterior ingesta en la jaula.



Figura 15. Registro y observación de mortandad y comportamiento de las abejas en la prueba de ingestión.



Figura 16a. Asperjador tipo spray de acción manual para la aplicación del pesticida en toda la jaula de forma homogénea para la prueba de contacto.



Figura 16b. Introducción o captura de abejas con la jaula plástica transparente con ingreso desde la piquera sin manipulación manual.



Figura 17. Registro y observación de la mortandad y comportamiento de las abejas en la prueba de contacto para la determinación del poder residual.

Se tomaron datos de número de abejas muertas a 1, 3, 6, 24, 48 y 72 horas después de entrar en contacto o tras la ingesta de la dilución pesticida; por otro lado, en el de contacto para determinación del poder residual las evaluaciones se dieron a 1, 3, 6 y 24 horas de exposición cada 2 semanas por espacio de 2 meses (los datos numéricos se encuentran consignados en los anexos 1 - 11).

3.2.3.2 Estudio del comportamiento de las abejas

Se hizo un registro de todas las manifestaciones referidas al movimiento, vuelo y alimentación, entre otros aspectos particulares, que las abejas exhibieron por efecto de su exposición a los pesticidas en estudio, y que fueron anotadas desde el primer momento y a lo largo del periodo que se mantuvieron en relación con el agrotóxico.

Los resultados serán expresados a continuación, en tablas y figuras.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo, se presentan los resultados de la investigación de los efectos tóxicos, tras la exposición de la abeja *Apis mellifera* L. a los pesticidas en los ensayos por contacto, ingestión y contacto para la determinación del poder residual, expresados en porcentaje de mortalidad y anormalidades registradas en el comportamiento, según el tiempo transcurrido.

Efecto de los pesticidas en la mortalidad de abejas *Apis mellifera* L.

4.1.1 Ensayos de contacto

La tabla 4 muestra porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 1 hora de exposición. Lannate (metomil), Cipermax Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil), Lorsban (clorpirifós) y Confidor (imidacloprid) ocasionaron muerte de abejas en valores de 94,87, 20,73, 33,5, 98,41 y 86,23, respectivamente. Los productos Roundup (glifosato), Tracer (spinosad), GF- 120 (spinosad), Absolute (spinetoram) y Movento (spirotetramat) no causaron muerte alguna. En el testigo no se registró mortalidad. Los productos que mostraron altos valores de mortalidad fueron Lorsban (clorpirifós), Lannate (metomil) y Confidor (imidacloprid) con porcentajes de 98,41, 94,87 y 86,23, respectivamente y en ese orden de mérito; en tanto que, los valores bajos correspondieron a Regent (fipronil) con 33,5% y Cipermax Super (alfacipermetrina) que alcanzó 20,73%. Los valores altos de mortalidad muestran diferencias numéricas, pero no significativas, evidenciando, los productos, un alto efecto tóxico sobre las abejas melíferas que se sustenta en los altos porcentajes de mortalidad y el breve tiempo a la ocurrencia de la muerte de los insectos. Los valores bajos de mortalidad son diferentes en términos numéricos, pero sin diferencias significativas entre ellos, aunque sí con los productos que causaron altos valores de mortalidad; sin embargo, los productos que registraron bajos porcentajes de mortalidad evidencian acción tóxica que por tener una temprana manifestación debe ser tomada en cuenta para calificar a tales productos como potencialmente dañinos para las abejas.

Tabla 4: Porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas a 1 hora de exposición en prueba de contacto

Pesticidas ensayados	Dosis del producto comercial	Mortalidad según repeticiones (%)			Mortalidad promedio (%)
		I	II	III	
Roundup SL (glifosato)	6,25 cc/l	0,0	0,0	0,0	0,0 c
Lannate 40 SP (metomil)	1,84 g/l	100	100	84,62	94,87 a
Cipermex Super 10 CE (alfacipermetrina)	1,5 cc/l	20,0	21,1	20,0	20,37 b
Regent SC (fipronil)	1,15 cc/l	23,8	60,0	16,7	33,5 b
Tracer 120 SC (spinosad)	0,5 cc/l	0,0	0,0	0,0	0,0 c
GF- 120 CB (spinosad)	666,67 cc/l	0,0	0,0	0,0	0,0 c
Absolute 60 SC (spinetoram)	0,6 cc/l	0,0	0,0	0,0	0,0 c
Movento 150 OD (spirotetramat)	1,25 cc/l	0,0	0,0	0,0	0,0 c
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	2,5 cc/l	95,24	100	100	98,41 a
Confidor 350 SC (imidacloprid)	0,84 cc/l	73,68	85,0	100	86,23 a
Testigo (agua de mesa)	-	0,0	0,0	0,0	0,0 c

Valores seguidos por letras iguales no muestran diferencias significativas.

Los productos que mostraron altos valores de mortalidad de abejas corresponden a pesticidas organofosforados, carbamatos y neonicotinoides, los cuales son frecuentemente utilizados en el control de plagas agrícolas y de los cuales se sabe tienen alta toxicidad, son de amplio espectro de acción, todos ellos actúan por contacto e ingestión; además, los dos últimos con efecto sistémico y el primero por inhalación.

Los valores bajos de mortalidad registrados en los pesticidas Regent (fipronil) y Cipermax Super (alfacipermetrina), podrían estar relacionados a sus grupos químicos fenilpirazol y piretroide, respectivamente, ambos con modos de acción de contacto e ingestión, además de sistémico en el primer caso.

Los valores de mortalidad registrados en las repeticiones de cada tratamiento indican que no hubo variabilidad importante entre registros; sin embargo, esto sí es evidente en los pesticidas Regent (fipronil) y Confidor (imidacloprid), en el primero, en particular. La variabilidad referida podría estar relacionada a diferencias en aspectos biológicos y de comportamiento de las abejas empleadas en el ensayo entre los cuales se puede mencionar la edad, la vigorosidad, la condición nutricional del momento, entre otros aspectos particulares.

En la literatura, hasta donde se ha podido revisar, no se ha encontrado amplia información sobre investigaciones referidas a la determinación de mortalidad de abejas por efecto de pesticidas a 1 hora de exposición en pruebas de contacto, ya que al parecer no se han realizado experimentos bajo esta metodología y parámetros; sin embargo, PLM Perú (2013) en su diccionario manifiesta que: son tóxicos o peligrosos para las abejas el Lannate (metomil), Lorsban (clorpirifós) y Confidor (imidacloprid), corroborándose con los resultados de la presente; por otro lado, también reciben esta denominación Tracer (spinosad), Absolute (spinetoram) y GF-120 (spinosad) pero, estos últimos contrastando con la nula mortalidad obtenida producto de una tardía reacción probablemente por su modo de acción; sin embargo, en el caso del GF-120 según Gómez (2014), se obtuvo 93% de mortalidad ante el producto húmedo y menos del 20% cuando estuvo seco, en el mismo tiempo transcurrido; inclusive los demás podrían ser considerados menos tóxicos mas no inocuos a pesar que no se menciona peligrosidad alguna para con las abejas, quizás por ausencia de estudios, como es el caso del herbicida Roundup (glifosato) y Movento (spirotetramat); por su parte, otros productos como el Regent (fipronil) y Cipermax Super (alfacipermetrina), son catalogados como altamente tóxicos, a pesar de ello, en los resultados

se observó lenta reacción, quizás por su modo de acción, ya que su importante peligrosidad no sería tanto por contacto, sino por ingestión.

Se podría inferir que, bajo condiciones de campo, la tardía reacción de productos tales como los pertenecientes a los grupos ácidos tetrámicos, spinosyn y derivados de la glicina, podría traer como consecuencia el traslado del pesticida a la colmena y con ello su transmisión a las demás abejas, tal y como lo sugieren Koch y Weiber (1997), en los diferentes estadios biológicos causando reducción de inmunidad y muerte (Grassl *et al.*, 2018), específicamente en el caso del glifosato con presencia de 80% en muestras de miel (Agrocompetitivo, 2012), manteniéndose el herbicida a largo plazo (Herbert *et al.*, 2014); repercutiendo en el caso del imidacloprid en la memoria y aprendizaje conllevando a una baja producción del alimento (En-Cheng *et al.*, 2012); mientras tanto, aquellos que prácticamente murieron de forma inmediata, explicarían la razón por la cual no se halla mortalidad masiva en la colmena tras la aplicación de los mencionados agroquímicos organofosforados, carbamatos y neonicotinoides, ya que no tendrían posibilidad de regresar a la colmena; sin embargo, en ciertos casos las abejas podrían retornar a la colmena y transmitir pesticidas de rápido efecto, tal como lo señalan, Calatayud-Vernicha (2018), Balsebre *et al.* (2018) y Urlacher *et al.* (2016) con respecto al clorpirifós tras detectar su alta presencia en niveles muy significativos en colonias de abejas; por su parte, el fipronil e imidacloprid también han sido detectados en el polen superando los límites, el último de ellos con valores de hasta 5.7 ug/kg (Chauzat *et al.*, 2006).

Cabe resaltar que esto no representa lo que en la naturaleza realmente ocurre por la confinación de la abeja que favorece su encuentro con el producto de forma obligada y forzada que no es tan similar a la realidad en campo, pero todo lo anterior, está sustentado en versiones de apicultores y agrónomos en diferentes circunstancias; por todo lo manifestado, a pesar que la presente investigación ha sido hecha bajo condiciones de laboratorio, es muy útil ya que marca una pauta muy bien argumentada para tener una idea de lo que ocurre en campo ya que fue hecha con protocolo y análisis concienzudo, y probablemente se podría mantener la misma tendencia del efecto ecotoxicológico de estos pesticidas en campo.

La tabla 5 muestra porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 3 horas de exposición. Roundup (glifosato), Lannate (metomil),

Tabla 5: Porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas a 3 horas de exposición en prueba de contacto

Pesticidas ensayados	Dosis del producto comercial	Mortalidad según repeticiones (%)			Mortalidad promedio (%)
		I	II	III	
Roundup SL (glifosato)	6,25 cc/l	10,00	31,82	18,18	20,00 b
Lannate 40 SP (metomil)	1,84 g/l	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Cipermet Super 10 CE (alfacipermetrina)	1,5 cc/l	20,00	21,10	20,00	20,37 b
Regent SC (fipronil)	1,15 cc/l	95,24	60,00	100,00	85,08 a
Tracer 120 SC (spinosad)	0,5 cc/l	0,00	0,00	0,00	0,00 c
GF- 120 CB (spinosad)	666,67 cc/l	9,10	0,00	14,30	7,80 bc
Absolute 60 SC (spinetoram)	0,6 cc/l	13,64	0,00	11,50	8,38 bc
Movento 150 OD (spirotetramat)	1,25 cc/l	5,00	0,00	9,09	4,70 c
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	2,5 cc/l	95,24	100,00	100,00	98,41 a
Confidor 350 SC (imidacloprid)	0,84 cc/l	94,74	85,00	100,00	93,25 a
Testigo (agua de mesa)	-	0,00	0,00	0,00	0,00 c

Valores seguidos por letras iguales no muestran diferencias significativas.

Cipermex Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil), GF-120 (spinosad), Absolute (spinetoram), Movento (spirotetramat), Lorsban (clorpirifós) y Confidor (imidacloprid) ocasionaron muerte de abejas en valores de 20,00, 100,00, 20,37, 85,08, 7,80, 8,38, 4,70, 98,41, 93,25, respectivamente. El producto Tracer (spinosad) no causó muerte alguna. En el testigo no se registró mortalidad. Los productos siendo divididos por categorías según análisis estadístico resultaron en: valores altos de mortalidad conformados por Lannate (metomil) (fig. 18), Lorsban (clorpirifós), Confidor (imidacloprid) y Regent (fipronil) con porcentajes de 100,00, 98,41, 93,25 y 85,08, respectivamente y en ese orden de mérito; los valores intermedios correspondientes a Cipermex Super (alfacipermetrina) con 20,37%, Roundup (glifosato) con 20,00%, Absolute (spinetoram) con 8,38% y GF-120 (spinosad) con 7,80; mientras que el valor bajo fue registrado por Movento (spirotetramat) con 4,70%. Los más altos valores de mortalidad muestran diferencias numéricas, pero no significativas, evidenciando, los productos, un alto efecto tóxico sobre las abejas melíferas que se sustenta en los altos porcentajes de mortalidad y el breve tiempo a la ocurrencia de la muerte de los insectos. Los valores intermedios y bajos son diferentes en términos numéricos dentro de su misma categoría, pero sin diferencias significativas, aunque sí entre las categorías en mención; sin embargo, estas dos últimas evidencian acción tóxica que por tener una temprana manifestación debe ser tomada en cuenta para calificar a tales productos como potencialmente dañinos para las abejas.

Los productos que mostraron altos valores porcentuales de mortalidad de abejas corresponden a pesticidas de grupos químicos carbamatos, organofosforados, neonicotinoides y fenilpirazoles, los cuales son frecuentemente utilizados en el control de plagas agrícolas y de los cuales se sabe tienen alta toxicidad, son de amplio espectro de acción y actúan por contacto e ingestión, todos ellos con efecto sistémico excepto el Lorsban, que, por su parte tiene efecto por inhalación.

Los porcentajes intermedios de mortalidad pertenecen a los productos Cipermex Super (alfacipermetrina) y Roundup (glifosato), de los cuales se sabe, el primero perteneciente al grupo químico piretroide con modo de acción de contacto e ingestión; y, en el segundo caso derivado de la glicina, con efecto sistémico; por su parte, Absolute (spinetoram) y GF-120 (spinosad) ambos de grupo químico Spinosyn, actúan vía oral y contacto.

Finalmente, el valor bajo de Movento (spirotetramat) podría deberse a que pertenece al grupo químico de los ácidos tetrámicos con modo de acción por contacto y efecto sistémico.



(a)



(b)

Figura 18. Alto valor porcentual de mortandad registrado en el tratamiento Lannate (metomil) (a), contrastando fuertemente con el testigo (b) en la prueba de contacto.

Cabe resaltar que los tres últimos y el Tracer (spinosad) están comercialmente con etiqueta azul lo cual los cataloga como moderadamente tóxicos, y coincidentemente fueron los más bajos en mortandad en el tiempo transcurrido en mención.

Los valores de mortandad registrados en las repeticiones de cada tratamiento indican que no hubo variabilidad importante entre registros; sin embargo, esto sí es evidente en los pesticidas Roundup (glifosato), Regent (fipronil), GF-120 (spinosad), Absolute (spinetoram) y Movento (spirotetramat), pudiendo estar relacionada a diferencias en aspectos biológicos y de comportamiento de las abejas empleadas en el ensayo entre los cuales se puede mencionar la edad, la vigorosidad, la condición nutricional del momento, entre otros aspectos particulares.

El importante porcentaje de mortandad logrado a las 3 horas por el Roundup (glifosato) se contrapone a Coppa & Huerta (2011) quienes catalogaron el ingrediente activo como no tóxico para abejas, de igual manera a Díaz (2015) quien registró tan solo una mortandad de 3%, Zhu *et al.* (2017) como desintoxicante del imidacloprid en abejas gracias a las enzimas inducidas por el herbicida aliviando el riesgo de toxicidad, Baldi *et al.* (2014) quienes informaron que no supera el límite del umbral de normalidad; sin embargo, Agrocompetitivo (2012), Herbert *et al.* (2014) y Martos (2016) analizaron su presencia en la colmena corroborando la exposición de la abeja al herbicida, y fue considerado de ligera ecotoxicología por De La Cruz *et al.* (2018).

Analizando la total mortandad alcanzada por Lannate (metomil), concordaría con la denominación de La Cruz *et al.* (2018) acerca del ingrediente activo como altamente tóxico para abejas y serviría como base para la afirmación de Martos (2016) quien lo reportó como uno de los principales factores de la muerte de abejas en diversos apiarios y fundos en el periodo 2010 - 2016.

Cipermex Super (alfacipermetrina) como tal, no se le encontró información hasta donde se pudo averiguar, sin embargo, como grupo químico se halló la afirmación de Gill *et al.* (2012) de acuerdo a su toxicidad expresado en el incremento de tasa de mortandad y del efecto Knock-down, según Long & Krupke (2016) existiría una potencial exposición por medio de plantas silvestres que también son visitadas por abejas y no estarían siendo consideradas, Sánchez-Bayo & Goka (2014) afirmaron que su aplicación deja residuos en polen y néctar con un efecto acumulativo subestimado, considerándolo como uno de los posibles causantes de la disminución en 53% de abejas en países europeos (Tirado *et al.*, 2013), y de la misma

forma en campo según Kiljanek *et al.* (2016); todo lo anterior permitiría corroborar los resultados del piretroide hasta las 3 horas de exposición y fomentaría la idea de una tardía pero importante manifestación.

Regent (fipronil) registró un alto porcentaje de mortandad en tan solo 3 horas de exposición probando así un alto efecto tóxico del ingrediente activo, dándole la razón a Louvet (2004), acerca de que, podría ocurrir mortandad tan solo por contacto al momento de ser trasladado a la colmena y no necesariamente por ingestión, también podría volver vulnerable a la abeja frente a otras enfermedades como lo expusieron Aufauvre *et al.* (2012) y Sánchez-Bayo *et al.* (2016), explicaría la muerte masiva que dieron a conocer Muñoz, A. (2017) y Meneguelli (2019), y serviría de base para la afirmación de Pisa *et al.* (2015) en cuanto a generar impacto bio y ecológico negativo, y la de Kiljanek *et al.* (2016) con respecto a la causa posiblemente más potencial de muerte de abejas en Polonia y Unión Europea.

A pesar de que no se ha hallado información acerca del Movento (spirotetramat), Absolute (spinetoram) y Tracer (spinosad), y su efecto tóxico en abejas probablemente por ausencia de evaluaciones o, en caso del spirotetramat, por el poco tiempo que tiene en el mercado, considerando el resultado del primero de ellos de 4,70% de mortandad de abejas, se le daría la razón a la denominación de ecotoxicología ligera por De La Cruz *et al.* (2018) y se discreparía altamente con Martos (2016) en relación a su participación como uno de los principales factores de mortalidad de abejas melíferas en diferentes apiarios; por otro lado, tomando en cuenta el caso del spinosad con 0% y el spinetoram con 8,38%, serían de reacción lenta ya que Díaz (2015) señaló que los spinosynes provocaron la muerte de hasta el 100% de las abejas en un solo día, finalmente, Aslam *et al.* (2016) demostró su alta toxicidad por su CL50.

Lo encontrado y referido en los resultados contrastaría con lo manifestado por De La Cruz *et al.* (2018), quienes catalogaron al GF-120 (spinosad) como de ecotoxicología extrema y, a su vez, con la publicación de El Diario La República (2019) con respecto a la muerte masiva de abejas en Cuzco; más bien, respaldaría la posición de A Primera Hora (2019) referente a la no relación del pesticida con la muerte de los polinizadores.

El resultado del Lorsban (clorpirifós) guardaría relación con la observación de Jiménez *et al.* (1996) sobre la alta mortalidad de abejas, también con la alta presencia del ingrediente activo en cera y polen de apiarios según Calatayud-Vernicha *et al.* (2018), en China según Tong *et al.* (2018), así afirmándolo Sánchez-Bayo & Goka (2014) y Martos (2016),

considerado por Coppa & Huerta (2011) como altamente tóxico en la zona andina de la Patagonia, y de extrema a alta ecotoxicología por De La Cruz *et al.* (2018), como uno de los causantes de la reducción de abejas hasta en 53% en algunos países europeos según Tirado *et al.* (2013), también con lo registrado por Balsebre *et al.* (2018) con una presencia de 34% en miel, además, hallado con mayor frecuencia en las muestras, mientras que Carrasco-Letelier *et al.* (2012) lo hallaron en campos de Uruguay en concentraciones de 23 veces su DL50, lo cual, contrastaría con Urlacher *et al.* (2016) y su subestimación con respecto al nivel encontrado por debajo de la DL50 y siendo detectado en tan solo 17% de los campos en Nueva Zelanda; finalmente, serviría de fundamento para el retiro del pesticida en la Unión Europea, según Agroprecios (2015).

La casi total mortandad alcanzada por Confidor (imidacloprid) en tan poco tiempo estaría bien fundamentada por Aslam *et al.* (2016) quienes demostraron la alta toxicidad del ingrediente activo, Sánchez-Bayo y Goka (2014) afirmaron que sus residuos en polen son acumulativos y que estarían siendo subestimados, Martos (2016) aseguró su presencia como principal factor de mortandad, prohibido en Francia por ser responsable de la muerte de 300 000 colmenas de abejas por año (La Vanguardia, 2018), considerado de ecotoxicología extrema por De La Cruz *et al.* (2018), y como altamente tóxico por Coppa & Huerta (2011), de alta mortandad en un solo día según Díaz (2015), detectándose en Polonia y Unión Europea en abejas muertas (Kiljanek *et al.*, 2016), hallado en el 69% de muestras de polen con valores de 5.7 ug/kg (Chauzat *et al.*, 2006), en áreas apícolas de China (Tong *et al.*, 2018), contrastaría con el programa EPILOBEE que lo halló en muy baja frecuencia en España (Pérez *et al.*, 2016), también con Han *et al.* (2010) quienes no determinaron mortalidad alguna en abejas expuestas a polen transgénico de algodón tratado con el pesticida, inclusive Rondeau *et al.* (2014) no reportó mortalidad antes del día 11.

La tabla 6 muestra porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 6 horas de exposición. Roundup (glifosato), Lannate (metomil), Cipermax Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil), Tracer (spinosad), GF-120 (spinosad), Absolute (spinetoram), Movento (spirotetramat), Lorsban (clorpirifós) y Confidor (imidacloprid) ocasionaron muerte de abejas en valores de 23,03, 100,00, 91,67, 98,41, 21,70, 18,63, 8,38, 9,24, 98,41, 93,25, respectivamente. En el testigo no se registró mortalidad. Los productos siendo divididos por categorías según análisis estadístico resultaron en: valores altos de mortalidad conformados por Lannate (metomil), Lorsban (clorpirifós), Regent (fipronil), Confidor (imidacloprid) y Cipermax Super

Tabla 6: Porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas a 6 horas de exposición en prueba de contacto

Pesticidas ensayados	Dosis del producto comercial	Mortalidad según repeticiones (%)			Mortalidad promedio (%)
		I	II	III	
Roundup SL (glifosato)	6,25 cc/l	10,00	31,82	27,27	23,03 b
Lannate 40 SP (metomil)	1,84 g/l	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Cipermex Super 10 CE (alfacipermetrina)	1,5 cc/l	75,00	100,00	100,00	91,67 a
Regent SC (fipronil)	1,15 cc/l	95,24	100,00	100,00	98,41 a
Tracer 120 SC (spinosad)	0,5 cc/l	23,80	18,18	23,10	21,7 bc
GF- 120 CB (spinosad)	666,67 cc/l	18,20	9,10	28,60	18,63 bc
Absolute 60 SC (spinetoram)	0,6 cc/l	13,64	0,00	11,50	8,38 cd
Movento 150 OD (spirotetramat)	1,25 cc/l	5,00	0,00	22,73	9,24 cd
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	2,5 cc/l	95,24	100,00	100,00	98,41 a
Confidor 350 SC (imidacloprid)	0,84 cc/l	94,74	85,00	100,00	93,25 a
Testigo (agua de mesa)	-	0,00	0,00	0,00	0,00 d

Valores seguidos por letras iguales no muestran diferencias significativas.

(alfacipermetrina) con porcentajes de 100,00, 98,41, 98,41, 93,25 y 91,67, respectivamente y en ese orden de mérito; los valores intermedios correspondientes a Roundup (glifosato) con 23,03%, Tracer (spinosad) con 21,7% y GF-120 (spinosad) con 18,63%; mientras que los valores bajos fueron registrados por Movento (spirotetramat) con 9,24% y Absolute (spinetoram) con 8,38%. Los valores altos de mortalidad muestran diferencias numéricas, pero no significativas, evidenciando, los productos, un alto efecto tóxico sobre las abejas melíferas que se sustenta en los altos porcentajes de mortalidad y el breve tiempo a la ocurrencia de la muerte de los insectos. Los valores intermedios y bajos son diferentes en términos numéricos dentro de su misma categoría, pero sin diferencias significativas, aunque sí entre las categorías en mención: sin embargo, estas últimas dos categorías evidencian acción tóxica que por tener una temprana manifestación debe ser tomada en cuenta para calificar a tales productos como potencialmente dañinos para las abejas.

Los productos que mostraron altos valores porcentuales de mortalidad de abejas corresponden a pesticidas de grupos químicos carbamatos, organofosforados, fenilpirazoles, neonicotinoides y piretroides, los cuales son frecuentemente utilizados en el control de plagas agrícolas y de los cuales se sabe tienen alta toxicidad, son de amplio espectro de acción y actúan por contacto e ingestión; además, con efecto sistémico en el caso del Lannate y Confidor y, de inhalación como ocurre con el Lorsban.

El porcentaje intermedio de mortalidad se registró en Roundup (glifosato), herbicida derivado de la glicina con efecto sistémico; Tracer y GF-120 que poseen el ingrediente activo spinosad, con modos de acción por contacto e ingestión.

Finalmente, los valores bajos pertenecen a Movento (spirotetramat) y Absolute (spinetoram), ambos con modo de acción de contacto, con efecto sistémico en el primer caso, y en el segundo actuando también por ingestión.

Los valores de mortandad registrados en las repeticiones de cada tratamiento indican que no hubo variabilidad importante entre registros; sin embargo, esto sí es evidente en los pesticidas Roundup (glifosato), GF-120 (spinosad), Absolute (spinetoram), Movento (spirotetramat), pudiendo estar relacionada a diferencias en aspectos biológicos y de comportamiento de las abejas empleadas en el ensayo entre los cuales se puede mencionar la edad, la vigorosidad, la condición nutricional del momento, entre otros aspectos particulares.

El mínimo aumento en mortandad desde las 3 hasta las 6 horas de exposición al Roundup (glifosato) por contacto, se debería al mecanismo de acción ya que, a pesar de ser un herbicida, la molécula lograría alterar el sistema digestivo de la abeja (Elcacho, 2018) siendo su acción más notable por vía oral; por otro lado, según Boily *et al.* (2013) a nivel químico se registró una disminución de la acetilcolinesterasa, ello serviría como fundamento de sus repercusiones a nivel del sistema nervioso, contrastando con Coppa & Huerta (2011) quienes lo registraron como no tóxico para abejas, mientras tanto Mengoni & Farina (2018) notaron diferente susceptibilidad según la edad de la abeja, y ello respaldaría las diferencias en mortandad entre las repeticiones.

