

## Caracterización de la actividad apícola y detección de residuos de clorantraniliprol en abejas y mieles de Santa Rosa, Mendoza

### *Characterization of beekeeping activity and detection of chlorantraniliprole residues in bees and honeys from Santa Rosa, Mendoza*

Requina, Carina Vanesa<sup>1</sup>; Romano, Raquel Susana<sup>2</sup>; Gorla, Nora Bibiana María<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Juan Agustín Maza. Laboratorio de Genética, Ambiente y Reproducción (GenAR); Argentina.

<sup>2</sup> Laboratorio Paganotto. Universidad Juan Agustín Maza; Argentina.

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas; Argentina

DOI: <https://doi.org/10.59872/icu.v8i10.481>

Correo de correspondencia: [noragorla@gmail.com](mailto:noragorla@gmail.com)

Recepción: 16/04/2024; Aceptación: 17/04/2024;

Publicación: 29/05/2024

Palabras claves: Insecticidas; Clorantraniliprol; Cromatografía líquida de alta resolución; *Apis mellifera*; Miel

Keywords: Insecticides; Chlorantraniliprole; High performance liquid chromatography; *Apis mellifera*; Honey

#### Resumen

En la provincia de Mendoza (Argentina), la actividad apícola produce aproximadamente 260.000 kg de miel por año. La producción agrícola más importante es el cultivo de vides y en el año 2010 se detectaron polillas de la vid (*Lobesia botrana*) que condujeron en el 2017 a un estado de emergencia fitosanitario, por lo cual las autoridades contrataron aerofumigaciones que utilizaron el insecticida clorantraniliprol y la bacteria *Bacillus thuringiensis*. El clorantraniliprol pertenece a las diamidas antranílicas y se reporta baja toxicidad en abejas. Los objetivos del estudio fueron relevar las características del sector apícola del departamento de Santa Rosa (Mendoza), y detectar la presencia de clorantraniliprol en abejas y mieles obtenidas de colmenas de esa zona. Se aplicaron encuestas a 11 apicultores para recolectar información sobre las características del sistema productivo, nutrición, sanidad y el entorno de las colmenas. Se tomaron muestras de 12 colmenas, abejas adultas, crías de abejas, y miel. Se realizó la extracción líquido-líquido y detección de clorantraniliprol mediante cromatografía líquida de alta resolución con detector ultravioleta-visible. En actividades relacionadas a la sanidad de las colmenas, la mayoría de los apicultores usan antiparasitarios. En la agricultura regional se aplican distintos insecticidas. En las colmenas ubicadas en las áreas aerofumigadas con clorantraniliprol, en muestras de miel se detectó el principio activo por encima del límite máximo de residuos. En las colmenas de áreas no aerofumigadas, en muestras de abejas adultas se detectó el principio activo por debajo del límite máximo de residuos.

#### Abstract

In the province of Mendoza (Argentina), beekeeping produces approximately 260,000 kg of honey per year. The most important agricultural production is the cultivation of grapevines and in 2010 vine moths (*Lobesia botrana*) were detected, which led in 2017 to a state of phytosanitary emergency, for which the authorities contracted aerial spraying using the insecticide chlorantraniliprole and the bacterium *Bacillus thuringiensis*. Chlorantraniliprole belongs to the anthranilic diamides and is reported to have low toxicity to bees. The objectives of the study were to survey the characteristics of the beekeeping sector in the department of Santa Rosa (Mendoza), and to detect the presence of chlorantraniliprole in bees and honeys obtained from hives in that area. Surveys were applied to 11 beekeepers to collect information on the characteristics of the production system, nutrition, health and the environment of the hives. Samples were taken from 12 hives, adult bees, brood bees and honey. Liquid-liquid extraction and detection of chlorantraniliprole was performed by high performance liquid chromatography with ultraviolet-visible detector. In activities related to hive health, most beekeepers use parasiticides. In regional agriculture, different insecticides are applied. In hives located in areas sprayed with chlorantraniliprole, the active substance was detected in honey samples above the maximum residue limit. In hives in non-aerially sprayed areas, the active substance was detected in adult bee samples below the maximum residue limit.

## Introducción

La apicultura es una actividad que necesita recursos naturales, humanos, materiales, sociales y económicos. A lo largo de la historia, las comunidades interactuaron con las abejas (*Apis mellifera*) para poder obtener distintos productos y servicios. De las colmenas se puede extraer miel, polen, propóleo, jalea real y cera. Además, las abejas brindan servicios de polinización que aumentan la productividad de las plantas con flores (Bradbear, 2005).

La apicultura argentina está desarrollada por 10.574 productores inscriptos según el Registro Nacional de Productores Apícolas en el 2018 (RENAPA, 2018). A nivel nacional, en ese año, se exportaron 70.668 t de miel. Los principales países a los que se exportó miel fueron Estados Unidos, Alemania, Japón, Bélgica, Italia y España (Vazquez y Castignani, 2019). En Mendoza se producen aproximadamente 260.000 kg de miel por año, de los cuales el 80 % se vende en el mercado internacional (Casciani, 2017).

En la cadena apícola es necesario aplicar las Buenas Prácticas Agropecuarias (BPA) y las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para lograr alimentos inocuos. Estos procedimientos se emplean en todas las etapas de la cadena de producción de los alimentos con el fin de garantizar la seguridad de los mismos. La gestión de calidad permite cumplir la normativa de los mercados (Álvarez, 2018; ANMAT, 2022).

