



Evaluación de efectos en la condición de colonias de abejas (*Apis mellifera* L.) posterior a la exposición con carbaril, en Chihuahua, México.

(¹)MVZ. Héctor A. Gallardo Rueda, (²)Arnulfo Ordoñez Maldonado

- 1) Investigación y desarrollo / Hermes Honey S.A. de C.V. (extenapi@gmail.com) / Coordinador del área veterinaria y Desarrollo Sustentable en Madre Tierra Consultoría (madretierracasaholistica.vet@gmail.com)
- 2) Dirección general / Miel Norteña S. de P.R. de C.V. (mielnortena@msn.com)

RESUMEN

La exposición de abejas a plaguicidas de manera intensiva en cultivos tiene efectos nocivos en la salud de las colonias, provocando la muerte inmediata en la mayoría de los casos, existen pocos estudios al respecto de los efectos residuales que tienen estas sustancias en las colonias. El trabajo se llevó a cabo en dos apiarios ubicados en el municipio de Chihuahua, Chihuahua, en zona desértica durante el periodo de cosecha del mezquite en el mes de mayo y 30 días posteriores a un proceso de polinización de manzano. Se realizó en 60 colonias de *Apis mellifera* L. en producción, para su estudio se dividieron las colonias en tres grupos de 20: Grupo 1: Colonias que no participaron en el proceso de polinización del manzano, Grupo 2: Colonias que participaron en polinización de huertos convencionales de manzano (con exposición a plaguicidas químicos) y Grupo 3: Colonias que participaron en la polinización de huertos orgánicos de manzano (sin exposición a plaguicidas químicos). Se analizaron las variables: cantidad de población en la colmena, tamaño del nido, calidad de postura, cantidad de reservas de alimento, producción de miel y situación sanitaria de las colonias (mortalidad y presencia de otras patologías). De acuerdo a las variables evaluadas se determinó si las colonias tenían condiciones aptas para la producción de miel de mezquite. Se pudo observar que la comparación entre las colonias del grupo expuesto a plaguicidas químicos obtuvo resultados bajos para cada una de las variables evaluadas (40 % de colonias aptas) en comparación con los otros dos grupos: sin participación en polinización (90 % de colonias aptas) y polinización de huertos orgánicos (70 % de colonias aptas), además de baja productividad, se observó presencia de mortalidad de abejas, 30 días posterior al tiempo de exposición a los plaguicidas. Esto revela que sustancias como el carbaril puede tener efectos residuales en la salud y productividad de las colonias de manera crónica, además de provocar la residualidad en productos apícolas.

Palabras clave: **Polinización, *Apis mellifera*, Plaguicidas, Carbaril**

INTRODUCCIÓN

La biodiversidad agrícola suele ser concebida solo como los recursos filogenéticos encontrados en los terrenos de cultivo, sin embargo existen muchos organismos que contribuyen a la productividad y sostenibilidad de la agricultura, entre ellos se encuentran los polinizadores, que son animales que transportan el polen y generan el proceso de reproducción permiten la producción de semillas y frutos. Sin embargo existen crecientes estudios que demuestran la disminución acelerada de las poblaciones de polinizadores en todo el mundo.



En el caso de México se determinó que el 86 % de las plantas comestibles que se producen dependen en algún grado de los polinizadores para su producción. En términos económicos la polinización para 103 especies de plantas comestibles en México en el año 2010 se valuó en 43 mil millones de pesos. (Quezada, 2014). Diversas investigaciones en México han identificado a los polinizadores de las especies comestibles y se encontró que existen por lo menos 237 especies diferentes de polinizadores siendo las abejas el de mayor presencia. ⁽¹⁾

Existen diversos factores que afectan a la población de polinizadores y propician su disminución tales como: el cambio climático, diversas patologías, la deforestación de áreas naturales, desordenes nutricionales por la falta de diversidad vegetativa, la producción de OGM's y la aplicación indiscriminada de diversos plaguicidas. Estos dos últimos factores poseen una mayor importancia por 3 razones:

- 1) Eliminación directa de los polinizadores por su toxicidad
- 2) Contaminan directamente el medio ambiente y generan residuos en los recursos naturales
- 3) Es un factor de responsabilidad humana con posibilidad de revertirse

Por ello es de suma importancia discutir medidas para mitigar el impacto del cambio climático en los cultivos y en sus polinizadores, resaltando la conservación de polinizadores como prioridad nacional para asegurar el suministro de alimentos para la población mexicana. ⁽²⁾

