

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 el 23 de enero de 2024 en Suc Tuc, Hopelchén y Crucero Oxa, Campeche, Campeche

Jaime González Tolentino¹, Eric Vides Borrell^{1,2}, Octavio Gaspar Ramírez³, Rémy Vandame¹

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

² Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI)

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

8 de abril 2025

Este informe (disponible en <https://sitio.ecosur.mx/abejas/informes/>) es el complemento del “Informe de análisis preliminar de la intoxicación masiva de abejas ocurrida el 23 de enero de 2024 en Suc Tuc, Hopelchén y Crucero Oxa, Campeche; Campeche” publicado el 1 de marzo de 2024, que se anexa debajo de este documento.

Resumen

Se presenta un análisis toxicológico realizado en el caso de la mortandad de abejas ocurrida en las comunidades de Suc Tuc, Hopelchén y Crucero Oxa, Campeche, Campeche, el 23 de enero de 2024. Los días 26 y 27 de enero, personal de la PROFEPA realizó un muestreo de tejidos vegetales y abejas en 2 ranchos y 2 apiarios de la zona de afectación, entregando oficialmente estas muestras al personal de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) para realizar el análisis de residuos. En los tejidos de maíz y sorgo, los resultados arrojan la presencia de cinco plaguicidas diferentes, de los cuales un insecticida (clorpirifós), un herbicida (sulfalato), y tres fungicidas (azoxistrobina, difenilamina, tebuconazol). En las abejas, se encontraron un fungicida (tebuconazol) y un acaricida (coumafós) en dosis bajas. También se encontraron residuos de insecticidas altamente peligrosos para las abejas (imidacloprid, de la familia de los neonicotinoides, y fipronil), así como de dos de sus metabolitos (fipronil-desulfinyl y fipronil-sulfuro). Aunque estos compuestos se encontraron por debajo del límite de cuantificación, su presencia evidencia que las abejas estuvieron expuestas a estos compuestos tras una contaminación reciente. En conjunto, estos resultados son congruentes con un escenario de intoxicación aguda; muestran adicionalmente que las abejas estuvieron expuestas a un coctel de plaguicidas con diferentes niveles de toxicidad, lo cual constituye condiciones de muy alto riesgo, incluyendo la posibilidad de efectos sinérgicos. El análisis geográfico de los apiarios afectados, de los cultivos en crecimiento y del viento dominante sugieren que la intoxicación se originó por aplicaciones hechas en los cultivos de coordenadas 19.6366, -90.0825 (sorgo) y 19.6524, -90.0699 (maíz).

Antecedentes

A partir del 23 de enero de 2024, los apicultores de las comunidades de Suc Tuc, Hopelchén y Crucero Oxa, Campeche, Campeche, reportaron la intoxicación masiva de colmenas de abejas. Resultaron al menos 22 apiarios afectados, con un total de 516 colmenas afectadas. El mapeo de estos apiarios muestra un área afectada de 4,185 ha, cuyo centroide tiene por coordenadas 19.6522, -90.0848. El análisis del viento sugiere que la parcela donde se aplicó el insecticida responsable de la mortalidad de abejas se encuentra al sureste de dicho centroide. En términos

socioeconómicos, la intoxicación de abejas tiene una implicación de al menos 3,630 días de empleo rural perdido, y 2,467,352 pesos mexicanos de pérdidas económicas, considerando la producción de miel, la necesidad de enjambres, y el servicio de polinización.

Recolección de muestras

Los días 26 y 27 de enero, personal de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) realizó un muestreo de suelo y tejidos vegetales en 2 ranchos de la zona de afectación, así como un muestreo de abejas, cera y miel en 2 apiarios de la zona de afectación (coordenadas 19.630917, -90.069722 y 19.638444, 90.070583), entregando oficialmente estas muestras al personal de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) para realizar el análisis de residuos.

Se colectaron abejas muertas o moribundas en los apiarios visitados, y se procesaron de acuerdo al “*Protocolo de acción ante la muerte de abejas provocada por la aplicación de plaguicidas*” (<https://sitio.ecosur.mx/abejas/download/1745/?tmstv=1744073609>). Las abejas se colectaron entre las 7 am y 12 pm. Se recogieron principalmente del suelo justo debajo de la piquera. Fueron depositadas en bolsas de plástico, las cuales se introdujeron inmediatamente en una hielera. Después de la colecta en campo, las abejas fueron introducidas a un congelador a -5°C, por 2 días previos al envío al laboratorio. Las abejas colectadas se enviaron conservando la cadena de congelación a un laboratorio de detección de compuestos químicos para su análisis.

Las muestras fueron recibidas en el CIATEJ Subsele Noreste (Apodaca, Nuevo León) el día 31 de enero de 2024. Fueron procesadas bajo el método de extracción QuEChERS y analizadas en el sistema GC-QQQ (Agilent Technologies) de acuerdo al método interno INS-SM/NE-01.