La colmena en estado de equilibrio con el ambiente, permite la obtención de productos inocuos y de calidad. Para preservar la salud del apiario se requiere un manejo integral, cuyos pilares son las medidas de prevención y control. La prevención incluye la ubicación del apiario, la disponibilidad de agua, el suministro de alimentos y las inspecciones de las colmenas. Para el control, primero se confirma la patología supuesta y luego se utiliza el tratamiento (SENASA, 2017a; Álvarez, 2018).

Las abejas se encuentran amenazadas por factores sanitarios y ambientales, afectando el rendimiento de la producción y provocando pérdidas en la población. Las enfermedades son producidas por distintos patógenos. Las patologías infecciosas más frecuentes son varroasis (*Varroa destructor*), nosemosis (*Nosema spp*), acarapisosis (*Acarapis woodi*), loque americana (*Paenibacillus larvae*), loque europea (*Melissococcus pluton*), cría yesificada (*Ascosphaera apis*) y cría ensacada (*Morator aetatulas*). También se puede generar un desequilibrio por depredadores como los pájaros y los sapos. El ambiente puede ser alterado por los plaguicidas usados en la agricultura circundante (SENASA, 2017a).

En el año 2010, el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) detectó polillas de la vid (*Lobesia botrana*), en Mendoza, por lo cual, se estableció la Resolución 122-2010 que declara el estado de alerta fitosanitaria (SENASA, 2010a). Las polillas del racimo, son una plaga que afecta la actividad vitivinícola (SENASA, 2018). SENASA, declaró en la Resolución 583-E-2017 que el estado de emergencia fitosanitario se extendía durante el período 2017 al 2019 porque se había producido un crecimiento exponencial de la plaga. Se intensificaron las acciones para el control de los insectos en las vides (SENASA, 2017 b y c).

El Instituto de Sanidad y Calidad Agropecuaria Mendoza (ISCAMEN) es el encargado de planificar las acciones del Programa de Control y Erradicación de *Lobesia botrana*. La campaña comenzó con la inscripción y capacitación de los productores vitivinícolas. Se adquirieron y distribuyeron difusores de feromonas e insecticidas. Además, a partir del 2017 se contrataron horas de vuelo para realizar aeroaplicaciones sobre los viñedos, con productos autorizados por SENASA. El insecticida biológico *Bacillus thuringiensis* (Dipel®) y el insecticida químico clorantraniliprol (Coragen®) (Azín, 2018). En los operativos Lobesia 2017-2018-2019 adicionaron una nueva herramienta, el avión para las aplicaciones, en un primer momento utilizaron los insecticidas y luego las feromonas pulverizables. Delimitaron la zona geográfica de trabajo, estableciendo 200 m para el área de amortiguamiento, como así también los sectores libres de aeroaplicaciones, por ejemplo, los espacios urbanos, periurbanos, fuentes de agua, apiarios, instituciones educativas y sanitarias (ISCAMEN, 2017; 2018). Estas medidas causaron preocupación en los productores apícolas, y en los defensores de la agroecología.

El insecticida clorantraniliprol, 3-bromo-N-[4-cloro-2-metil-6-(metilcarbamoil) fenil]-1-(3-cloro-2-piridina-2-il)-1H-pirazol-5-carboxamida (FAO-WHO, 2008), pertenece a las diamidas antranílicas, es clase U: improbable de presentar riesgo agudo según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019), y es clase IV; productos que normalmente no presentan peligro en el uso, para todas las vías de exposición, y no produce sensibilización dérmica, por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA, 2008). En los insectos activa los receptores de rianodina. A través de la estimulación se libera el calcio del retículo sarcoplasmático al citosol, produciendo la contracción muscular y, por consiguiente, el agotamiento de las reservas que impiden la contracción provocando la parálisis y posterior muerte. Los receptores de rianodina son una clase de canales de calcio que están ubicados en el retículo endoplasmático. Se encargan de la liberación del catión calcio de las reservas intracelulares. En los insectos existe una única forma del receptor localizado en los músculos y las neuronas (Cordova, 2006)

El clorantraniliprol posee actividad insecticida sobre larvas de plagas como lepidópteros, coleópteros, isópteros, hemípteros y dípteros (US EPA, 2008; Lahm, 2009). Se aplica sobre frutales, hortalizas, uvas, patatas, arroz, algodón, plantas ornamentales y césped (US EPA, 2008). Se ha reportado baja toxicidad del clorantraniliprol en las abejas adultas, aunque de acuerdo con las BPA se recomienda no aplicar el producto cuando las abejas realizan sus actividades de forrajeo (Dinter *et al.*, 2009).

La formulación clorraniliprol 20 SC en abejas adultas posee toxicidad aguda con un valor de DL50 oral  $>114,1$   $\mu\text{g}$  clorraniliprol/abeja y por contacto una DL50  $> 100$   $\mu\text{g}$  clorraniliprol/abeja. Por otra parte, en larvas de abejas tiene una DL50 oral aguda de  $1,6$   $\mu\text{g}$  clorraniliprol/larva, y la exposición crónica por vía oral con un rango de concentraciones entre  $0,087$ -  $0,139$   $\mu\text{g}$ /larva/día de clorraniliprol produjo una disminución en la cantidad de adultos que emergen de las celdas y un aumento en la mortalidad (US EPA, 2020).