La polinización de los árboles de manzano (*Malus domestica*) por parte de la abeja (*Apis mellifera* L.) es un proceso de vital importancia, ya que genera beneficios para la producción como: aumento del número de frutos por inflorescencia, mejora en las características de calidad del fruto, aumento de la vida de anaquel, entre otras. Para el apicultor es un proceso benéfico económicamente, pero no para la salud de las colonias, dado que las poblaciones se ven estresadas por diversos manejos agrícolas, con lo que se genera una reducción en las poblaciones y afectación de la salud de las colonias.

Dentro de este contexto, a partir del año 2012 a la Fecha se ha observado una reducción significativa en la población y productividad de las colonias de la empresa durante y posterior al proceso de polinización del manzano, por lo que si bien es una alternativa de ingreso para el apicultor, este se ve afectado de manera directa por la aplicación de plaguicidas, sobre la población de sus colmenas. La inversión económica posterior para mitigar la afectación y recuperar la buena condición de las colonias. Lo que nos lleva a hacer una valoración para la decisión de la prestación del servicio. Por estos y otros antecedentes se justifica la realización de este trabajo.

OBJETIVO

Evaluar distintos parámetros productivos y realizar un diagnóstico sanitario de las colonias con el fin de determinar los efectos residuales de aquellas colonias expuestas a la aplicación de plaguicidas durante el periodo de polinización, y su capacidad productiva durante la consecuente cosecha de miel de mezquite.



MATERIAL Y METODOS

El trabajo se realizó 30 días posteriores al periodo de polinización del manzano, se utilizaron 60 colonias en producción de abejas híbrido de *Apis mellifera* L. distribuidas en 2 apiarios ubicados en la localidad del Sauz, municipio de Chihuahua, Chihuahua; México (29°10'13.1"N 106°30'58.2"W, 1580 msnm) (Figura 1), durante el periodo de cosecha de miel mezquite, la temperatura media anual se encuentra alrededor de 16.4 °C. Y precipitaciones de 362 mm. Para su estudio se dividieron las colonias en tres grupos de 20 colmenas:

Grupo 1: Colonias que no participaron en un proceso de polinización

Grupo 2: Colonias que polinizaron huertas convencionales, con exposición a plaguicidas químicos

Grupo 3: Colonias que polinizaron huertas orgánicas (sin uso de plaguicidas químicos)



Figura 1. Apiarios de colmenas en producción donde se realizó el estudio

Se analizaron las siguientes variables:

Población de la colonia

Se destapo la colmena sin aplicación de humo y se contabilizo el número de bastidores con saturación de abejas por ambos lados.

Cantidad de cría

Se determinó contando el número de bastidores con presencia de cría, y así mismo se contabilizo el número de celdas con cría por medio de una placa de acetato transparente marcada con cuadrículas de 25,4 mm la cual contabilizó 20 celdas. Se convirtió el número de celdas en porcentaje de acuerdo al total de cuadrantes por bastidor.

Producción de miel

Se contó el número de alzas por colmena y el número de bastidores con miel por alza. Se consideraron bastidores que tuvieran más del 80 % del bastidor con miel, se determinó el porcentaje de llenado.



Estado sanitario de la colonia

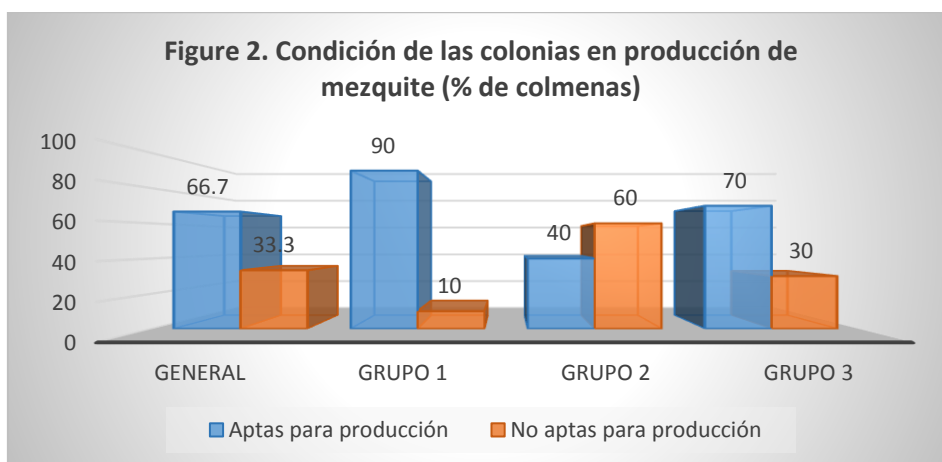
Se diagnosticó la presencia de patologías apícolas y contó el número de colonias afectadas.

