



## EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR

### Equipo Abejas

Panamericana y Periférico Sur, Barrio Ma. Auxiliadora,  
29230 San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México  
www.ecosur.mx/abejas - abejas@ecosur.mx  
Tel +52 (967) 674 9022

### Informe de análisis toxicológico de abejas muertas en Suc Tuc y Oxa, Hopelchén, Campeche

Eric Vides Borrell<sup>1,2</sup>, Jaime González Tolentino<sup>1</sup>, Octavio Gaspar Ramírez<sup>3</sup> y Rémy Vandame<sup>1</sup>

<sup>1</sup> El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), San Cristóbal de Las Casas, Chiapas

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología (CONAHCYT)

<sup>3</sup> Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), subsede Noreste

20 de mayo de 2023

*Este informe es el complemento del “Informe de análisis preliminar de la intoxicación masiva de abejas en Suc Tuc y Oxa, Hopelchén, Campeche” publicado el 30 de marzo de 2023 (<http://bit.ly/3nx45jG>).*

#### Resumen

Se presenta un análisis toxicológico realizado en el caso de la mortandad de abejas ocurrida en las comunidades de Suc Tuc y Oxa, Hopelchén, Campeche, a partir del 22 de marzo de 2023. Muestras de abejas, miel, polen y cera fueron recolectadas de 18 apiarios afectados en estas comunidades, las cuales fueron analizadas para residuos de fipronil y sus metabolitos. Los resultados arrojan que el 100 % de las muestras de abejas presentan residuos de fipronil a concentraciones que superan la dosis letal media (DL<sub>50</sub>), además de presentar residuos de sus metabolitos. Las otras muestras no presentan residuos de este compuesto. Los resultados indican la responsabilidad que el fipronil juega en la reciente intoxicación de abejas en Hopelchén y la posibilidad de una vía de intoxicación por contacto tras recientes fumigaciones.

#### Recolección de muestras

Los días 23, 24 y 25 de marzo de 2023 se recolectaron 16 muestras de abejas muertas, 4 muestras de cera, 1 muestra de miel y 2 muestras de polen, en 18 apiarios afectados. Las abejas se colectaron entre las 7 am y 12 pm, principalmente en el suelo, justo debajo de la piquera; se depositaron en bolsas de plástico, se guardaron con hielo, y posteriormente en un congelador a -5°C, hasta su envío al laboratorio. Las muestras fueron recibidas en el CIATEJ el día 30 de marzo, procesadas y analizadas entre el 10 al 14 de abril de 2023. Fueron procesadas bajo el método de extracción QuEChERS y analizadas en el sistema HPLC-Q-ToF (Agilent Technologies) de acuerdo al método interno INS-SM/NE-01.

#### Resultados de análisis de muestras de abejas

Se analizaron 16 muestras de abejas (tabla 1).

- El 100 % de las muestras fueron positivas para fipronil en un rango de concentración de 0.017 a 0.147 ppm (mg/kg).

- El 100 % de las muestras presentaron uno o más metabolitos del fipronil (sulfona, sulfuro y desulfinito).
- La concentración de fipronil en el 87.5 % de las muestras presenta una dosis de exposición por contacto por encima de la DL<sub>50</sub> (3.8 ng/abeja para *Apis mellifera*; HSDB Hazardous Substances Data Bank; FAO 2016).

Muestra	Fipronil (ppm)	Dosis fipronil (ng/abeja)	Fipronil sulfona (ppm)	Fipronil sulfuro (ppm)	Fipronil desulfinito (ppm)
1	0.084	10.5	0.094	< LC	0.017
2	0.063	7.9	0.041	< LC	0.012
3	0.054	6.7	0.084	0.006	0.008
4	0.077	9.6	0.050	< LC	0.017
5	0.061	7.7	0.030	< LC	0.021
6	0.022	2.8	< LC	< LC	0.002
7	0.056	7.0	0.040	< LC	0.011
8	0.136	17.0	0.070	< LC	0.010
9	0.102	12.8	0.103	< LC	0.013
10	0.073	9.1	0.036	< LC	0.005
11	0.017	2.1	0.011	< LC	< LC
12	0.055	6.9	0.050	0.006	0.009
13	0.083	10.4	0.036	< LC	0.008
14	0.107	13.3	0.237	0.009	0.031
15	0.147	18.4	0.110	0.007	0.017
16	0.051	6.4	0.027	< LC	0.010
<b>Máxima</b>	<b>0.147</b>	<b>18.4</b>	0.237	0.009	0.031
<b>Mínima</b>	<b>0.017</b>	<b>2.1</b>	< LC	< LC	< LC
<b>Promedio</b>	<b>0.074</b>	<b>9.3</b>	0.050	0.007	0.011

Tabla 1. Concentración de fipronil y metabolitos en muestras de abejas (ppm). La dosis de fipronil (en ng/abeja) debe compararse a la DL<sub>50</sub>, que es de 3.8 ng/abeja: significa que una dosis mayor a este valor implica la muerte de al menos la mitad de las abejas. LC: límite de cuantificación (0.005 ppm).