Cipermex Super (alfacipermetrina) tuvo un muy importante incremento de mortandad a las 6 horas que se sustentaría en las implicaciones negativas en genes de inmunidad, metabolismo y alimentación relacionados a un piretroide según Christen & Fent (2017), también Gill *et al.* (2012) afirmaron la toxicidad del grupo químico mediante mortandad agregando la propensión al fracaso de la colonia por su exposición a este tipo de pesticida, por su parte, Tirado *et al.* (2013) señalaron a los piretroides como uno de los causantes de la muerte del 53% de abejas en Europa, siendo comprobada su presencia gracias a que Kiljanek *et al.* (2016) desarrollaron una metodología de detección de los metabolitos de los piretroides en las abejas.

Regent (fipronil) ya casi llegando a la total mortandad tras 6 horas de exposición por contacto, aún podría ser superada por vía oral ya que según Iannacone y Alvariño (2014), luego de ensayos en laboratorio lo determinaron como un riesgo ecológico para *Apis mellifera* L., por estas razones y muchas otras más, el ingrediente activo fue prohibido totalmente en la Unión Europea ya que representa un gran peligro para el sistema agroalimentario (Ferreirim, 2017); contrastando con lo hallado por Pérez *et al.* (2016) del fipronil en muy baja frecuencia en España, y por ende de nocividad reducida

Analizando el aumento del Tracer (spinosad) considerando que hasta las 3 horas no había registrado muerte alguna, se sustentaría con la determinación de Díaz (2015) acerca la mortandad hasta de 100% en un solo día en abejas expuestas a un spinosyn; por su parte, Aslam *et al.* (2016) demostró la alta toxicidad del spinosad según la concentración y periodo de exposición.

Examinando el resultado promedio de mortandad del GF-120 (spinosad), el cual logró superar al doble de la anterior evaluación, no tendría fundamento lo manifestado por A

Primera Hora (2019) acerca de la nula relación con la masiva muerte de abejas en Cuzco, ni con el descarte del Departamento de Agricultura y Servicios al Consumidor de la Florida (s.f.) con respecto a la toxicidad del GF-120 para las abejas, y tampoco estarían exentas de riesgo las abejas a pesar que el producto este seco, tal y como, lo determinaron Coppa & Huerta.

IRAC (2019) lograría explicar la lentitud de respuesta del Movento (spirotetramat) en la abeja, ya que, en el resultado logró duplicar el porcentaje de mortandad de la evaluación anterior, sin embargo, sigue siendo poco importante, asegurando que la razón sería por su modo de acción a nivel de crecimiento y desarrollo.

La tabla 7 muestra porcentajes de mortalidad corregida de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 24 horas de exposición. Roundup (glifosato), Lannate (metomil), Cipermax Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil), Tracer (spinosad), GF-120 (spinosad), Absolute (spinetoram), Movento (spirotetramat), Lorsban (clorpirifós) y Confidor (imidacloprid) ocasionaron muerte de abejas en valores de 46,13, 100,00, 100,00, 100,00, 100,00, 53,92, 96,93, 25,50, 100,00, 96,52, respectivamente. En el testigo se registró una mortalidad de 1,33% relacionada probablemente a la edad, vigorosidad, condición nutricional del momento, entre otros aspectos particulares. Los productos siendo divididos por categorías según análisis estadístico resultaron en: valores altos de mortalidad conformados por Lannate (metomil), Cipermax Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil) (fig. 19), Tracer (spinosad), Lorsban (clorpirifós) (fig. 20), Absolute (spinetoram), Confidor (imidacloprid) con porcentajes de 100,00, 100,00, 100,00, 100,00, 100,00, 96,93, 96,52, respectivamente y en ese orden de mérito; el valor intermedio correspondiente a GF-120 (spinosad) con 53,92% y a Roundup (glifosato) con 46,13%; mientras que el valor bajo fue registrado por Movento (spirotetramat) con 25,50%. Algunos de los valores altos de mortalidad muestran diferencias numéricas, pero no significativas, evidenciando, los productos, un alto efecto tóxico sobre las abejas melíferas que se sustenta en los altos porcentajes de mortalidad y el breve tiempo a la ocurrencia de la muerte de los insectos. Los valores intermedios y bajos son diferentes en términos numéricos dentro de su misma categoría, pero sin diferencias significativas, aunque sí entre las categorías en mención; sin embargo, estas dos categorías evidencian acción tóxica que por tener una temprana manifestación debe ser tomada en cuenta para calificar a tales productos como potencialmente dañinos para las abejas.

Tabla 7. Porcentajes de mortalidad de *Apis mellifera* por efecto de pesticidas a 24 horas de exposición por contacto

Pesticidas ensayados	Dosis del producto comercial	Mortalidad según repeticiones (%)			Mortalidad promedio (%)	Mortalidad corregida
		I	II	III		
Roundup SL (glifosato)	6,25 cc/l	50,00	50,00	40,91	46,97	46,13 bc
Lannate 40 SP (metomil)	1,84 g/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Cipermax Super 10 CE (alfacipermetrina)	1,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Regent SC (fipronil)	1,15 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Tracer 120 SC (spinosad)	0,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
GF- 120 CB (spinosad)	666,67 cc/l	54,50	9,10	100,00	54,53	53,92 b
Absolute 60 SC (spinetoram)	0,6 cc/l	90,91	100,00	100,00	96,97	96,93 a
Movento 150 OD (spirotetramat)	1,25 cc/l	25,00	27,27	27,27	26,51	25,50 c
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	2,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Confidor 350 SC (imidacloprid)	0,84 cc/l	94,74	95,00	100,00	96,57	96,52 a
Testigo (agua de mesa)	-	0	0	4,00	1,33	-

Valores seguidos por letras iguales no muestran diferencias significativas



(a)



(b)

Figura 19. Altos valores porcentuales de mortandad registrados en los tratamientos Cipermax Super (alfacipermetrina) (a) v Regent (fipronil) (b) en la prueba de contacto.



(a)



(b)

Figura 20. Altos valores porcentuales de mortandad registrados en los tratamientos Lorsban (clorpirifós) (a) y Tracer (spinosad) (b) en la prueba de contacto.

Los productos que mostraron altos valores porcentuales de mortalidad de abejas corresponden a pesticidas de grupos químicos carbamatos, piretroides, fenilpirazoles, spinosynes, organofosforados y neonicotinoides, los cuales son frecuentemente utilizados en el control de plagas agrícolas y de los cuales se sabe tienen alta toxicidad, son de amplio espectro de acción y, actúan por contacto e ingestión; por otro lado, con efecto sistémico en el caso del Lannate, Regent y Confidor, y por inhalación en el caso del Lorsban.

El porcentaje intermedio de mortalidad registrado de GF-120 (spinosad), podría ser debido a su estado físico de cebo tóxico ya que su objetivo es ser atrayente vía oral más que de contacto; mientras tanto, el herbicida Roundup (glifosato) podría deberse a su efecto sistémico en plantas.

Finalmente, el valor bajo pertenece a Movento (spirotetramat) y podría deberse a su modo de acción por contacto y con efecto sistémico.

Los valores de mortandad registrados en las repeticiones de cada tratamiento indican que no hubo variabilidad importante entre registros; sin embargo, esto sí es evidente en el pesticida GF-120 (spinosad) pudiendo estar relacionada a diferencias en aspectos biológicos y de comportamiento de las abejas empleadas en el ensayo entre los cuales se puede mencionar la edad, la vigorosidad, la condición nutricional del momento, entre otros aspectos particulares.

Transcurridas las primeras 24 horas de exposición al Roundup (glifosato) se obtuvo un importante porcentaje de mortandad superior al doble de la última evaluación, fundamentando la prohibición del ingrediente activo en más de 17 países (Carbajosa, 2019) y lo tardío de su respuesta podría deberse al mecanismo de acción de la molécula a nivel del sistema digestivo según Elcacho (2018) a pesar de ser herbicida, además, Hedrei *et al.* (2015), bajo condiciones de laboratorio, concluyeron que su sistema carotenoide-retinoide de la abeja melífera puede verse alterado por dosis subletales del pesticida, inclusive, Boily *et al.* (2013) registraron una disminución de la actividad de la AChE, contrastando todos ellos con Coppa & Huerta (2011) respecto a su nula toxicidad debido a que su DL50 es mayor a 100 microgramos/abeja, y corroborando la posibilidad de contaminación de la colmena ya que habría tiempo suficiente para el traslado debido a la lenta reacción del pesticida.

Cipermex Super (alfacipermetrina) finalmente alcanzó la total mortandad en su unidad experimental, ello concordaría con los resultados de Christen & Fent quienes tras 24 horas

de exposición comprobaron cambios transcripcionales relacionados al piretroide, este último pudiendo ser trasladado por medio de néctar y polen hasta la colmena logrando un efecto acumulativo (Sánchez-Bayo & Goka, 2014) causando muertes masivas (Tirado *et al.*, 2013).

Como en el caso anterior, Regent (fipronil) también alcanzó 100% de mortandad a las 24 horas, ello coincidiendo con el ensayo de Iannacone & Alvarino (2014) en el cual transcurrido el mismo tiempo y exposición obtuvieron una DL50 de 6,06ng i.a./abeja concluyendo que el ingrediente activo tiene un efecto significativo de riesgo ecológico para *Apis mellifera* L., además, logrando ser trasladado a la colmena por el polen superando el límite de detección (Chauzat *et al.*, 2006) causando muerte masiva de colmenas en países hasta continentes enteros (Kiljanek *et al.*, 2016).

Según IRAC (2019) tanto el Tracer (spinosad) como el Absolute (spinetoram) actúan activando alostéricamente los receptores nicotínicos de la acetilcolina, pero probablemente debido al modo de acción de contacto, la respuesta sería más tardía, a pesar de ello, alcanzando finalmente una importante mortandad de 100% y 96,93%, respectivamente, como en la presente investigación, más bien resultaría más nocivo aun con respecto a la transmisión del pesticida en la colmena por el tiempo que la abeja aún tiene la posibilidad de volver a ella. De igual manera, el GF-120 (spinosad) triplicó el porcentaje de mortandad de la evaluación anterior, coincidiendo con Gómez (2014) con respecto a la importancia de que transcurra cierto tiempo para las manifestaciones; por otro lado, a pesar de que algunas sobrevivieron, mostraban señales de daño tan fuertes como para difícilmente continuar con una actividad normal contrastando con A Primera Hora (2019) y su lenta respuesta sería debido al modo de acción.

Se corroboraría lo señalado por De La Cruz *et al.* (2018) acerca de que el Movento (spirotetramat) es de ecotoxicología ligera debido al bajo porcentaje de mortandad alcanzado hasta el momento, a su vez fundamentado por IRAC (2019) en donde se menciona que su notable lentitud de reacción estaría ligada a su mecanismo de acción sobre el crecimiento y desarrollo del insecto.

Lorsban (clorpirifós) al alcanzar en menos de un día el 100% de mortalidad de abejas, serviría como fundamento para De La Cruz *et al.* (2018) con los respectivos previos síntomas que observó Jiménez *et al.* (1996) causados por la alta sensibilidad producida (Carrasco-Letelier *et al.*, 2012), provocando la toma de decisiones drásticas (Agroprecios, 2015) por su alta detección en campo (Calatayud-Vernicha *et al.*, 2018), a pesar que otros lo

subestimen (Urlacher *et al.*, 2016); además, con consecuencias a nivel químico manifestado en los genes (Christen & Fent, 2017), logrando ser transmitido por el polen (Tong *et al.* 2018) y de esa manera ocasionando muerte masiva en Perú (Martos, 2016) como en Norteamérica (Tirado *et al.*, 2013) y Europa (Kiljanek *et al.*, 2016).

Confidor (imidacloprid) llegando a casi un 100% de mortandad a las 24 horas se confirma lo indicado por IRAC (2019) acerca de su mecanismo de acción a nivel del sistema nervioso actuando como modulador competitivo del receptor nicotínico de la acetilcolina, lo anterior ha sido corroborado también en *Bombus terrestris* (Whitehorn *et al.*, 2012) y *Bombus atratus* (Riaño & Cure, 2016); por otro lado, también evaluados sus efectos en distintos campos según su manejo (Boily *et al.*, 2013), contrastando con su baja frecuencia, y así reducido riesgo de las abejas de ser intoxicadas, en España (Pérez *et al.*, 2016) hasta de una nula mortalidad (Han *et al.*, 2010) o muy tardía (Rondeau *et al.*, 2014); finalmente, se ha registrado una desintoxicación del neonicotinoide por medio del Roundup gracias a enzimas que este último induciría (Zhu *et al.*, 2017); por otro lado, prohibido en Francia en el 2016 (La Vanguardia, 2018) por la muerte masiva de colmenas registrada en Europa (Kiljanek *et al.*, 2016).

La tabla 8 muestra porcentajes de mortalidad corregida de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 48 horas de exposición. Lannate (metomil), Cipermax Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil), Tracer (spinosad), Absolute (spinetoram), Lorsban (clorpirifós), Confidor (imidacloprid), Roundup (glifosato), GF-120 (spinosad) y Movento (spirotetramat) ocasionaron muerte de abejas en valores de 100,00 (los siete primeros), 56,33, 52,73 y 62,00, respectivamente. En el testigo se registró una mortalidad de 9,17% relacionada probablemente a la edad, vigorosidad, condición nutricional del momento, entre otros aspectos particulares. Los productos siendo divididos por categorías según análisis estadístico resultaron en: valores altos de mortalidad conformados por Lannate (metomil), Cipermax Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil), Tracer (spinosad), Absolute (spinetoram), Lorsban (clorpirifós) y Confidor (imidacloprid) (fig. 21), todos ellos con 100%; y los valores bajos correspondientes a Roundup (glifosato) con 56,33%, GF-120 (spinosad) con 52,73% y Movento (spirotetramat) con 62,00%. Las categorías en mención son diferentes numéricamente y a su vez con diferencias significativas entre sí, debido al tiempo transcurrido necesario para su manifestación; sin embargo, deberían ser calificados como potencialmente dañinos debido a su acción tóxica una vez asimilado por el organismo de la abeja. Por otro lado, dentro de las dos categorías se hallan productos diferentes

Tabla 8. Porcentajes de mortalidad de *Apis mellifera* por efecto de pesticidas a 48 horas de exposición por contacto

Pesticidas ensayados	Dosis del producto comercial	Mortalidad según repeticiones (%)			Mortalidad promedio (%)	Mortalidad corregida
		I	II	III		
Roundup SL (glifosato)	6,25 cc/l	55,00	77,27	50,00	60,76	56,33 b
Lannate 40 SP (metomil)	1,84 g/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Cipermex Super 10 CE (alfacipermetrina)	1,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Regent SC (fipronil)	1,15 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Tracer 120 SC (spinosad)	0,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
GF- 120 CB (spinosad)	666,67 cc/l	54,50	13,60	100,00	56,03	52,73 b
Absolute 60 SC (spinetoram)	0,6 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Movento 150 OD (spirotetramat)	1,25 cc/l	35,00	100,00	63,64	66,21	62,00 b
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	2,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Confidor 350 SC (imidacloprid)	0,84 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Testigo (agua de mesa)	-	10,53	5,00	12,00	9,17	-

Valores seguidos por letras iguales no muestran diferencias significativas



(a)



(b)

Figura 21. Altos valores porcentuales de mortandad registrados en los tratamientos Absolute (spinetoram) (a) y Confidor (imidacloprid) (b) en la prueba de contacto.

numéricamente, pero sin diferencia significativa debido a que en comparación con los demás, los mencionados no presentan distinción importante en la nocividad a la abeja.

Los productos que mostraron altos valores porcentuales de mortalidad de abejas corresponden a pesticidas de grupos químicos carbamatos, piretroides, fenilpirazoles, spinosynes, organofosforados y neonicotinoides, los cuales son frecuentemente utilizados en el control de plagas agrícolas y de los cuales se sabe tienen alta toxicidad, son de amplio espectro de acción y, actúan por contacto e ingestión; por otro lado, con efecto sistémico en el caso del Lannate, Regent y Confidor, y por inhalación en el caso del Lorsban.

El valor bajo perteneció a Movento (spirotetramat) caracterizado por ser del grupo químico de los ácidos tetrámicos con modo de acción por contacto y efecto sistémico; además, Roundup (glifosato) y GF-120 (spinosad), podrían deberse a sus grupos químicos y modos de acción, en el primer caso es un herbicida derivado de la glicina que posee efecto sistémico, mientras que, el segundo es del grupo spinosyn, con modo de acción por contacto e ingestión.

Los valores de mortandad registrados en las repeticiones de cada tratamiento indican que no hubo variabilidad importante entre registros; sin embargo, esto sí es evidente en los pesticidas GF-120 (spinosad), Roundup (glifosato) y Movento (spirotetramat) pudiendo estar relacionada a diferencias en aspectos biológicos y de comportamiento de las abejas empleadas en el ensayo entre los cuales se puede mencionar la edad, la vigorosidad, la condición nutricional del momento, entre otros aspectos particulares.

Existen fuentes que respaldan el lento pero continuo aumento en porcentaje de mortandad con el transcurrir de las horas y registrado en los resultados observados del Roundup (glifosato), como también, aquellos que lo consideran de ligera ecotoxicología (De La Cruz, *et al.*, 2018), como no tóxicos (Coppa & Huerta, 2011), sin embargo, han habido registros de diferente susceptibilidad según la edad de las abejas (Mengoni & Farina, 2018), pruebas de laboratorio que demuestran su alta presencia en miel y con ello la importante exposición de la abeja al herbicida (Agrocompetitivo, 2012), a dosis subletales y reales de campo (Hedrei *et al.*, 2015), contaminando a la colonia (Herbert *et al.*, 2014), ocasionando muerte masiva fundamentándose en un daño a nivel digestivo (Elcacho, 2018), disminución de la actividad de la acetilcolinesterasa (Boily *et al.*, 2013), aunque también, contrastando con un 3% de mortalidad alcanzada luego de 10 días de exposición (Díaz, 2015), y siendo subestimado por no superar el umbral de normalidad (100 a 120 abejas/semana) pero, admitiendo que alcanza los apiarios gracias a los vientos con efectos a corto periodo de

tiempo (Baldi *et al.*, 2014), obteniéndose mortandad bajo dosis comercial y nula bajo las halladas en campo (Ruíz-Toledo & Sánchez-Guillén, 2014).

El resultado del GF-120 (spinosad) obtenido a las 48 horas, comparado con la anterior evaluación, muestra un ínfimo aumento, debiéndose quizás al modo de acción inadecuado, ya que por ser cebo se esperaría que ingrese en el organismo del insecto por la vía de ingestión, aunque haya registros de su nula atracción hacia la abeja (Departamento de Agricultura y Servicios al Consumidor de la Florida, s.f.).

Se estaría comprobando lo mencionado por IRAC (2019) acerca de la tardía reacción del Movento (spirotetramat) debido a su mecanismo de acción a nivel de crecimiento y desarrollo, sin embargo, los resultados obtenidos en la presente manifiestan un importante efecto tóxico expresado por la mortandad obtenida de casi el triple de la última evaluación.

Finalmente, Absolute (spinetoram) y Confidor (imidacloprid) alcanzaron la total mortandad de las abejas en estudio, similar a lo señalado por Díaz (2015) quien obtuvo una mortalidad del 100% en un solo día, concluyendo que ambos son tóxicos con efectos diferenciados, fundamentado a su vez por IRAC (2019) donde se indica que actúan a nivel del sistema nervioso, por ello la rapidez de sus efectos.

La tabla 9 muestra porcentajes de mortalidad corregida de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 72 horas de exposición. Lannate (metomil), Cipermax Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil), Tracer (spinosad), Absolute (spinetoram), Lorsban (clorpirifós), Confidor (imidacloprid), Roundup (glifosato), GF-120 (spinosad) y Movento (spirotetramat), ocasionaron muerte de abejas en valores de 100,00 (los siete primeros), 54,90, 44,50 y 66,10, respectivamente. En el testigo se registró una mortalidad de 26,87% relacionada probablemente a la edad, vigorosidad, condición nutricional del momento, entre otros aspectos particulares. Los productos siendo divididos por categorías según análisis estadístico resultaron en: valores altos de mortalidad conformados por Lannate (metomil), Cipermax Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil), Tracer (spinosad), Absolute (spinetoram), Lorsban (clorpirifós), Confidor (imidacloprid) con 100%, Movento (spirotetramat) con 66,10% (fig. 22) y los valores bajos correspondientes a Roundup (glifosato) con 54,90% y GF-120 (spinosad) con 44,50% (fig. 23). Las categorías en mención son diferentes numéricamente y a su vez con diferencias significativas entre sí, debido al tiempo transcurrido necesario para su manifestación; sin embargo, deberían ser calificados

Tabla 9. Porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas a 72 horas de exposición por contacto

Pesticidas ensayados	Dosis del producto comercial	Mortalidad según repeticiones (%)			Mortalidad promedio (%)	Mortalidad corregida
		I	II	III		
Roundup SL (glifosato)	6,25 cc/l	65,00	77,27	59,09	67,12	54,90 bc
Lannate 40 SP (metomil)	1,84 g/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Cipermex Super 10 CE (alfacipermetrina)	1,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Regent SC (fipronil)	1,15 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Tracer 120 SC (spinosad)	0,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
GF- 120 CB (spinosad)	666,67 cc/l	54,50	13,60	100,00	56,03	44,50 bc
Absolute 60 SC (spinetoram)	0,6 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Movento 150 OD (spirotetramat)	1,25 cc/l	55,00	100,00	72,73	75,91	66,10 ab
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	2,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Confidor 350 SC (imidacloprid)	0,84 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Testigo (agua de mesa)	-	31,58	25,00	24,00	26,87	-

Valores seguidos por letras iguales no muestran diferencias significativas



Figura 22. Alto valor porcentual de mortandad registrado en el tratamiento Movento (spirotetramat) en la prueba de contacto.



(a)



(b)

Figura 23. Valores porcentuales bajos registrados en los tratamientos Roundup (glifosato) (a) y GF-120 (spinosad) (b).

como potencialmente dañinos debido a su acción tóxica una vez asimilado por el organismo de la abeja. Por otro lado, dentro de la categoría de bajos valores se hallan dos productos diferentes numéricamente, pero sin diferencia significativa debido a que en comparación con los demás, los mencionados no presentan distinción importante en la nocividad a la abeja.

Los productos que mostraron altos valores porcentuales de mortalidad de abejas corresponden a pesticidas de grupos químicos carbamatos, piretroides, fenilpirazoles, spinosynes, organofosforados, neonicotinoides y ácido tetrámico, todos ellos con modos de acción de contacto, y también de ingestión excepto el último; con efecto sistémico en el caso del Lannate, Movento, Regent y Confidor, y por inhalación en el caso del Lorsban.

Los valores bajos pertenecientes a Roundup (glifosato) y GF-120 (spinosad) podrían deberse a sus grupos químicos y modos de acción, en el primer caso es un herbicida derivado de la glicina que posee efecto sistémico, mientras que, el segundo caso es del grupo spinosyn, con modo de acción por contacto e ingestión.

Los valores de mortandad registrados en las repeticiones de cada tratamiento indican que no hubo variabilidad importante entre registros; sin embargo, esto sí es evidente en los pesticidas GF-120 (spinosad), Roundup (glifosato) y Movento (spirotetramat) pudiendo estar relacionada a diferencias en aspectos biológicos y de comportamiento de las abejas empleadas en el ensayo entre los cuales se puede mencionar la edad, la vigorosidad, la condición nutricional del momento, entre otros aspectos particulares.

Los resultados a las 72 horas de exposición de los productos Movento (spirotetramat), Roundup (glifosato) y GF-120 (spinosad) demostrarían su potencial efecto tóxico por medio de la mortandad alcanzada ya que al superar el 50% es suficiente para determinarlos como nocivos para las abejas *Apis mellifera* L. según así lo indican para spirotetramat, las pruebas de campo de Martos (2016) quien aseguró su relación como uno de los principales factores en la masiva pérdida de colmenas en apiarios y fundos en Perú, contrastando con De La Cruz *et al.* (2018) quienes lo consideran como de ligera ecotoxicología, sin embargo, fundamentando su lento pero importante mecanismo de acción por IRAC (2019); en el caso del glifosato se debería a su origen herbicida que carecería de suficientes investigaciones, por otro lado, se ha hallado su repercusión a nivel digestivo en la abeja (Elcacho, 2018), y como consecuencia de su potencial efecto tóxico siendo prohibido en Alemania en el 2023 (Carbajosa, 2019); finalmente, el spinosad tendría probablemente un resultado superior tal y

como en el caso de los demás spinosynes, de haber sido tomado por el organismo mediante la vía de ingestión u oral.

Ensayos de ingestión

La tabla 10 muestra porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 1 hora de exposición. Roundup (glifosato), Lannate (metomil), Cipermax Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil), Tracer (spinosad), GF-120 (spinosad), Lorsban (clorpirifós) y Confidor (imidacloprid) ocasionaron muerte de abejas en valores de 11,91, 100,00, 53,08, 32,58, 2,90, 7,03, 96,74, 89,93, respectivamente. Los productos Absolute (spinetoram) y Movento (spirotetramat) no causaron muerte alguna. En el testigo no se registró mortalidad. Los productos siendo divididos por categorías según análisis estadístico resultaron en: valores altos de mortalidad conformados por Lannate (metomil) (fig. 24), Lorsban (clorpirifós) y Confidor (imidacloprid) con porcentajes de 100,00, 96,74 y 89,93, respectivamente y en orden de mérito; el valor intermedio correspondiente a Cipermax Super (alfacipermetrina) con 53,08%; el valor medio correspondiente a Regent (fipronil) con 32,58%; mientras que los valores bajos correspondientes a Roundup (glifosato) con 11,91%, GF-120 (spinosad) con 7,03% y Tracer (spinosad) con 2,90%. Los valores altos de mortalidad muestran diferencias numéricas, pero no significativas, evidenciando, los productos, un alto efecto tóxico sobre las abejas melíferas que se sustenta en los altos porcentajes de mortalidad y el breve tiempo a la ocurrencia de la muerte de los insectos. Los valores intermedios, medios y bajos son diferentes en términos numéricos dentro de su misma categoría, pero sin diferencias significativas, aunque sí entre las categorías en mención; sin embargo, estas últimas tres categorías evidencian acción tóxica que por tener una temprana manifestación debe ser tomada en cuenta para calificar a tales productos como potencialmente dañinos para las abejas.