Resultados de análisis de muestras

Se analizaron las muestras de abejas y material vegetal, por ser las que tenían el potencial de generar resultados susceptibles de explicar el caso de intoxicación aguda observado. Las muestras de material vegetal se agruparon en 4 pools de muestras (tabla 1), y las muestras de abejas se analizaron por separado (tabla 2).

| Clave | Muestra | Descripción muestra | Compuesto | Concentración (ppm) |
|-------|---------------------------------|--|---------------|---------------------|
| PMV1 | Pool Material Vegetal 1 (maíz) | 6 muestras de material vegetal de los renglones 4, 5, 6, 10, 11 y 12 del acta 11.2/2C.27.3/0001-2024 | Azoxistrobina | 0.011 |
| | | | Clorpirifós | 0.166 |
| | | | Sulfalato | 0.009 |
| | | | Tebuconazol | 0.011 |
| PMV2 | Pool Material Vegetal 2 (sorgo) | 2 muestras de material vegetal del Sitio 1 descritas en la Tabla 1, columna A, renglón 2 del acta 11.2/2C.27.3/0002-2024 | Azoxistrobina | 0.014 |
| | | | Clorpirifós | 0.250 |
| | | | Difenilamina | 0.030 |
| | | | Tebuconazol | 0.022 |
| PMV3 | Pool Material Vegetal 3 (sorgo) | 2 muestras de material vegetal del Sitio 2 descritas en la Tabla 1, columna B, renglón 2 del acta 11.2/2C.27.3/0002-2024 | Clorpirifós | 0.009 |
| | | | Sulfalato | 0.008 |
| | | | Tebuconazol | 0.015 |
| PMV4 | Pool Material Vegetal 4 (sorgo) | 2 muestras de material vegetal del Sitio 3 descritas en la Tabla 1, columna C, renglón 2 del acta 11.2/2C.27.3/0002-2024 | nd | nd |

Tabla 1. Concentración de plaguicidas en muestras de material vegetal (ppm).
LC: límite de cuantificación (0.005 ppm). nd: no detectado

En las muestras de material vegetal, se encontraron cinco plaguicidas diferentes, de las cuales un insecticida (clorpirifós), un herbicida (sulfalato), y tres fungicidas (azoxistrobina, difenilamina, tebuconazol). Al ser tejidos vegetales, no es posible determinar la concentración de estos compuestos a las cuales fueron expuestas las abejas; sin embargo, estos resultados muestran evidencia de una aplicación reciente. La ruta de exposición de las abejas a estos compuestos puede ser por pecoreo de las mismas en los cultivos, o por deriva de los plaguicidas en el momento de su aplicación.

| Clave | Muestra | Descripción muestra | Compuesto > LC | Concentración (ppm) | Compuesto < LC |
|-------|----------|--|----------------|---------------------|---|
| A1 | Abejas 1 | 1 muestra de abejas del Sitio 1 descrita en la Tabla 2, columna A, renglón 1 del acta 11.2/2C.27.3/0002-2024 | | | Imidacloprid Fipronil Fipronil desulfinyl Fipronil sulfide |
| A2 | Abejas 2 | 1 muestra de abejas del Sitio 1 descrita en la Tabla 2, columna A, renglón 1 del acta 11.2/2C.27.3/0002-2024 | | | Imidacloprid |
| A3 | Abejas 3 | 1 muestra de abejas del Sitio 2 descrita en la Tabla 2, columna A, renglón 2 del acta 11.2/2C.27.3/0002-2024 | Coumafós | 1.856 | Imidacloprid |
| | | | Tebuconazol | 0.030 | |
| A4 | Abejas 4 | 1 muestra de abejas del Sitio 2 descrita en la Tabla 2, columna A, renglón 2 del acta 11.2/2C.27.3/0002-2024 | Coumafós | 26.471 | Imidacloprid |
| | | | Tebuconazol | 0.048 | |

Tabla 2. Concentración de plaguicidas en muestras de abejas (ppm).

Se diferencia los compuestos detectados en una concentración superior al límite de cuantificación (LC; 0.005 ppm) y los que se encuentran en una concentración inferior a este límite.

Las dos muestras de abejas del sitio 1, cercano al cultivo de maíz, no mostraron residuos arriba de los límites de cuantificación. Las dos muestras de abejas del sitio 2, cercano al cultivo de sorgo, contenían residuos de dos plaguicidas: un fungicida, el tebuconazol, en concentraciones inferiores a la DL_{50} de 200 ng/abeja; y un acaricida, el coumafós, en concentraciones inferiores a la DL_{50} de 2700 ng/abeja (Hazardous Substances Data Bank).

