



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ORIGEN DE LA PRESENCIA DE PESTICIDAS EN MIELES Y SU IMPLICACIÓN EN EL RIESGO

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN GESTIÓN DE
LA SEGURIDAD Y CALIDAD ALIMENTARIA

ALUMNO/A: ADRIÁN SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

TUTORA ACADEMICO: ISABEL ESCRICHE ROBERTO
COTUTORA: EVA MARÍA DOMÉNECH ANTICH

Curso Académico: 2020-2021

VALENCIA, SEPTIEMBRE 2021

TÍTULO: ORIGEN DE LA PRESENCIA DE PESTICIDAS EN MIELES Y SU IMPLICACIÓN EN EL RIESGO

RESUMEN: La miel es una sustancia natural que aporta numerosos beneficios nutricionales, no obstante, los tratamientos veterinarios aplicados a las abejas o los realizados en agricultura pueden comprometer dichos beneficios por ocasionar la presencia en ella de residuos de pesticidas. En el presente trabajo se ha realizado una revisión bibliográfica sobre la presencia de este tipo de residuos en la miel, en concreto, insecticidas, acaricidas, fungicidas y herbicidas, su concentración y su efecto sobre el riesgo del consumidor. En el conjunto de los artículos, se analizaron 2356 muestras de miel y se reportaron un total de 226 residuos de pesticidas en miel. Los pesticidas que con mayor frecuencia se encontraron fueron Imidacloprid, Acetamiprid, Cumafós y Amitraz, mientras que los que presentaron mayores concentraciones correspondieron a Bifentrina, β -HCH y DDT con valores que oscilaron entre 4541.00 y 2696.98 ng/g. Tan solo 4 artículos realizaron una evaluación del riesgo como herramienta para caracterizar el peligro por la presencia de pesticidas en la miel, llegando a la conclusión que, en general, es bajo el nivel de preocupación sobre la salud de los consumidores debido a los efectos de los pesticidas presentes en la miel.

PALABARAS CLAVE: Residuo de pesticida, miel, miel contaminada, evaluación del riesgo, HQ, HI.

TITLE: ORIGIN OF THE PRESENCE OF PESTICIDES IN HONEY AND THEIR IMPLICATION IN RISK

ABSTRACT: Honey is a natural substance that provides numerous nutritional benefits, however, veterinary treatments applied to bees or those carried out in agriculture can compromise these benefits by causing the presence of pesticide residues in it. In the present work, a bibliographic review has been carried out on the presence of this type of residues in honey, specifically insecticides, acaricides, fungicides and herbicides, their concentration and their effect on the consumer's risk. In the articles as a whole, 2356 honey samples were analyzed and a total of 226 pesticide residues in honey were reported. The most frequently found pesticides were Imidacloprid, Acetamiprid, Coumaphos and Amitraz, while those with the highest concentrations corresponded to Bifenthrin, β -HCH and DDT with values ranging from 4541.00 to 2696.98 ng/g. Only 4 articles carried out a risk assessment as a tool to characterize the danger due to the presence of pesticides in honey, reaching the conclusion that, in general, the level of concern about the health of consumers due to the effects of pesticides present in honey is low.

KEY WORDS: Pesticide residue, honey, contaminated honey, risk assessment, HQ, HI.

TÍTOL: ORIGEN DE LA PRESÈNCIA DE PESTICIDES EN MELS I LA SEUA IMPLICACIÓ EN EL RISC

RESUM: La mel és una substància natural que aporta nombrosos beneficis nutricionals, no obstant això, els tractaments veterinaris aplicats a les abelles o els realitzats en agricultura poden comprometre aquests beneficis per ocasionar la presència en ella de residus de pesticides. En el present treball s'ha realitzat una revisió bibliogràfica sobre la presència d'aquest tipus de residus en la mel, en concret, insecticides, acaricides, fungicides i herbicides, la seua concentració i el seu efecte sobre el risc del consumidor. En el conjunt dels articles, es van analitzar 2356 mostres de mel i es van reportar un total de 226 residus de pesticides en mel. Els pesticides que amb major freqüència es van trobar van ser Imidacloprid, Acetamiprid, Cumafós i *Amitraz, mentre que els que van presentar majors concentracions van correspondre a Bifentrina, β -HCH i DDT amb valors que van oscil·lar entre 4541.00 i 2696.98 ng/g. Tan sols 4 articles van realitzar una avaluació del risc com a eina per a caracteritzar el perill per la presència de pesticides en la mel, arribant a la conclusió que, en general, és sota el nivell de preocupació sobre la salut dels consumidors degut a l'efecte dels pesticides presents en la mel.

PARAULES CLAU: Residu de pesticida, mel, mel contaminada, avaluació del risc, HQ, HI.