Los productos que mostraron altos valores porcentuales de mortalidad de abejas corresponden a pesticidas de grupos químicos carbamatos, organofosforados y neonicotinoides, con modos de acción de contacto e ingestión todos ellos, además con efecto sistémico en el caso del Lannate y Confidor, y por inhalación en Lorsban.

El porcentaje intermedio de mortalidad fue registrado por Cipermax Super (alfacipermetrina), con modo de acción de contacto e ingestión.

El valor medio pertenece a Regent (fipronil), con modo de acción de contacto e ingestión.

Tabla 10: Porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas a 1 hora de exposición en prueba de ingestión

Pesticidas ensayados	Dosis del producto comercial	Mortalidad según repeticiones (%)				Mortalidad promedio (%)
		I	II	III	IV	
Roundup SL (glifosato)	6,25 cc/l	0,00	0,00	14,29	33,33	11,91 d
Lannate 40 SP (metomil)	1,84 g/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Cipermex Super 10 CE (alfacipermetrina)	1,5 cc/l	53,10	30,43	61,29	67,50	53,08 b
Regent SC (fipronil)	1,15 cc/l	12,50	40,00	45,20	32,60	32,58 c
Tracer 120 SC (spinosad)	0,5 cc/l	4,17	7,41	0,00	0,00	2,90 d
GF- 120 CB (spinosad)	666,67 cc/l	0,00	8,30	3,13	16,67	7,03 d
Absolute 60 SC (spinetoram)	0,6 cc/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 d
Movento 150 OD (spirotetramat)	1,25 cc/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 d
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	2,5 cc/l	86,96	100,00	100,00	100,00	96,74 a
Confidor 350 SC (imidacloprid)	0,84 cc/l	82,61	100,00	80,56	96,55	89,93 a
Testigo (agua de mesa)	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 d

Valores seguidos por letras iguales no muestran diferencias significativas.



Figura 24. Alto valor porcentual de mortandad registrado por el tratamiento Lannate (metomil) (a), contrastando fuertemente con el testigo (b) en la prueba de ingestión.

Finalmente, los valores bajos de Roundup (glifosato), GF-120 (spinosad) y Tracer (spinosad), podría deberse a que el primero es un herbicida que actúa a nivel sistémico cuyo objetivo principal es el control de malezas; mientras que los dos siguientes, poseen modo de acción de contacto e ingestión.

Cabe mencionar que, los cuatro productos con menores porcentajes de mortandad, incluyendo Absolute y Movento que no registraron muerte alguna, coincidentemente están comercialmente con etiqueta azul lo cual los cataloga como moderadamente tóxicos.

Los valores de mortandad registrados en las repeticiones de cada tratamiento indican que no hubo variabilidad importante entre registros; sin embargo, esto sí es evidente en los pesticidas Roundup (glifosato), Cipermax Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil), Lorsban (clorpirifós) y Confidor (imidacloprid), pudiendo estar relacionada a diferencias en aspectos biológicos y de comportamiento de las abejas empleadas en el ensayo entre las cuales se puede mencionar la edad, la vigorosidad, la condición nutricional del momento, entre otros aspectos particulares.

Según el modo de acción un pesticida resulta ser más efectivo en el control de plagas o malezas, y según velocidad de reacción la vía oral o por ingestión es superior a la de contacto, es por ello, que en la presente se esperaba haya una mayor mortandad en menor tiempo a comparación del ensayo por contacto.

Según Ruíz-Toledo & Sánchez-Guillén (2014) bajo condiciones de laboratorio registraron la muerte de abejas en tan solo 44 minutos de exposición vía oral a la mitad de dosis comercial del glifosato (178 ug/l), ello se asemejaría con los resultados obtenidos a 1 hora mediante ingestión en la presente investigación utilizando la dosis comercial recomendada de Roundup (glifosato) de 0.625 ml / 100 ml de agua; por otro lado, Herbert *et al.* (2014) encontraron repelencia olfativa hacia el néctar con pesticida, lo cual contrastaría altamente hacia la correcta y adecuada ingesta del alimento, compuesto por el pesticida, presentada en el ensayo; mientras tanto Hedrei *et al.* (2015) concluyó tras la ingesta del producto, que el sistema carotenoide-retinoide de la abeja melífera puede verse alterado por dosis subletales de herbicidas a dosis reales en campo lo cual daría mayor veracidad a la presente.

El fuerte y radical efecto tóxico del Lannate (metomil) que alcanzó un 100% de mortandad en tan solo la primera hora de haber sido ingerido, estaría respaldado por Clinch *et al.* (1973) quienes registraron una muy evidente mortalidad, al igual que Martos (2016) en diversos

apiarios y fondos como uno de los principales factores, y es por ello que es considerado como altamente tóxico para abejas por De La Cruz *et al.* (2018).

Se obtuvo una notable diferencia de mortandad en Ciperhex Super (alfacipermetrina) al obtener más del doble del resultado obtenido en el mismo tiempo, pero por la vía de contacto; por otro lado, se afirmó su toxicidad por la tasa de mortandad que registran (Gill *et al.*, 2012), inclusive trasladan el pesticida por medio del polen de plantas silvestres y/o cultivadas a sus colmenas (Long & Krupke, 2016), los residuos también hallados en el néctar (Sánchez-Bayo & Goka, 2014), ocasionando muertes masivas en Europa hasta de un 53% de abejas (Tirado *et al.*, 2013) corroborado por Kiljanek *et al.* (2016).

Con respecto al Regent (fipronil) no se halló importante diferencia hasta el momento con respecto a la vía de contacto; sin embargo, se han registrado ensayos de laboratorio en los que se ha determinado su efecto tóxico vía oral en la abeja melífera (Iannacone & Alvarino, 2014), de igual manera Muñoz, E. (2017) mediante la dosificación de 0,00125 ug/abeja también concluyó daños en el insecto, por su parte, Kiljanek *et al.* (2016) lo mencionaron como la causa posiblemente más potencial en mortalidad de abejas y su nocividad para ellas, debido a todas esas pruebas entre muchas otras, el fipronil fue prohibido en toda la Unión Europea (Ferreirim, 2017).

Ciertos productos hasta el momento manifestaron muy baja o nula mortalidad tales como el Tracer (spinosad) con 2,90%, Movento (spirotetramat) y Absolute (spinetoram) ambos con 0% debido probablemente a que aún requieren de mayor tiempo para manifestarse en la abeja, sin embargo, expresando nocividad debido a la posibilidad del insecto de poder trasladar el producto hasta la colmena y de esta manera transmitir a los demás miembros de la colonia causando de igual manera muerte masiva de colmenas, prueba de ello sería Díaz (2015) quien asegura que se logra alcanzar un 100% de mortalidad en el caso de los spinosynes, siendo en este caso Tracer y Absolute; mientras que, el Movento se debería a su mecanismo de acción a nivel digestivo (IRAC, 2019).

Se confirma lo sospechado y manifestado por diversos autores acerca de la eficiencia del GF-120 dependiente de su modo de acción por ser un cebo caracterizado principalmente por ser atractivo para el insecto, en este caso de ingestión ya que fue muy importante el registro de muerte a comparación de lo observado por contacto, el cual fue nulo, contrastando con A Primera Hora (2019), quienes sustentan que el producto no mata las abejas.

Tanto el Lorsban (clorpirifós) como el Confidor (imidacloprid) mantuvieron la tendencia de alta mortandad en ingestión como contacto, ya que ambos productos serían tan tóxicos que dañarían a nivel del sistema nervioso casi al instante sin importar significativamente la vía de ingreso al organismo de la abeja, en el primer caso considerado de extrema a alta ecotoxicología (De La Cruz *et al.*, 2018), habiendo registrado alta mortandad (Jiménez *et al.*, 1996), siendo detectado en altas concentraciones en polen y cera de apiarios cercanos a campos de cultivos (Calatayud-Vernicha *et al.*, 2018) como en miel (Balsebre *et al.*, 2018), por todo ello retirado del mercado en la Unión Europea (Agroprecios, 2015); mientras que, en el caso del neonicotinoide, considerado de ecotoxicología extrema (De La Cruz *et al.*, 2018), hallado en el 69% de las muestras de polen con valores de hasta 5.7 ug/kg (Chauzat *et al.*, 2006), como en China (Tong *et al.*, 2018), con efecto acumulativo subestimado (Sánchez-Bayo & Goka, 2014), guardando relación con la pérdida masiva de colmenas en Perú (Martos, 2016), contrastando con el programa EPILOBEE que lo hallaron en muy baja frecuencia en España y por ello concluyendo su bajo riesgo (Pérez *et al.*, 2016), y con Yang *et al.* (2008) quienes aseguraron nula mortandad luego de transcurrir 7 días de exposición, de igual manera Rondeau *et al.* (2014) al día 30; por otro lado, causando una mortandad en menos de 1 día (Díaz, 2015) y encontrado como metabolito en abejas muertas (Kiljanek *et al.*, 2016); finalmente, siendo prohibido en Francia por ser responsable de la muerte de 300 000 colonias de abejas/año (La Vanguardia, 2018).

La tabla 11 muestra porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 3 horas de exposición. Lannate (metomil), Lorsban (clorpirifós), Confidor (imidacloprid), Roundup (glifosato), Cipermet Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil), Tracer (spinosad), GF-120 (spinosad), Absolute (alfacipermetrina) y Movento (spirotetramat) ocasionaron muerte de abejas en valores de 100,00 (los tres primeros), 17,07, 89,02, 96,25, 91,25, 60,62, 94,46 y 7,83, respectivamente. En el testigo no se registró mortalidad. Los productos siendo divididos por categorías según análisis estadístico resultaron en: valores altos de mortalidad conformados por Lannate (metomil), Lorsban (clorpirifós), Confidor (imidacloprid) (fig. 25), Regent (fipronil), Absolute (spinetoram), Tracer (spinosad) y Cipermet Super (alfacipermetrina) con porcentajes de 100,00 (los tres primeros), 96,25, 94,46, 91,25 y 89,02, respectivamente y en orden de mérito; el valor intermedio correspondiente a GF-120 (spinosad) con 60,62%; mientras que los valores bajos correspondientes a Roundup (glifosato) con 17,07% y Movento (spirotetramat) con 7,83%. La mayoría de los altos valores de mortalidad muestran

Tabla 11: Porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas a 3 horas de exposición en prueba de ingestión

Pesticidas ensayados	Dosis del producto comercial	Mortalidad según repeticiones (%)				Mortalidad promedio (%)
		I	II	III	IV	
Roundup SL (glifosato)	6,25 cc/l	0,00	4,00	14,29	50,00	17,07 c
Lannate 40 SP (metomil)	1,84 g/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Cipermex Super 10 CE (alfacipermetrina)	1,5 cc/l	100,00	78,26	90,32	87,50	89,02 a
Regent SC (fipronil)	1,15 cc/l	100,00	85,00	100,00	100,00	96,25 a
Tracer 120 SC (spinosad)	0,5 cc/l	100,00	100,00	74,07	90,91	91,25 a
GF- 120 CB (spinosad)	666,67 cc/l	18,50	87,50	90,63	45,83	60,62 b
Absolute 60 SC (spinetoram)	0,6 cc/l	100,00	88,46	92,59	96,77	94,46 a
Movento 150 OD (spirotetramat)	1,25 cc/l	9,52	7,80	6,20	7,80	7,83 c
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	2,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Confidor 350 SC (imidacloprid)	0,84 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Testigo (agua de mesa)	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 c

Valores seguidos por letras iguales no muestran diferencias significativas

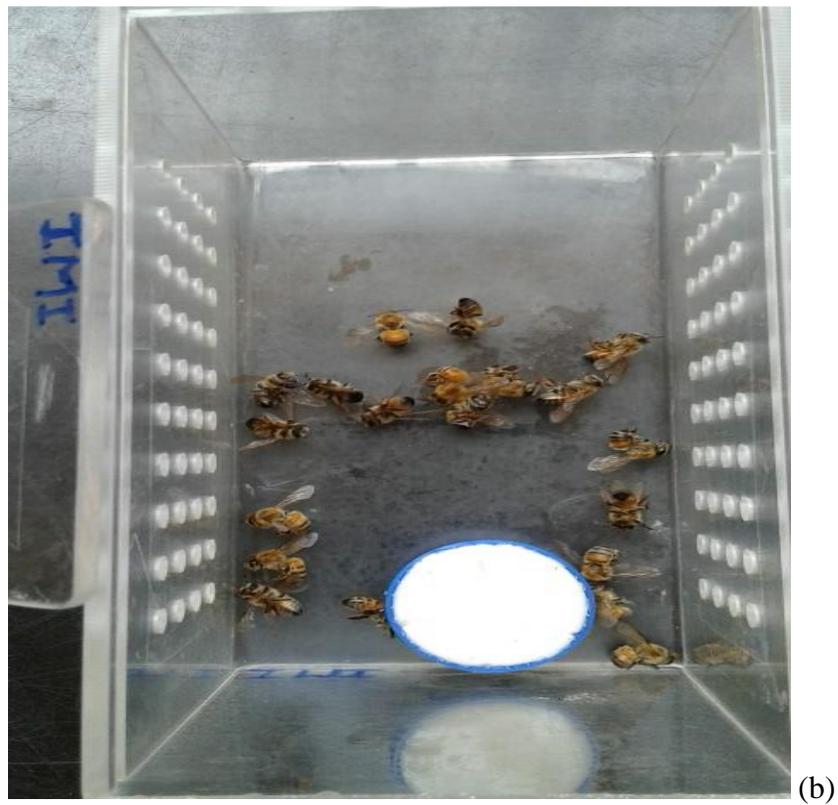


Figura 25. Valores altos de mortandad registrados por los tratamientos Lorsban (clorpirifós) (a) y Confidor (imidacloprid) (b) en la prueba de ingestión.

diferencias numéricas, pero no significativas, evidenciando, los productos, un alto efecto tóxico sobre las abejas melíferas que se sustenta en los altos porcentajes de mortalidad y el breve tiempo a la ocurrencia de la muerte de los insectos.

Los productos que mostraron altos valores porcentuales de mortalidad de abejas corresponden a pesticidas de grupos químicos carbamatos, organofosforados, neonicotinoides, fenilpirazoles, spinosynes y piretroides, con modos de acción de contacto e ingestión; además de inhalación en el caso del Lorsban y con efecto sistémico en Regent, Lannate y Confidor.

El valor intermedio perteneció al GF-120 (spinosad), con modo de acción de ingestión y contacto, además, con la característica de ser un cebo tóxico atrayente.

Finalmente, los valores bajos de Roundup (glifosato) y Movento (spirotetramat), pudo deberse a que el primero es un herbicida que actúa a nivel sistémico cuyo objetivo principal es el control de malezas; mientras que el segundo, posee modo de acción de contacto y efecto sistémico.

Los valores de mortandad registrados en las repeticiones de cada tratamiento indican que no hubo variabilidad importante entre registros; sin embargo, esto sí es evidente en los pesticidas Roundup (glifosato), Cipermax Super (alfacipermetrina), Tracer (spinosad) y GF-120 (spinosad), pudiendo estar relacionada a diferencias en aspectos biológicos y de comportamiento de las abejas empleadas en el ensayo entre los cuales se puede mencionar la edad, la vigorosidad, la condición nutricional del momento, entre otros aspectos particulares.

Tal y como se puede observar en las tablas, realizando una comparación con el resultado anterior a la primera hora de exposición al Roundup (glifosato), se registró un aumento mínimo y podría explicarse la lentitud de su respuesta en el insecto por su mecanismo de acción ya que, a pesar de haber sido ingresado al organismo mediante ingestión, que es la vía más rápida, actúa a nivel digestivo por lo que tomaría más tiempo para manifestarse (IRAC, 2019), respaldado por Elcacho (2018) quien aseguró que el producto actúa sobre la bacteria *Snodgrassella alvi*, repercutiendo en su sistema inmunológico y procesamiento de alimentos, de esa manera se explicaría su mortandad en México (Ruíz Toledo & Sánchez-Guillén, 2014), daños a la colonia por ser trasladado a ella (Herbert *et al.*, 2014); y tendría sentido que sea uno de los productos culpables de la muerte masiva de abejas en diversos apiarios y fundos (Martos, 2016) ya que ha llegado a ser encontrado hasta en el 80% de las

muestras de miel (Agrocompetitivo, 2012); contrastando con las denominaciones de no tóxico (Coppa & Huerta, 2011) o de ligera ecotoxicología (De La Cruz *et al.*, 2018), de una ínfima mortalidad de 3% luego de 10 días (Díaz, 2015), o de no superar el límite del umbral de normalidad, según Baldi *et al.* (2014).

Se registraron productos que a las 3 horas de exposición sobrepasaron el 60% de mortandad de abejas *Apis mellifera* L., a pesar que en la primera evaluación se registraron porcentajes nulos o ínfimos, por ejemplo, el GF-120 manifestó su efecto tóxico por medio de mortalidad hasta un 60,62% confirmando la importancia del modo de acción para su pronta efectividad, respaldando a su vez la posición de los agricultores acerca de las muertes masivas en La Convención, Cuzco (El Diario La República, 2019), la denominación de ecotoxicología extrema (De La Cruz *et al.*, 2018); y coincidiendo con Aslam *et al.* (2016) acerca de los efectos tóxicos después de las 3 horas de exposición; por otro lado, se encontró porcentajes superiores al 90% en el caso de Absolute (spinetoram) y Tracer (spinosad) ambos de grupo químico spinosyn lo cual coincidiría con Díaz (2015) quien registró una mortandad cercana al 100% en menos de un día, y con Aslam *et al.* (2016) quienes demostraron que la mortalidad aumenta según el tiempo de exposición; cabe resaltar que los dos spinosynes tienen etiqueta azul lo que los denomina como ligeramente peligrosos.

Tanto Regent (fipronil) como Cipermax Super (alfacipermetrina) continuaron aumentando la mortandad de abejas a manera de tendencia o secuencial comparando con lo alcanzado en la primera hora, ello se debería, en el caso del piretroide, a los cambios transcripcionales y modo de acción (Christen & Fent, 2017), con pruebas de que el producto logra llegar a la colmena debido al tiempo tomado para su reacción (Gill *et al.*, 2012), además de llegar a campos silvestres por exposición indirecta (Long & Krupke, 2016), con residuos en polen y néctar con un efecto acumulativo subestimado (Sánchez-Bayo & Goka, 2014), por ello siendo señalados como los posibles principales causantes de la reducción de abejas en Norteamérica y Europa (Tirado *et al.*, 2013) y desarrollaron metodologías de detección del pesticida en abejas muertas (Kiljanek *et al.*, 2016). Por otro lado, el fenilpirazol debería su notable aumento de mortandad, desde un inicio por vía oral, a su mecanismo de acción ya que actúa a nivel del sistema nervioso central bloqueando el paso de los iones del cloruro a través del receptor GABA (IRAC, 2019), y exposición a las abejas, aunque algunos afirmen que al encontrarse enterrado o en las plantas (fig. 26) no causaría la muerte de las abejas (Louvét, 2004), sin embargo, Iannacone & Alvarino (2014) determinaron que es muy tóxico

para la abeja melífera, superando el límite de detección (Chauzat *et al.*, 2006), y prohibido en toda la Unión Europea por lo anteriormente mencionado, entre otros (Ferreirim, 2017).

Según los resultados observados, el Movento (spirotetramat) registró una tasa de mortandad baja a diferencia de los demás productos, sin embargo, comparando con el ensayo de exposición por vía de contacto es mayor, por lo anterior se estaría corroborando lo que señala IRAC (2019) acerca de la lentitud de reacción debido al modo de acción, con respecto al mecanismo de acción, no se vería una notable manifestación por medio de mortandad hasta el momento ya que actúa a nivel del crecimiento y desarrollo, según la misma fuente.

Tanto el Lorsban (clorpirifós) como el Confidor (imidacloprid) alcanzaron el 100% de mortandad en el transcurso de las 3 primeras horas de exposición, debido a su rápido efecto a nivel del sistema nervioso en ambos casos con la diferencia en el modo de acción ya que el primero inhibe la acetilcolinesterasa y el segundo es un modulador competitivo del receptor nicotínico de la acetilcolina (IRAC, 2019) ambos también lograron superar sus propios resultados en el mismo tiempo pero mediante contacto, con ello se corroboraría la teoría de que el modo de acción por ingestión es más eficiente que el de contacto; por lo tanto, se podría afirmar que el organofosforado hallado 23 veces su DL50 podría causar la muerte masiva de abejas (Carrasco-Letelier), evaluado el pesticida en laboratorio encontrando efectos a nivel transcripcional (Christen & Fent, 2017), siendo catalogado como altamente tóxico (Coppa & Huerta, 2011) y serviría el resultado de la presente como fundamento ante la pérdida de abejas en Perú (Martos, 2016), Norteamérica y Europa (Tirado *et al.*, 2013) y retirado por ello de la Unión Europea (Agroprecios, 2015). Por su parte, el neonicotinoide a pesar de tener fuentes que contrastan su potencial efecto tóxico tales como Han *et al.* (2010) y Rondeau *et al.* (2014); se ha logrado comprobar su nocividad en, además de abejas, *Bombus terrestris* (Whitehorn *et al.*, 2012) y *Bombus atratus* (Riaño & Cure, 2016), siendo exento de riesgo el acetamiprid (Ríos, B. & Guerrero, T., 2018), pero registrándose perjuicio en la polinización tras su aplicación en campos de arándano en Perú (Narrea, 2019); por otro lado, también mezclado con dimetilsulfóxido (En-Cheng *et al.*, 2012) y glifosato para desintoxicar al imidacloprid del organismo (Zhu *et al.*, 2017), por ello, finalmente, catalogado como altamente tóxico por Coppa & Huerta (2011) y coincidiría con los resultados de Aslam *et al.* (2016) acerca de la mortalidad en muy corto tiempo.



Figura 26a. Abeja posada en el suelo descansando para luego continuar su pecoreo.



Figura 26b. Abeja posada en una hoja hidratándose para continuar su ruta de pecoreo.

La tabla 12 muestra porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 6 horas de exposición. Lannate (metomil), Regent (fipronil), Tracer (spinosad), Lorsban (clorpirifós), Confidor (imidacloprid), Roundup (glifosato), Cipermax Super (alfacipermetrina), Tracer (spinosad), GF-120 (spinosad), Absolute (alfacipermetrina) y Movento (spirotetramat) ocasionaron muerte de abejas en valores de 100,00 (los cinco primeros), 24,88, 96,07, 98,17, 97,34 y 42,77, respectivamente. En el testigo no se registró mortalidad. Los productos siendo divididos por categorías según análisis estadístico resultaron en: valores altos de mortalidad conformados por Lannate (metomil), Regent (fipronil), Tracer (spinosad) (fig. 27), Lorsban (clorpirifós), Confidor (imidacloprid), GF-120 (spinosad), Absolute (spinetoram), y Cipermax Super (alfacipermetrina) con porcentajes de 100,00 (los cinco primeros), 98,17, 97,34, 96,07, respectivamente y en orden de mérito; el valor intermedio correspondiente a Movento (spirotetramat) con 42,77%; mientras que el valor bajo correspondiente a Roundup (glifosato) con 24,88%. Algunos de los altos valores de mortalidad muestran diferencias numéricas, pero no significativas, evidenciando, los productos, un alto efecto tóxico sobre las abejas melíferas que se sustenta en los altos porcentajes de mortalidad y el breve tiempo a la ocurrencia de la muerte de los insectos.

Los productos que mostraron altos valores porcentuales de mortalidad de abejas corresponden a pesticidas de grupos químicos carbamatos, fenilpirazoles, spinosynes, organofosforados, neonicotinoides, y piretroides, con modos de acción de contacto e ingestión; además, de inhalación en el caso del Lorsban y con efecto sistémico en Regent, Lannate y Confidor.

El valor intermedio perteneció a Movento (spirotetramat), del grupo químico de los ácidos tetrámicos y con modo de acción de contacto, con efecto sistémico.

Finalmente, el valor bajo perteneció al herbicida Roundup (glifosato), derivado de la glicina, con modo de acción sistémico, cuyo objetivo principal es el control de malezas.

Los valores de mortandad registrados en las repeticiones de cada tratamiento indican que no hubo variabilidad importante entre registros; sin embargo, esto sí es evidente en los pesticidas Roundup (glifosato) y Movento (spirotetramat), pudiendo estar relacionada a diferencias en aspectos biológicos y de comportamiento de las abejas empleadas en el ensayo entre los cuales se puede mencionar la edad, la vigorosidad, la condición nutricional del momento, entre otros aspectos particulares.

Tabla 12: Porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas a 6 horas de exposición en prueba de ingestión

Pesticidas ensayados	Dosis del producto comercial	Mortalidad según repeticiones (%)				Mortalidad promedio (%)
		I	II	III	IV	
Roundup SL (glifosato)	6,25 cc/l	4,00	8,00	25,00	62,50	24,88 c
Lannate 40 SP (metomil)	1,84 g/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Cipermex Super 10 CE (alfacipermetrina)	1,5 cc/l	100,00	100,00	96,77	87,50	96,07 a
Regent SC (fipronil)	1,15 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Tracer 120 SC (spinosad)	0,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
GF- 120 CB (spinosad)	666,67 cc/l	100,00	95,80	96,88	100,00	98,17 a
Absolute 60 SC (spinetoram)	0,6 cc/l	100,00	100,00	92,59	96,77	97,34 a
Movento 150 OD (spirotetramat)	1,25 cc/l	23,81	49,10	53,85	44,30	42,77 b
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	2,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Confidor 350 SC (imidacloprid)	0,84 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Testigo (agua de mesa)	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 d

Valores seguidos por letras iguales no muestran diferencias significativas



(a)



(b)

Figura 27. Altos valores porcentuales de mortandad registrados por los tratamientos Regent (fipronil) (a) y Tracer (spinosad) (b) en la prueba de ingestión.

Realizando las comparaciones respectivas de ambos modos de acción a las 6 horas de exposición, se puede observar que hay una mayor manifestación de mortandad por la vía de ingestión que de contacto, en cualquiera de los productos pesticidas.

Según la literatura, un herbicida no debería causar daño a un organismo distinto al vegetal, sin embargo, en las últimas investigaciones acerca de su mecanismo de acción señalan que podría causar perjuicio a la abeja *Apis mellifera* L. debido a que este insecto posee en su estómago una bacteria *Snodgrassella alvi* cuyas enzimas son bloqueadas por el herbicida (Elcacho, 2018) y ya que ocurre a nivel del sistema digestivo, explicaría la lentitud de su reacción (IRAC, 2019), mas no disminuiría su nocividad ya que se han hallado residuos del producto en la colmena hasta en un 80% en la miel que producen (Agrocompetitivo, 2012), y así se confirmaría la exposición de la colonia también (Herbert *et al.*, 2014). Por otro lado, ya se han evaluado sus efectos en abejas registrando importante mortandad (Ruíz-Toledo & Sánchez-Guillén, 2014) y a nivel químico disminuyendo los niveles de actividad de la acetilcolinesterasa (Boily *et al.*, 2013).