Se realizó un análisis cualitativo para identificar otros residuos que estuvieran por debajo del límite de cuantificación (LC, 0.005 mg/kg). No se identificaron residuos en material vegetal por debajo del LC. Sin embargo, se identificaron residuos de insecticidas en las 4 muestras de abejas (tabla 2): imidacloprid (4 muestras), fipronil y metabolitos de fipronil (1 muestra).

Interpretación de resultados

Los análisis de muestras de tejidos vegetales colectados en las parcelas cercanas a los apiarios donde ocurrió la intoxicación aguda de abejas muestran la presencia de cinco plaguicidas diferentes (un insecticida, un herbicida y tres fungicidas). No es posible determinar, a partir de la concentración encontrada en plantas, a que dosis pudieron haber sido expuestas las abejas, de estar volando en estas parcelas durante o después de la aplicación de estos compuestos. Es importante considerar que existen numerosos trabajos que demuestran los efectos sinérgicos de insecticidas con herbicidas en las abejas, por lo que la combinación de plaguicidas encontrada en los cultivos podría ser responsable de la intoxicación aguda observada.

Los análisis de muestras de abejas permitieron encontrar dos plaguicidas (un fungicida y un acaricida). El acaricida podría ser un residuo de compuestos usados antiguamente en apicultura, y aún presentes en la cera de las colmenas de abejas de México, por lo que probablemente puede descartarse su responsabilidad en el caso de intoxicación observado. La presencia del fungicida (tebuconazol) en las abejas indica una exposición reciente de las abejas a este compuesto, durante o inmediatamente después de su aplicación. La concentración encontrada, inferior a la DL_{50} de 87.59 $\mu\text{g}/\text{abeja}$, no permite afirmar que haya sido el responsable de la intoxicación. Sin embargo, su presencia en las abejas, adicionalmente a la presencia simultánea de insecticidas, herbicidas y fungicidas en los

cultivos, muestra que las abejas fueron expuestas a una diversidad de estos compuestos. Los resultados, en su estado presente, indican la posibilidad de un caso de efecto sinérgico entre plaguicidas.

La presencia de residuos de imidacloprid, así como de fipronil y de sus metabolitos (fipronil-desulfinil y fipronil-sulfuro) en muestras de abejas, por debajo del límite de cuantificación, no permite estimar una intoxicación aguda. La ausencia de estos en material vegetal tampoco permite identificar una ruta de exposición. Sin embargo, su presencia evidencia que las abejas estuvieron expuestas a estos compuestos tras una contaminación reciente. Más aún, la presencia de los metabolitos del fipronil indica que hubo un proceso de degradación de plaguicidas, lo que significa que las concentraciones reales de exposición, en realidad fueron más altas de lo encontrado. El imidacloprid y el fipronil superan por mucho el nivel de toxicidad de los demás plaguicidas encontrados, lo cual se manifiesta en una dosis letal media muy baja (DL50, 3.5 ng/abeja), indicando que dosis muy bajas de estos compuestos pueden generar formas de toxicidad aguda.

Conclusiones

El análisis de las muestras de abejas tomadas en los apiarios durante el periodo de intoxicación muestra dos tendencias claras. Por un lado, son congruentes con un escenario de intoxicación aguda por insecticidas altamente tóxicos para las abejas (imidacloprid, de la familia de los neonicotinoides, y fipronil). Por otro lado, la presencia de otros compuestos en los tejidos vegetales (insecticida, herbicida y fungicidas) muestra que las abejas estuvieron expuestas a un coctel de plaguicidas con diferentes niveles de toxicidad, lo cual constituye condiciones de muy alto riesgo para las abejas, incluyendo la posibilidad de efectos sinérgicos. El análisis geográfico de los apiarios afectados, de los cultivos en crecimiento y del viento dominante sugieren que la intoxicación se originó por aplicaciones hechas en los cultivos de coordenadas 19.6366, -90.0825 (sorgo) y 19.6524, -90.0699 (maíz).

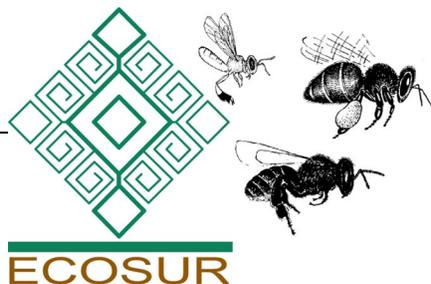
Proyecto

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>



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 preliminar de la intoxicación masiva de abejas ocurrida el 23 de enero de 2024 en Suc Tuc, Hopelchén y Crucero Oxa, Campeche; Campeche