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

| Abreviatura | Nombre completo |
|-------------|--|
| | Dosis de Referencia |
| ARfD | Aguda |
| | 1,1,1-tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)-etano |
| DDT | |
| EDI | Ingesta Diaria Estimada |
| g | Gramo |
| HI | Índice de peligro |
| HQ | Cociente de peligro |
| IDA | Ingesta Diaria Admisible |
| IC | Índice de calidad |
| | Límite Máximo de |
| LMR | Residuo |
| ng | Nanogramo |
| RfD | Dosis de Referencia |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. La miel como producto | 1 |
| 1.1.1. CONTEXTO DE PRODUCCIÓN DE LA MIEL | 1 |
| 1.2. Contaminación de la miel con pesticidas y su implicación en la salud de la colmena | 2 |
| 2. METODOLOGÍA | 4 |
| 3. RESULTADOS | 4 |
| 3.1. Legislación, normas internacionales y valores referencia | 4 |
| 3.2. Residuos de pesticidas | 5 |
| 3.2.1. Residuos de insecticidas | 6 |
| 3.2.2. Residuos de acaricidas | 9 |
| 3.2.3. Residuos de fungicidas | 11 |
| 3.2.4. Residuos de herbicidas..... | 12 |
| 3.3. Análisis del riesgo | 13 |
| 4. CONCLUSIONES | 15 |
| 5. AGRADECIMIENTOS | 16 |
| 6. REFERENCIAS | 16 |
| 7. ANEXOS | 20 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Distribución de la producción mundial de miel en 2019..... | 2 |
| Figura 2. Principales países productores de miel en 2018..... | 2 |
| Figura 3. Muestras de miel aportadas por cada país, en el conjunto de estudios analizados..... | 5 |
| Figura 4. Pesticidas detectados según el país de origen de la miel..... | 5 |
| Figura 5. Distribución del número de residuos reportados, según el tipo de pesticida..... | 6 |
| Figura 6. Imagen parcial del anexo 2..... | 7 |
| Figura 7. Índice de Calidad para insecticidas en artículos tipo A..... | 8 |
| Figura 8. Índice de Calidad para insecticidas en artículos tipo B..... | 9 |
| Figura 9. Índice de Calidad para acaricidas en artículos tipo A..... | 10 |
| Figura 10. Índice de Calidad para acaricidas en artículos tipo B..... | 10 |
| Figura 11. Índice de Calidad para fungicidas en artículos tipo A..... | 11 |
| Figura 12. Índice de Calidad para fungicidas en artículos tipo B..... | 12 |
| Figura 13. Índice de Calidad para herbicidas en artículos tipo A..... | 13 |
| Figura 14. Índice de Calidad para herbicidas en artículos tipo B..... | 13 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Cálculo del riesgo en mieles reportado por diferentes autores..... | 14 |
|--|----|

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La miel como producto

La miel es la sustancia dulce natural producida por abejas *Apis mellifera* a partir del néctar de las plantas, secreciones de partes vivas de éstas o excreciones de insectos succionadores de plantas que quedan sobre partes vivas de las mismas y que las abejas recogen, transforman y combinan con sustancias específicas propias, depositan, deshidratan, almacenan y dejan en el panal para que madure y añeje (Comisión del Codex Alimentarius, 2001).

La miel es básicamente una solución de azúcares, especialmente fructosa y glucosa (Gheldof et al., 2002; Lachman et al., 2010). Además, contiene una compleja mezcla de otros hidratos de carbono, enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, minerales, sustancias aromáticas, pigmentos, ceras, granos de polen, etc. (Belitz et al., 2014). La concentración de estos compuestos está determinada por numerosos factores como los tipos de floraciones, estado de las abejas melíferas, condiciones climáticas, prácticas apícolas etc. (da Silva et al., 2016; Escuredo et al., 2014).

Los componentes minoritarios de la miel, son en parte los responsables de las propiedades beneficiosas que se le atribuyen. Algunos compuestos fenólicos le otorgan múltiples cualidades nutricionales y medicinales, tales como prevención de trastornos intestinales, úlceras de estómago, gastroenteritis, insomnio, afecciones de garganta y algunas cardíacas. Su uso tópico es beneficioso para quemaduras y heridas, debido a la presencia de sustancias contenidas en las plantas pecoreadas ya que, favorece la cicatrización y previene infecciones gracias a la presencia de la enzima glucosa-oxidasa (Küçük et al., 2007; Liu et al., 2013; McKibben y Engeseth, 2002).

La miel se ha utilizado en medicina y alimentación desde la antigüedad (Gheldof et al., 2002), sin embargo, no se sabe con certeza desde cuando el hombre la introdujo en su dieta, aunque sí que hay constancia de que se recolectaba hace más de 8000 años, como queda constancia en las pinturas rupestres de la cueva de la Araña (Bicorp, Valencia) (Juan-Borrás, 2016).

1.1.1. CONTEXTO DE PRODUCCIÓN DE LA MIEL

La mitad de la producción mundial de miel (1.852.598 toneladas) se concentra en Asia (826.939 toneladas), seguida de Europa (400.670 toneladas), América (400.447 toneladas), África (189.876 toneladas) y Oceanía (34686 toneladas) (figura 1), según información de FAOSTAT (2019).