Se podría agrupar a los productos que sobrepasaron el 95% de mortandad de abejas y en varios casos que alcanzaron un 100%, tales como Cipermet Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil), Absolute (spinetoram) y Tracer (spinosad), caracterizados los dos primeros por una etiqueta amarilla en el envase que indica ser moderadamente peligroso, y los dos spinosynes con etiqueta azul como indicador de ligeramente peligroso (SENASA, 2019); sin embargo, los resultados obtenidos en la presente indicarían que no guardan relación con el efecto tóxico producido hacia la fauna benéfica, en este caso las abejas, de quienes depende el 90% de los cultivos (Tirado *et al.*, 2013). Los 4 productos poseen distinto mecanismo de acción dependiendo de su grupo químico: los piretroides son moduladores del canal de sodio, los fenilpirazoles bloquean el paso de los iones cloruro a través del receptor GABA y los spinosynes son moduladores alostéricos de los receptores nicotínicos de la acetilcolina, todos ellos actúan a nivel del sistema nervioso (IRAC, 2019) y ello explicaría la alta mortandad en tan poco tiempo, además de que fueron tomados por el modo de acción más eficiente. El ingrediente activo fipronil fue prohibido en toda la Unión Europea por la masiva muerte de abejas (Ferreirim, 2017), por ejemplo, fue el causante de la pérdida de casi 1800 colmenas equivalentes a la producción de 50 000 kilos de miel (Muñoz, A., 2017) con lo cual no solo se veía afectado el apicultor, sino también, agricultores y la economía, es por ello que se podría inferir que los demás productos sin importar el color de etiqueta, sino basándose en los resultados de la presente, estarían

causando la muerte masiva de abejas y por ende deberían de ser prohibidos y sacados del mercado.

El GF-120 (spinosad) de etiqueta azul alcanzó una mortandad de casi 100% en la presente evaluación con lo cual se corrobora el alto efecto tóxico que ejerce sobre la abeja *Apis mellifera* L. además de mortandad, en comportamiento ya que alcanzó cifras tan altas como Confidor (imidacloprid) y Regent (fipronil), por ello también debería de ser prohibido por el perjuicio que le causaría a la apicultura, diversidad de fauna y flora, producción de alimentos incluyendo a la exportación por el daño irreversible a las abejas; por otro lado, las acusaciones por parte de Martos (2016), El Diario La República (2019), entre otros, estaría muy bien fundamentadas por la presente, contrastando con El Departamento de Agricultura y Servicios al Consumidor de la Florida (s.f.) y A Primera Hora (2019), quienes asegurarían inocuidad por parte del pesticida.

El Movento (spirotetramat) de etiqueta azul, aumentó hasta en casi un 40%, probando de esta manera que su efecto tóxico no se veía al instante debido a su mecanismo de acción a nivel de crecimiento y desarrollo (IRAC, 2019), pero tras cierto tiempo podría causar una importante mortandad; por otro lado, el tiempo transcurrido hasta la manifestación les daría la oportunidad a las abejas afectadas de regresar a la colmena y transmitir el producto a las demás, tal y como ocurre con otros pesticidas (Herbert *et al.*, 2014), causando una muerte masiva, contrastando con De La Cruz *et al.* (2018) y sirviendo de argumento para la acusación de Martos (2016).

La tabla 13 muestra porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 24 horas de exposición. Lannate (metomil), Regent (fipronil), Tracer (spinosad), Absolute (spinetoram), Lorsban (clorpirifós), Confidor (imidacloprid), Roundup (glifosato), Cipermet Super (alfacipermetrina), GF-120 (spinosad), Movento (spirotetramat) ocasionaron muerte de abejas en valores de 100,00 (los seis primeros), 35,83, 98,96, 98,95, 84,23, respectivamente. En el testigo no se registró mortalidad. Los productos siendo divididos por categorías según análisis estadístico resultaron en: valores altos de mortalidad conformados por Lannate (metomil), Regent (fipronil), Tracer (spinosad), Absolute (spinetoram) (fig. 28), Lorsban (clorpirifós), Confidor (imidacloprid), Cipermet Super (alfacipermetrina) y GF-120 (spinosad) con porcentajes de 100,00 (los seis primeros), 98,96 y 98,95, respectivamente y en orden de mérito; el valor intermedio correspondiente a Movento (spirotetramat) con 84,23%; mientras que el valor

Tabla 13: Porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas a 24 horas de exposición en prueba de ingestión

Pesticidas ensayados	Dosis del producto comercial	Mortalidad según repeticiones (%)				Mortalidad promedio (%)
		I	II	III	IV	
Roundup SL (glifosato)	6,25 cc/l	20,00	12,00	32,14	79,17	35,83 c
Lannate 40 SP (metomil)	1,84 g/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Cipermax Super 10 CE (alfacipermetrina)	1,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	95,83	98,96 a
Regent SC (fipronil)	1,15 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Tracer 120 SC (spinosad)	0,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
GF- 120 CB (spinosad)	666,67 cc/l	100,00	95,80	100,00	100,00	98,95 a
Absolute 60 SC (spinetoram)	0,6 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Movento 150 OD (spirotetramat)	1,25 cc/l	76,19	84,20	92,31	84,20	84,23 b
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	2,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Confidor 350 SC (imidacloprid)	0,84 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Testigo (agua de mesa)	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 d

Valores seguidos por letras iguales no muestran diferencias significativas



Figura 28. Alto valor porcentual de mortandad registrado por el tratamiento Absolute (spinetoram) en la prueba de ingestión.

bajo correspondiente a Roundup (glifosato) con 35,83%. Algunos de los altos valores de mortalidad muestran diferencias numéricas, pero no significativas, evidenciando, los productos, un alto efecto tóxico sobre las abejas melíferas que se sustenta en los altos porcentajes de mortalidad y el breve tiempo a la ocurrencia de la muerte de los insectos.

Los productos que mostraron altos valores porcentuales de mortalidad de abejas corresponden a pesticidas de grupos químicos carbamatos, fenilpirazoles, spinosynes, organofosforados, neonicotinoides, y piretroides, con modos de acción de contacto e ingestión; además de inhalación en el caso del Lorsban, y sistémico en Regent, Lannate y Confidor.

El valor intermedio perteneció a Movento (spirotetramat), del grupo químico de los ácidos tetrámicos, con modo de acción de contacto y efecto sistémico.

Finalmente, el valor bajo perteneció al herbicida Roundup (glifosato), derivado de la glicina, con modo de acción sistémico, cuyo objetivo principal es el control de malezas.

Los valores de mortandad registrados en las repeticiones de cada tratamiento indican que no hubo variabilidad importante entre registros; sin embargo, esto sí es evidente en los pesticidas Roundup (glifosato) y Movento (spirotetramat), pudiendo estar relacionada a diferencias en aspectos biológicos y de comportamiento de las abejas empleadas en el ensayo entre los cuales se puede mencionar la edad, la vigorosidad, la condición nutricional del momento, entre otros aspectos particulares.

El porcentaje de mortandad del Roundup (glifosato) continuó incrementándose de tal forma que demostraría cierta relación con la vigorosidad de la abeja afectada entre otros factores, determinándose a su vez cierta susceptibilidad a contraer otro tipo de enfermedades luego de la exposición al herbicida, tal y como, ocurre con otros agrotóxicos (Aufauvre *et al.*, 2012), contrastando con la denominación de no tóxico (Coppa & Huerta, 2011) o que no supera el límite del umbral de normalidad (Baldi *et al.*, 2014).

El GF-120 (spinosad) y el Cipermetrina Super (alfacipermetrina) han tenido prácticamente el mismo resultado en mortandad a pesar de las diferencias en grupos químicos y mecanismos de acción, es por ello que se determinaría el mismo efecto de mortandad de abejas frente a cualquiera de los dos pesticidas, tal y como señalan como consecuencias de exposición al piretroide: propensión al fracaso de la colonia por exposición (Gill *et al.*, 2012), transmisión de los pesticidas de forma indirecta a plantas silvestres y así incrementando el área de

exposición (Long & Krupke, 2016), por polen y néctar (Sánchez-Bayo & Goka, 2014); todo lo anterior podría ocurrir de igual manera con el GF-120 (spinosad) el cual además se caracteriza por ser un cebo atrayente, y por su parte el Absolute (spinetoram) del mismo grupo químico spinosyn tendría la misma tendencia ya que a las 6 horas alcanzó el 100% de mortandad.

El Movento (spirotetramat) aumentó a más del doble en porcentaje llegando a un 84,23% de mortandad, con lo cual se corrobora lo manifestado acerca de velocidad de reacción según mecanismo de acción (IRAC, 2019) y contrastaría con la denominación de ligera ecotoxicología de La Cruz *et al.* (2018).

La tabla 14 muestra porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 48 horas de exposición. Lannate (metomil), Cipermax Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil), Tracer (spinosad), Absolute (spinetoram), Lorsban (clorpirifós), Confidor (imidacloprid), Roundup (glifosato), GF-120 (spinosad) y Movento (spirotetramat), ocasionaron muerte de abejas en valores de 100,00 (los siete primeros), 52,82, 98,95, 95,22, respectivamente. En el testigo no se registró mortalidad. Los productos que mostraron altos valores de mortalidad fueron Lannate (metomil), Cipermax Super (alfacipermetrina) (fig. 29), Regent (fipronil), Tracer (spinosad), Absolute (spinetoram), Lorsban (clorpirifós), Confidor (imidacloprid), GF-120 (spinosad) y Movento (spirotetramat) con porcentajes de 100,00 (los siete primeros), 98,95 y 95,22, respectivamente y en ese orden de mérito; en tanto que, el valor bajo correspondió a Roundup (glifosato) que alcanzó 52,82%. Algunos de los altos valores de mortalidad muestran diferencias numéricas, pero no significativas, evidenciando, los productos, un alto efecto tóxico sobre las abejas melíferas que se sustenta en los altos porcentajes de mortalidad y el breve tiempo a la ocurrencia de la muerte de los insectos. El valor bajo de mortalidad es diferente en términos numéricos y posee diferencias significativas con los productos que causaron mayor mortalidad; sin embargo, el producto que registró menor porcentaje de mortalidad evidencia acción tóxica que por tener una temprana manifestación debe ser tomada en cuenta para calificar a tales productos como potencialmente dañinos para las abejas.

Los productos que mostraron valores altos de mortalidad de abejas corresponden a pesticidas carbamatos, piretroides, fenilpirazoles, spinosynes, organofosforados, neonicotinoides y

Tabla 14: Porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas a 48 horas de exposición en prueba de ingestión

Pesticidas ensayados	Dosis del producto comercial	Mortalidad según repeticiones (%)				Mortalidad promedio (%)
		I	II	III	IV	
Roundup SL (glifosato)	6,25 cc/l	28,00	16,00	71,43	95,83	52,82 b
Lannate 40 SP (metomil)	1,84 g/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Cipermex Super 10 CE (alfacipermetrina)	1,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Regent SC (fipronil)	1,15 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Tracer 120 SC (spinosad)	0,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
GF- 120 CB (spinosad)	666,67 cc/l	100,00	95,80	100,00	100,00	98,95 a
Absolute 60 SC (spinetoram)	0,6 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Movento 150 OD (spirotetramat)	1,25 cc/l	90,48	95,20	100,00	95,20	95,22 a
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	2,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Confidor 350 SC (imidacloprid)	0,84 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Testigo (agua de mesa)	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 c

Valores seguidos por letras iguales no muestran diferencias significativas.



Figura 29. Alto valor porcentual de mortandad registrado por el tratamiento CiperMex Super (alfacipermetrina) en la prueba de ingestión.

ácidos tetrámicos, los cuales son frecuentemente utilizados en el control de plagas agrícolas y de los cuales se sabe tienen alta toxicidad, son de amplio espectro de acción y actúan por contacto, ingestión (excepto el Movento) y, también, con efecto sistémico como ocurre con el Movento, Regent, Lannate y Confidor; y de inhalación en caso del Lorsban.

El menor porcentaje de mortalidad fue registrado con el herbicida Roundup (glifosato), derivado de la glicina, con modo de acción sistémico, cuyo objetivo principal es el control de malezas.

Los valores de mortandad registrados en las repeticiones de cada tratamiento indican que no hubo variabilidad importante entre registros; sin embargo, esto sí es evidente en el pesticida Roundup (glifosato), pudiendo estar relacionado a diferencias en aspectos biológicos y de comportamiento de las abejas empleadas en el ensayo entre los cuales se puede mencionar la edad, la vigorosidad, la condición nutricional del momento, entre otros aspectos particulares.

Tras haber transcurrido 48 horas de exposición vía ingestión de las abejas *Apis mellifera* L. a los pesticidas, alcanzó un 100% de mortandad el Cipermet Super (alfacipermetrina) y casi el mismo valor, el GF-120 (spinosad) con un 98,95%, mientras tanto el Roundup (glifosato) sobrepasó el 50% con lo cual ya se le podría denominar cierto grado de peligrosidad por su efecto tóxico en mortandad como en posterior posible vulnerabilidad a otros patógenos, contrastando con De La Cruz *et al.* (2018); finalmente, el Movento (spirotetramat) superó el 95% corroborándose lo señalado por Martos (2016) acerca de la pérdida de abejas melíferas en varios fundos y apiarios de La Libertad, Arequipa, Lima e Ica en el periodo 2010 – 2016.

La tabla 15 muestra porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 72 horas de exposición. Lannate (metomil), Cipermet Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil), Tracer (spinosad), Absolute (alfacipermetrina), Lorsban (clorpirifós), Confidor (imidacloprid), Roundup (glifosato), GF-120 (spinosad) y Movento (spirotetramat) ocasionaron muerte de abejas en valores de 100,00 (los siete primeros), 62,22, 98,95, 98,56, respectivamente. En el testigo no se registró mortalidad. Los productos que mostraron altos valores de mortalidad fueron Lannate (metomil), Cipermet Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil), Tracer (spinosad), Absolute (spinetoram), Lorsban (clorpirifós), Confidor (imidacloprid), GF-120 (spinosad) y Movento (spirotetramat) (fig. 30) con porcentajes de 100,00 (los siete primeros), 98,95 y 98,56, respectivamente y en ese orden de mérito; en tanto que, el valor bajo correspondió a Roundup

Tabla 15: Porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas a 72 horas de exposición en prueba de ingestión

Pesticidas ensayados	Dosis del producto comercial	Mortalidad según repeticiones (%)				Mortalidad promedio (%)
		I	II	III	IV	
Roundup SL (glifosato)	6,25 cc/l	36,00	20,00	92,86	100,00	62,22 b
Lannate 40 SP (metomil)	1,84 g/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Cipermex Super 10 CE (alfacipermetrina)	1,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Regent SC (fipronil)	1,15 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Tracer 120 SC (spinosad)	0,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
GF- 120 CB (spinosad)	666,67 cc/l	100,00	95,80	100,00	100,00	98,95 a
Absolute 60 SC (spinetoram)	0,6 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Movento 150 OD (spirotetramat)	1,25 cc/l	100,00	98,60	100,00	95,65	98,56 a
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	2,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Confidor 350 SC (imidacloprid)	0,84 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00 a
Testigo (agua de mesa)	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 c

Valores seguidos por letras iguales no muestran diferencias significativas



(a)



(b)

Figura 30. Altos valores porcentuales de mortandad registrados por los tratamientos Movento (spirotetramat) (a) y el GF-120 (spinosad) (b) en la prueba de ingestión.

(glifosato) (fig. 31) que alcanzó 62,22%. Algunos de los altos valores de mortalidad muestran diferencias numéricas, pero no significativas, evidenciando, los productos, un alto efecto tóxico sobre las abejas melíferas que se sustenta en los altos porcentajes de mortalidad y el breve tiempo a la ocurrencia de la muerte de los insectos. El bajo valor de mortalidad es diferente en términos numéricos y posee diferencias significativas con los productos que causaron mayor mortalidad; sin embargo, el producto que registró menor porcentaje de mortalidad evidencia acción tóxica que por tener una temprana manifestación debe ser tomada en cuenta para calificar a tales productos como potencialmente dañinos para las abejas.

Los productos que mostraron altos valores de mortalidad de abejas corresponden a pesticidas carbamatos, piretroides, fenilpirazoles, spinosynes, organofosforados, neonicotinoides y ácidos tetrámicos, los cuales son frecuentemente utilizados en el control de plagas agrícolas y de los cuales se sabe tienen alta toxicidad, son de amplio espectro de acción y actúan por contacto, también por ingestión (excepto el Movento) y, además, con efecto sistémico como ocurre con el Movento, Regent, Lannate y Confidor, y de inhalación como el caso del Lorsban.

El menor porcentaje de mortalidad registrado en el pesticida Roundup (glifosato), derivado de la glicina, con modo de acción sistémico, cuyo objetivo principal es el control de malezas.

Los valores de mortalidad registrados en las repeticiones de cada tratamiento indican que no hubo variabilidad importante entre registros; sin embargo, esto sí es evidente en el pesticida Roundup (glifosato), pudiendo estar relacionado a diferencias en aspectos biológicos y de comportamiento de las abejas empleadas en el ensayo entre los cuales se puede mencionar la edad, la vigorosidad, la condición nutricional del momento, entre otros aspectos particulares.

El GF-120 (spinosad) se mantuvo en un 98,95% de mortalidad; sin embargo, aquellos insectos que lograron sobrevivir no expresaron sus efectos vitales, entre otras características, correctamente (revisar el capítulo de comportamiento); por otro lado, el ácido tetrámico Movento (spirotetramat) aumentó cierto porcentaje, acercándose de esa manera a la mortalidad absoluta de la unidad experimental; finalmente el Roundup (glifosato) continuó aumentando la cantidad de abejas caídas muertas; tras todo lo anteriormente registrado, no se debería utilizar los colores de etiquetas para guiarse de lo nocivo que puede resultar ser el producto ya que los resultados muestran otra realidad (SENASA, 2019), y cabe resaltar, que



Figura 31. Valor porcentual registrado por el tratamiento herbicida Roundup (glifosato) en la prueba de ingestión.

no porque un producto demore en manifestarse en el organismo del insecto ya sea en comportamiento o mortandad, ello indicaría inocuidad del pesticida, aunque sea herbicida, sino más bien, sería más perjudicial a largo plazo por la oportunidad de transmisión a los diferentes miembros de la colmena (Herbert *et al.*, 2014).

Ensayos de contacto para determinación del poder residual

La Tabla 16 muestra porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de contacto para determinación del poder residual a 1 hora de exposición en distintas fechas (fig. 32). Lannate (metomil) ocasionó muerte de abejas en valores de 100,00 los días 1 y 15, y de 80,00 y 76,92, los días 29 y 43; Cipermet Super (alfacipermetrina) de 5,00 y 3,70, los días 29 y 43; Regent (fipronil) de 6,25 el día 1 y de 16,67 los días 15 y 43; Tracer (spinosad) de 6,67 el día 43; GF-120 de 4,00 el día 1; Lorsban (clorpirifós) de 4,00 y 6,67, los días 15 y 43; y Confidor (imidacloprid) de 100,00 los días 1 y 15, y de 86,36 y 96,00, los días 29 y 43, respectivamente. Los productos Roundup (glifosato), Absolute (spinetoram) y Movento (spirotetramat) no causaron mortandad ningún día de evaluación, al igual que el testigo; por otro lado, tampoco se registró muerte alguna en los siguientes productos según las fechas a continuación: Cipermet Super (alfacipermetrina) los días 1 y 15, Regent (fipronil) el día 29, Tracer (spinosad) los días 1, 15 y 29, GF-120 (spinosad) los días 15, 29 y 43, y Lorsban (clorpirifós) los días 1 y 29. Los productos siendo divididos por categorías resultaron en: valores altos de mortalidad conformados por Lannate (metomil) con 100,00, 80,00 y 76,92% y Confidor (imidacloprid) con 100,00, 86,36 y 96,00%, ambos casos registrados los días 1, 15, 29 y 43, respectivamente (fig. 33); mientras que los valores bajos correspondieron a Cipermet Super (alfacipermetrina) con 5,00 y 3,70% los días 29 y 43, Regent (fipronil) con 6,25, 16,67 y 16,67% los días 1, 15 y 43, Tracer (spinosad) con 6,67% el día 43, GF-120 (spinosad) con 4,00% el día 1, y Lorsban (clorpirifós) con 4,00 y 6,67% los días 15 y 43.

Cabe resaltar que, todos ellos con modos de acción de contacto e ingestión, además de inhalación en el caso del Lorsban (clorpirifós), y pertenecientes a los grupos químicos carbamatos, neonicotinoides, piretroides, fenilpirazoles, spinosynes y organofosforados, respectivamente.

Se registró un descenso de mortalidad como indicador de disminución de residualidad indirectamente con respecto al tiempo, en los productos Lannate (metomil) de 100,00 a

Tabla 16: Porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas a 1 hora de exposición en prueba de contacto para la determinación del poder residual.

Pesticidas ensayados	Dosis del producto comercial	Mortalidad (%)			
		Día 1	Día 15	Día 29	Día 43
Roundup SL (glifosato)	6,25 cc/l	0,00	0,00	0,00	0,00
Lannate 40 SP (metomil)	1,84 g/l	100,00	100,00	80,00	76,92
Cipermex Super 10 CE (alfacipermetrina)	1,5 cc/l	0,00	0,00	5,00	3,70
Regent SC (fipronil)	1,15 cc/l	6,25	16,67	0,00	16,67
Tracer 120 SC (spinosad)	0,5 cc/l	0,00	0,00	0,00	6,67
GF- 120 CB (spinosad)	666,67 cc/l	4,00	0,00	0,00	0,00
Absolute 60 SC (spinetoram)	0,6 cc/l	0,00	0,00	0,00	0,00
Movento 150 OD (spirotetramat)	1,25 cc/l	0,00	0,00	0,00	0,00
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	2,5 cc/l	0,00	4,00	0,00	6,67
Confidor 350 SC (imidacloprid)	0,84 cc/l	100,00	100,00	86,36	96,00
Testigo (agua de mesa)	-	0,00	0,00	0,00	0,00

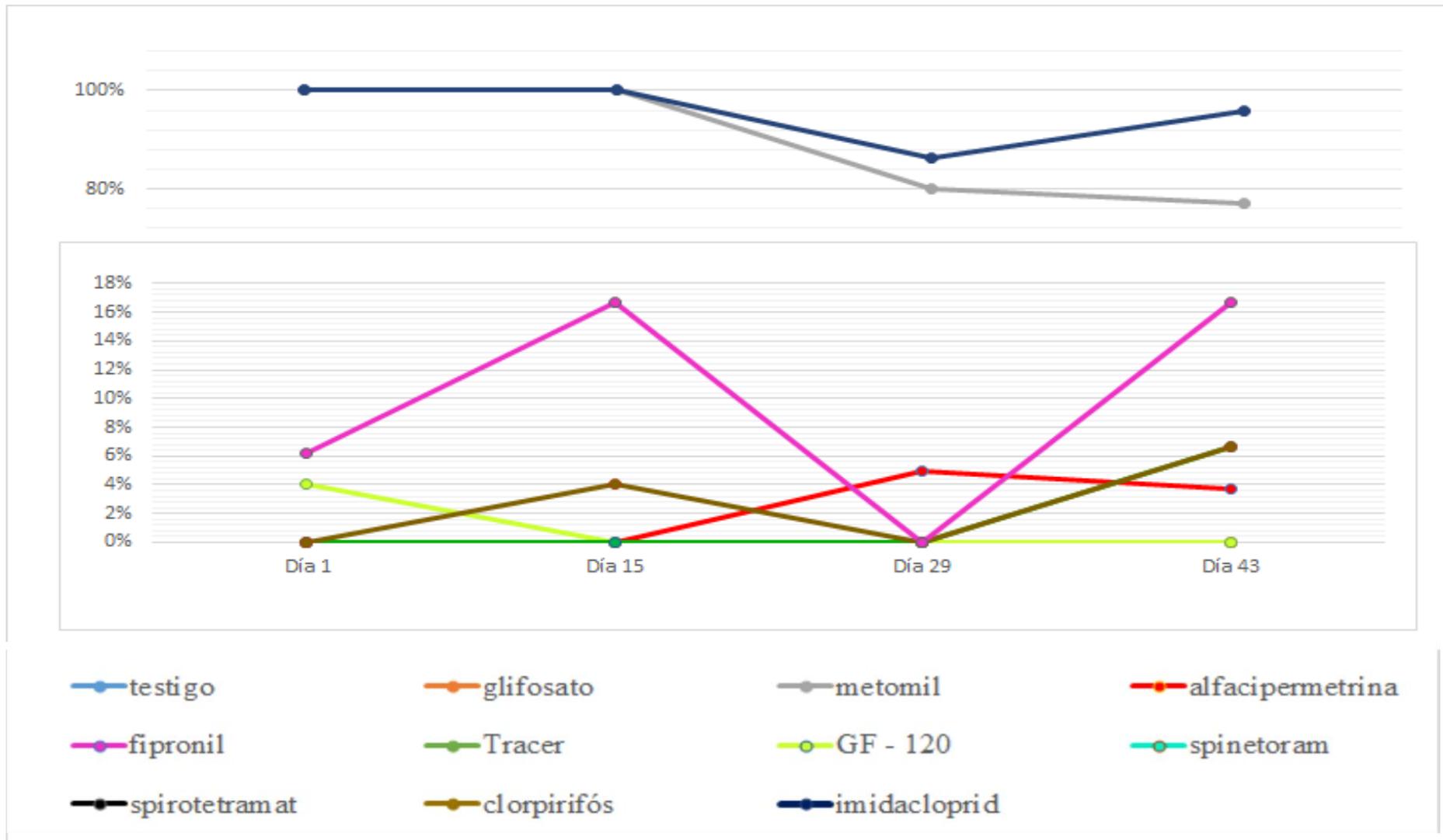


Figura 32. Mortalidad de abejas *Apis mellifera* L. a 1 hora de exposición en prueba de contacto para determinación del Poder Residual



(a)



(b)

Figura 33. Altos valores porcentuales de mortandad registrados en los tratamientos de Lannate (metomil) (a) y Confidor (imidacloprid) (b) en la prueba de contacto para la determinación del poder residual.