Jaime González Tolentino, Eric Vides Borrell y Rémy Vandame

Resumen

Se presenta un resumen de las afectaciones determinadas posteriormente a la intoxicación masiva de colmenas de abejas reportada por los apicultores de las comunidades de Suc Tuc, Hopelchén y Crucero Oxa, Campeche; Campeche, a partir del 23 de enero de 2024. Resultan al menos 22 apiarios afectados, con un total de 516 colmenas afectadas. El mapeo de estos apiarios muestra un área afectada de 4,185 ha, cuyo centroide tiene por coordenadas 19.6522°N y 90.0848°O. El análisis del viento sugiere que la parcela donde se aplicó el insecticida responsable de la mortalidad de abejas se encuentra al sureste de dicho centroide. En términos socio-económicos, la intoxicación de abejas tiene una implicación de al menos 3,630 días de empleo rural perdido, y 2,467,352 pesos mexicanos de pérdidas económicas, considerando la producción de miel, la necesidad de enjambres, y el servicio de polinización. Falta esperar los análisis de laboratorio para determinar posiblemente el insecticida responsable de la intoxicación. Asimismo, se requiere realizar un análisis detallado de los daños en términos sociales y ambientales.

Contexto

El 22 de marzo de 2023, ocurrió una mortalidad excepcional de abejas en apiarios del municipio de Hopelchén, Campeche, la cual generó daños estimados en 3,365 colmenas afectadas, 13,200 días de empleo rural perdido, y 12,990,418 pesos mexicanos de pérdidas económicas (<https://sitio.ecosur.mx/abejas/informes/>).

Desafortunadamente, desde el 23 de enero de 2024 por la mañana, decenas de apicultores de los municipios de Hopelchén y Campeche; Campeche en particular de las comunidades de Crucero Oxa y Suc Tuc, señalaron que observaron millones de abejas moribundas o muertas en sus apiarios, cuando el día anterior la actividad de las colmenas había sido normal. La mortalidad de 30% de las abejas en un lapso de 48 horas es lo que habitualmente se considera sintomático de una intoxicación aguda, entre quienes estudiamos la toxicología de las abejas.

En conjunto con apicultores y comisarios ejidales, realizamos la visita a 22 apiarios afectados de estas comunidades, para levantar registro fotográfico, y tomar muestras de abejas muertas para mantenerlas en congelación. Además, se hizo un censo de apicultores afectados, del cual resultan **22 apiarios afectados**, con un total de **516 colmenas afectadas**.

En este marco, los objetivos de este documento son:

- Presentar las evidencias recabadas hasta el momento sobre la muerte masiva de abejas, así como la distribución espacial de apiarios afectados.
- Presentar el censo de apicultores afectados.
- Presentar una estimación del aporte económico de las abejas en el municipio de Hopelchén, buscando acercarse a una evaluación preliminar del impacto económico de la intoxicación de abejas en curso.

Visita a apiarios afectados

Los días 24, 25, 26 y 27 de enero, realizamos recorridos a apiarios ubicados a 5 km al sur de la comunidad de Oxa y a 6 km al suroeste de la comunidad de Suc Tuc, que fueron señalado como afectados, sea directamente con nosotros, o con autoridades de las comunidades. Los recorridos y las colectas se hicieron en conjunto con los comisarios ejidales, mismos que también son apicultores, y con apicultoras y apicultores de ambos ejidos. En este rumbo, decenas de apicultores de ambos ejidos tienen ubicados sus apiarios dentro de terrenos ejidales, nacionales y privados.

Registramos la mortandad masiva de abejas en 22 apiarios. La gran mayoría de abejas se encontraban muertas afuera de las colmenas, en el suelo y sobre los techos de las cajas. Las abejas que no estaban muertas presentaban síntomas típicos de intoxicación por insecticidas. Registramos el número de colmenas de cada apiario y el número de colmenas severamente afectadas, es decir con población muy baja o nula. Cada apiario fue georeferenciado.

Colecta de abejas intoxicadas

Los días 26 y 27 de enero, personal de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) realizó un muestreo de suelo y tejidos vegetales en 2 ranchos de la zona de afectación, así como un muestreo de abejas, cera y miel en 2 apiarios cercanos a la zona de afectación, entregando oficialmente estas muestras al personal de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) para realizar el análisis de residuos.

Se colectaron abejas muertas y con signos claros de intoxicación en los 2 apiarios visitados. Las abejas se colectaron entre las 7 am y 12 pm. Recogimos abejas principalmente del suelo justo debajo de la piquera. Las abejas fueron depositadas en bolsas de plástico, las cuales se introdujeron inmediatamente en una hielera con hielo. Después de la colecta en campo, las abejas fueron introducidas a un congelador a -5°C, por 3 días previos al envío al laboratorio. Las abejas colectadas se enviaron conservando la cadena de congelación a un laboratorio de detección de compuestos químicos para su análisis.

Censo de apicultores afectados

Adicionalmente a los recorridos, en ambas localidades realizamos un censo de apiarios afectados, recibiendo la información en conjunto con las autoridades locales. En este censo registramos la siguiente información: nombre del propietario del apiario; nombre del apiario; número de colmenas presentes en cada apiario; número de colmenas severamente afectadas de cada apiario; latitud y longitud; fecha de observación de afectaciones.