### Resultados de análisis de muestras de cera, miel y polen

Todas las muestras analizadas presentaron niveles no detectables de fipronil y sus metabolitos (sulfuro, sulfinito y desulfinito; LC = 0.005 mg/kg).

### Interpretación de resultados

El fipronil es un insecticida de amplio espectro y clasificado como Plaguicida Altamente Peligroso (PAP). La DL<sub>50</sub> define a este compuesto como extremadamente tóxico para las abejas: basta una dosis por contacto de 3.8 ng por abeja para matar al 50% de una población de abejas.

En 14 de los 16 apiarios de Hopelchén donde se colectaron abejas, la dosis de fipronil es superior a la DL<sub>50</sub>. La dosis promedio calculada con base en las muestras analizadas es 9.3 ng/abeja, rebasa por 2.5 veces más la DL<sub>50</sub>.

Adicionalmente, se detectaron los tres metabolitos de degradación del fipronil en la totalidad de las muestras, lo que indica que las abejas estuvieron expuestas a concentraciones aún más altas de fipronil que las reportadas en el análisis de laboratorio.

En cambio, las muestras de cera, miel, polen y panal resultaron negativas para fipronil y sus metabolitos, lo cual resalta la posibilidad que la exposición a fipronil haya sido por contacto, debido a una fumigación reciente.

Estos hallazgos indican que la mortandad de abejas de los apiarios de Suc Tuc y Oxa se debió a una intoxicación por fipronil.

### Análisis geográfico

Como se indicó en el informe preliminar (<http://bit.ly/3nx45jG>), se calculó el centroide de la zona de afectación de apiarios (19.635°N y 90.105°O), y se analizó la dirección de los vientos en días previos a la intoxicación, la cual sugiere que la parcela donde se aplicó el insecticida responsable de la mortalidad de abejas se encuentra al este o al noreste de dicho centroide.

Complementando este análisis, identificamos las principales parcelas agrícolas en fase de crecimiento y/o de floración cercanas a los apiarios afectados al momento de la intoxicación, con el supuesto que son las áreas donde hacía sentido aplicar insecticidas en este momento. Esto se hizo tanto por observaciones visuales terrestres desde un camino ejidal, como a través de tomas aéreas con un dron, a 1.6 km del centroide, en el punto de coordenadas 19.639°N y 90.091°O. Encontramos una primera parcela por observación directa, y el dron nos permitió localizar una segunda parcela. Ambas parcelas tienen una superficie aproximada de 50 hectáreas.