Análisis multiresidual en muestras de abejas y polen

Aunado a este proceso se tomaron muestras de abejas, polen y miel de las colonias del grupo 2 para determinar la presencia o ausencia de residuos de plaguicidas por tipo de muestra. Las muestras de Abejas y Polen se analizaron en el Laboratorio Agrícola Teknolab, ubicado en la ciudad de Tancitaro, Michoacán. El método fue basado en la metodología de QUECHERS; Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas y cromatografía de líquidos de alta resolución acoplada a espectrometría de masas.

RESULTADOS

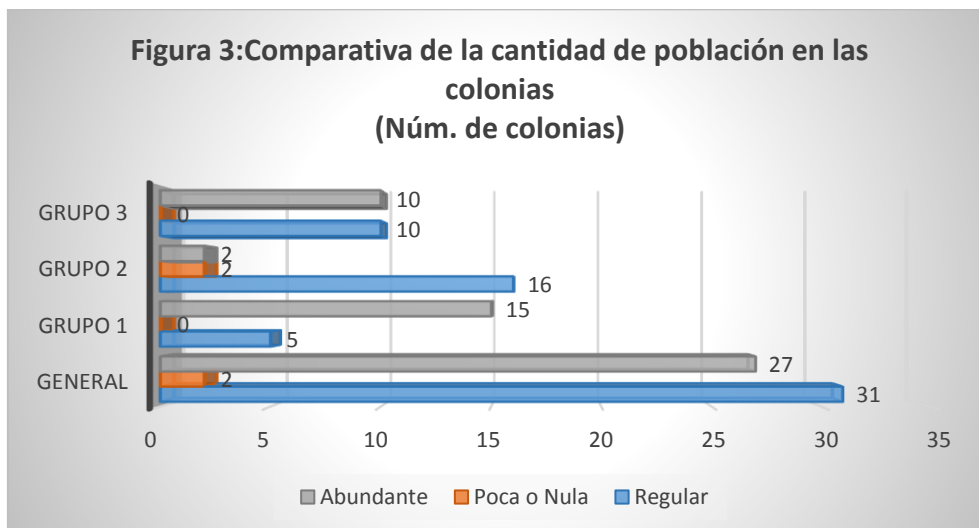
Se observó que el 66.7 % de las colmenas estudiadas cumplían con las condiciones aptas para la producción de miel, mientras que el 33.3 % de las colmenas no cumplen con la condición necesaria para la producción de miel. Se pueden observar diferencias entre los tres grupos de estudio. En el grupo 2 resultado que el 40 % de las colmenas eran aptas para la producción, mientras que el 60 % no fueron aptas para la producción, en el grupo 1 el resultado fue que el 90 % de colmenas eran aptas para la producción y 10 % no y para el grupo 3 se observó que el 70% de las colmenas eran aptas para la producción de miel y el 30 % no (Figura 2).