La información sobre la ubicación de los apiarios fue brindada por los y las mismas apicultoras quienes tienen hojas impresas de fotos de sus apiarios con coordenadas. Dicha información fue sistematizada para hacer una base de datos.

En resumen, un total 22 de apicultores reportaron personalmente las afectaciones a sus apiarios. Esto representa 516 colonias de abejas perdidas.

| Localidad | Apiarios afectados | Colmenas totales |
|-------------|--------------------|------------------|
| Suc Tuc | 5 | 147 |
| Crucero Oxa | 17 | 369 |
| Total | 22 | 516 |

Tabla 1. Registro de apiarios y colmenas afectadas

Distribución espacial de apiarios de colecta de abejas

Registramos afectaciones a 22 apiarios, de todos los cuales levantamos la geoposición. Los datos colectados permitieron elaborar un mapa de ubicación de los apiarios afectados (fig. 1).

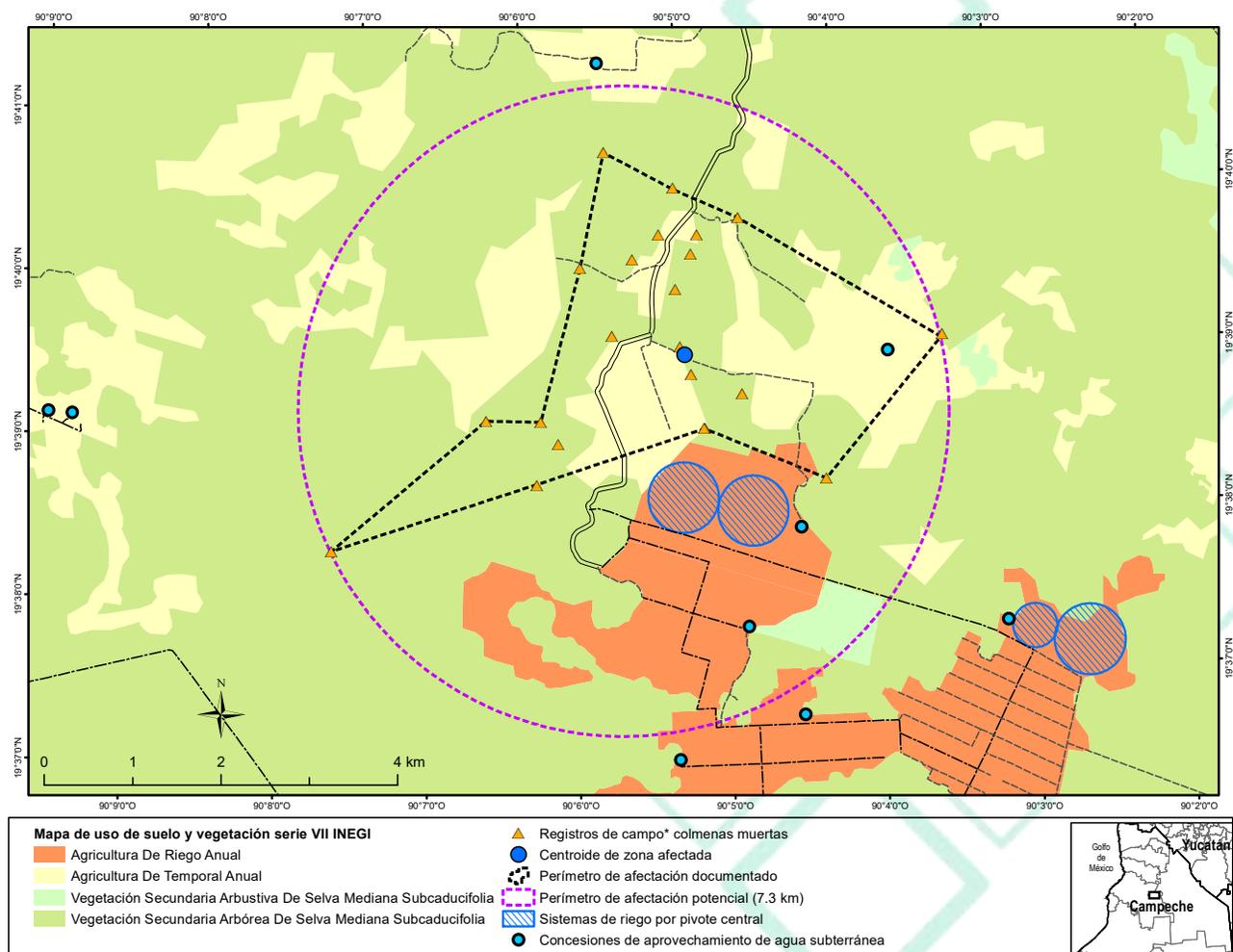


Figura 1. Distribución espacial de apiarios afectados al sur de Suc Tuc y Oxa.