76,92% y GF-120 (spinosad) de 4,00 a 0,00%; por otro lado, se presentaron variaciones ascendentes y/o descendentes de mortandad entre las evaluaciones en los casos de Cipermetrina Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil), Tracer (spinosad), Lorsban (clorpirifós) y Confidor (imidacloprid), pudiendo estar relacionados a diferencias en aspectos biológicos y de comportamiento de las abejas empleadas en el ensayo entre los cuales se puede mencionar la edad, la vigorosidad, la condición nutricional del momento, entre otros aspectos particulares.

La Tabla 17 muestra porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de contacto para la determinación del poder residual a 3 horas de exposición en distintas fechas (fig. 34). Roundup (glifosato) ocasionó muerte de abejas en valores de 5,00 los días 1 y 15; Lannate (clorpirifós) de 100,00 los días 1, 15 y 29, y de 96,15 el día 43; Cipermetrina Super (alfacipermetrina) de 85,00, 80,77, 55,00 y 55,56, los días 1, 15, 29 y 43; Regent (fipronil) de 93,75, 79,17, 76,92 y 66,67, los días 1, 15, 29 y 43; Tracer (spinosad) de 4,17 y 16,67, los días 29 y 43; GF-120 (spinosad) de 16,00, 10,00 y 4,00, los días 1, 15 y 43; Absolute (spinetoram) de 15,00, 3,45 y 7,14, los días 1, 29 y 43; Movento (spirotetramat) de 5,00 los días 1 y 15, y de 3,57 y 3,33, los días 29 y 43; Lorsban (clorpirifós) de 55,00, 70,83, 36,36 y 26,67, los días 1, 15, 29 y 43, y Confidor (imidacloprid) de 100,00 los días 1, 15 y 29, y de 96,00 el día 43, respectivamente. En el testigo no se registró mortalidad. No se presentó muerte alguna en los siguientes productos según las fechas a continuación: Roundup (glifosato) los días 29 y 43; Tracer (spinosad) los días 1 y 15, GF-120 (spinosad) el día 29 y Absolute (spinetoram) el día 15. Los productos siendo divididos por categorías resultaron en: valores altos de mortalidad conformados por Lannate (metomil) con 100,00 los días 1, 15 y 29, y con 96,15 el día 43; Cipermetrina Super (alfacipermetrina) con 85,00 y 80,77, los días 1 y 15; Regent (fipronil) con 93,75, 79,17 y 76,92 los días 1, 15 y 29; Lorsban (clorpirifós) con 70,83 el día 15; y Confidor (imidacloprid) con 100,00 los días 1, 15 y 29, y con 96,00 el día 43, respectivamente; luego los valores intermedios compuestos por Cipermetrina Super (alfacipermetrina) con 55,00 y 55,56, los días 29 y 43; Regent (fipronil) con 66,67 el día 43; y Lorsban (clorpirifós) con 55,00 y 36,36, los días 1 y 29, respectivamente; mientras que los valores bajos pertenecieron al Roundup (glifosato) con 5,00 los días 1 y 15; Tracer (spinosad) con 4,17 y 16,67, los días 29 y 43; GF-120 (spinosad) con 16,00, 10,00 y 4,00, los días 1, 15 y 43; Absolute (spinetoram) con 15,00, 3,45 y 7,14, los días 1, 29 y 43;

Tabla 17: Porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas a 3 horas de exposición en prueba de contacto para la determinación del poder residual.

Pesticidas ensayados	Dosis del producto comercial	Mortalidad (%)			
		Día 1	Día 15	Día 29	Día 43
Roundup SL (glifosato)	6,25 cc/l	5,00	5,00	0,00	0,00
Lannate 40 SP (metomil)	1,84 g/l	100,00	100,00	100,00	96,15
Cipermex Super 10 CE (alfacipermetrina)	1,5 cc/l	85,00	80,77	55,00	55,56
Regent SC (fipronil)	1,15 cc/l	93,75	79,17	76,92	66,67
Tracer 120 SC (spinosad)	0,5 cc/l	0,00	0,00	4,17	16,67
GF- 120 CB (spinosad)	666,67 cc/l	16,00	10,00	0,00	4,00
Absolute 60 SC (spinetoram)	0,6 cc/l	15,00	0,00	3,45	7,14
Movento 150 OD (spirotetramat)	1,25 cc/l	5,00	5,00	3,57	3,33
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	2,5 cc/l	55,00	70,83	36,36	26,67
Confidor 350 SC (imidacloprid)	0,84 cc/l	100,00	100,00	100,00	96,00
Testigo (agua de mesa)	-	0,00	0,00	0,00	0,00

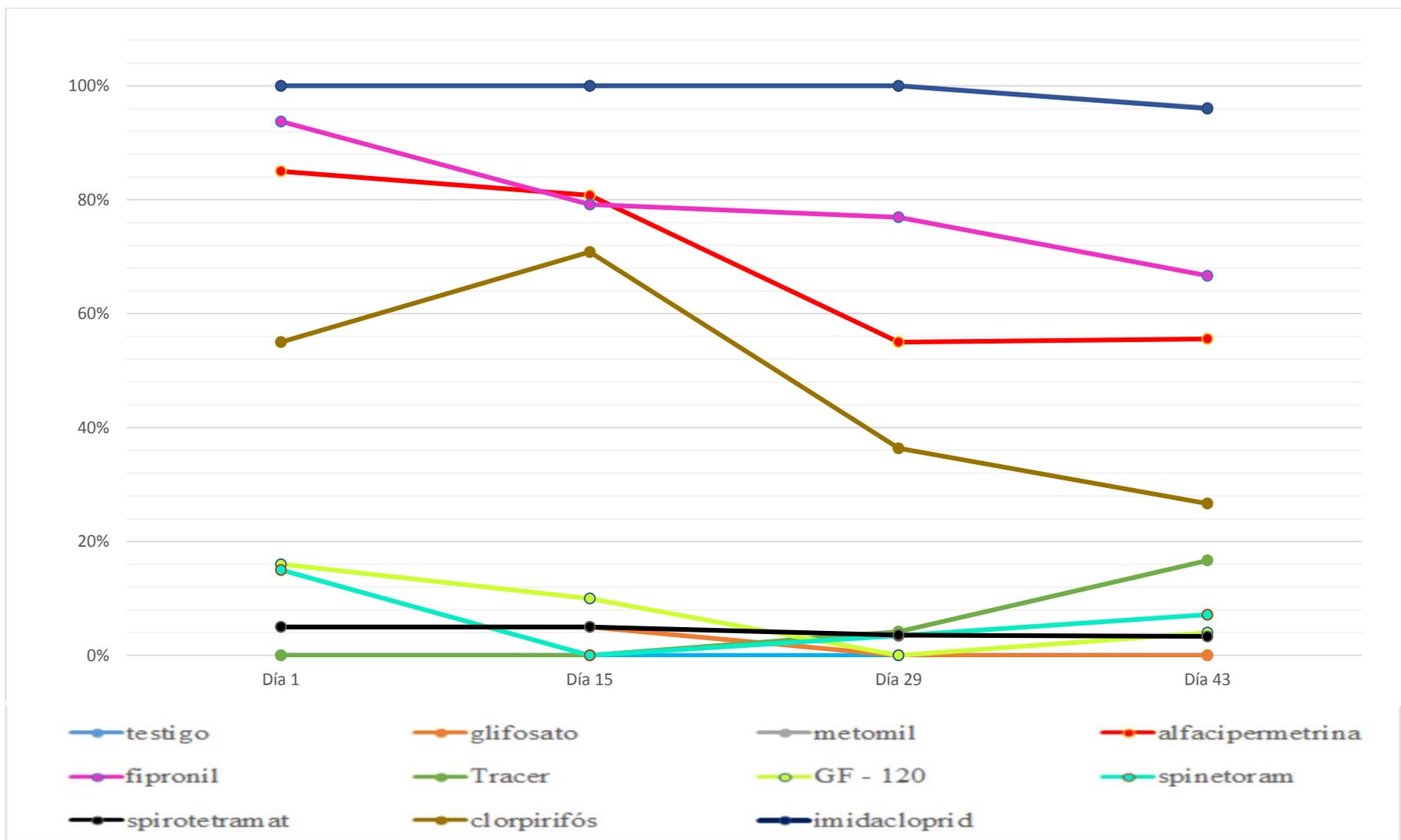


Figura 34. Mortalidad de abejas *Apis mellifera* L. a 3 horas de exposición en prueba de contacto para la determinación del poder residual

Movento (spirotetramat) con 5,00 los días 1 y 15, y con 3,57 y 3,33, los días 29 y 43; y Lorsban con 26,67 el día 43, respectivamente. Cabe resaltar que, todos ellos con modos de acción de contacto e ingestión, además de inhalación en el caso del Lorsban (clorpirifós), exceptuando el Movento (spirotetramat) que actúa únicamente por contacto.

Se registró un descenso de mortalidad como indicador de disminución de residualidad indirectamente con respecto al tiempo, en los productos Roundup (glifosato) de 5,00 a 0,00%, Lannate (metomil) de 100,00 a 96,15%, Regent (fipronil) de 93,75 a 66,67%, Movento (spirotetramat) de 5,00 a 3,33% y Confidor (imidacloprid) de 100,00 a 96,00%; por otro lado, se presentaron variaciones ascendentes y/o descendentes de mortandad entre las evaluaciones en los casos de Cipermet Super (alfacipermetrina), Tracer (spinosad), GF-120 (spinosad), Absolute (spinetoram) y Lorsban (clorpirifós); con sus grupos químicos: derivado de la glicina, carbamato, fenilpirazol, ácido tetrámico, neonicotinoide, piretroide, spinosyn y organofosforado, respectivamente; pudiendo estar relacionados a diferencias en aspectos biológicos y de comportamiento de las abejas empleadas en el ensayo entre los cuales se puede mencionar la edad, la vigorosidad, la condición nutricional del momento, entre otros aspectos particulares.

La Tabla 18 muestra porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos para la determinación del poder residual a 6 horas de exposición en distintas fechas (fig. 35). Roundup (glifosato) ocasionó muerte de abejas en valores de 15,00, 10,00 y 4,35 los días 1, 15 y 43; Lannate (clorpirifós) de 100,00 los días 1, 15 y 29, y de 96,15 el día 43; Cipermet Super (alfacipermetrina) de 85,00, 100,00, 60,00 y 62,96, los días 1, 15, 29 y 43; Regent (fipronil) de 94,00 el día 1 y de 100,00 los días 15, 29 y 43; Tracer (spinosad) de 63,16, 4,17, 20,83 y 23,33, los días 1, 15, 29 y 43; GF-120 (spinosad) de 44,00, 30,00 y 8,00, los días 1, 15 y 43; Absolute (spinetoram) de 30,00, 4,55, 6,90 y 10,71, los días 1, 15, 29 y 43; Movento (spirotetramat) de 25,00, 10,00, 7,14 y 6,67, los días 1, 15, 29 y 43; Lorsban (clorpirifós) de 100,00 los días 1 y 15, y de 80,00 y 86,67, los días 29 y 43; y Confidor (imidacloprid) de 100,00 los días 1, 15 y 29 y 43, respectivamente. En el testigo no se registró mortalidad. No se presentó muerte alguna en los siguientes productos según las fechas a continuación: Roundup (glifosato) el día 29 y GF-120 (spinosad) el día 29. Los productos siendo divididos por categorías resultaron en: valores altos de mortalidad conformados por Lannate (metomil) con 100,00 los días 1, 15 y 29, y con 96,15 el día 43; Cipermet Super (alfacipermetrina) con 85,00 y 100,00, los días 1 y 15; Regent (fipronil) con 94,00 el día 1 y con 100,00 los días 15, 29 y 43; Lorsban (clorpirifós) con 100,00 los días 1

Tabla 18: Porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas a 6 horas de exposición en prueba de contacto para la determinación del poder residual.

Pesticidas ensayados	Dosis del producto comercial	Mortalidad (%)			
		Día 1	Día 15	Día 29	Día 43
Roundup SL (glifosato)	6,25 cc/l	15,00	10,00	0,00	4,35
Lannate 40 SP (metomil)	1,84 g/l	100,00	100,00	100,00	96,15
Cipermex Super 10 CE (alfacipermetrina)	1,5 cc/l	85,00	100,00	60,00	62,96
Regent SC (fipronil)	1,15 cc/l	94,00	100,00	100,00	100,00
Tracer 120 SC (spinosad)	0,5 cc/l	63,16	4,17	20,83	23,33
GF- 120 CB (spinosad)	666,67 cc/l	44,00	30,00	0,00	8,00
Absolute 60 SC (spinetoram)	0,6 cc/l	30,00	4,55	6,90	10,71
Movento 150 OD (spirotetramat)	1,25 cc/l	25,00	10,00	7,14	6,67
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	2,5 cc/l	100,00	100,00	80,00	86,67
Confidor 350 SC (imidacloprid)	0,84 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00
Testigo (agua de mesa)	-	0,00	0,00	0,00	0,00

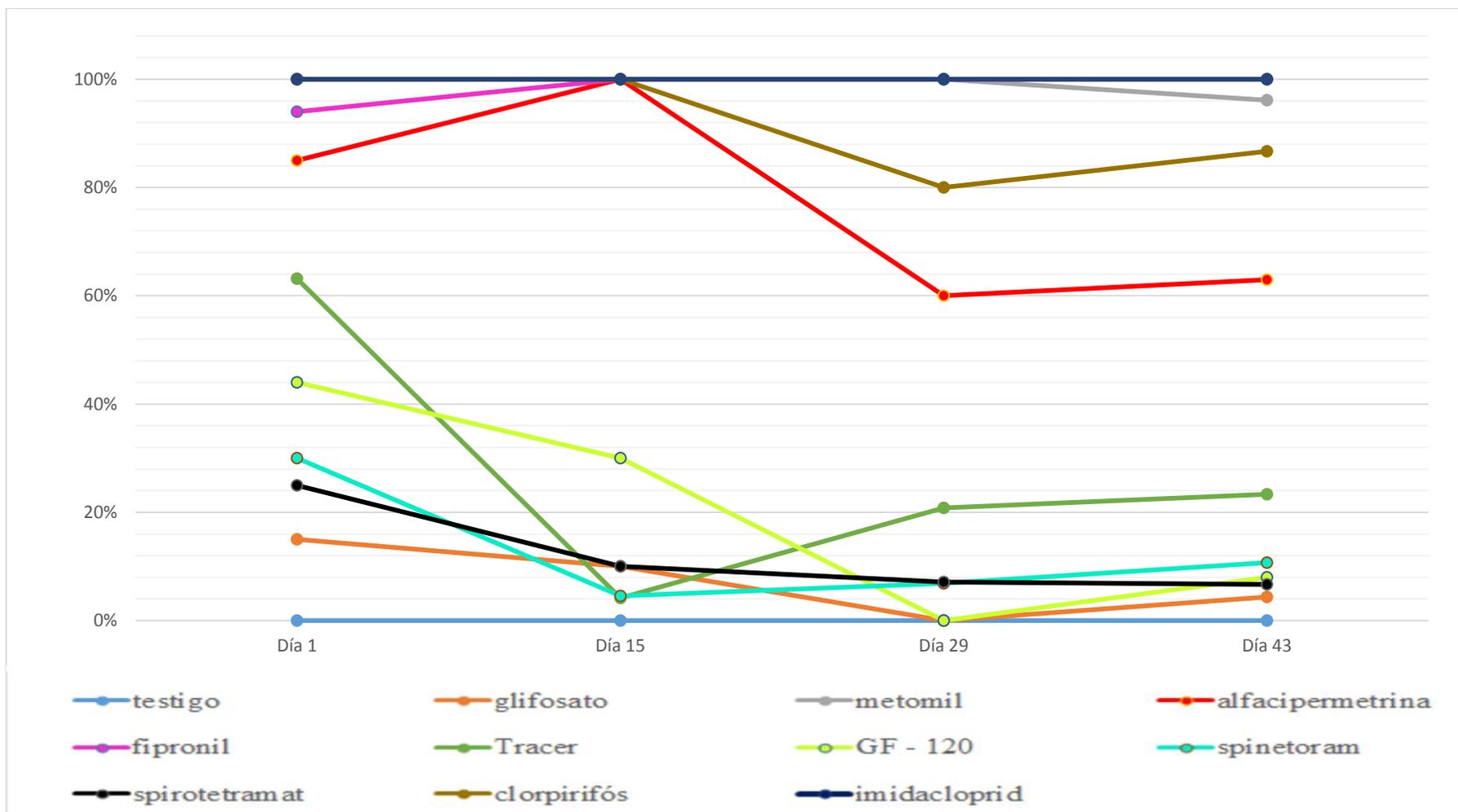


Figura 35. Mortalidad en abejas *Apis mellifera* L. a 6 horas de exposición en prueba de contacto para la determinación del poder residual.

y 15, y con 80,00 y 86,67, los días 29 y 43; y Confidor (imidacloprid) con 100,00 los días 1, 15, 29 y 43, respectivamente; luego los valores intermedios compuestos por Cipermet Super (alfacipermetrina) con 60,00 y 62,96, los días 29 y 43; Tracer (spinosad) con 63,16 el día 1; y GF-120 (spinosad) con 44,00 el día 1, respectivamente; mientras que los valores bajos pertenecieron al Roundup (glifosato) con 15,00, 10,00 y 4,35, los días 1, 15 y 29; Tracer (spinosad) con 4,17, 20,83 y 23,33, los días 15, 29 y 43; GF-120 (spinosad) con 30,00 y 8,00, los días 15 y 43; Absolute (spinetoram) con 30,00, 4,55, 6,90 y 10,71, los días 1, 15, 29 y 43; y Movento (spirotetramat) con 25,00, 10,00, 7,14 y 6,67, los días 1, 15, 29 y 43, respectivamente. Cabe resaltar que, todos ellos con modos de acción de contacto e ingestión, además de inhalación en el caso del Lorsban (clorpirifós), exceptuando el Movento (spirotetramat) que actúa únicamente por contacto.

Se registró un descenso de mortalidad como indicador de disminución de residualidad indirectamente con respecto al tiempo, en los productos Lannate (metomil) de 100,00 a 96,15%; y Movento (spirotetramat) de 25,00 a 6,67%, pertenecientes a grupos químicos carbamato y ácido tetrámico, respectivamente; por otro lado, se presentaron variaciones ascendentes y/o descendentes de mortalidad entre las evaluaciones en los casos de Roundup (glifosato), Cipermet Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil), Tracer (spinosad), GF-120 (spinosad), Absolute (spinetoram) y Lorsban (clorpirifós) de grupos químicos derivado de la glicina, piretroide, fenilpirazol, spinosyn y organofosforado, pudiendo estar relacionados a diferencias en aspectos biológicos y de comportamiento de las abejas empleadas en el ensayo entre los cuales se puede mencionar la edad, la vigorosidad, la condición nutricional del momento, entre otros aspectos particulares.

La Tabla 19 muestra porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* L. por efecto de pesticidas en ensayos de contacto para la determinación del poder residual a 24 horas de exposición en distintas fechas (fig.36). Roundup (glifosato) ocasionó muerte de abejas en valores de 30,00, 10,00, 11,11 y 13,04 los días 1, 15, 29 y 43; Lannate (clorpirifós) de 100,00 los días 1, 15 y 29, y de 96,15 el día 43; Cipermet Super (alfacipermetrina) de 100,00 los días 1, 15 y 29 y de 85,19 el día 43; Regent (fipronil) de 100,00 los días 1, 15, 29 y 43; Tracer (spinosad) de 100,00 los días 1 y 15, y de 25 y 30 los días 29 y 43; GF-120 (spinosad) de 44,00, 65,00, 25,93 y 32,00, los días 1, 15, 29 y 43; Absolute (spinetoram) de 100,00 los días 1 y 15, y de 31,04 y 21,43 los días 29 y 43; Movento (spirotetramat) de 35,00, 20,00, 10,71 y 20, los días 1, 15, 29 y 43; Lorsban (clorpirifós) de 100,00 los días 1 y 15, 29 y 43; y Confidor (imidacloprid) de 100,00 los días 1, 15 y 29 y 43, respectivamente. En el testigo

Tabla 19: Porcentajes de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas a 24 horas de exposición en prueba de contacto para la determinación del poder residual.

Pesticidas ensayados	Dosis del producto comercial	Mortalidad (%)			
		Día 1	Día 15	Día 29	Día 43
Roundup SL (glifosato)	6,25 cc/l	30,00	10,00	11,11	13,04
Lannate 40 SP (metomil)	1,84 g/l	100,00	100,00	100,00	96,15
Cipermex Super 10 CE (alfacipermetrina)	1,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	85,19
Regent SC (fipronil)	1,15 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00
Tracer 120 SC (spinosad)	0,5 cc/l	100,00	100,00	25,00	30,00
GF- 120 CB (spinosad)	666,67 cc/l	44,00	65,00	25,93	32,00
Absolute 60 SC (spinetoram)	0,6 cc/l	100,00	100,00	31,04	21,43
Movento 150 OD (spirotetramat)	1,25 cc/l	35,00	20,00	10,71	20,00
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	2,5 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00
Confidor 350 SC (imidacloprid)	0,84 cc/l	100,00	100,00	100,00	100,00
Testigo (agua de mesa)	-	0,00	0,00	0,00	0,00

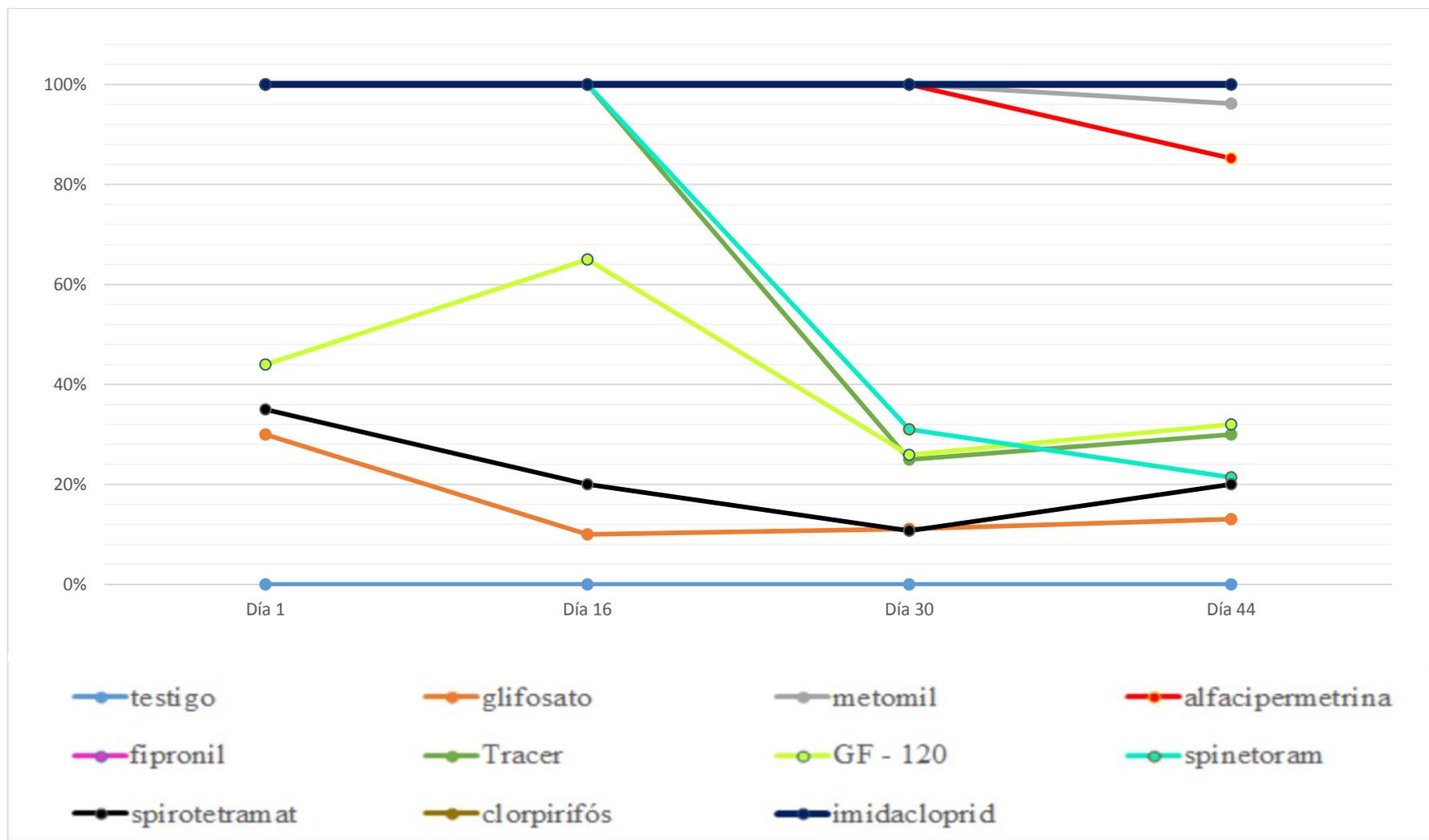


Figura 36. Mortalidad de abejas *Apis mellifera* L. a 24 horas de exposición en prueba de contacto para la determinación del poder residual

no se registró mortalidad. Los productos siendo divididos por categorías resultaron en: valores altos de mortalidad conformados por Lannate (metomil) con 100,00 los días 1, 15 y 29, y con 96,15 el día 43; Cipermax Super (alfacipermetrina) con 100,00 los días 1, 15 y 29, y 85,19 el día 43; Regent (fipronil) con 100,00 los días 1, 15, 29 y 43; Tracer (spinosad) con 100,00 los días 1 y 15; Absolute (spinetoram) con 100,00 los días 1 y 15; Lorsban (clorpirifós) con 100,00 los días 1 y 15, 29 y 43; y Confidor (imidacloprid) con 100,00 los días 1, 15, 29 y 43, respectivamente; luego, los valores intermedios conformados por GF-120 (spinosad) con 44,00 y 65,00 los días 1 y 15; y Movento (spirotetramat) con 35,00 el día 1, respectivamente; mientras que, los valores bajos pertenecieron al Roundup (glifosato) con 30,00, 10,00, 11,11 y 13,04, los días 1, 15, 29 y 43; Tracer (spinosad) con 25,00 y 30,00 los días 29 y 43; GF-120 (spinosad) con 25,93 y 32,00 los días 29 y 43; Absolute (spinetoram) con 31,04 y 21,43 los días 29 y 43; y Movento (spirotetramat) con 20,00 los días 15 y 43, y con 10,71 el día 29, respectivamente. Cabe resaltar que, todos ellos con modos de acción de contacto e ingestión, además de inhalación en el caso del Lorsban (clorpirifós), exceptuando el Movento (spirotetramat) que actúa únicamente por contacto.