En Argentina, SENASA establece que los alimentos para consumo interno deben cumplir con el límite máximo de residuos (LMR). En el caso de clorraniliprol en mieles se permite un LMR de  $0,01$  mg/kg que es el valor del límite de detección del método de análisis (SENASA, 2010a). La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) también determina un límite de cuantificación de  $0,01$  mg/kg en alimentos. Recomienda los métodos analíticos validados basados en cromatografía líquida de alta resolución con espectrometría de masas en serie (HPLC MS-MS) para la determinación del clorraniliprol en alimentos (EFSA, 2013).

Los residuos de pesticidas en productos apícolas como la abeja y la miel amenazan la supervivencia de los polinizadores y la salud humana. La abeja melífera es uno de los polinizadores más importantes de la naturaleza. Su papel en el mantenimiento del equilibrio ecológico y el desarrollo agrícola es insustituible, sin embargo, en las últimas décadas, las colonias de abejas han disminuido drásticamente debido a los cambios en su hábitat, la contaminación ambiental, el uso de plaguicidas, alteraciones de sus características biológicas y el cambio climático. Entre estos factores, la exposición a plaguicidas es una de las principales razones de la disminución de las colonias de abejas (Wang *et al.*, 2022).

Los objetivos del estudio fueron relevar las características del sector apícola de Santa Rosa, Mendoza, y detectar la presencia de residuos de clorraniliprol en las matrices abejas y mieles en colmenas de esa área.

#### Materiales y métodos

**Área de estudio:** se realizó en el distrito Las Catitas y zonas adyacentes. Las Catitas se encuentra en las coordenadas geográficas  $33^{\circ}17'50''$  S  $68^{\circ}02'54''$  O y se localiza en el departamento de Santa Rosa a  $88$  km de la ciudad de Mendoza. El departamento se ubica en la zona noreste de la provincia. Limita con los siguientes departamentos, al norte con Lavalle y San Martín, al sur con San Rafael, al este con La Paz y al oeste con Junín, Rivadavia y San Carlos. Santa Rosa se encuentra en un área de planicies, presenta un clima árido a semiárido y pertenece a la región fitogeográfica del monte (Abraham y Rodríguez Martínez, 2000 a y b).

**Encuestas:** se elaboró un instrumento de medición para la recolección de los datos. El cuestionario consistió en un conjunto de preguntas, algunas cerradas y otras abiertas (Hernández Sampieri *et al.*, 2014). Las mismas recolectan información de 4 aspectos referidos a la actividad apícola: el sistema productivo, la nutrición, la sanidad y el ambiente. Las encuestas se aplicaron a 11 apicultores, personalmente, en forma individual, en visita al apiario. Accedimos a un grupo de productores apícolas que estaban asesorados por la agencia de extensión rural Santa Rosa del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

**Muestras biológicas:** El día 5 de diciembre del año 2018 se recibieron las muestras de las colmenas. Las muestras fueron abejas adultas, crías, y miel, en todos los casos extraídas de las colmenas por el productor. Se extrajeron muestras de 2 apiarios. De un apiario se seleccionaron 5 colmenas en el área de pasturas naturales no fumigada con clorraniliprol. Del otro colmenar se eligieron 7 colmenas ubicados en la zona de viñedos donde se realizó la aeroplación con clorraniliprol. De cada colmena se recolectaron 150 abejas adultas en seco, un trozo de panal con cría ( $7 \times 3,5$  cm) y un trozo de panal con miel ( $7 \times 3,5$  cm). Las muestras en bolsas plásticas fueron conservadas con cadena de frío ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) y transportadas al laboratorio.

**Detección de clorraniliprol:** la determinación se llevó a cabo durante el mes de diciembre del año 2018. Se realizó la extracción líquido-líquido del clorraniliprol. Se analizaron 3 muestras biológicas por colmena. Las muestras se maceraron y homogeneizaron con agua y acetonitrilo. Se mezcló  $1$  g de muestra,  $0,25$  ml de agua y  $0,75$  ml de acetonitrilo. Se agitaron en un vórtex durante  $1$  min. Se filtraron por una membrana de nylon de  $0,45$   $\mu\text{m}$ .

Para la detección de clorraniliprol en las muestras biológicas se usó un equipo HPLC UV-VIS (Cromatografía líquida de alta resolución con detector ultravioleta - visible), Thermo-Fisher Scientific Spectro System P4000 UV2000. En el análisis HPLC en fase reversa, se utilizó como fase estacionaria no polar una columna C18 y como fase móvil polar una mezcla isocrática de  $70\%$  acetonitrilo ( $\text{CH}_3\text{CN}$ ) y  $30\%$  ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )  $0,04$  N a una velocidad de flujo de  $1$  ml/min. Previamente se determinó por espectrofotómetro que el clorraniliprol absorbe a una longitud de onda de  $270$  nm. Por lo cual, se seleccionó el detector UV del equipo a  $270$ . Se inyectaron alícuotas de  $20$   $\mu\text{l}$  por muestra en el cromatógrafo.

La identificación se logró por comparación entre los tiempos de retención del estándar comercial y el tiempo de retención de las muestras tratadas. Para la cuantificación de los analitos se utilizó la curva de calibración. Se llevó a cabo el estudio de validación utilizando como estándar de referencia el insecticida comercial Coragen® 20 SC,  $20$  g/100 ml en suspensión concentrada. Se obtuvieron los tiempos de retención. Se realizó el estudio de repetibilidad mediante 5 inyecciones por concentración y la linealidad mediante 3 concentraciones. Se realizó una curva de calibración mediante el método de estándar

externo entre 0,006 y 0,1 mg/kg de clorantraniliprol. Se prepararon 3 soluciones de clorantraniliprol en acetonitrilo con las siguientes concentraciones 0,006; 0,06 y 0,1 mg/kg. Se inyectó en el cromatógrafo cada solución por quintuplicado. El valor del límite de detección del método de análisis es de 0,006 mg/kg.