Con la información espacial de los apiarios afectados obtenida por los recorridos y los testimonios brindados, ubicamos el centroide del polígono de distribución de apiarios afectados en un punto de coordenadas 19.6522°N y 90.0848°O. Los apiarios afectados se encuentran desde 100 m de distancia al centroide y los más

distantes hasta 3.65 km de distancia en dirección al suroeste, por lo que el perímetro de afectación potencial abarca una superficie de 4,185 ha.

Cabe mencionar que no hemos comprobado la parcela en la cual se aplicó el insecticida responsable de la presente intoxicación masiva de abejas. Sin embargo, por la distribución de los apiarios afectados, es altamente probable que la fuente de intoxicación este cerca del centroide del perímetro de afectación documentado.

Detección de cultivo en crecimiento o floración

Identificamos las principales parcelas agrícolas en fase de crecimiento y/o de floración cercanas a los apiarios afectados, con el supuesto que son las áreas donde hace sentido aplicar insecticidas actualmente. Esto se hizo por observaciones visuales terrestres, desde los caminos ejidales.

Encontramos dos parcelas por observación directa. La primera parcela, con coordenadas 19.6366°N y 90.0825°O, estaba sembrada con maíz tecnificado al momento de la intoxicación de abejas. La segunda parcela, con coordenadas 19.6524°N y 90.0699°O, estaba sembrada con sorgo en este momento. Los apicultores nos informaron que el 23 de marzo, día de la intoxicación de abejas, habían observado la fumigación terrestre con tractor tipo “mosquito” en la segunda de estas parcelas, sembrada con sorgo.

Registro de trayectoria y velocidad del viento

Realizamos una observación del viento que se dio en la región de afectación.