Se registró un descenso de mortalidad como indicador de disminución de residualidad indirectamente con respecto al tiempo, en los productos Lannate (metomil) de 100,00 a 96,15%; Cipermax Super (alfacipermetrina) de 100,00 a 85,19% y Absolute (spinetoram) de 100,00 a 21,43%, pertenecientes a grupos químicos carbamato, piretroide y spinosyn, respectivamente; por otro lado, se presentaron variaciones ascendentes y/o descendentes de mortalidad entre las evaluaciones en los casos de Roundup (glifosato), Tracer (spinosad), GF-120 (spinosad) y Movento (spirotetramat) de grupos químicos derivado de la glicina, spinosyn y ácido tetrámico, respectivamente, pudiendo estar relacionados a diferencias en aspectos biológicos y de comportamiento de las abejas empleadas en el ensayo entre los cuales se puede mencionar la edad, la vigorosidad, la condición nutricional del momento, entre otros aspectos particulares.

Con respecto al poder residual de los pesticidas evaluados manifestado en los porcentajes de mortalidad de la abeja *Apis mellifera* L., cabe resaltar que, sí hubo efecto residual en todos los productos (fig. 37), y ello se debería a lo manifestado a continuación: con respecto a si mantuvieron o no, o si mostraron una ligera capacidad de matar abejas, se han determinado los que fueron de alto, intermedio y bajo valor, de acuerdo a ello, en el primer caso se encuentran Lannate (metomil), Confidor (imidacloprid), Cipermax Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil) y Lorsban (clorpirifós), en el segundo GF-120 (spinosad), Tracer



Figura 37. Disposición de las jaulas plásticas transparentes para la evaluación de los tratamientos.

(spinosad) y Absolute (spinetoram), finalmente, los terceros Movento (spirotetramat) y Roundup (glifosato); según así lo indican sus etiquetas (SENASA, 2019), el poder residual de ciertos productos no guardaría relación con su degradación en suelo y/o fuentes de agua, tal es el caso del Confidor (imidacloprid) que a pesar de manifestar un alto poder residual, no menciona algún tipo de peligrosidad para un suelo con capa freática superficial o permeables, mientras que Lannate (metomil) y Regent (fipronil) sí lo especifican, por su parte, Cipermax Super (alfacipermetrina) menciona que no persiste en el suelo, y que además, es volátil en una superficie líquida; mientras que Lorsban (clorpirifós) sería de total inmovilidad en el suelo, ya que se recomienda enterrarlo; los de valor intermedio no por pertenecer al mismo grupo químico tendrían la misma degradación, ya que en el caso del Tracer (spinosad) y GF-120 se recomienda no aplicar en suelos con capa freática superficial ni fuentes de agua, pero el Absolute (spinetoram) únicamente recomienda evitar las fuentes de agua al igual que en Movento (spirotetramat) y Roundup (glifosato), con respecto al periodo de carencia, tampoco habría relación, ya que independientemente del cultivo al cual sea aplicado el pesticida, casos como Confidor (imidacloprid) y el Lannate (metomil) de alto poder residual, y el Movento (spirotetramat) de bajo poder residual, poseen el mismo tiempo, y en otros casos, aún no habrían sido determinados como en Tracer (spinosad), Absolute (spinetoram) y Roundup (glifosato), mientras que el GF-120 (spinosad) indica un tiempo de 0; por otro lado, el tiempo de reingreso sería el mismo de 24 horas para todos excepto el Lannate (metomil) que recomienda 72 horas y el GF-120 (spinosad) con solo 4 horas; por todo lo antes mencionado, no habría relación entre periodo de carencia, tiempo de reingreso y degradación del producto con respecto a su poder residual. Con respecto a los autores Martin-Culma & Arenas-Suarez (2018), se confirmarían los efectos letales y subletales de la residualidad de los pesticidas agrícolas sobre las abejas en Colombia, recalando la importancia de una normativa y restricciones para su uso, pudiendo ser retirados por los límites máximos de residuos (Agroprecios, 2015) o por evidenciarse su poder altamente residual en la planta como en el suelo (Krupke *et al.*, 2012), tras análisis en el suelo, agua, campos, néctar y polen (Goulson, 2013). Cabe resaltar que, la presente investigación es un trabajo de laboratorio sobre superficies inertes para lograr que el producto se mantenga estable; sin embargo, sirve para demostrar que es nocivo, que tiene niveles de toxicidad y que podría ocurrir bajo condiciones naturales; además, las abejas se mantuvieron en confinamiento y forzamiento para que el insecto tome el producto, permitiendo de esa manera saber el potencial del pesticida.

Efecto de los pesticidas en el comportamiento de las abejas *Apis mellifera* L.

Ensayos de contacto

Las abejas luego de su exposición a los pesticidas en estudio mediante pruebas de contacto tarsal a 1, 3, 6, 24, 48 y 72 horas, experimentaron una serie de reacciones en el comportamiento que podrían considerarse como una sintomatología ligera o de importante precedente a su muerte o a un deterioro de su estructura y fisiología en grado diverso.

En Roundup (glifosato) las abejas manifestaron a 1 hora (1h) de exposición una excesiva ingesta del alimento (fig. 38) que fue regularizándose a las 3h, variando a las 6h y normalizándose a las 24h; nula sincronización a 1 y 72h; mecanismo de comunicación ausente a 1h, adecuado a las 6 y 24h, variando a las 48h y corrigiéndose a las 72h; excesivo aleteo a 1 y 24h; vuelo errático a 1, 6, 24, 48 y 72h; desorientación desde 1 hasta las 48h; temblores a 1h; aglomeraciones de 1 hasta las 6h; cuerpos inertes tendidos con la probóscis y extremidades hacia arriba a 1h y luego en distintas posiciones y ubicaciones a las 72h; movimiento de extremidades a 1h y disminuyendo su velocidad siendo a su vez intermitente a las 3h; buena adherencia sobre la superficie a 1h, perdiéndose a las 3h y recuperándose a las 24 hasta 72h; acicalamiento a 1 y 72h; positiva reacción a la luz a 1 y 6h, tornándose defectuosa a las 24h y restableciéndose desde las 48 hasta las 72h; reposo a 1 y 3h, siendo anormalmente prolongado a las 6h y normalizándose a las 24h; grooming a 1, 3 y 24h; descoordinación desde las 3 hasta 72h; agresividad y efecto de volteo a las 3h; resbalones a las 3, 48 y 72h; comportamiento higiénico a las 6h; inadecuado desplazamiento aletargado a las 24h, mejorando a las 48h y empeorando nuevamente a las 72h; agotamiento neuromuscular a las 24 y 48h; adecuado sentido de ubicación a las 72h; finalmente, en la jaula se registraron ciertos residuos (fig. 39), además de alta nubosidad y humedad.

En Lannate (metomil) se observó en las abejas una inicial excesiva y posterior disminuida ingesta del alimento, desorientación, descoordinación, regurgitación, vuelo errático, mala adherencia sobre la superficie, espasmos en las extremidades, cuerpos inertes tendidos con la probóscis y extremidades hacia arriba; finalmente, una temprana muerte en menos de 1 hora de exposición.

El Cipermax Super (alfacipermetrina) registró desorientación y descoordinación desde 1 hasta 6h de exposición; aglomeraciones y buena adherencia sobre la superficie a 1h; efecto



Figura 38. Excesiva ingesta del alimento.



Figura 39. Residuos hallados en el suelo de la jaula producto de las excreciones y restos corporales.

de volteo a 1 y 3h; los cuerpos inertes tendidos con la probóscis y extremidades hacia arriba a 1 y 6h, con distintas ubicaciones a las 3 y 6h; temblores en las extremidades de forma intermitente y prolongada a 1h hasta más lentos a manera de espasmos a las 3h; retorcimientos lentos y pronunciados, y regurgitación a las 3h; pérdida de sincronización a las 6h y una capa de humedad bajo los cuerpos probablemente producto de transpiración además de regurgitaciones a las 3h.

En Regent (fipronil) se observó por una parte un errado y acelerado desplazamiento, y por otra, uno correcto; además de nula sincronización, espasmos en las extremidades y cuerpo en general, convulsiones, efecto de volteo, positiva reacción a la luz (fig. 40), mecanismo de comunicación, comportamiento higiénico y actividad constante, todo lo anterior a 1h; vuelo errático, desorientación, descoordinación, inicial mala y posterior regular adherencia sobre la superficie, disminuida ingesta del alimento, temblores que fueron disminuyendo hasta ser casi imperceptibles, todo ello desde 1h hasta 3h; una capa de humedad bajo los cuerpos posiblemente producto de regurgitaciones y transpiración excesiva con la probóscide hacia afuera de 3 a 6h; finalmente, a las 6h se registraron los cuerpos tendidos con las extremidades hacia abajo y/o sobre uno de sus lados, en distintas ubicaciones de la jaula.

Con Tracer (spinosad) las abejas expresaron una inicial excesiva y posterior disminuida ingesta del alimento a 1h de exposición, regularizándose a las 3h y nuevamente reduciéndose a las 6h; regurgitación, acicalamiento, espasmos, vuelo y calma, todo ello a 1h de iniciada la evaluación; desorientación y aglomeraciones mantenidas de 1 a 6h; una respuesta a la luz de repelencia a 1h y de atracción a las 3 y 6h; nula sincronización a 1 y 6h, y normalizada a las 3h; mala adherencia sobre la superficie a 1 y 6h; actividad constante a 1h y aletargada a 6h; adecuado desplazamiento a 1h y, aletargado y errado a 3 y 6h; sentido de ubicación, necrofagia, comportamiento higiénico y mecanismo de comunicación de 1 a 3h; descoordinación y agotamiento neuromuscular de 3 a 6h; finalmente, resbalones, efecto de volteo y reposo prolongado con apenas movimiento de antenas; además, de alta humedad y nubosidad en la jaula, todos ellos registrados a las 6h.

En el caso de GF-120 (spinosad) se halló una inicial excesiva y posterior reducida ingesta del alimento desde 1h de exposición hasta las 6h, manteniéndose alta a las 24h, regularizándose a las 48 hasta 72h; una actividad constante a 1, 3 y 48h y baja a las 6h; descontrol a 1, 3, 6 y 48h; inhibición del lamido del producto de 1 a 3h; se formaron



Figura 40. Positiva respuesta a la luz expresada en atracción.

aglomeraciones a 1, 3, 6 y 72h; reposo prolongado a 1 y 48h, con casi imperceptible movimiento de antenas a las 6 y 72h; acicalamiento a 1h; desorientación y descoordinación desde 1 hasta 72h con algunas ligeras excepciones de abejas orientadas y coordinadas a las 3h; temblores observados a 1 y 48h; inicial mala adherencia sobre la superficie a 1h, siendo regular a las 6h y adecuada a 3, 24 y 48h; un correcto desplazamiento registrado a 1, 6 y 24h; mecanismo de comunicación y sentido de ubicación mantenidos únicamente a 1h; se presentó alta cantidad de residuos del alimento a 3 y 24h; ausente comportamiento higiénico y calma a las 3h; excesivo aleteo a las 3 y 48h; humedad en los cuerpos de los insectos que les dificultó separarse a las 3, 6, 24 y 72h; vuelo errático por algunos y, por otros adecuado a las 3h, siendo totalmente errático a las 6h y restableciéndose a las 24 y 48h; positiva respuesta a la luz a las 3 y 72h, mientras que nula a las 24h; agotamiento neuromuscular presentado a las 6 y 72h; mala sincronización desde las 24 hasta 72h; finalmente cierta humedad en la jaula a las 6h y alta nubosidad también a las 6h que desapareció a las 24h.

Con respecto al Absolute (spinetoram) se produjo una excesiva ingesta del alimento a 1h de exposición manteniéndose hasta las 3h, y luego reduciéndose hasta regularizarse para las 6h; excesivo aleteo, mecanismo de comunicación y acicalamiento de 1 a 3h; descoordinación y desorientación de 1 a 6h con una ligera excepción de orientación y coordinación en ciertas abejas a las 3h; temblores y sentido de orientación manifestados a 1h; movimientos acelerados e intermitentes de las extremidades a 1h, reduciendo su velocidad hasta un casi imperceptible movimiento de antenas a las 6h; cuerpos en su mayoría tendidos con la probóscis y extremidades hacia arriba a 1h; mala adherencia sobre la superficie de 1 a 3h, observándose algunas aún con la capacidad de adherirse a las paredes a las 3h; regurgitaciones a 1 y 24h; reposo prolongado a 1h y disminuyendo su largo periodo a las 3h; aglomeraciones a 1, 6 y 24h (fig. 41); sincronización a 1h, perdiéndose en parte de los individuos a las 3h y generalizándose a las 6h; positiva reacción a la luz desde 1 hasta las 24h; alta cantidad residual del alimento registrada a las 3h y reduciéndose a las 24h; vuelo errático y adecuado por algunas excepciones, lamido de las paredes y autogiros ocurridos a las 3h; desplazamiento aletargado e inadecuado entre 3 y 6h; actividad aletargada, agotamiento neuromuscular y dificultad de separación de las aglomeraciones a las 6h; finalmente, se presentó humedad y alta nubosidad a las 6h ambas reduciéndose a las 24h.

El Movento (spirotetramat) ocasionó en las abejas vuelo errático a 1h de exposición, normalizándose a las 6, 24 y 72h; actividad constante a 1 y 6h; descontrol a 1, 6 y 72h; descoordinación a 1, 3, 6 y 48h, manifestándose recién la coordinación en algunas



Figura 41. Aglomeraciones de abejas caracterizadas además por su inmovilidad.

excepciones a las 72h; desorientación a 1, 6, 24 y 48h, con orientación en algunas excepciones a las 48h y en todos los sobrevivientes a las 3 y 72h; mala adherencia sobre la superficie a 1 y 72h, por otro lado, buena adherencia (fig. 42) a las 3, 6 y 48h, y ambos caracteres observados según grado de afectación del individuo a las 24h; inicial ausente y posterior baja ingesta del alimento a 1 y 3h, respectivamente, manteniéndose adecuada desde las 6 hasta las 72h; aglomeraciones a 1, 3, 24 y 72h; negativa respuesta a la luz a 1h y a continuación positiva desde las 3 hasta las 48h con una manifestación de ambas según el individuo a las 72h; grooming y ausencia de aleteo a 1h; constante acicalamiento a las 3h; resbalones a las 3, 48 y 72h; natural comportamiento higiénico a las 3 y 24h desapareciendo a las 72h; óptima sincronización a las 3h, tornándose nula a las 6 y 72h, expresándose ambos según el individuo a las 24h; adecuado mecanismo de comunicación a las 3 y 48h, siendo también en ciertos casos inadecuado a las 6 y 72h; temblores registrados a las 6h; agotamiento neuromuscular desde las 6 hasta 48h; un desplazamiento errado a las 6, 24 y 48h, también ocurriendo lo opuesto en ciertos casos a las 24h y totalmente adecuado a las 48h; se observaron residuos del alimento a las 6 y 24h, reduciéndose a las 48h y desapareciendo todo rastro a las 72h; agresividad y necrofagia (fig. 43) a las 24h; reposo a las 48 y 72h; aleteo a las 48h; cuerpos inertes con las alas extendidas a las 48h e incluyendo la probóscide hacia afuera, cuerpos tendidos sobre uno de sus lados en su mayoría y ubicados por doquier a las 72h; finalmente, en la jaula se presentó nubosidad a las 6h, aumentando su intensidad a las 24 y 48h, y disminuyendo a las 72h.

Lorsban (clorpirifós) registró en las abejas descontrol, constante actividad, descoordinación, mala adherencia sobre la superficie, nula sincronización, vuelo errático en un grupo de individuos, mientras que otros realizaban un vuelo natural, desorientación, disminución de la ingesta del alimento, aglomeraciones, efecto de volteo, movimiento intermitente de extremidades y adecuado mecanismo de comunicación en la primera hora de exposición; temblores a 1h que disminuyeron a espasmos a las 3h; regurgitaciones (fig. 44) y excesiva transpiración que se mantuvieron desde 1 hasta las 6h, momento en el cual toda la población presentó mortandad total y hallados los cuerpos inertes tendidos con la probóscis y extremidades hacia arriba a 1 y 6h, y sobre uno de sus lados a las 6h.

En el caso del Confidor (imidacloprid) se presentó una inicial excesiva y posterior nula ingesta del alimento a 1h de exposición manteniéndose así hasta las 24h; nula sincronización a 1 y 6h; mala adherencia sobre la superficie, vuelo errático, aleteo exagerado, positiva respuesta a la luz y buen comportamiento higiénico, todo ello a 1h; desorientación, efecto



Figura 42. Buena adherencia sobre las superficies de la jaula.



Figura 43. Las abejas manifestando un comportamiento de necrofagia.



Figura 44. Regurgitaciones

de volteo y descoordinación desde 1 hasta las 24h; convulsiones desde 1 hasta 6h; intermitentes espasmos desde 1 hasta 6h reduciéndose a casi imperceptibles en abdomen y extremidades a las 24h; temblores desde 1 hasta 24h siendo casi imperceptibles a las 6h; agotamiento neuromuscular desde 6 hasta 24h; inadecuado desplazamiento y humedad en los cuerpos manifestados a las 24h; finalmente, a las 6h se registraron los cuerpos inertes tendidos con la probóscis y extremidades hacia arriba, y a las 24h en diferentes ubicaciones.

Todo lo antes manifestado contrasta fuertemente con lo observado en las abejas del grupo testigo, sin tratamiento pesticida, en las cuales se apreció una correcta y adecuada ingesta del alimento, mecanismo de comunicación, desplazamiento, sentido de ubicación, vuelo, respuesta positiva a la luz, movimiento activo normal de las abejas, adherencia sobre las superficies, orientación, coordinación, sincronización, aleteo, acicalamiento, reposo, calma y comportamiento higiénico, entre otros; cabe mencionar, en algunos casos se registró cierta cantidad de residuos del alimento en el suelo, los cuerpos inertes en diferentes ubicaciones, tendidos con la probóscis y extremidades hacia arriba, y otras sobre uno de sus lados, las alas extendidas, nula humedad y nubosidad; por otro lado, no se registraron temblores, aglomeraciones, agresividad, regurgitaciones, convulsiones, movimientos errados ni descontrolados; un comportamiento general que podría calificarse como normal actividad vital.

Ensayos de ingestión

Las abejas luego de su exposición a los pesticidas en estudio mediante pruebas de ingestión a 1, 3, 6, 24, 48 y 72 horas, experimentaron una serie de reacciones en el comportamiento que podrían considerarse como una sintomatología ligera o de importante precedente a su muerte o a un deterioro de su estructura y fisiología en grado diverso.

En Roundup (glifosato) las abejas tras un rápido ingreso a la jaula, manifestaron en la primera hora (1h) de exposición una buena y mala adherencia sobre la superficie según la susceptibilidad del individuo, manteniéndose adecuada desde las 3 hasta las 72h, con algunas excepciones que mostraban dificultad en ello a las 48 y 72h; excesivo aleteo a 1h que fue disminuyendo a las 3h; agotamiento neuromuscular y resbalones a lo largo de 1 hasta las 72h; inicial disminuida y posterior alta ingesta del alimento a 1h, luego siendo nula desde las 3 hasta las 72h; vuelo errático a 1 y 3h, regularizándose a las 24h y desapareciendo a las 48h; un grupo con desorientación y otro con aún orientación de 1 a 3h, continuando con una generalizada desorientación desde las 6 hasta las 72h; descoordinación y coordinación

presentes según la afectación en el insecto de 1 a 3h, manteniéndose una total descoordinación a 6, 48 y 72h; inadecuado desplazamiento a 1, 3, 6, 48 y además aletargado a las 72h, con excepciones de lo contrario registradas a las 24h; aglomeraciones a 1, 3, 6 y 48h; autogiros y efecto de volteo de 1 a 6h; temblores a 1 y 3h; movimiento acelerado e intermitente de extremidades a 1h, disminuyendo a casi imperceptible de 6 a 48h y específicamente de antenas a las 72h; mecanismo de comunicación adecuado a 1, 3, 6 y 24h con excepciones que indicaban fallo en ello a las 3, 6 y 24h, desapareciendo a las 48 y 72h; acicalamiento a 1h e intensificado a las 24h; descontrol en ciertas abejas y calma en otras, agresividad, grooming y comportamiento higiénico a las 3h; natural reposo a 1h siendo anormalmente prolongado de 6 a 72h; buena sincronización a 3 y 48h y nula a las 6, 24 y 72h; positiva respuesta a la luz a las 3, 6 y 48h, negativa a las 24 y 72h; aumento de humedad de 3 a 6h y reduciéndose desde las 24 hasta las 72h; presencia de nubosidad a las 3h, disminuyendo a las 24 y 48h, nuevamente intensificándose a las 72h; retorcimientos enfocados sobre todo en abdomen y extremidades a las 6, 24 y 48h; letargo y necrofagia a las 48h; finalmente, se observó alta cantidad residual del alimento en el suelo desde las 24 hasta las 72h, y cuerpos inertes tendidos con la probóscis y extremidades hacia arriba a las 6 y 24h.

En Lannate (metomil) se observó en las abejas vuelo errático, descoordinación, descontrol, temblores, retorcimientos, regurgitaciones, efecto de volteo e imperceptible espasmo abdominal, posteriormente sufrieron una muerte masiva e inmediata quedando los cuerpos en distintas posiciones y ubicaciones en toda la jaula; todo ello transcurriendo a tan solo 1 hora de exposición.

El Cipermet Super (alfacipermetrina) presentó nubosidad (fig. 45); retorcimientos acelerados e intensos de extremidades y abdomen a 1h, disminuyendo su velocidad a las 3h sin dejar de ser muy notorios, observándose aún a las 24h; desorientación desde 1 hasta las 24h; descoordinación a 1 y 3h; temblores a 1, 3 y 24h enfocándose sobre todo en las extremidades hasta ser casi imperceptibles con espasmos a las 3h; descontrol, ubicaciones distintas de los primeros cuerpos inertes e inadecuado desplazamiento a 1h; efecto de volteo (fig. 46) y tendidos con la probóscis y extremidades hacia arriba a 1 y 24h; aglomeraciones desde 1 hasta las 6h; positiva respuesta a la luz manifestada a 1 y 6h; disminución de la constancia en actividad a 1h, con movimientos poco percibidos a las 6h; mostrándose en algunas abejas un movimiento acelerado de extremidades hasta la inmovilidad total y muerte a las 24h; finalmente, agotamiento neuromuscular desde las 3 hasta las 24h.



Figura 45. Nubosidad en la jaula presentada probablemente por la volatilidad del producto.



Figura 46. Efecto de volteo producido por el intermitente y acelerado movimiento de extremidades de las abejas.

En Regent (fipronil) se observó inadecuado desplazamiento, vuelo errático en su mayoría con algunas excepciones presentando aún correcto vuelo, descontrol, constante actividad, regurgitaciones, efecto de volteo, momentáneas aglomeraciones, adecuada ingesta del alimento, buena adherencia sobre la superficie y mecanismo de comunicación en la primera hora; agotamiento neuromuscular de 1 hasta las 3h; temblores en las extremidades que fueron disminuyendo su velocidad a 1h, siendo casi imperceptibles a las 3h; coordinación y orientación mantenidas únicamente a 1h y perdidas totalmente para las 3h; finalmente cuerpos inertes hallados en distintas ubicaciones a las 3h, e inicialmente tendidos con la probóscis y extremidades hacia arriba, mientras otros sobre uno de sus lados a 1h, terminando en diferentes posiciones a las 3h.

Con Tracer (spinosad) las abejas expresaron, por un lado, disminuida ingesta del alimento, descoordinación y errado desplazamiento, por otro lado, adecuada ingesta del alimento, coordinación y correcto desplazamiento, además de una generalizada mala sincronización, resbalones, efecto de volteo, vuelo, calma y mecanismo de comunicación a 1h de exposición; mientras tanto, se registró agotamiento neuromuscular, positiva respuesta a la luz y aglomeraciones de 1 a 3h; señales de desorientación y orientación según la susceptibilidad del individuo a 1h, logrando generalizarse el primero de ellos a las 3h; finalmente, esporádicas regurgitaciones, mala adherencia sobre la superficie, leves temblores de las extremidades y autogiros fueron manifestados a las 3h al igual que un anormal reposo prolongado hasta la inmovilidad total y posterior muerte.

En el caso de GF-120 (spinosad) se halló en la primera hora una inicial excesiva y posterior disminuida ingesta del alimento, actividad constante, descontrol, efecto de volteo, ligeros retorcimientos, algunos de los individuos manifestando adecuado vuelo, mientras la mayoría errático; por otro lado, algunas abejas denotando mala, y otras buena, adherencia sobre la superficie y mecanismo de comunicación a 1h, regularizándose al adecuado a las 3h; nula sincronización de 1 a 3h; natural reposo a 1h que pasó a ser anormalmente prolongado a las 3h; agotamiento neuromuscular, descoordinación y desorientación de 1 a 6h; alta transpiración de los insectos a 1 y 6h; aglomeraciones y alta nubosidad desde 1 hasta las 72h, con dificultad de separación a las 3 y 6h; negativa respuesta a la luz a 1h, tornándose positiva a partir de las 3 hasta las 72h; temblores y grooming a las 3h; resbalones e inadecuado desplazamiento a las 6h; casi imperceptible movimiento de extremidades a 1h, principalmente las antenas a las 3h, alcanzando una inmovilidad total y posterior muerte

desde las 24 hasta 72h; cabe mencionar, la presencia de una alta humedad (fig. 47) de 1 a 3h, y ligera de 24 a 72h.

Con respecto al Absolute (spinetoram) se produjo en la mayoría de las abejas una mala adherencia sobre la superficie de 1 a 3h salvo ciertas excepciones que manifestaron lo opuesto a 1h; desorientación, agotamiento neuromuscular y positiva reacción a la luz desde 1 hasta las 6h; descoordinación y aglomeraciones de 1 a 3h; reposo a 1h, siendo anormalmente prolongado a las 3 y 6h; en algunas ocasionó nula ingesta del alimento, mientras que otras aún lograban alimentarse con naturalidad; temblores, actividad constante, adecuado desplazamiento, mecanismo de comunicación y sentido de orientación, a 1h; calma, sincronización y correcto vuelo a 1h, con consecuente descontrol, nula sincronización y vuelo errático a las 3h; finalmente, un movimiento de extremidades casi imperceptibles hasta la inmovilidad total o muerte a las 6h; se registraron distintas ubicaciones de los cuerpos a las 3h y se presentó una ligera humedad y nubosidad a las 6h.