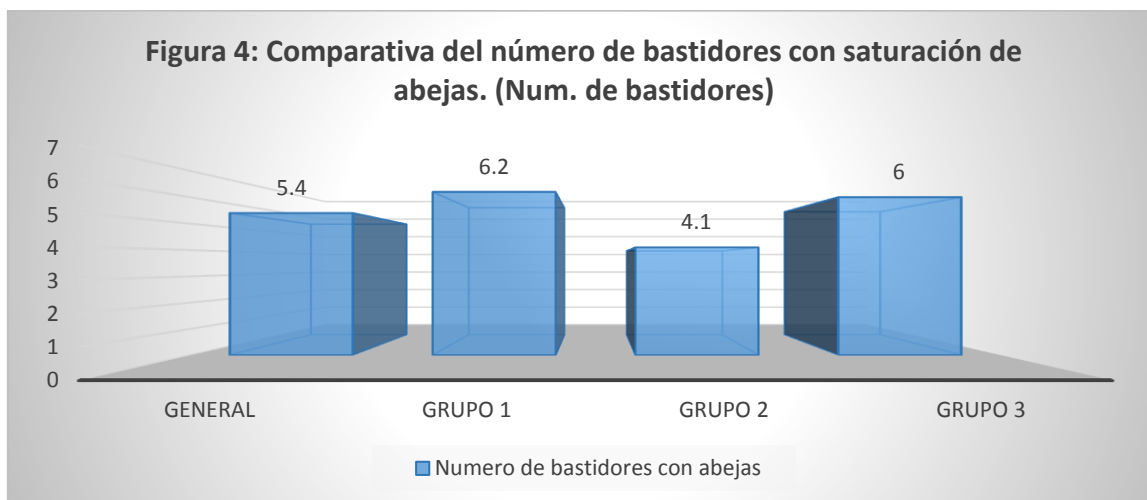


Cantidad de población

Se observó que en los grupos 1 y 3 las colonias se encontraron altamente pobladas, en un 75 y 50 % respectivamente. En comparación con el grupo 2 en donde el 80 % de las colonias se encontraron medianamente pobladas y el 10 % con poca o nula población (Figura 3.)



El promedio de bastidores con saturación de abejas de manera general fue de 5.4, se observó que en el grupo 1, este resultado se encontró por encima de la media en un 15 % (6.2), en el grupo 2 un 24 % (4.1) por debajo de la media y en el grupo se observa el 11 % (6) sobre la media (Figura 4.)



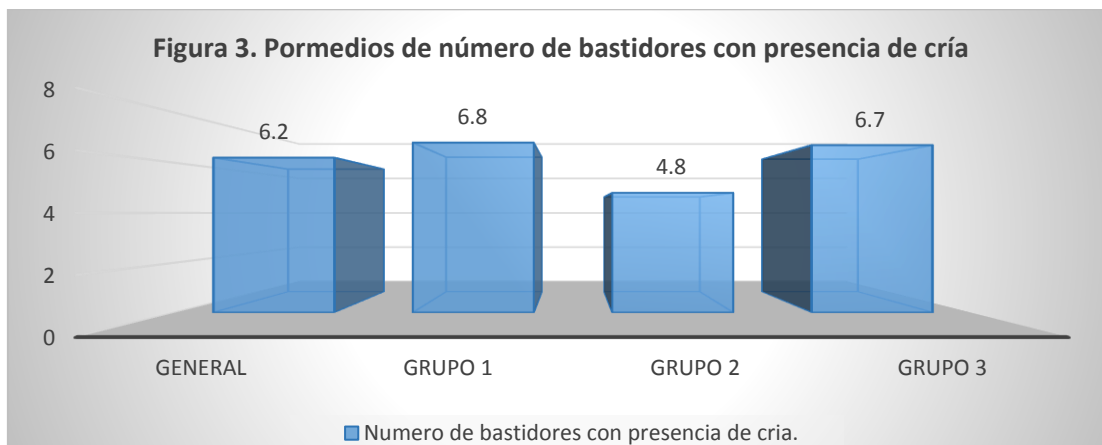
Evaluación de la postura

Se determinó con número de bastidores con presencia de cría y porcentaje de cría por bastidor. Ambas variables nos dan información de la cantidad y calidad de postura de la reina, la cual se puede ver afectada de igual manera por el contacto con el plaguicida o de manera indirecta por la falta de producción de jalea real (alimento de la reina) por parte de las nodrizas en contacto con el plaguicida.