Análisis estadístico: Se aplicó estadística descriptiva para el resultado de las encuestas. En los ensayos de linealidad y repetibilidad se obtuvo la media  $\pm$  desvío estándar de cada concentración. Se obtiene la curva de regresión lineal entre la concentración del clorantraniliprol y las áreas de los picos correspondientes de los cromatogramas.

### Resultados

Los apicultores realizaban en conjunto la compra de insumos apícolas como azúcar de caña, medicamentos y madera. Los resultados de las encuestas se presentan en la tabla 1.

Tabla 1: Información brindada por 11 apicultores de Santa Rosa, Mendoza, 2018.

Características relevadas	Actividad apícola
<b>Sistema de producción</b>	
Tipo de productor	Pequeño 100 % Sedentario 100 %
Cantidad de colmenas	7 a 83
Productos y servicios	Miel 73 % Miel y polen 18 % Miel y propóleo 9 %
Cantidad de miel por colmena	11,5 kg
Servicios de polinización	No ofrecen 100 %
<b>Nutrición</b>	
Alimentación artificial	Sí utilizan (Alimentación energética) 55 % No utilizan 45 %
Agua de bebida	Acequias 73 % Acequias y estanque 18 % Pozo 9 %
<b>Sanidad</b>	
Antiparasitarios	Sí utilizan 73 % (Ácido oxálico 64 %, flumetrina 9 %) No utilizan 27 %
Antibióticos	No utilizan 100 %
Asesoramiento para el uso de medicamentos	Sí reciben 64 % No reciben 36 %
<b>Ambiente</b>	
Actividades agrarias anexas	Pasturas, vides y frutales 46 % Pasturas, vides y hortalizas 18 % Vides y frutales 18 % Vides 18 % Sí 100 %
Fumigación sobre los cultivos	Sulfato de cobre 64 % Sulfato de cobre y clorpirifos 18 % Sulfato de cobre, metoxifenocida y clorpirifos 9 % Hidróxido de cobre y clorpirifos 9 % Sí 100 %
Destino de los envases de plaguicidas	Ninguno específico 64 % Sí, depósito en la finca 36 %
Aerofumigación con clorantraniliprol	1 aplicación 73 % 2 aplicaciones 27 % Sí 100 % (Excepto en un apiario)

En el análisis de regresión lineal de este plaguicida el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es 0,960. Se presenta graficada la curva de regresión ajustada en la figura 1.

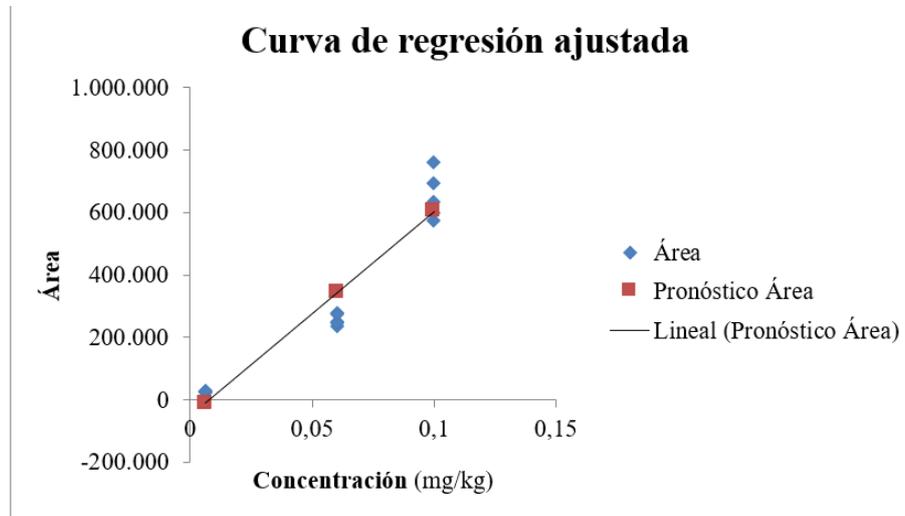


Figura 1: Curva de regresión ajustada,  $R^2 = 0,960$ . HPLC UV- VIS a 270 nm.

En la tabla 2 se presenta la medición de clorantraniliprol en los ejemplares de abejas adultas, crías y miel del apiario ubicado en un área no fumigada. En las muestras de abejas adultas, el 40 % de las colmenas presentaron clorantraniliprol por debajo del LMR.

Tabla 2: Residuos de clorantraniliprol en abejas adultas, crías y miel del apiario en el área no aero-fumigada de Santa Rosa, Mendoza, 2018.

Colmena	Muestra	Clorantraniliprol (mg/kg)
1	1 A	0,000
	1 C	0,000
	1 M	0,000
2	2 A	0,000
	2 C	0,000
	2 M	0,000
3	3 A	0,005
	3 C	0,000
	3 M	0,000
4	4 A	0,004
	4 C	0,000
	4 M	0,000
5	5 A	0,000
	5 C	0,000
	5 M	0,000

A: adulta, C: cría, M: miel. Límite máximo de residuos= 0,01 mg/kg

En la tabla 3 se presenta la medición de clorantraniliprol en los ejemplares de abejas adultas, crías y miel del apiario ubicado en un área fumigada. En las muestras de miel, el 57 % de las colmenas presentaron clorantraniliprol por encima del LMR.