El Movento (spirotetramat) ocasionó en las abejas una mala adherencia sobre la superficie a 1, 3, 6 y 48h, registrándose a su vez algunas manteniendo una buena adherencia a 1, 3, 24 y 48h; de la misma manera, un grupo mostró una inadecuada ingesta del alimento a 1, 6, 24 y 48h, mientras que los demás se alimentaron correctamente a 1 y 24h, siendo estos últimos la mayoría a las 3h, y aumentando al exceso la ingesta del alimento a las 48 y 72h; constante actividad y descontrol de 1 a 24h, con algunos momentos de calma a 1h; desorientación y descoordinación desde 1 hasta las 72h, con señales de aún orientación y coordinación en algunas a 1, 3 y 24h; efecto de volteo y positiva respuesta a la luz a 1, 3, 24 y 48h; inadecuado desplazamiento a 1 y 6h, siendo adecuado en las sobrevivientes a las 24 y 48h; reposo prolongado a 1, 3, 24, 48 y 72h, observándose a algunos con reposo normal a las 24h; ligeros retorcimientos, sentido de ubicación y acicalamiento manifestados a 1h; aglomeraciones a 1 y 48h; buena sincronización a 1, 3 y 48h, en este último algunos expresando lo contrario, y en general con nula sincronización a las 6 y 72h; nubosidad a las 6 y 24h, disminuyendo a las 48 y 72h; resbalones a las 3 y 24h; ligeros temblores en las extremidades a las 3h; inicial ausente y posterior constante aleteo a 1h, el cual se extendió hasta las 24h; mecanismo de comunicación adecuado a las 3h, reduciéndose su constancia a las 6h, y casi ausente en muchas abejas de 24 y 48h; vuelo errático a las 6h y normal registrado a las 3 y 24h; resbalones a las 6h; alta cantidad de residuos del alimento y humedad en la jaula a las 6h, ambos fueron reduciéndose desde las 24 hasta las 72h; retorcimientos a las 6h, volviéndose leves a las 72h; agotamiento neuromuscular desde las 24 hasta las 72h; necrofagia a las 24h;



Figura 47. Alta humedad registrada en la jaula.

finalmente, los cuerpos inertes tuvieron distintas ubicaciones a las 3, 48 y 72h, y sus cuerpos tendidos con la probóscis y extremidades hacia arriba (fig. 48).

Lorsban (clorpirifós) registró en las abejas descontrol, actividad constante, aglomeraciones, positiva respuesta a la luz, efecto de volteo, retorcimientos, espasmos, agotamiento neuromuscular, casi imperceptible movimiento de extremidades, excesiva transpiración de los cuerpos (fig. 49), regurgitaciones, desorientación, descoordinación, buena adherencia sobre la superficie, adecuado desplazamiento y alta humedad, todo lo anterior ocurrido en la primera hora de exposición, en la cual también tuvieron pronta muerte.

En el caso del Confidor (imidacloprid) se presentó efecto de volteo, temblores en las extremidades, retorcimientos, regurgitaciones, convulsiones, desorientación, descoordinación, agotamiento neuromuscular y en su gran mayoría inmovilidad total y/o muerte en corto tiempo terminando tendidos con la probóscis y extremidades hacia arriba y/o sobre uno de sus lados.

Todo lo antes manifestado contrasta fuertemente con lo observado en las abejas del grupo testigo (fig. 50), sin tratamiento pesticida, en las cuales se apreció una correcta y adecuada ingesta del alimento, desplazamiento, sentido de ubicación, movimiento, adherencia sobre las superficies, aleteo, reposo, calma, acicalamiento, coordinación, vuelo, grooming, sincronización, orientación, mecanismo de comunicación y positiva respuesta a la luz; en ciertos casos, se registró cierta dificultad de desplazamiento y escasos residuos del alimento en el suelo; por otro lado, no se registraron temblores, regurgitaciones, resbalones, convulsiones, movimientos errados ni descontrolados; un comportamiento general que podría calificarse como normal actividad vital; además, no se registró humedad ni nubosidad.

La mayoría de los pesticidas ensayados en la presente investigación, atacan al sistema nervioso, ello explicaría la similitud de síntomas manifestados en los diversos tratamientos, muy distintos a los registrados en el testigo; sin embargo, fueron exhibidos también ciertos comportamientos que podrían estar relacionados al efecto de un producto específico, tal es el caso del Lorsban (clorpirifós) que causó una excesiva pérdida de agua corporal que generaría deshidratación en el insecto, el Cipermax Super (alfacipermetrina) con un excesivo movimiento de patas a lo largo de un tiempo prolongado hasta la ocurrencia de la muerte, el Lannate (metomil) con una muerte casi espontánea en tan solo minutos que



Figura 48. Según la vigorosidad de cada individuo, dependía tanto el comportamiento como su temprana mortandad.



Figura 49. Excesivas exudaciones del cuerpo de las abejas, originando un oscurecimiento de los cuerpos.



Figura 50. Abejas del testigo manteniendo un comportamiento activo y constante, aún con el pasar de las horas.

impidió el registro de un mayor número de síntomas, el Roundup (glifosato) con un muy marcado letargo en la actividad locomotriz, también corroborado por Prado *et al.* (2018) en su estudio acerca de pesticidas, y el Confidor (imidacloprid) exhibiendo convulsiones; cabe resaltar que, no podrían ser utilizados para establecer un patrón para cada uno de los agrotóxicos; por otro lado, la velocidad de manifestación en los ensayos de ingestión fue mayor que la de contacto y ello se debería al modo de acción más efectivo por el sistema digestivo que por la cutícula del insecto para llegar al sistema nervioso, como por ejemplo en la ingesta del alimento, en la cual, en su mayoría se observó una inhibición más temprana en los ensayos por vía oral que los de contacto, probablemente porque el primero tenía el pesticida en la composición de la pasta alimenticia, mientras que el segundo, tuvo una inicial rápida ingesta y luego fue disminuyendo mas no totalmente, muy similar a lo registrado por Han *et al.* (2010), contrastando con El Departamento de Agricultura y Servicio al Consumidor de la Florida (s.f.) con respecto al GF-120, ya que asegurarían que no hay atracción alguna por parte de la abeja hacia el pesticida en mención; además, se presentaron manifestaciones generales, también registradas por Clinch *et al.* (1973) y por Jiménez *et al.* (1996), como nula sincronización, pérdida del mecanismo de comunicación como lo hallado por Boff *et al.* (2018) en abejas meliponas, desorientación, aglomeraciones por tiempo prolongado, dificultoso desplazamiento, agotamiento neuromuscular, negativa respuesta a la luz y descoordinación a manera de alteraciones para Yang *et al.* (2008); particulares como necrofagia, autogiros y agresividad; extremos como retorcimientos, temblores, vuelo errático, efecto de volteo, excesivo aleteo y regurgitación; y ligeros como pérdida de la adherencia sobre la superficie, reposo prolongado, resbalones, espasmos, variaciones en las posiciones y ubicaciones finales de los cuerpos inertes; cabe mencionar que, ciertos caracteres podrían estar relacionados a la vigorosidad de las abejas como a su edad (Mengoni & Farina, 2018) y que el registro de variaciones como las presentes serían tan importantes como para predecir, de alguna manera, futuros comportamientos y su repercusión en la densidad de la colonia (Woodcock *et al.*, 2017), memoria y/o aprendizaje de la abeja *Apis mellifera* L. (Zhang & Nieh, 2015).

Todas las pruebas realizadas y los resultados obtenidos en la presente investigación fueron hechas bajo condiciones de laboratorio; sin embargo, no se descarta que los resultados puedan ocurrir bajo condiciones naturales.

V. CONCLUSIONES

En ensayos de contacto, todos los pesticidas causaron muerte de abejas, siendo Lannate (metomil), Cipermax Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil), Tracer (spinosad), Absolute (spinetoram), Lorsban (clorpirifós) y Confidor (imidacloprid) los que ocasionaron los mayores porcentajes de mortalidad con diferencias estadísticas significativas.

En ensayos de ingestión, todos los pesticidas causaron muerte de abejas, siendo Lannate (metomil), Cipermax Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil), Tracer (spinosad), GF-120 (spinosad), Absolute (spinetoram), Movento (spirotetramat), Lorsban (clorpirifós) y Confidor (imidacloprid) los pesticidas que mayores porcentajes de mortalidad ocasionaron, con diferencias significativas entre tratamientos.

En ensayos de poder residual, todos los pesticidas causaron mortalidad en abejas, mostrando, en consecuencia, efecto residual en porcentajes variables y con diferencias significativas, habiendo destacado, en este aspecto, los pesticidas Lannate (metomil), Cipermax Super (alfacipermetrina), Regent (fipronil), Lorsban (clorpirifós) y Confidor (imidacloprid).

Las abejas afectadas por pesticidas mostraron una serie de manifestaciones generales como alteraciones en el comportamiento, sin hechos particulares, salvo escasas excepciones, no habiéndose podido establecer, por tanto, patrones de comportamiento en abejas afectadas por pesticidas.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar ensayos con dosis menores a las recomendadas en etiqueta para determinar dosis mínimas causantes de mortalidad en abejas.

Realizar ensayos de campo con la finalidad de registrar mortalidad de abejas por efecto de pesticidas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A Primera Hora (19 de agosto de 2019). Quillabamba: Contradicciones en mesa de trabajo de proyecto mosca de la fruta. A Primera Hora. Recuperado de <https://aprimerahora.pe/2019/08/19/quillabamba-contradicciones-en-mesa-de-trabajo-de-proyecto-mosca-de-la-fruta/>

Agrocompetitivo (2012). Desaparición de las abejas y los residuos de plaguicidas en miel: Situación de la región de O'Higgins. Boletín N°1. Centro de investigaciones aplicadas CIAP, Universidad técnica Federico Santa María p. 1. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/357823308/plaguicidas-abejas-y-miel-pdf>

Agroprecios (20 de julio de 2015). Se prohíbe la utilización de “Clorpirifós” en frutas y verduras. Agroprecios. Recuperado de <http://www.agroprecios.com/es/noticias/2867-se-prohibe-la-utilizacion-de-clorpirifós-en-frutas-y-verduras>

Aslam, M.; Mansoor-ul-Hasan; Arshad, M. (2016). Toxicity of Three Commonly Used Nicotinoids and Spinosad to *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) Using Surface Residual Bioassays. Pakistan J. Zool. 48(6): 1983-1987. Recuperado de [https://www.zsp.com.pk/pdf48/1983-1987%20\(53\)%20PJZ-2080-14%2028-7-16%20Recasted%20PJZ%20Manuscript.pdf](https://www.zsp.com.pk/pdf48/1983-1987%20(53)%20PJZ-2080-14%2028-7-16%20Recasted%20PJZ%20Manuscript.pdf)

Aufauvre, J.; Biron, D.G.; Vidau, C.; Fontbonne, R.; Roudel, M.; Diogon, M.; ... Blot, N. (2012). Parasite-insecticide interactions: a case study of *Nosema ceranae* and fipronil synergy on honeybee. Nature 2:326 doi: 10.1038/srep00326

Baldi, B.; Vallejos, O.; Pancrazio, G.; López, N.; Goldaracena, C.; Taus, M. (2014). PID 9056 Empleo de la abeja melífera como bioindicador de contaminación ambiental con herbicidas en áreas cultivadas con soja en la Prov. de Entre Ríos y su relación con el contenido residual en la miel. Ciencia, Docencia y Tecnología 4(4): 89-114 Recuperado de <http://www.pcient.uner.edu.ar/Scdyt/article/view/25>

Balsebre, A.; Báez, M.E.; Martínez, J.; Fuentes, E. (2018). Matrix solid-phase dispersion associated to gas chromatography for the assessment in honey bee of a group of pesticides of concern in the apicultural field. *Science Direct* 1567:47-54 doi: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2018.06.062>

Barrera, J.; Carrascal, J.; Numa, S.; Rodríguez, D.; Cantor, F. (2013). Compatibilidad de *Encarsia Formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) con productos comerciales en condiciones de laboratorio. *Colombia, Bogotá.* 18(2). Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2013000200004

BAYER AG. (2018). Crop Science Peru. Recuperado de <https://www.cropscience.bayer.pe/Productos-e-innovacion/Productos.aspx>

Boily, M.; Sarrasin, B.; DeBlois, C.; Aras, P.; Chagnon, M. (2013). Acetylcholinesterase in honey bees (*Apis mellifera*) exposed to neonicotinoids, atrazine and glyphosate: Laboratory and field experiments. *NCBI* 20(8): 5603-5614 doi: 10.1007/s11356-013-1568-2

Boff, S.; Friedel, A.; Mara, R.; Roseti, P.; Raizer, J. (2018). Changes in social behavior are induced by pesticide ingestion in a Neotropical stingless bee. *Science Direct* 164:548-553 doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.08.061>

Calatayud-Vernicha, P.; Calatayud, F.; Simó, E.; Picó, Y. (2018). Pesticide residues in honey bees, pollen and beeswax: Assessing beehive exposure. *Science Direct* 241:106-114 doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.05.062>

Carjabosa, A. (2019). Alemania prohibirá el glifosato en 2023 para proteger a los insectos. *El País.* Recuperado de https://elpais.com/sociedad/2019/09/04/actualidad/1567609535_166777.html

Carrasco-Letelier, L.; Mendoza-Spina, Y.; Branchiccela, M.B. (2012). Acute contact toxicity test of insecticides (Cipermetrina 25, Lorsban 48E, Thionex 35) on honeybees in the

southwestern zone of Uruguay. Science Direct 88(4): 439-444 doi
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.02.062>

Caseley, J.C. (s.f.). Herbicidas. FAO. Cap. 10. Recuperado de
<http://www.fao.org/3/t1147s0e.htm#puntos de acción de los herbicidas>

Chauzat, M.P.; Faucon, J.P.; Martel, A.C.; Lachaize, J.; Cougoule, N.; Aubert, M. (2006). A survey of pesticide residues in pollen loads collected by honey bees in France. NCBI 99(2): 253–262 doi: 10.1603/0022-0493-99.2.253

Christen, V. & Fent, K. (2017). Exposure of honey bees (*Apis mellifera*) to different classes of insecticides exhibit distinct molecular effect patterns at concentrations that mimic environmental contamination. Science Direct. 226:48-59 doi:
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.04.003>

Clinch, P.G.; Palmer-Jones, T.; Forster, I.W. (1973). Effect on honey bees of dicrotophos and methomyl applied as sprays to white clover. Taylor Francis Online 1(1): 97-99 doi:
10.1080/03015521.1973.10427625

Coppa, R. & Huerta, G. (2011). Pesticidas vs abejas. Agricultura 20: 81 – 84. Recuperado de
https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_agricultura20_apicola_pesticidas.pdf

Corporación Autónoma Regional del Cauca CRC (s.f.). Características físico-químicas de los plaguicidas y su transporte en el ambiente. Folleto online de Virtual Pro. Recuperado de
<https://www.virtualpro.co/biblioteca/caracteristicas-fisico-quimicas-de-los-plaguicidas-y-su-transporte-en-el-ambiente>

Coulon, M.; Schurr, F.; Martel, A.C.; Cougoule, N.; Bégaud, A.; Mangoni, P.; ... Dubois, E. (2018). Metabolisation of thiamethoxam (a neonicotinoid pesticide) and interaction with the *Chronic bee paralysis virus* in honeybees. Science Direct. 144:10-18 doi:
<https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2017.10.009>

Cutler, G.C. & Scott-Dupree, C.D. (2007). Exposure to clothianidin seed-treated canola has no long-term impact on honey bees. NCBI 100(3):765-72 doi: 10.1603/0022-0493(2007)100[765: etcsch]2.0.co;2

De la Cruz, E.; Bravo, V.; Ramírez, F. (2018). Manual de plaguicidas de Centroamérica. UNA (Universidad Nacional de Costa Rica). Recuperado de: <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/331-imidacloprid>

Departamento de Agricultura y Servicios al Consumidor de la Florida (s.f.). Respuestas a Preguntas Concerniendo la Aplicación de Spinosad para el Control de la Mosca de la Fruta. Trabajo presentado del Departamento de Agricultura y Servicios al Consumidor de la Florida sobre el Uso de Spinosad para el Control de Mosca de la Fruta, Florida. Recuperado de https://www.fdacs.gov/content/download/62744/file/Spinosad_QA_-_Spanish.pdf

Díaz, R.A. (2015). Efecto de seis plaguicidas sobre mortalidad en dos especies de abejas: *Apis mellifera* y *Tetragonisca angustula* (Hymenoptera: Apidae) (Tesis, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano). Recuperada de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4576/1/CPA-2015-029.pdf>.

Elcacho, J. (2018). El polémico herbicida glifosato, creado por Monsanto, también daña a las abejas. La Vanguardia. Recuperado de <https://www.lavanguardia.com/natural/20180925/452027471627/polemico-herbicida-glifosato-monsanto-mata-abejas.html>

En-Cheng, Y.; Hui-Chun, C.; Wen-Yen, W.; Yu-Wen, C. (2012). Impaired Olfactory Associative Behavior of Honeybee Workers Due to Contamination of Imidacloprid in the Larval Stage. NCBI 7(11). Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3498130/>

EPA (2019). Insecticidas Organofosfatados. Sección II Cap. 4. Recuperado de <https://espanol.epa.gov/sites/production-es/files/2015-09/documents/spch4.pdf>

FARMAGRO S.A. (s.f.) Arrivo. Ficha Técnica. Recuperado de http://www.farmagro.com.pe/media_farmagro/uploads/ficha_tecnica/arrivo_ficha_tecnica.pdf

FARMEX S.A. (s.f.) Roundup. Ficha Técnica. Recuperado de http://www.plmlatina.com.pe/deaq/src/productos/6253_13.htm

Ferreirim, L. (02 de octubre de 2017). Re: ¡Buenas noticias! Europa se despide del fipronil en la agricultura #SOS abejas (Mensaje en un blog). Recuperado de <http://archivos.greenpeace.org/espana/es/Blog/buenas-noticias-europa-se-despide-del-fiproni/blog/60351/>

Galindo-Guzmán, M.; Flores-Loyola, E.; Gallegos-Robles, M.A.; Fortis-Hernández, M.; Figueroa-Viramontes, U.; Vázquez-Vázquez, C. (2019). Acetilcolinesterasa de *Eisenia foetida* como indicador de contaminación por plaguicidas organofosforados. 35 (1) 115 – 124. Doi: 10.20937/RICA.2019.35.01.08

García-Allen (s.f.). GABA (neurotransmisor): qué es y qué función desempeña en el cerebro. Recuperado de <https://psicologiymente.com/neurociencias/gaba-neurotransmisor>

Gill, R.J.; Ramos-Rodriguez, O.; Raine, N.E. (2012). Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees. *Nature* 491:105–108. Recuperado de <https://www.nature.com/articles/nature11585>

Gómez E. (2014). Impacto del cebo tóxico GF-120 NF Naturalyte (Spinosad) sobre abejas sin aguijón y *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) (Tesis de maestría, El Colegio de la Frontera Sur). Recuperada de <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000053410>

Goulson, D. (2013). An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology* 50:977–987 doi: 10.1111/1365-2664.12111

Grassl, J.; Holt, S.; Cremen, N.; Peso, M.; Hahned, D.; Baer, B. (2018). Synergistic effects of pathogen and pesticide exposure on honey bee (*Apis mellifera*) survival and immunity. *Science Direct* 159: 78-86 doi: <https://doi.org/10.1016/j.jip.2018.10.005>

Greenpeace (2013). Gotas de veneno para las abejas - Análisis de los insecticidas neonicotinoides presentes en el agua de gutación de las plantas de maíz. Informe técnico n° 05/2013. Laboratorios de investigación de Greenpeace, España. Recuperado de https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/Agricultura-ecologica/gp_informe_plaguicidas_agua_gutacion_abejas.pdf

Han, P.; Niu, C.Y.; Lei, C.L.; Cui, J.J.; Desneux, N. (2010). Quantification of toxins in a Cry1Ac + CpTI cotton cultivar and its potential effects on the honey bee *Apis mellifera* L. NCBI 19(8): 1452–1459 doi: 10.1007/s10646-010-0530-z

Hedrei, S.; Kerbaol, A.; Aras, P.; Jumarie, C.; Boily, M. (2015). Effects of realistic doses of atrazine, metolachlor, and glyphosate on lipid peroxidation and diet-derived antioxidants in caged honey bees (*Apis mellifera*). Springer Link 22(11):8010-21 doi: 10.1007/s11356-014-2879-7

Herbert, L.T.; Vázquez, D.E.; Arenas, A.; Farina, W.M. (2014). Effects of field-realistic doses of glyphosate on honeybee appetitive behaviour. The Company of Biologists. 217: 3457-3464 doi: 10.1242/jeb.109520

Iannacone J. & Alvariño L. (2014). Impacto del fipronil y del cartap en abejas. ResearchGate. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/260854186>

IRAC (enero, 2019). Folleto de clasificación del modo de acción de insecticidas y acaricidas. Trabajo presentado por el Comité de Acción para la Resistencia a los insecticidas. España. Recuperado de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiFxYvP6vjLAhXvHLkGHYCdCLwQFjAAegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fwww.ira-c-online.org%2Fdocuments%2Ffolleto-modo-de-accion-insecticidas-y-acaricidas%2F%3Fext%3Dpdf&usg=AOvVaw3_SvGd1PZkSjuX8ymVmPma

Jiménez-R., M.T.; Bustillo-Pardey, A.E.; Luque-Z., J.E. (1996). Impacto del uso del endosulfan y clorpirifós sobre *Apis mellifera* en ecosistemas cafeteros de Colombia. Research Gate 47(2):91-99. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/274835603_IMPACTO_DEL_USO_DEL_END

OSULFAN_y_CLORPIRIFÓS_SOBRE_Apis_mellifera_EN_ECOSISTEMAS_CAFETEROS_DE_COLOMBIA

Kiljanek, T.; Niewiadowska, A.; Semeniuk, S.; Gawel, M.; Borzęcka, M.; Posyński, A. (2016). Multi-residue method for the determination of pesticides and pesticide metabolites in honeybees by liquid and gas chromatography coupled with tandem mass spectrometry—Honeybee poisoning incidents. *Science Direct* 1435: 100 – 114 doi: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2016.01.045>

Koch, H & Weiber, P. (1997). Exposure of honey bees during pesticide application under field conditions. *Apidologie* 28(6): 439-447 doi: 10.1051/apido:19970610

Krupke, C.H.; Hunt, G.J.; Eitzer, B.D.; Andino, G.; Given, K. (2012). Multiple routes of pesticide exposure for honey bees living near agricultural fields. *Plos One*. 7(1):8 doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029268>

La República (8 de agosto de 2019). Cuzco: agricultores denuncian que plan del Estado causó muerte masiva de abejas por mal uso de plaguicida. *La República*. Recuperado de <https://larepublica.pe/sociedad/2019/08/08/cusco-agricultores-denuncian-que-proyecto-del-estado-causo-muerte-masiva-de-abejas-por-mal-uso-de-plaguicida/>

La Vanguardia (01 de septiembre de 2018). Entra en vigor en Francia la prohibición de pesticidas dañinos para abejas. *La Vanguardia*. Recuperado de <https://www.lavanguardia.com/vida/20180901/451554248923/entra-en-vigor-en-francia-la-prohibicion-de-pesticidas-daninos-para-abejas.html>

Long, E.Y. & Krupke, C.H. (2016) Non-cultivated plants present a season-long route of pesticide exposure for honey bees. *Nature Communications* 7:11629 doi: 10.1038/ncomms11629

López (2018). Receptores GABA. *Revisiones farmacéuticas*. Recuperado de <http://www.info-farmacia.com/medico-farmaceuticos/revisiones-farmaceuticas/receptores-gaba>

Louvet, JP. (2004). Un insecticide dans le collimateur: le Régent. Futura Sciences. Recuperado de <https://www.futura-sciences.com/sciences/dossiers/chimie-insecticide-collimateur-regent-373/page/3/>

Martin-Culma, N.Y. & Arenas-Suarez, N.E. (junio, 2018). Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola. *Entramado*. 14 (1): 232-240 doi: <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2018v14n1.27113>

Martos, A. (noviembre, 2016). Polinización y muerte masiva de Abejas. Trabajo presentado en la Convención Nacional de Entomología La Molina. Lima, Perú.

Medina-Flores, C.; Esquivel-Marín, N.; López-Carlos, M.; Medina-Cuellar, S.; Aguilera-Soto, J. (2017). Estimación de la pérdida de colonias de abejas melíferas en el altiplano y el norte de México. *Ecosist. Recur. Agropec.* 5(14):365-371,2018. DOI: 10.19136/era.a5n14.1459

Meneguelli, G. (11 de marzo de 2019). Somente nos últimos 3 meses, agrotóxicos mataram cerca de 500 milhões de abelhas no Brasil. *Green Me*. Recuperado de https://www.greenme.com.br/informar-se/agricultura/7694-agrotoxicos-mataram-500-milhoes-abelhas-brasil?fbclid=iwar2thcrsti4_35pbbmf3ywr9trhc--mn45cbfwweg4q8zxoqfk3_grvb50

Mengoni, C. & Farina, W.M. (2018). Impaired associative learning after chronic exposure to pesticides in young adult honey bees. *Experimental Biology* doi: 10.1242/jeb.176644

Muñoz, A. (2017). MGAP constató que las abejas fueron envenenadas con fipronil, con una presentación prohibida en Uruguay desde 2009. *La diaria*. Recuperado de <https://ladiaria.com.uy/articulo/2017/9/mgap-constato-que-las-abejas-fueron-envenenadas-con-fipronil-con-una-presentacion-prohibida-en-uruguay-desde-2009/>

Muñoz, E. (2017). Efecto de fipronil en núcleos de abejas Effect of fipronil in cores of bees. Trabajo para optar el título de Magister de la Universidad de Concepción. Chile. Recuperado de <http://repositorio.udec.cl/handle/11594/2670>

Pérez, I.; Fernández, M.P.; Romero, L.J. (2016). Programa de vigilancia sobre las pérdidas de colonias de abejas: balance de la situación epidemiológica en España durante las campañas 2012-2015. España. 10p. Recuperado de <https://avedila.com/wp-content/uploads/2017/05/IRATXE-PEREZ-COBO.pdf>

Pilling, E.; Campbell, P.; Coulson, M.; Ruddle, N.; Tornier, I. (2013). A four-year field program investigating long-term effects of repeated exposure of honey bee colonies to flowering crops treated with thiamethoxam. NCBI 8(10): e77193 doi: 10.1371/journal.pone.0077193

Pisa, L.W.; Amaral-Rogers, V.; Belzunces, L.P.; Bonmatin, J.M.; Downs, C.A.; Goulson, D.; ... Wiemers, M. (2015). Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. NCBI 22(1): 68 – 102 doi: 10.1007/s11356-014-3471-x.