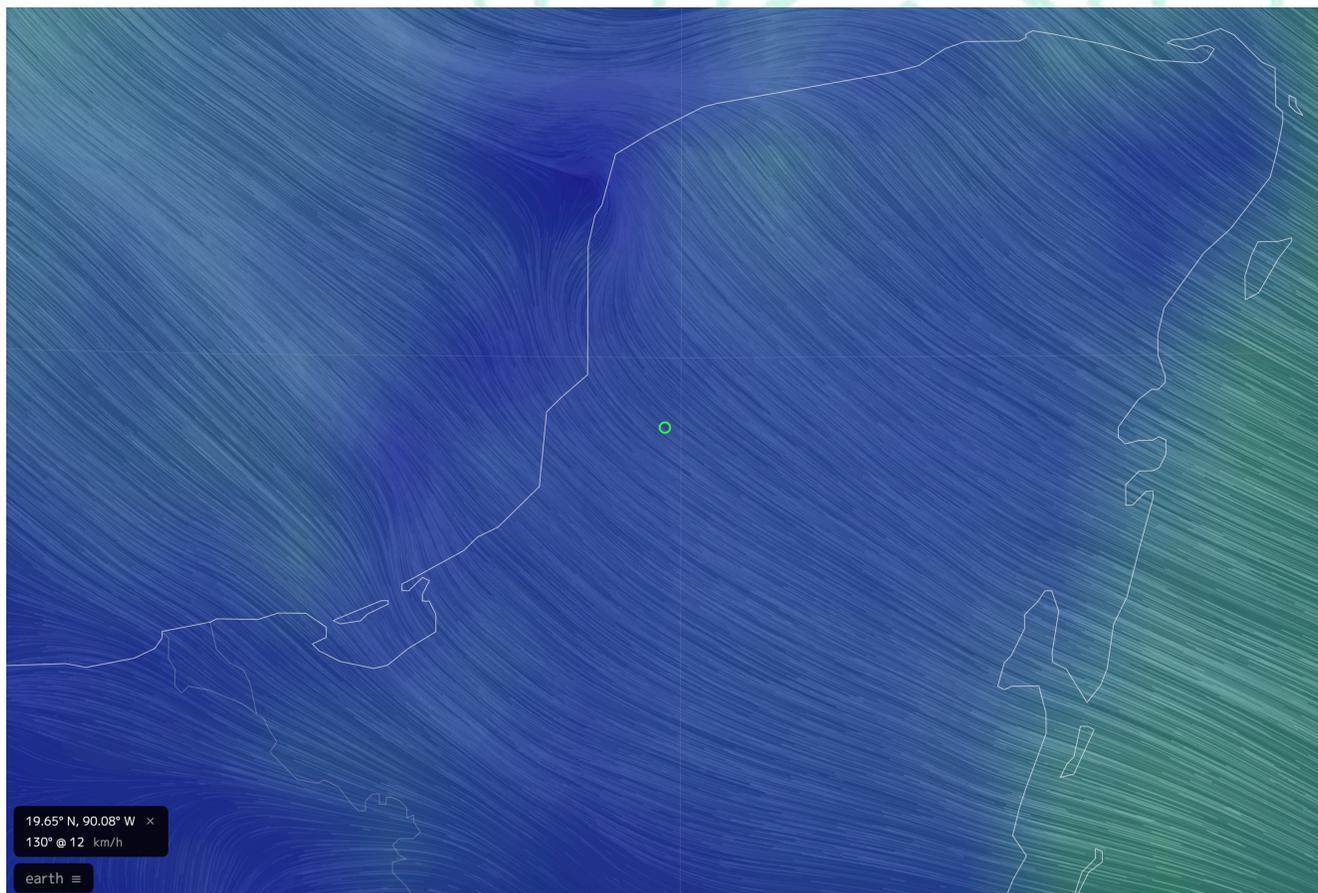


Figura 2. Mapa de viento del 23 de enero de 2024 a la 1 pm.

El círculo verde representa el centroide del perímetro de afectación.

<https://earth.nullschool.net/#2024/01/23/1800Z/wind/surface/level/orthographic=-89.72,19.55,15370/loc=-90.085,19.652>

En el centroide de la zona de afectación, la velocidad del viento era de 12 km/h, con una dirección sureste-noroeste. Esto sugiere que la ubicación de la parcela donde se aplicó el insecticida responsable de la mortalidad de abejas se encuentra al sureste de la región de afectación.

Evaluación preliminar del impacto económico de la intoxicación de abejas en Hopelchén

En complemento a las observaciones en campo, realizamos una estimación de los daños causados por la intoxicación de abejas. Se trata en primer lugar de daños humanos, por afectar al trabajo de decenas de familias campesinas de este municipio, y otra cantidad similar de familias que trabajan en apoyo a los apicultores como mano de obra pagada. También existe un daño ambiental importante, pues además de las abejas de los apicultores, sin ninguna duda, deben estar afectadas las abejas nativas, de las cuales la Península de Yucatán alberga al menos 233 especies. Entre estas especies figura *Melipona beecheii*, parte del patrimonio biocultural del pueblo Maya, bajo el nombre de Xunan Kab', y que muy probablemente se encuentra afectada en gran magnitud. Estas dos categorías de daños son difíciles de describir, y deberán ser materia de un análisis detallado.

De manera preliminar, es también posible realizar una estimación de los daños económicos, pues las abejas no solo contribuyen a la producción de miel, de la cual México es el tercer exportador mundial, sino que realizan una labor fundamental de polinización de cultivos agrícolas.

A continuación, presentamos una estimación del aporte económico de las abejas en el municipio de Hopelchén, buscando acercarnos a una evaluación preliminar del impacto económico de la intoxicación de abejas en curso.

Aporte económico de las abejas en Hopelchén

El aporte económico de las abejas para el municipio de Hopelchén se compone de dos elementos.

En primer lugar, incluye la producción de miel (tabla 2), que según los datos más recientes del SIAP, fue de 1,933 toneladas en el año 2022, por un valor total de **89 millones de pesos mexicanos**. Cabe mencionar que esto es probablemente una sub-estimación, dado que la producción de miel se registra en el lugar de ubicación de los acopiadores, los cuales son poco numerosos en Hopelchén.

| Municipio | Producción (toneladas) | Precio (pesos por kilogramo) | Valor producción (miles de pesos) |
|------------------|------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Calakmul | 613 | 46.40 | 28,425 |
| Calkiní | 485 | 46.11 | 22,345 |
| Campeche | 1,478 | 46.12 | 68,177 |
| Candelaria | 89 | 46.17 | 4,128 |
| Carmen | 92 | 46.05 | 4,238 |
| Champutón | 2,449 | 46.19 | 113,136 |
| Escárcega | 322 | 46.27 | 14,911 |
| Hecelchakán | 410 | 46.12 | 18,921 |
| Hopelchén | 1,933 | 46.20 | 89,313 |
| Palizada | 39 | 46.13 | 1,800 |
| Tenabo | 364 | 46.20 | 16,799 |
| Total | 8,274 | 46.19 | 382,193 |

Tabla 2: producción de miel por municipio del estado de Campeche, en 2022 (SIAP)

En segundo lugar, incluye el valor del servicio ambiental de polinización (tabla 3). Para calcularlo, se multiplica el valor de la producción a nivel municipal obtenido del SIAP para el año 2022, por el porcentaje de dependencia de cada cultivo a la polinización. Resulta que el servicio ambiental de polinización, para el municipio de Hopelchén, tiene un valor de **198 millones de pesos mexicanos**. Esto representa 16.8% del valor de la producción agrícola anual del municipio.