Tabla 3: Residuos de clorantraniliprol en abejas adultas, crías y miel del apiario en el área aero-fumigada de Santa Rosa, Mendoza, 2018.

Colmena	Muestra	Clorantraniliprol (mg/kg)
1F	1 A	0,000
	1 C	0,000
	1 M	0,000
2F	2 A	0,000
	2 C	0,000
	2 M	0,000
3F	3 A	0,000
	3 C	0,000
	3 M	0,000
4F	4 A	0,000
	4 C	0,000
	4 M	0,053
5F	5 A	0,000
	5 C	0,000
	5 M	0,028
6F	6 A	0,000
	6 C	0,000
	6 M	0,060
7F	7 A	0,000
	7 C	0,000
	7 M	0,049

F: fumigada, A: adultas, C: crías, M: miel. Límite máximo de residuos= 0,01 mg/kg

**Discusión**

El sistema productivo estudiado está formado por productores pequeños. Los apicultores se clasifican según la cantidad de colmenas en 3 categorías, los pequeños poseen menos de 350 colmenas, los medianos de 351-500 y los grandes más de 500 (Basilio et al, 2023). Todos los productores son sedentarios, por lo contrario en la otra estrategia, los trashumantes, trasladan sus colmenares de una zona a otra en búsqueda de néctar y polen más abundante, además de brindar los servicios de polinización en los cultivos. La trashumancia es el desplazamiento de las colmenas a otros predios para conseguir el máximo beneficio de las floraciones de cada región y ofrecer los servicios de polinización (Ferrari, 2016; SENASA, 2017a; Álvarez, 2018).

Los apicultores encuestados tenían en promedio 30 colmenas en sus apiarios, que se mantenían en el lugar sin trasladarlas en ningún momento del año. Los productos que obtienen son miel, propóleo y polen.

Apenas la mitad de los productores utilizan alimentación artificial energética, es decir, colocan en los alimentadores una solución de agua y azúcar de caña llamada jarabe. Para el agua de bebida se especula que en la mayoría usan acequias lindantes. En el caso de tener un pozo, utilizan el agua subterránea para aprovisionar los bebederos.

Los que aplican antiparasitarios lo hacen para el control de varroasis. Más de la mitad estaban asesorados para el manejo sanitario de las colmenas por la agencia de extensión rural Santa Rosa del INTA aunque no todos ejecutan el plan de tratamiento recomendado.

Todos los apiarios están rodeados de terrenos con pasturas o cultivados con vides, frutales y/o hortalizas. Los productos químicos utilizados en el tratamiento de estos cultivos son 2 compuestos fungicidas inorgánicos; sulfato e hidróxido de cobre, y 2 compuestos orgánicos de uso insecticida; clorpirifos y metoxifenocida. Un porcentaje menor de los productores muestra

conciencia del riesgo ambiental que significan los envases de plaguicidas, separándolos en un depósito. Todos los apicultores recuerdan o presenciaron las fumigaciones aéreas. En el caso de un apicultor que posee 3 colmenares especificó que en 1 apiario no realizaron la fumigación.

En Argentina, la apicultura es una actividad de alto valor social y económico para los pequeños productores que forman parte de la agricultura familiar. La miel es el principal alimento obtenido del colmenar, aunque también existen otros productos y servicios como polen, propóleos, jalea real, cera, material vivo y polinización de cultivos entomófilos, cuyo mercado se encuentra en desarrollo (SENASA, 2017a). Mendoza tiene un rendimiento promedio de cada colmena de 15 kg/año dependiendo de la zona geográfica, las condiciones ambientales y los recursos florísticos (Casciani, 2017). Este valor está por encima de los 11,5 Kg promedio del grupo apícola estudiado. Una recomendación podría ser reforzar las BPA para incrementar el rendimiento de miel por colmena. Los ejes principales de las BPA son la ubicación del apiario, la nutrición, la sanidad, la selección genética y la trashumancia. Por lo tanto, es importante seleccionar una óptima zona rural para el asentamiento del apiario, asegurar el acceso a una fuente de agua potable, proveer cultivos florales como fuentes de néctar y polen o utilizar alimentación artificial estratégica durante la escasez de recursos, realizar 2 revisiones sanitarias por año y establecer tratamientos solo al confirmar la patología. Es importante además utilizar individuos con genética seleccionada principalmente por alta productividad, alta capacidad reproductiva, mayor tolerancia a enfermedades, alto comportamiento higiénico y bajo comportamiento defensivo de las abejas.

En la nutrición, aproximadamente la mitad de los apicultores realizó suplementación energética. Las colonias deben tener óptimas condiciones para conservar su estado de salud. Proporcionar un conjunto de plantas en cuyas flores las abejas recolecten néctar y polen para cubrir sus requerimientos alimentarios. Durante la escasez de recursos se recomienda la alimentación artificial (SENASA, 2017a; Álvarez, 2018). La gran mayoría de los apiarios estaban ubicados muy cercanos a acequias de riego. Debe asegurarse el acceso a una fuente de agua potable, ya sea por canales y estanques, o la otra alternativa, abastecer por medio de bebederos (SENASA, 2017a; Álvarez, 2018).

En la sanidad, los productores manifestaron no haber aplicado antibióticos, pero sí antiparasitarios. Los antiparasitarios usados son ácido oxálico y flumetrina para el control de la varroasis, ambos son productos aprobados para la utilización en la apicultura (SENASA, 2015).