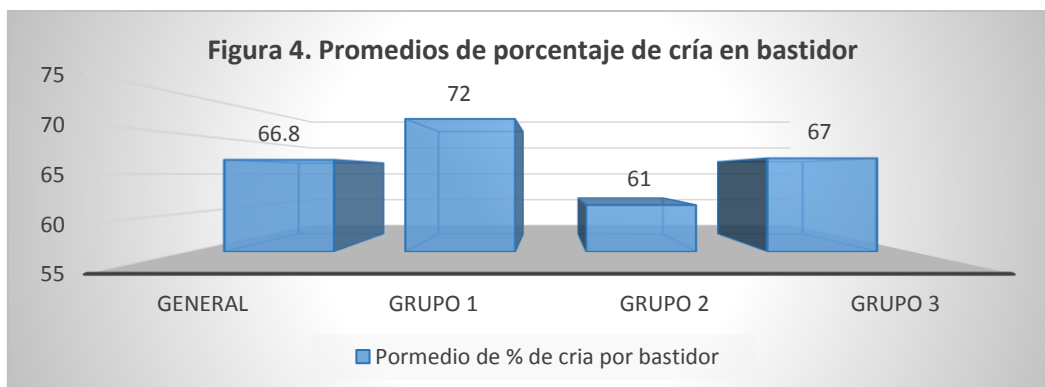
Número de bastidores con cría

El promedio general del número de bastidores con cría en la colmena fue de 6.2. Los grupos 1 y 3 están por encima de la media en un 10 (6.8) y 8 % (6.7) respectivamente, mientras que el promedio del grupo 2 se encuentra por debajo de la media en un 23 % (4.8) (Figura 3).



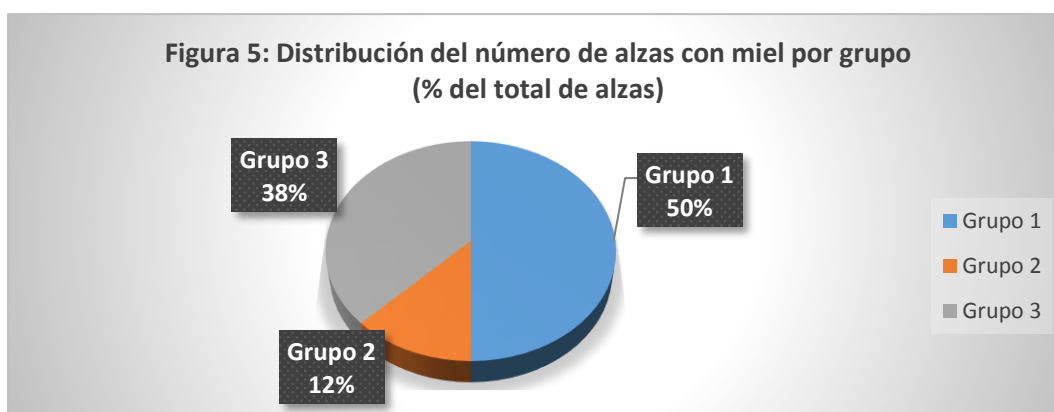
Porcentaje de cría en bastidor

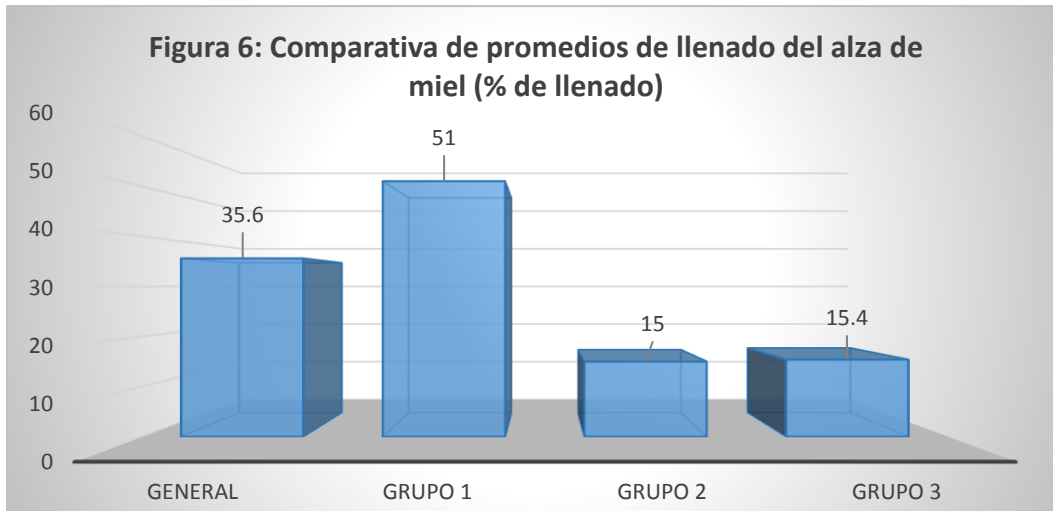
La media de porcentaje de cría por bastidor de 66.8 %. El grupo 1 y 3 están por encima de la media en 72 y 67 % respectivamente, no así el grupo 2 que obtuvo un promedio de 61 % (Figura 4).