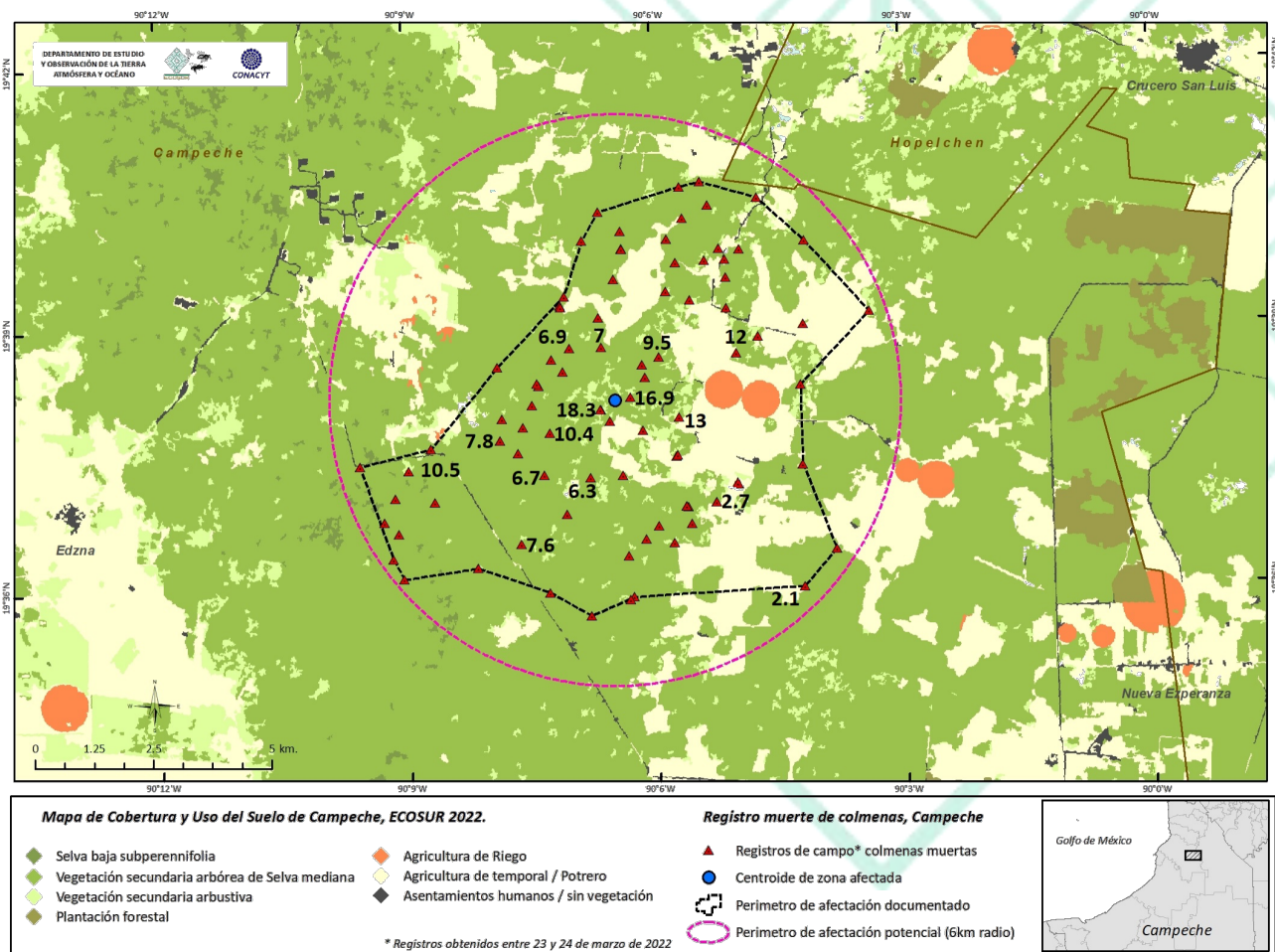


Figura 1. Imagen satelital interpretada de la zona de afectación de abejas. Los números adyacentes a los puntos rojos son las concentraciones de fipronil en ng/abeja, para cada muestra analizada. En color naranja, se indican las áreas de agricultura intensiva de riego.

Al momento de la intoxicación, las dos parcelas mencionadas estaban sembradas con maíz tecnificado, el cual se encuentra bajo un manejo típico de producción de semillas, con surcos con plantas que fueron podadas en el ápice y surcos con plantas con anteras y en periodo de floración. Las parcelas de maíz cuentan con sistema de riego, el cual permite crecer este cultivo durante el periodo de estiaje. El día 25 de marzo, observamos la fumigación terrestre con tractor tipo “mosquito” en una de las parcelas de maíz. En lo que aparentemente es otro predio, localizamos algunas parcelas con siembra de sandía en fase final de crecimiento, es decir con frutos maduros para su cosecha.

Analizamos adicionalmente una imagen satelital (Planet a 4.7 m del 17 de marzo de 2023) por medio de clasificación dirigida, para detectar las parcelas agrícolas con riego (fig. 1). Se observaron dos parcelas de este tipo en el polígono de afectación de apiarios y dos más al este del polígono, más alejados de los apiarios afectados, y de menor tamaño e intensidad de siembra. Al sur del polígono, también se pueden observar parcelas de agricultura de riego, pero el análisis de imagen muestra que la densidad de siembra no es tan alta, y que los cultivos están en fase final de crecimiento o en cosecha.

En conjunto, estos análisis indican que la zona de aplicación del fipronil que originó la muerte de abejas, es probablemente una de las parcelas de agricultura bajo riego, ubicada al este del centroide de la zona de afectación.

La proyección geográfica de las concentraciones de fipronil en las muestras de abejas (fig. 1) refuerza la probable responsabilidad de las parcelas mencionadas.

## **Conclusiones**

- El insecticida fipronil es responsable de la intoxicación de abejas ocurrida a partir del 22 de marzo en Hopelchén, Campeche.
- La localización de los apiarios afectados, la dirección del viento durante los días previos a la intoxicación de abejas, así como el análisis de imágenes satelitales, sugieren que la fuente de dispersión del fipronil encontrado en las abejas, es alguna de las parcelas de agricultura bajo riego ubicadas al este de la zona de afectación de apiarios.

## **Proyecto**

Este análisis se realizó en conjunto con las apicultoras y los apicultores del municipio de Hopelchén, Campeche, cuyos nombres no se mencionan por motivos de confidencialidad y seguridad, en el marco del proyecto CONACYT-PRONAI 319105 “Abejas y Territorios”.

## **Referencias**

FAO (2016) Guidelines on Highly Hazardous Pesticides. <http://www.fao.org/3/a-i5566e.pdf>

Hazardous Substances Data Bank (HSDB) <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/source/11933>

Informe de análisis preliminar de la intoxicación masiva de abejas en Suc Tuc y Oxa, Hopelchén, Campeche (<http://bit.ly/3nx45jG>)