En el ambiente, la apicultura se realiza en forma simultánea con otras actividades agrícolas donde se aplican fumigaciones. Los apicultores citaron el uso de clorpirifos y metoxifenocida. El clorpirifos es un insecticida organofosforado clase II moderadamente peligroso y el metoxifenocida es un insecticida de clase U poco probable que presente un peligro agudo según la OMS (OMS, 2019). A partir del 2021 SENASA estableció para los principios activos clorpirifos etil y clorpirifos metil, la eliminación progresiva hasta su prohibición para la importación, elaboración y fraccionamiento, la comercialización y uso agrícola (SENASA, 2021). Es ideal instalar el colmenar en una zona rural con abundancia y variedad en flora apícola, con reparo para las situaciones climáticas adversas y sin riesgo de contaminación ambiental. En el sector productivo regional puede coexistir la apicultura con la agricultura, para lograr los beneficios mutuos es clave el manejo racional de los agroquímicos (SENASA, 2017a; Álvarez, 2018).

En nuestro estudio se pudo realizar la extracción y detección de clorantraniliprol en las muestras con un instrumental sencillo: HPLC UV-VIS. En niveles de concentración bajos cercanos al límite de detección, siguiendo la teoría de los errores la dispersión de los datos aumenta. Se considera que un método es lineal con  $R^2 = \pm 0,996$ , en este caso  $R^2 = 0,960$  indica una importante correlación entre los datos de la señal instrumental y la concentración de los estándares analizados. Por lo tanto, se acepta este valor de  $R^2$  en estos términos. De las 15 muestras de abejas adultas, crías y miel de las 5 colmenas de áreas no aerofumigada con clorantraniliprol, en 2 muestras de abejas adultas se detectó el principio activo por debajo del LMR. De las 21 muestras de abejas adultas, crías y miel de las 7 colmenas de áreas aerofumigada con clorantraniliprol, en 4 muestras de miel se detectó el principio activo por encima del LMR.

En un estudio realizado en Argentina, se determinaron los residuos de agroquímicos en las mieles. Los colmenares se localizaban en las zonas agrícolas de Santa Fe, Córdoba, La Rioja, Formosa, Entre Ríos, Corrientes, Buenos Aires, Neuquén y Río Negro. Los autores analizaron 50 muestras, encontrando plaguicidas en el 88 % de las mismas. Los químicos que detectaron fueron sulfato de endosulfan, metoxicloro, clorpirifos etil, diazinón, dimetoato, disulfotón, clorprofam, cipermetrina, deltametrina, fenvalerato, lambda cialotrina, permetrina, ciflutrina, teflutrina, clorotalonil e imazalil. Los pesticidas utilizados para controlar las plagas de los cultivos claramente tienen un impacto en los ecosistemas adyacentes (Medici *et al*, 2019).

Los insecticidas sistémicos, como las diamidas pueden contaminar la melaza. La melaza es una secreción azucarada producida por los insectos que se alimentan de los cultivos. Las abejas junto a otros insectos pueden sufrir efectos negativos al recolectar la melaza contaminada (Calvo Agudo *et al*, 2022).

Las poblaciones de abejas están disminuyendo por diversos factores. Una causa es la exposición de las colonias a los plaguicidas. Los insecticidas como los neonicotinoides, los piretroides, el clorantraniliprol, el spinosad, la flupiradifurona y el sulfoxa-

flor, pueden producir mortalidad o disminuir la longevidad y alterar el comportamiento, principalmente en las actividades de pecoreo y la capacidad polinizadora (Zhao *et al*, 2022). Durante las últimas décadas, varios países han llevado a cabo programas de monitoreo de colonias de abejas, registrando y analizando las pérdidas de poblaciones a nivel mundial. Esta problemática de los polinizadores es resultado de la interacción de múltiples factores de estrés. Entre ellos, la escasez de recursos florales, el impacto de las enfermedades, el uso de plaguicidas y las condiciones ambientales adversas (Goulson *et al*, 2015). La reducción de los hábitats naturales disminuye la abundancia y diversidad de flores. Lo que implica una merma en la calidad y diversidad de néctar y polen que forman parte de la alimentación (Di Pasquale *et al*, 2013; Requier *et al*, 2017; Tosi *et al*, 2017). Las principales enfermedades son producidas por los ácaros *Varroa destructor*, los virus de las alas deformadas y los microsporidios *Nosema ceranae*. Los agentes patógenos combinados generan un efecto devastador en la salud de las colmenas (Sánchez-Bayo *et al*, 2016) lo que justifica el uso de algunos principios activos por parte de los productores. La agricultura intensiva circundante utiliza agroquímicos que pueden contaminar a las abejas, a sus alimentos e ingresar a las colmenas (Goulson *et al*, 2015; Traynor *et al*, 2016). En atención a lo expuesto, y de acuerdo a los resultados de las encuestas sería aconsejable medir clorpirifos y metoxifenocida en las muestras y productos biológicos de las colmenas aquí estudiadas. El incremento de la temperatura ambiental, las tormentas, las inundaciones y las sequías afectan la dinámica de las poblaciones. La combinación de los factores aumenta la morbilidad y mortalidad en las colonias de abejas (Goulson *et al*, 2015).

### Conclusiones

La mayoría de los apicultores usan antiparasitarios en sus colmenas. En la agricultura circundante a las colmenas se aplican insecticidas. En las colmenas del área aerofumigada con clorantraniliprol se detectó el principio activo por encima del LMR, y en las del área no aerofumigada por debajo del LMR.