Producción de miel

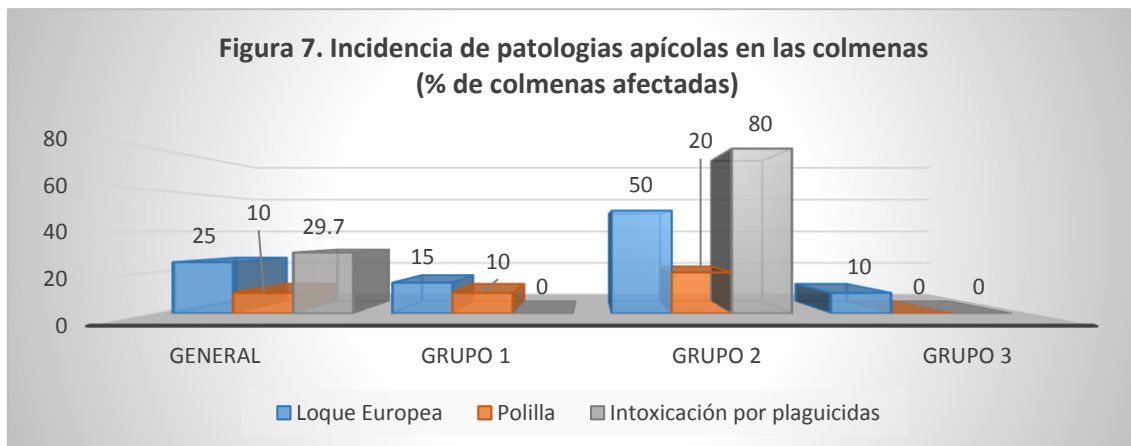
El número total de alzas con miel por los tres grupos fue de 40, de las cuales 20 corresponden al grupo 1, 5 al grupo 2 y 15 al grupo 3. El grupo 1 tiene el mayor porcentaje de llenado de alza (51 %). En la comparativa entre los grupos 2 (15 %) y 3 (15.1%) (Figura 5 y 6).





Diagnostico sanitario

El 40 % de las colmenas se encontraron con signos de las siguientes tres patologías y/o plagas: Intoxicación por plaguicidas, Loque europea y presencia de polilla de la cera. Del 40 % de colmenas la intoxicación por plaguicidas es la patología de mayor incidencia en las colonias (29.7 %) (Figura 6 y 7), también se detectó la presencia de Loque Europea (25 %). Se pudo observar que en el caso del grupo 2, la incidencia de intoxicación por plaguicidas fue de 80 %, mientras que en los otros dos grupos no se presentó esta patología (Figura 7).

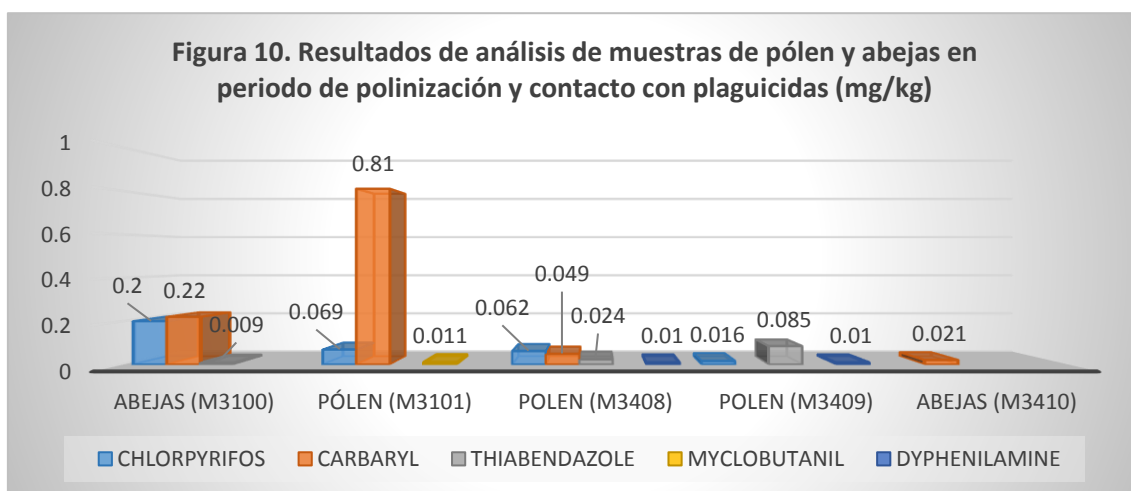


Figuras 8 y 9. Presencia de abejas muertas en el interior de la colmena y piquera.