PLM PERÚ S.A.C. (2013). Diccionario de Especialidades Agroquímicas – DEAQ. Ed. 7. Perú.

Portolés, M. (2018). Alteraciones inducidas por fipronil sobre el metabolismo aminoacídico en el sistema nervioso central de rata macho adulto. Tesis doctoral. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/50124/>

Prado, A.; Pioz, M.; Vidau, C.; Requier, F.; Jury, M.; Crauser, D.; ... Alaux, C. (2018). Exposure to pollen-bound pesticide mixtures induces longer-lived but less efficient honey bees. Science Direct 650-1:1250-1260 doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.102>

Riaño, D. & Cure, J.R. (2016). Efecto letal agudo de los insecticidas en formulación comercial Imidacloprid, Spinosad y Thiocyclam hidrogenoxalato en obreras de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae). Revista de biología tropical 64(4) doi: 10.15517/rbt.v64i4.21521

Ríos, B. & Guerrero, T. (2018). La UE prohíbe tres insecticidas considerados peligrosos para las abejas. El Mundo. Recuperado de <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/ciencia/2018/04/27/5ae2e73c46163f5a208b45ea.html>

Rondeau, G.; Sánchez-Bayo, F.; Tennekes, H.A.; Decourtye, A.; Ramírez-Romero, R.; Desneux, N. (2014). Delayed and time-cumulative toxicity of imidacloprid in bees, ants and termites. NCBI 4: 5566 doi: 10.1038/srep05566

Rossi, E.M. & Cabaleiro, F. (abril, 2018). Antología sobre los impactos de los Agrotóxicos en las Abejas. Naturaleza de Derechos (1° ed.). p. 10 – 11. Recuperado de <http://www.naturalezadederechos.org/abejas.pdf>

Rotam de Chile Agroquímica Ltda., (s.f.). METOMIL 90 SP (en línea). Etiqueta. Providencia, Santiago, Chile. Recuperado de https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/resol._renov._metomil_90_sp_rotam_de_chile_agroquimica Ltda- _etiqueta.pdf

Ruíz-Toledo, J. & Sánchez-Guillén, D. (2014) Efecto de la concentración de Glifosato presente en cuerpos de agua cercanos a campos de soya transgénica sobre la abeja *Apis mellifera* y la abeja sin aguijón *Tetragonisca angustula*. Nota Científica 30(2) p. 408 – 413. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372014000200014

Sabench, J. (2011). Pesticidas y abejas. Confederation Paysanne Francia. Recuperado de <http://www.mieldemalaga.com/asociacion/jornadas/ponencias/texto13-4.pdf>

Sánchez-Bayo, F. & Goka, K. (2014). Pesticide Residues and Bees – A Risk Assessment. Plos One 9(4) e94482 doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094482>

Sánchez-Bayo, F.; Goulson, D.; Pennacchio, F.; Nazzi, F.; Goka, K.; Desneux, N. (2016). Are bee diseases linked to pesticides? - A brief review. Science Direct 89-90: 7-11 doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.01.009>

Sánchez-Chávez, G. & Salceda, R. (2008). Enzimas Polifuncionales: El Caso de la Acetilcolinesterasa. 27(2): 44 – 51. Recuperado de http://www.facmed.unam.mx/publicaciones/ampb/numeros/2008/02/e_1erArticulo.pdf

SENASA (2009). Sistema Integrado de Gestión de Insumos Agropecuarios – SIGIA. Consultas del Registro de Plaguicidas. Lima, Perú. Recuperado de https://servicios.senasa.gob.pe/SIGIAWeb/sigia_consulta_cultivo.html

Tecnova (2013). Evaluación de los efectos producidos por el producto Mospilan sobre *Apis mellifera* bajo invernadero. España. 14p. Recuperado de: https://www.certiseurope.es/fileadmin/ES/Descargas/Noticias/Archivo/Informe_de_evaluacion_de_efectos_de_Mospilan_sobre_Apis_mellifera.pdf

Tirado, R.; Simon, G.; Johnston, P. (febrero, 2013). El declive de las abejas. Nota técnica de la Unidad científica de Greenpeace. Amsterdam (Países Bajos). Recuperado de http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/Agricultura-ecologica/el_declive_de_las_abejas.pdf

Tong, Z.; Duan, J.; Wu, Y.; Liu, Q.; He, Q.; Shi, Y.; ... Cao, H. (2018). A survey of multiple pesticide residues in pollen and beebread collected in China. Science Direct 640–641[1]: 1578-1586 doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.424>

UAH (s.f.). Bioquímica Ambiental – Neurotoxicidad de organofosforados y carbamatos. Recuperado de http://www3.uah.es/bioquimica/Tejedor/bioquimica_ambiental/tema12/tema%2012-indice.htm

UAH (2010). Mecanismo de acción de la AChEasa. BA-12-1. Recuperado de http://www3.uah.es/bioquimica/Tejedor/bioquimica_ambiental/BA-RES-12.pdf

Unidad docente de Bioquímica y Biología Molecular – UAH (2011). Mecanismo de acción de la AChEasa – Tema 12: Toxicidad de organofosforados y carbamatos. Recuperado de: http://www3.uah.es/bioquimica/Tejedor/bioquimica_ambiental/BA-RES-12.pdf

University of Hertfordshire (2019). Pesticide Properties DataBase – PPDB. Recuperado de: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/es/index.htm>

Urlacher, E.; Monchanin, C.; Rivière, C.; Richard, F.-J.; Lombardi, C.; Michelsen-Heath, S.; ... Mercer, A.R. (2016). Measurements of Chlorpyrifos Levels in Forager Bees and Comparison with Levels that Disrupt Honey Bee Odor-Mediated Learning Under Laboratory Conditions. *Springer Link* 42(2): 127 – 138 doi: <https://doi.org/10.1007/s10886-016-0672-4>

Virú, M.A. (2015). Manejo actual de las intoxicaciones agudas por inhibidores de la colinesterasa: Conceptos erróneos y necesidad de guías peruanas actualizadas. *An. Fac. med.* 76 (4). Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832015000500015

Whitehorn, P.R.; O'Connor, S.; Wackers, F.L.; Goulson, D. (2012). Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. *NCBI* 336(6079): 351-352 doi: 10.1126/science.1215025

Wikipedia (2010). Acetilcolina. Enciclopedia Libre Universal en Español. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Acetilcolina>

Wikipedia (2019). Ácido γ -aminobutírico. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Ácido_\gamma-aminobutírico

Wikipedia (2019). Carbamato. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Carbamato>

Wikipedia (2019). Glifosato. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Glifosato>

Wilkendorf, E.A. (1995). Efecto de Mancozeb sobre larvas, pupas y adultos de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). (Tesis, Universidad Austral de Chile. Fac. de Ciencias Agrarias). Recuperado de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BIBACL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=017903>

Woodcock, B.A.; Bullock, J.M.; Shore, R.F.; Heard, M.S.; Pereira, M.G.; Redhead, J.; ... Pywell, R.F. (2017). Country-specific effects of neonicotinoid pesticides on honey bees and wild bees. *Science* 356(6345): 1393 – 1395 doi: 10.1126/science.aaa1190

Yang, E.C.; Chuang, Y.C.; Chen, Y.L.; Chang, L.H. (2008). Abnormal foraging behavior induced by sublethal dosage of imidacloprid in the honey bee (Hymenoptera: Apidae). NCBI 101(6):1743-8 doi: 10.1603/0022-0493-101.6.1743

Yao, J.; Zhu, Y.C.; Adamczyk, J.; Luttrell, R. (2018). Influences of acephate and mixtures with other commonly used pesticides on honey bee (*Apis mellifera*) survival and detoxification enzyme activities. Science Direct 209: 9-17 doi: <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2018.03.005>

Zhang E. & Nieh J.C. (2015). The neonicotinoid imidacloprid impairs honey bee aversive learning of simulated predation. Journal of Experimental Biology doi: 10.1242/jeb.127472

Zhu, Y.C.; Yao, J.; Adamczyk, J.; Luttrell, R. (2017). Synergistic toxicity and physiological impact of imidacloprid alone and binary mixtures with seven representative pesticides on honey bee (*Apis mellifera*). Plos One 12(5): e0176837 doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176837>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Tabla de registro de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas comerciales

Ensayo: Contacto

Repetición I

Pesticidas ensayados	Número inicial de abejas	1H		3H		6H		24H		48H		72H	
		Abejas muertas	Abejas vivas										
Roundup SL (glifosato)	20	0	20	2	18	2	18	10	10	11	9	13	7
Lannate 40 SP (metomil)	23	23	0	23	0	23	0	23	0	23	0	23	0
Cipermex Super 10 CE (alfacipermetrina)	20	4	16	4	16	15	5	20	0	20	0	20	0
Regent SC (fipronil)	21	5	16	20	1	20	1	21	0	21	0	21	0
Tracer 120 SC (spinosad)	21	0	21	0	21	5	16	21	0	21	0	21	0
GF- 120 CB (spinosad)	22	0	22	2	20	4	18	12	10	12	10	12	10
Absolute 60 SC (spinetoram)	22	0	22	3	19	3	19	20	2	22	0	22	0
Movento 150 OD (spirotetramat)	20	0	20	1	19	1	19	5	15	7	13	11	9
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	21	20	1	20	1	20	1	21	0	21	0	21	0
Confidor 350 SC (imidacloprid)	19	14	5	18	1	18	1	18	1	19	0	19	0
Testigo (agua de mesa)	19	0	19	0	19	0	19	0	19	2	17	6	13

Anexo 2. Tabla de registro de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas comerciales

Ensayo: Contacto

Repetición II

Pesticidas ensayados	Número inicial de abejas	1H		3H		6H		24H		48H		72H	
		Abejas muertas	Abejas vivas										
Roundup SL (glifosato)	22	0	22	7	15	7	15	11	11	17	5	17	5
Lannate 40 SP (metomil)	23	23	0	23	0	23	0	23	0	23	0	23	0
Cipermex Super 10 CE (alfacipermetrina)	19	4	15	4	15	19	0	19	0	19	0	19	0
Regent SC (fipronil)	20	12	8	12	8	20	0	20	0	20	0	20	0
Tracer 120 SC (spinosad)	22	0	22	0	22	4	18	22	0	22	0	22	0
GF- 120 CB (spinosad)	22	0	22	0	22	2	20	2	20	3	19	3	19
Absolute 60 SC (spinetoram)	23	0	23	0	23	0	23	23	0	23	0	23	0
Movento 150 OD (spirotetramat)	22	0	22	0	22	0	22	6	16	22	0	22	0
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	20	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0
Confidor 350 SC (imidacloprid)	20	17	3	17	3	17	3	19	1	20	0	20	0
Testigo (agua de mesa)	20	0	20	0	20	0	20	0	20	1	19	5	15

Anexo 3. Tabla de registro de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas comerciales

Ensayo: Contacto

Repetición III

Pesticidas ensayados	Número inicial de abejas	1H		3H		6H		24H		48H		72H	
		Abejas muertas	Abejas vivas										
Roundup SL (glifosato)	22	0	22	4	18	6	16	9	13	11	11	13	9
Lannate 40 SP (metomil)	26	22	4	26	0	26	0	26	0	26	0	26	0
Cipermex Super 10 CE (alfacipermetrina)	25	5	20	5	20	25	0	25	0	25	0	25	0
Regent SC (fipronil)	24	4	20	24	0	24	0	24	0	24	0	24	0
Tracer 120 SC (spinosad)	26	0	26	0	26	6	20	26	0	26	0	26	0
GF- 120 CB (spinosad)	21	0	21	3	18	6	15	21	0	21	0	21	0
Absolute 60 SC (spinetoram)	26	0	26	3	23	3	23	26	0	26	0	26	0
Movento 150 OD (spirotetramat)	22	0	22	2	20	5	17	6	16	14	8	16	6
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	24	24	0	24	0	24	0	24	0	24	0	24	0
Confidor 350 SC (imidacloprid)	26	26	0	26	0	26	0	26	0	26	0	26	0
Testigo (agua de mesa)	25	0	25	0	25	0	25	1	24	3	22	6	19

Anexo 8. Tabla de registro de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas comerciales

Ensayo: contacto para la determinación del poder residual

Frecuencia de evaluación: Día 1

Pesticidas ensayados	Número inicial de abejas	1H		3H		6H		24H	
		Abejas muertas	Abejas vivas						
Roundup SL (glifosato)	20	0	20	1	19	3	17	6	14
Lannate 40 SP (metomil)	20	20	0	20	0	20	0	20	0
Cipermex Super 10 CE (alfacipermetrina)	20	0	20	17	3	17	3	20	0
Regent SC (fipronil)	16	1	15	15	1	15	1	16	0
Tracer 120 SC (spinosad)	25	1	24	4	21	11	14	11	14
GF- 120 CB (spinosad)	19	0	19	0	19	12	7	19	0
Absolute 60 SC (spinetoram)	20	0	20	3	17	6	14	20	0
Movento 150 OD (spirotetramat)	20	0	20	1	19	5	15	7	13
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	20	0	20	11	9	20	0	20	0
Confidor 350 SC (imidacloprid)	20	20	0	20	0	20	0	20	0
Testigo (agua de mesa)	20	0	20	0	20	0	20	0	20

Anexo 9. Tabla de registro de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas comerciales

Ensayo: contacto para la determinación del poder residual

Frecuencia de evaluación: Día 15

Pesticidas ensayados	Número inicial de abejas	1H		3H		6H		24H	
		Abejas muertas	Abejas vivas						
Roundup SL (glifosato)	20	0	20	1	19	2	18	2	18
Lannate 40 SP (metomil)	27	27	0	27	0	27	0	27	0
Cipermex Super 10 CE (alfacipermetrina)	26	0	26	21	5	26	0	26	0
Regent SC (fipronil)	24	4	20	19	5	24	0	24	0
Tracer 120 SC (spinosad)	20	0	20	2	18	6	14	13	7
GF- 120 CB (spinosad)	24	0	24	0	24	1	23	24	0
Absolute 60 SC (spinetoram)	22	0	22	0	22	1	21	22	0
Movento 150 OD (spirotetramat)	20	0	20	1	19	2	18	4	16
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	24	1	23	17	7	24	0	24	0
Confidor 350 SC (imidacloprid)	19	19	0	19	0	19	0	19	0
Testigo (agua de mesa)	20	0	20	0	20	0	20	0	20

Anexo 10. Tabla de registro de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas comerciales

Ensayo: contacto para la determinación del poder residual

Frecuencia de evaluación: Día 29

Pesticidas ensayados	Número inicial de abejas	1H		3H		6H		24H	
		Abejas muertas	Abejas vivas						
Roundup SL (glifosato)	27	0	27	0	27	0	27	3	24
Lannate 40 SP (metomil)	25	20	5	25	0	25	0	25	0
Cipermex Super 10 CE (alfacipermetrina)	20	1	19	11	9	12	8	20	0
Regent SC (fipronil)	26	0	26	20	6	26	0	26	0
Tracer 120 SC (spinosad)	27	0	27	0	27	0	27	7	20
GF- 120 CB (spinosad)	24	0	24	1	23	5	19	6	18
Absolute 60 SC (spinetoram)	29	0	29	1	28	2	26	9	20
Movento 150 OD (spirotetramat)	28	0	28	1	27	2	26	3	25
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	20	0	20	8	12	16	4	20	0
Confidor 350 SC (imidacloprid)	22	19	3	22	0	22	0	22	0
Testigo (agua de mesa)	30	0	30	0	30	0	30	0	30

Anexo 11. Tabla de registro de mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas comerciales

Ensayo: contacto para la determinación del poder residual

Frecuencia de evaluación: Día 43

Pesticidas ensayados	Número inicial de abejas	1H		3H		6H		24H	
		Abejas muertas	Abejas vivas						
Roundup SL (glifosato)	23	0	23	0	23	1	22	3	20
Lannate 40 SP (metomil)	26	20	6	25	1	25	1	25	1
Cipermax Super 10 CE (alfacipermetrina)	27	1	26	15	12	17	10	23	4
Regent SC (fipronil)	24	4	20	16	8	24	0	24	0
Tracer 120 SC (spinosad)	25	0	25	1	24	2	23	8	17
GF- 120 CB (spinosad)	30	2	28	5	25	7	23	9	21
Absolute 60 SC (spinetoram)	28	0	28	2	26	3	25	6	22
Movento 150 OD (spirotetramat)	30	0	30	1	29	2	28	6	24
Lorsban 4 EC (clorpirifós)	30	2	28	8	22	26	4	30	0
Confidor 350 SC (imidacloprid)	25	24	1	24	1	25	0	25	0
Testigo (agua de mesa)	27	0	27	0	27	0	27	0	27

Anexo 12. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 1 hora de exposición.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal
Bloques	2	149.353	74.676	1.03
Tratamientos	10	52663.152	5266.315	72.57 **
Error	20	1451.464	72.573	
Total	32	54263.969		
C.V.(%)			28.109	
Promedio			30.307	

* Significación al 0.05 de probabilidad

** Significación al 0.01 de probabilidad

Anexo 13. Comparación de medias de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 1 hora de exposición.

Tratamientos	Promedio				
TR09	98.413	A			
TR02	94.873	A			
TR10	86.227	A			
TR04	33.5		B		
TR03	20.367		B		
TR05	0			C	
TR07	0			C	
TR08	0			C	
TR01	0			C	
TR06	0			C	
TR11	0			C	

Duncan al 0.05 de probabilidad

Anexo 14. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 3 horas de exposición.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal
Bloques	2	260.083	130.042	1.97
Tratamientos	10	57442.858	5744.286	86.81 **
Error	20	1323.396	66.17	
Total	32	59026.336		
C.V.(%)			20.43	
Promedio			39.817	

* Significación al 0.05 de probabilidad

** Significación al 0.01 de probabilidad

Anexo 15. Comparación de medias de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 3 horas de exposición.

Tratamientos	Promedio				
TR02	100	A			
TR09	98.413	A			
TR10	93.247	A			
TR04	85.08	A			
TR03	20.367		B		
TR01	20		B		
TR07	8.38		B	C	
TR06	7.8		B	C	
TR08	4.697			C	
TR05	0			C	
TR11	0			C	

Duncan al 0.05 de probabilidad

Anexo 16. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 6 horas de exposición.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal
Bloques	2	355.454	177.727	3.31
Tratamientos	10	57555.673	5755.567	107.14 **
Error	20	1074.419	53.721	
Total	32	58985.546		
C.V.(%)			14.328	
Promedio			51.156	

* Significación al 0.05 de probabilidad

** Significación al 0.01 de probabilidad

Anexo 17. Comparación de medias de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 6 horas de exposición.

Tratamientos	Promedio				
TR02	100	A			
TR09	98.413	A			
TR04	98.413	A			
TR10	93.247	A			
TR03	91.667	A			
TR01	23.03		B		
TR05	21.693		B	C	
TR06	18.633		B	C	
TR08	9.243			C	D
TR07	8.38			C	D
TR11	0				D

Duncan al 0.05 de probabilidad

Anexo 18. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 24 horas de exposición.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal
Bloques	2	334.757	167.379	0.84
Tratamientos	10	39601.266	3960.127	19.92 **
Error	20	3975.136	194.511	
Total	32	43911.159		
C.V.(%)			18.888	
Promedio			74.639	

* Significación al 0.05 de probabilidad

** Significación al 0.01 de probabilidad

Anexo 19. Comparación de medias de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 24 horas de exposición.

Tratamientos	Promedio			
TR03	100	A		
TR04	100	A		
TR09	100	A		
TR02	100	A		
TR05	100	A		
TR07	96.93	A		
TR10	96.52	A		
TR06	53.92		B	
TR01	46.13		B	C
TR08	25.50			C
TR11	1.33			D

Duncan al 0.05 de probabilidad

Anexo 20. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 48 horas de exposición.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal
Bloques	2	285.149	142.575	0.40
Tratamientos	10	28334.815	2833.482	7.92 **
Error	20	7159.410	357.971	
Total	32	35779.375		
C.V.(%)			23.644	
Promedio			80.021	

* Significación al 0.05 de probabilidad

** Significación al 0.01 de probabilidad

Anexo 21. Comparación de medias de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 48 horas de exposición.

Tratamientos	Promedio			
TR07	100	A		
TR10	100	A		
TR09	100	A		
TR02	100	A		
TR03	100	A		
TR04	100	A		
TR05	100	A		
TR08	62.00		B	
TR01	56.33		B	
TR06	52.73		B	
TR11	9.17			C

Duncan al 0.05 de probabilidad

Anexo 22. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 72 horas de exposición.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal
Bloques	2	338.489	169.245	0.46
Tratamientos	10	23078.154	2307.815	6.25 **
Error	20	7379.877	368.994	
Total	32	30796.521		
C.V.(%)			23.679	
Promedio			81.124	

* Significación al 0.05 de probabilidad

** Significación al 0.01 de probabilidad

Anexo 23. Comparación de medias de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de contacto a 72 horas de exposición.

Tratamientos	Promedio			
TR07	100	A		
TR10	100	A		
TR09	100	A		
TR02	100	A		
TR03	100	A		
TR04	100	A		
TR05	100	A		
TR08	66.10	A	B	
TR01	54.90		B	C
TR06	44.50		B	C
TR11	26.87			C

Duncan al 0.05 de probabilidad

Anexo 24. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 1 hora de exposición.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal
Bloques	3	539.186	179.729	2.42
Tratamientos	10	69603.996	6960.4	93.77 **
Error	30	2226.968	74.232	
Total	43	72370.15		
C.V.(%)			24.045	
Promedio			35.832	

* Significación al 0.05 de probabilidad

** Significación al 0.01 de probabilidad

Anexo 25. Comparación de medias de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 1 hora de exposición.

Tratamientos	Promedio				
TR02	100	A			
TR09	96.74	A			
TR10	89.93	A			
TR03	53.08		B		
TR04	32.575			C	
TR01	11.905				D
TR05	7.025				D
TR06	2.895				D
TR07	0				D
TR08	0				D
TR11	0				D

Duncan al 0.05 de probabilidad

Anexo 26. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 3 horas de exposición.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal
Bloques	3	133.949	44.65	0.22
Tratamientos	10	65752.514	6575.251	33.01 **
Error	30	5974.868	199.162	
Total	43	71861.33		
C.V.(%)			20.521	
Promedio			68.772	

* Significación al 0.05 de probabilidad

** Significación al 0.01 de probabilidad

Anexo 27. Comparación de medias de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 3 horas de exposición.

Tratamientos	Promedio				
TR09	100	A			
TR02	100	A			
TR10	100	A			
TR04	96.25	A			
TR07	94.455	A			
TR06	91.245	A			
TR03	89.02	A			
TR05	60.615		B		
TR01	17.073			C	
TR08	7.83			C	
TR11	0			C	

Duncan al 0.05 de probabilidad

Anexo 28. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 6 horas de exposición.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal
Bloques	3	188.674	62.891	0.72
Tratamientos	10	54699.741	5469.974	62.44 **
Error	30	2628.014	87.601	
Total	43	57516.428		
C.V.(%)			11.982	
Promedio			78.111	

* Significación al 0.05 de probabilidad

** Significación al 0.01 de probabilidad

Anexo 29. Comparación de medias de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 6 horas de exposición.

Tratamientos	Promedio			
TR09	100	A		
TR02	100	A		
TR04	100	A		
TR06	100	A		
TR10	100	A		
TR05	98.17	A		
TR07	97.34	A		
TR03	96.068	A		
TR08	42.765		B	
TR01	24.875			C
TR11	0			D

Duncan al 0.05 de probabilidad

Anexo 30. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 24 horas de exposición.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal
Bloques	3	262.792	87.597	1.01
Tratamientos	10	45426.213	4542.621	52.34 **
Error	30	2603.839	86.794	
Total	43	48292.844		
C.V.(%)			11.164	
Promedio			83.451	

* Significación al 0.05 de probabilidad

** Significación al 0.01 de probabilidad

Anexo 31. Comparación de medias de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 24 horas de exposición.

Tratamientos	Promedio			
TR09	100	A		
TR02	100	A		
TR07	100	A		
TR04	100	A		
TR06	100	A		
TR10	100	A		
TR03	98.958	A		
TR05	98.95	A		
TR08	84.225		B	
TR01	35.828			C
TR11	0			D

Duncan al 0.05 de probabilidad

Anexo 32. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 48 horas de exposición.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal
Bloques	3	449.896	149.965	1.19
Tratamientos	10	40487.468	4048.747	32.16 **
Error	30	3776.588	125.886	
Total	43	44713.951		
C.V.(%)			13.033	
Promedio			86.09	

* Significación al 0.05 de probabilidad

** Significación al 0.01 de probabilidad

Anexo 33. Comparación de medias de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 48 horas de exposición.

Tratamientos	Promedio				
TR09	100	A			
TR02	100	A			
TR03	100	A			
TR04	100	A			
TR07	100	A			
TR06	100	A			
TR10	100	A			
TR05	98.95	A			
TR08	95.22	A			
TR01	52.815		B		
TR11	0			C	

Duncan al 0.05 de probabilidad

Anexo 34. Análisis de varianza de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 72 horas de exposición.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal
Bloques	3	455.07	151.67	1.03
Tratamientos	10	38568.455	3856.846	26.26 **
Error	30	4406.932	146.898	
Total	43	43430.457		
C.V.(%)			13.892	
Promedio			87.248	

* Significación al 0.05 de probabilidad

** Significación al 0.01 de probabilidad

Anexo 35. Comparación de medias de la mortalidad de abejas *Apis mellifera* por efecto de pesticidas en ensayos de ingestión a 72 horas de exposición.

Tratamientos	Promedio				
TR09	100	A			
TR02	100	A			
TR03	100	A			
TR04	100	A			
TR07	100	A			
TR06	100	A			
TR10	100	A			
TR05	98.95	A			
TR08	98.563	A			
TR01	62.215		B		
TR11	0			C	

Duncan al 0.05 de probabilidad