### Agradecimientos

Se agradece la colaboración de los apicultores de Santa Rosa por brindar información de su actividad y facilitar las muestras biológicas.

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científica y Técnicas (CONICET), a Ciencia y Técnica de la Universidad Juan Agustín Maza (UMaza), por el soporte económico.

**Referencias bibliográficas**

- Abraham, E.M. y Rodríguez Martínez, F. (2000a). Capítulo 2 Recursos y problemas ambientales de la provincia de Mendoza. Abraham, E.M., Catálogo de recursos humanos e información relacionada con la temática ambiental en la región andina argentina. <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/ladyot/catalogo/cdandes/cap02.htm#inhalt>
- Abraham, E.M. y Rodríguez Martínez, F. (2000b) Capítulo 4 Geomorfología de la provincia de Mendoza. Abraham, E.M., Catálogo de recursos humanos e información relacionada con la temática ambiental en la región andina argentina. <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/ladyot/catalogo/cdandes/cap04.htm#inhalt>
- Álvarez, A.R. (2018). Buenas prácticas de manejo y manufactura en la producción de miel. Informe INTA. <https://ruralnet.com.ar/2018/06/15/buenas-practicas-de-manejo-y-manufactura-en-la-produccion-de-miel/>
- ANMAT Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. (3 de diciembre de 2022). Portafolio educativo en temas clave en control de la inocuidad de los alimentos. Capítulo 4: Buenas prácticas aplicadas a los alimentos. [http://www.anmat.gov.ar/portafolio\\_educativo/pdf/cap4.pdf](http://www.anmat.gov.ar/portafolio_educativo/pdf/cap4.pdf)
- Azín, G. (2018). Erradicación de *Lobesia botrana*. ISCAMEN Instituto de Sanidad y Calidad Agropecuaria Mendoza. *Memoria anual 2016-2017*, 7, 11. <http://www.iscamen.com.ar/docs/difusion/memorias/2018/MEMO201617.pdf>
- Basilio, A.M., López, V.C., Landi, L., Mellado, L., Pedraza, F., Molina, G.A.R., y Gurini, L.B. (2023). Apicultura Argentina: contexto fundacional y elementos de resiliencia del sector. *Agronomía y Ambiente*, 43 (1), 24-34.
- Bradbear, N. (2005). La apicultura y los medios de vida sostenibles. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/y5110s/y5110s00.htm>
- Calvo Agudo, M., Tooker, J.F., Dicke, M. & Tena, A. (2022). Insecticide-contaminated honeydew: risks for beneficial insects. *Biological Reviews*, 97, 664-678. <https://doi.org/10.1111/brv.12817>
- Casciani, J.C. (2017). La apicultura en INTA Mendoza, una actividad que resurge. *Boletín INTA Mendoza en Acción*, 4, 6. <https://inta.gob.ar/documentos/boletin-inta-mendoza-en-accion-n%C2%B0-004>
- Cordova, D., Benner, E.A., Sacher, M.D., Rauh, J.J., Sopa, J.S., Lahm, G.P., & Tao, Y. (2006). Anthranilic diamides: A new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 84 (3), 196-214. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2005.07.005>
- Dinter, A., Brugger, K.E., Frost, N.M., & Woodward, M.D. (2009). Chlorantraniliprole (Rynaxypyr): A novel DuPont™ insecticide with low toxicity and low risk for honey bees (*Apis mellifera*) and bumble bees (*Bombus terrestris*) providing excellent tools for uses in integrated pest management. *Julius-Kühn-Archiv*, (423), 84-96.
- Di Pasquale, G., Salignon, M., Le Conte, Y., Belzunces, L.P., Decourtye, A., Kretzschmar, A., & Alaux, C. (2013). Influence of pollen nutrition on honey bee health: Do pollen quality and diversity matter? *PLoS ONE*, 8 (8), e72016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072016>
- EFSA European Food Safety Authority. (2013). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance chlorantraniliprole. *EFSA Journal*, 11 (6), 3143. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3143>
- Ferrari, M.S. (2016). Análisis tecnológicos y prospectivos sectoriales. Complejo productivo apícola. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/9.apicola.\\_maria\\_soledad\\_ferrari.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/9.apicola._maria_soledad_ferrari.pdf)
- FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations/ WHO World Health Organization. (2008). Pesticide residues in food - 2008. Toxicological evaluations. [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44290/9789241665247\\_eng.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44290/9789241665247_eng.pdf)
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C. & Rotheray, E.L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255957. <https://doi.org/10.1126/science.1255957>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M.P. (2014). Capítulo 9 Recolección de datos cuantitativos. Hernández Sampieri, R., Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. *Mc Graw-Hill*, 196-268.
- ISCAMEN Instituto de Sanidad y Calidad Agropecuaria Mendoza. (2017). Operativo *Lobesia botrana* 2017/18. [http://www.iscamen.com.ar/operativo\\_lobesia.php](http://www.iscamen.com.ar/operativo_lobesia.php)
- ISCAMEN Instituto de Sanidad y Calidad Agropecuaria Mendoza. (2018). *Lobesia botrana*: presentación del Operativo de Control 2018/19. <http://www.iscamen.com.ar/noticia.php?idNoticia=738>
- Lahm, G.P., Cordova, D., Barry, J.D. (2009). New and selective ryanodine receptor activators for insect control. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 17, 4127-4133. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2009.01.018>
- Medici, S.K., Blando, M., Sarlo, E., Maggi, M., Espinosa, J.P., Ruffinengo, S., & Recavarren, M. (2019). Pesticide residues used for pest control in honeybee colonies located in agroindustrial areas of Argentina. *International Journal of Pest Management*, 66, 163-172. <https://doi.org/10.1080/09670874.2019.1597996>
- OMS Organización Mundial de la Salud. (2019). Clasificación recomendada por la OMS de los plaguicidas por el peligro que presentan y directrices para la clasificación de 2019. <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1319595/retrieve>
- RENAPA Registro Nacional de Productores Apícolas (2018). Registro nacional de productor apícola información importante para los productores. Cadena apícola. Informe de coyuntura mensual. Ministerio de producción y trabajo, 182. <https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/Apicultura/documentos/SintesisApic182.pdf>
- Requier, F., Odoux, J.F., Henry, M. & Bretagnolle, V. (2017). The carry-over effects of pollen shortage decrease the survival of honeybee colonies in farmlands. *Journal of Applied Ecology*, 54 (4), 1161-1170. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12836>
- Sánchez-Bayo, F., Goulson, D., Pennacchio, F., Nazzid, F., Goka, K. & Desneux, N. (2016). Are bee diseases linked to pesticides? A brief review. *Environment International*, 89, 7-11. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.01.009>