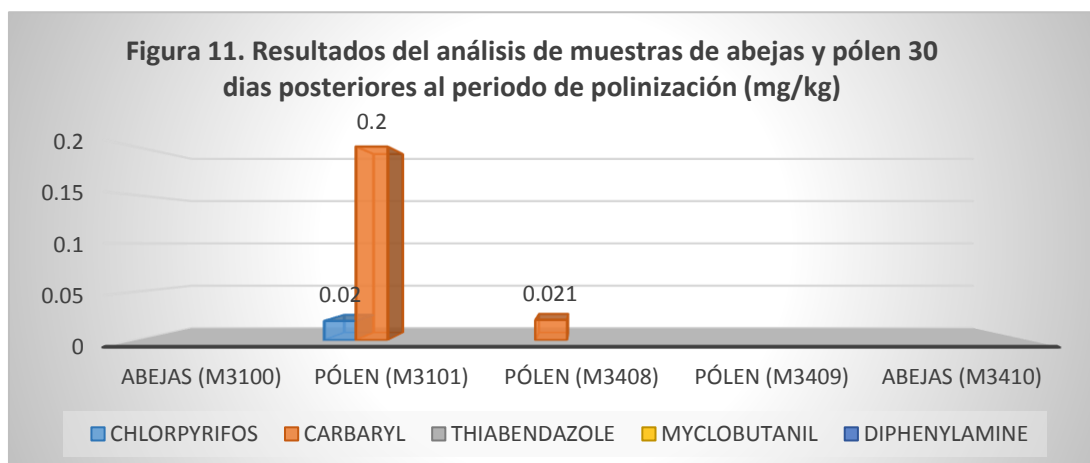


Resultados de análisis multiresidual

Durante el periodo de polinización se encontró que el plaguicida con mayor presencia en las muestras del grupo 2 fue carbaril con niveles desde 0.021 a 0.81 mg/kg, estos niveles superan en 210 y 810 veces respectivamente la dosis letal más alta para abejas, encontrada en la literatura que es de $1\mu\text{g} / \text{kg}$ (EISLER 1985), sin embargo también se hallaron otras sustancias como Clorpirifos (0.01 a 0.2 mg/kg), Tiabendazole (0.009 a 0.85 mg/kg), Miclobutanil (0.011 mg/kg) y Difenilamina (0.01 a 0.024 mg/kg) (Figura 10).



30 días posteriores al periodo de polinización, en las muestras del grupo 2 se pueden observar residuos de Carbaril (0.2 mg/kg) la cual supera 200 veces la dosis letal más alta para abejas de $1\mu\text{g}/\text{kg}$ (EISLER 1985) y Clorpirifos (0.02 mg/kg), en las muestras de polen solamente (Figura 11).





El Carbaril es un plaguicida del grupo de los carbamatos, comparten junto con los organofosforados la capacidad de inhibir la enzima colinesterasas, lo que permite la acumulación de acetilcolina, sustancia neuromediadora en las uniones mioneurales del insecto, así como su cerebro. Los carbamatos se pueden absorber por vía aérea, oral y por contacto.

Esto se ve traducido en diversos efectos en las abejas como: agresividad, desorientación, movimientos erráticos, parálisis, alteración del ciclo de desarrollo de la cría, atrofia del sistema glandular, inhibición del sistema inmune, incapacidad de vuelo y muerte de los individuos al contacto o de manera residual. La residualidad de estos componentes puede ser prolongada dependiendo el tipo de producto. Este compuesto es tóxico para los insectos (incluyendo a las abejas), el efecto que puede persistir hasta 10 meses en ciertas comunidades de invertebrados.

El Clorpirifos es un plaguicida perteneciente al grupo de los organofosforados, que al igual que los carbamatos inhibe la producción de las enzimas colinesterasas, así que los efectos con muy parecidos a los de los carbamato: regurgitación, desorientación, movimientos erráticos, distensión del abdomen, incapacidad de vuelo, parálisis, inhibición del sistema inmune, alteración del ciclo de desarrollo de la cría y muerte al contacto o de manera residual.