| | Cultivo | Superficie sembrada (ha) | Valor de producción (miles de pesos) | Dependencia a la polinización | Valor del servicio ambiental de polinización |
|----|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|--|
| 1 | Arroz | 210 | 3,797.60 | 0% | 0.00 |
| 2 | Calabaza chihua | 2,600 | 11,200.00 | 95% | 10,640.00 |
| 3 | Chile verde | 100 | 49,625.69 | 5% | 2,481.28 |
| 4 | Limón | 26 | 2,114.76 | 5% | 105.74 |
| 5 | Maíz grano | 39,240 | 544,561.55 | 0% | 0.00 |
| 6 | Mango | 8 | 195.88 | 65% | 127.32 |
| 7 | Naranja | 45 | 2,736.07 | 5% | 136.80 |
| 8 | Sandía | 1,050 | 70,014.57 | 95% | 66,513.84 |
| 9 | Sorgo grano | 5,055 | 20,416.45 | 0% | 0.00 |
| 10 | Soya | 46,825 | 446,704.50 | 25% | 111,676.13 |
| 11 | Jitomate | 130 | 24,444.39 | 25% | 6,111.10 |
| | Total | 95,289 | 1,175,811.47 | | 197,792.22 |
| | | | | | 16.8% |

Tabla 3: valor del servicio ambiental de polinización, basado en el valor de producción (SIAP), en el municipio de Hopelchén, Campeche, en 2022

Considerando la superficie del municipio de 7,460 km², se puede estimar que el valor del servicio ambiental de polinización es 265\$/ha, aunque obviamente este valor es más alto para la parte norte del municipio, donde se concentra la producción agrícola. Nuevamente este valor es una sub-estimación, dado que el SIAP no incluye los cultivos de autoconsumo, los cuales son de fundamental importancia, en volumen y para la soberanía alimentaria, para las familias campesinas de la región. Es importante considerar que esto abarca la polinización realizada por todos los animales, entre la cual la polinización efectuada por las abejas es de lejos la más importante; asimismo, se trata de la polinización realizada no solamente por *Apis mellifera*, sino por todas las especies de abejas nativas.

Sumando la producción de miel y el servicio ambiental de polinización, resulta que el aporte económico de las abejas, tan solo para el municipio de Hopelchén, fue de **287 millones de pesos mexicanos**, en 2022.

Costo de la pérdida de abejas

Además de no tener un conteo exacto de los daños ocasionados por la intoxicación en curso, se carece de información detallada sobre los cultivos y las colmenas en la zona afectada. Sin embargo, y de manera preliminar, se puede hacer el siguiente estimado del costo de este evento.

- Pérdida de empleo rural. Considerando 22 apicultores afectados, y que, para un apicultor promedio de la Península de Yucatán, se dedica 75 días de trabajo familiar al año, y se pagan 90 días de mano de obra de apoyo (datos ECOSUR), resulta una pérdida de $22 \times (75 + 90) = 3,630$ días de trabajo rural.
- Pérdida de cosecha en 2024. Considerando 516 colmenas perdidas, un rendimiento de 31 kg de miel por colmena (datos ECOSUR), y un valor de comercialización de la miel de 46.20\$/kg (precio miel 2022 según el SIAP), resulta una pérdida de $516 \times 31 \times 46.20 = 739,015$ pesos mexicanos.
- Pérdida de población de abejas. Considerando 516 colmenas perdidas y un valor de \$1,200 para cada enjambre necesario para repoblar cada colmena, resulta una pérdida de $516 \times 1,200 = 619,200$ pesos mexicanos.
- Pérdida de producción agrícola por falta de polinización. Considerando que la distancia más grande entre apiarios afectados es de 7.3 km, se puede considerar que el radio de afectación de la aplicación de insecticidas es de 3.65 km, representando una superficie de 4,183 hectáreas. Multiplicando esta superficie por el valor del servicio ambiental de polinización de 265\$/ha calculado arriba, resulta una pérdida económica de 1,109,137 pesos mexicanos.

Sumando lo anterior, se puede decir entonces que **la intoxicación de abejas en curso tiene una implicación de al menos 3,630 días de empleo rural perdido, y 2,467,352 pesos mexicanos de pérdidas económicas**, considerando la producción de miel, la necesidad de enjambres, y el servicio de polinización.

Estos números son estimaciones bajas, y el costo real de la intoxicación es seguramente mucho mayor, por varios motivos: 1) la superficie de afectación es probablemente mayor a la observada; 2) el área agrícola en la zona de afectación es probablemente mayor al promedio municipal; 3) otros costos derivados de las pérdidas deben considerarse.

Finalmente, cabe mencionar que los daños más grandes, más que económicos, son inmateriales e imposibles de cuantificar. Se trata de afectación al patrimonio biocultural que representan las abejas para la cultura Maya, de afectación al derecho a un medio ambiente sano, de afectación a la libertad de realizar una actividad profesional campesina de forma libre y segura.

Proyecto

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