- SENASA Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. (2010a).** Resolución 122-2010. <http://www.senasa.gob.ar/normativas/resolucion-122-2010-senasa-servicio-nacional-de-sanidad-y-calidad-agroalimentaria>
- SENASA Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. (2010b).** Resolución 934-2010. <http://www.senasa.gob.ar/normativas/resolucion-934-2010-senasa-servicio-nacional-de-sanidad-y-calidad-agroalimentaria>
- SENASA Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. (2015).** Listado de productos aprobados para su utilización en apicultura. [http://nuevaweb.senasa.gob.ar/sites/default/files/ARBOL\\_SENASA/ANIMAL/ABEJAS/PROD\\_PRIMARIA/SANID\\_APICOLA/EES/VAROOIS/productos\\_aprobados\\_para\\_uso\\_en\\_apicultura\\_20151.pdf](http://nuevaweb.senasa.gob.ar/sites/default/files/ARBOL_SENASA/ANIMAL/ABEJAS/PROD_PRIMARIA/SANID_APICOLA/EES/VAROOIS/productos_aprobados_para_uso_en_apicultura_20151.pdf)
- SENASA Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. (2017a).** Guía de sanidad animal para la agricultura familiar. Abejas. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/01-modulo\\_abejas\\_may2017.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/01-modulo_abejas_may2017.pdf)
- SENASA Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. (2017b)** Protección vegetal. Emergencia fitosanitaria por la plaga Lobesia botrana. <http://www.senasa.gob.ar/senasa-comunica/noticias/emergencia-fitosanitaria-por-la-plaga-lobesia-botrana>
- SENASA Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. (2017c).** Resolución 583-E-2017. [http://www.senasa.gob.ar/sites/default/files/ARBOL\\_SENASA/INFORMACION/NORMATIVA/RESOL\\_Y\\_ANEXOS/2017/r\\_senasa\\_583-2017\\_b.o.pdf](http://www.senasa.gob.ar/sites/default/files/ARBOL_SENASA/INFORMACION/NORMATIVA/RESOL_Y_ANEXOS/2017/r_senasa_583-2017_b.o.pdf)
- SENASA Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. (2018).** Cadena vegetal. *Lobesia botrana*. <http://www.senasa.gob.ar/cadena-vegetal/frutales/produccion-primaria/programas-fitosanitarios/lobesia-botrana>
- SENASA Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. (2021).** Resolución 414-2021. <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/247780/20210806>
- Tosi, S., Nieh, J.C., Sgolastra, F., Cabbri, R. & Medrzycki, P. (2017).** Neonicotinoid pesticides and nutritional stress synergistically reduce survival in honey bees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1869), 20171711. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.1711>
- Traynor, K.S., Pettis, J.S., Tapy, D.R., Mullin, C.A., Frazier, J.L., Frazier, M. & Vanengelsdorp, D. (2016).** In-hive Pesticide Exposome: Assessing risks to migratory honey bees from in-hive pesticide contamination in the Eastern United States. *Scientific report*, 6(1), 33207. <https://doi.org/10.1038/srep33207>
- US EPA United States Environmental Protection Agency. (2008)** Pesticide Fact Sheet. Chlorantraniliprole, 1-77. [https://www3.epa.gov/pesticides/chem\\_search/reg\\_actions/registration/fs\\_PC-090100\\_01-Apr-08.pdf](https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-090100_01-Apr-08.pdf)
- US EPA United States Environmental Protection Agency. (2020).** Chlorantraniliprole: Problem formulation for registration review, 1-48. <https://www.regulations.gov/document/EPA-HQ-OPP-2020-0034-0009>
- Vazquez, F. y Castignani, H. (2019).** El mercado apícola. Exportaciones de miel (enero - diciembre 2018). Ministerio de producción y trabajo. <https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/Apicultura/documentos/MIELn184ANEXO.pdf>
- Wang, F., Wang, Y., Li, Y., Zhang, S., Shi, P., Li-Byarlay, H., & Luo, S. (2022).** Pesticide residues in beebread and honey in *Apis cerana cerana* and their hazards to honey bees and human. *Ecotoxicology and environmental safety*, 238, 113574.
- Zhao, H., Li, G., Cui, X., Wang, H., Liu, Z., Yang, Y., & Xu, B. (2022).** Review on effects of some insecticides on honey bee health. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 188, 105219. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2022.105219>