El Thiabendazole es un funguicida de uso agrícola que si bien no es toxico para abejas, puede contaminar el alimento (Miel y Polen) por lo que el desarrollo de la cría se ve afectado, además de ser un compuesto altamente persistente en el medio. ^(4,5)

DISCUSIÓN

El continuo uso de carbamatos, causan la muerte masiva de abejas (Johnson *et al.*, 2010). En el caso del presente trabajo se observó presencia de mortandad en las abejas durante y después del periodo de exposición al plaguicida. En las abejas la interacción con el pesticida no sólo ocasiona su muerte, sino también la presencia de residuos que producen efectos subletales, entre los que se destacan: alteración en la producción de aminos biogénicos que están relacionadas con la formación de memoria en la abeja y la sensibilidad sensorial (Mc Cabe, 2010), los residuos en el aire de los pesticidas hacen que la abeja detecte difícilmente el olor del néctar a la vez de que se reduce la sensibilidad a la sacarosa (Herbert *et al.*, 2014). La exposición a estos productos compromete la capacidad de las obreras para llevar a cabo tareas de coordinación (Chauzat *et al.*, 2009), afectando el rendimiento de colonias (Chauzat *et al.*, 2009) y conlleva al debilitamiento de las mismas. Los resultados del presente trabajo concuerdan con lo referido por estos autores dado que aun 30 días después de la exposición se observaron efectos en las colonias evaluadas. Los pesticidas carbamatos son ampliamente utilizados en la agricultura actual y ocasionan una alta contaminación de las aguas subterráneas y superficiales (Hao *et al.*, 2015), el suelo, las plantas, los alimentos y poseen una alta residualidad en el medio. Su descomposición puede tardar entre 4 semanas a varios meses (Soloneski *et al.*, 2015). Concuerda con los resultados obtenidos en cuanto a la presencia del plaguicida 4 semanas posteriores a la exposición al plaguicida.



CONCLUSIÓN

Tras la realización del presente estudio se demuestra la afectación aguda y crónica de las colonias en contacto con el plaguicida. Las poblaciones se ven disminuidas por lo menos en un 50 % de la población, lo que afecta la actividad de pecoreo en las zonas de polinización y la disminución de producción de miel hasta en un 60 % de la media de producción por cosecha.

El costo de producción se eleva posterior al periodo de polinización en los rubros de alimentación artificial, cambio de reinas y uso de tratamientos para el control de patologías secundarias a la intoxicación. Esto deja en claro que el proceso de polinización es una opción de ingreso para los apicultores, sin embargo existe un fuerte riesgo que implica para la salud de sus colonias.

Se debe establecer un diálogo continuo entre agricultores y apicultores para evitar la disminución de las poblaciones de polinizadores comerciales y polinizadores nativos. Estableciendo acciones en conjunto para la protección de los polinizadores, algunas de las acciones a tomar son:

- Uso de métodos alternativos para el control integral de plagas
- Aplicación de los plaguicidas a temprana hora (7-10 am) o ya por la tarde (6-9 pm) para disminuir la exposición a la sustancia por parte de las abejas.
- Coordinación entre agricultores y apicultores para la programación de fumigaciones y así el apicultor pueda movilizar las colmenas en riesgo.
- Sensibilización de los agricultores sobre la problemática de la pérdida de polinizadores y su impacto en la producción de alimentos, así como a la población en general.
- Evitar el uso de plaguicidas para provocar la caída del fruto.

Con estas y otras acciones se puede reducir y controlar de manera racional el uso de plaguicidas, disminuyendo los efectos negativos que tiene el uso de estas sustancias de manera indiscriminada.

BIBLIOGRAFIA

- 1) QUEZADA AVEDAÑO M. ET ALL. Evaluación de los impactos del cambio climático en polinizadores y sus consecuencias en el sector agrícola en México, Centro de Investigaciones en Ecosistemas / UNAM, México, 2014.
- 2) GREEN PEACE INTERNACIONAL. Peligros para los polinizadores y agricultura en Europa, Nota técnica de laboratorios de Green Peace 1/2013. Holanda, 2013.
- 3) GREEN PEACE INTERNACIONAL Análisis de residuos de plaguicidas en polen de panal y polen capturado a abejas melíferas en 12 países europeos. Nota técnica de Laboratorios de Green Peace 3/2014. Holanda, 2014.
- 4) AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE ESTADOS UNIDOS DE AMERICA. Guía de evaluación de riesgos de plaguicidas en las abejas. Departamento de regulación de plaguicidas de California. E.U.A. 2014