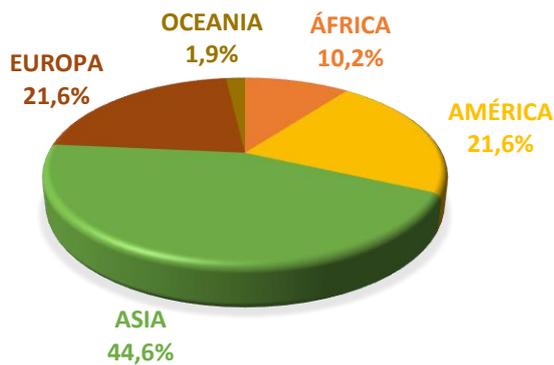


Figura1. Distribución de la producción mundial de miel en 2019.

Por países China es el primer país productor de miel, con 446900 toneladas en 2018, seguido de Turquía (107920 toneladas) y Canadá (94996 toneladas). La producción en España para ese año fue de 36394 toneladas, lo cual la situó en la posición número 13 a nivel mundial (Figura 2) (FAOSTAT, 2018).

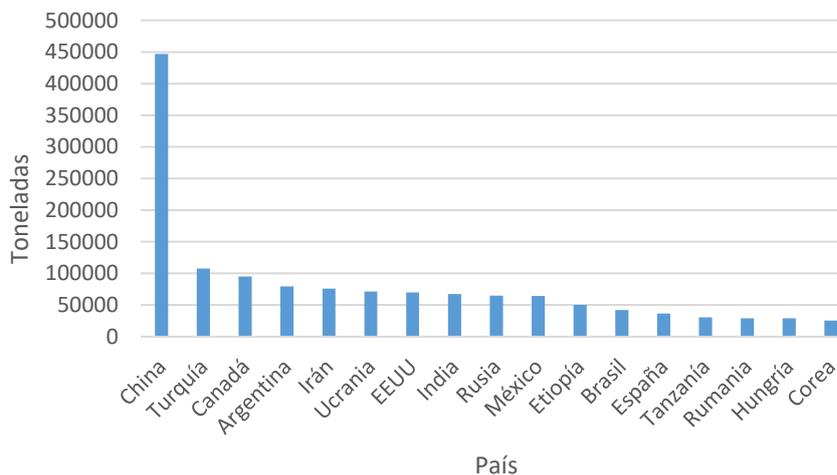


Figura2. Principales países productores de miel en 2018.

1.2. Contaminación de la miel con pesticidas y su implicación en la salud de la colmena

Las abejas padecen enfermedades infecciosas, lo que en ocasiones es necesario aplicar medicamentos veterinarios para su tratamiento (pesticidas y antibióticos principalmente), al igual que se hace en otras ganaderías. Una de las enfermedades que más problemas causan a la apicultura a nivel mundial son la Loque americana y la Loque europea, que afectan a larvas y pupas. Ambas son ocasionadas por bacterias y son tratadas con compuestos de la familia de las sulfamidas y tetraciclinas, respectivamente (Hammel et al., 2008). Además, la abeja melífera se ve afectada por la presencia de parásitos que disminuyen su producción, y en mayor medida provocan su muerte. El más importante es el ácaro *Varroa destructor* (Anderson & Trueman, 2000). Este parásito las larvas de las abejas causándoles graves problemas ya que se alimentan de la hemolinfa de la abeja, produciéndole gran desgaste energético, llevándola hasta la extenuación y por consiguiente a su muerte.

(Willians, 2000). La Varroasis es considerada como la plaga más problemática de *Apis mellifera* en el mundo. Plaguicidas tales como amitraz, cumafós, flumetrina, tau-fluvalinato se usan para el control del ácaro y pueden permanecer como residuos en la miel cuando se aplican de forma inapropiada en la colmena (Sammataro & Finley, 2004).

La abeja, está expuesta no solo a los plaguicidas veterinarios empleados en apicultura, sino también a los que se utilizan en agricultura. Se ha demostrado que éstos últimos pueden desplazarse fácilmente desde la zona de su aplicación contaminando así el polen y el néctar de las flores silvestres (Long y Krupke, 2016). Esto, a su vez puede conducir a la producción de miel con presencia de estos residuos incluso en colmenares orgánicos, como se ha descrito en Italia (Chiesa et al., 2016; Karise et al., 2007). En definitiva, la abeja melífera está expuesta a distintos contaminantes ambientales, a través de diversas vías, entre las que cabría destacar el consumo de polen y néctar contaminado, el contacto con plantas y suelo de cultivos en los que los agricultores aplican plaguicidas, la inhalación durante el vuelo y recolección, la ingestión de aguas superficiales o la pulverización directa (Bogdanov, 2006; Colin et al., 2004). Este riesgo se puede reducir rociando los cultivos por la noche, ya que las abejas melíferas salen de la colmena entre el amanecer y aproximadamente antes del atardecer (Sánchez-Bayo y Goka, 2016).

Algunos estudios relacionados con la presencia de contaminantes en productos apícolas, ofrecen información sobre el estado de los ecosistemas cercanos a las colmenas (Conti & Botrè, 2001).

Los pesticidas o plaguicidas, tienen la finalidad de destruir ciertos organismos vivos, constituyéndose, así como un grupo particular de los biocidas que puede alcanzar una capacidad letal amplia (FAO, 1986). En Anexo 1 se muestra diferentes criterios para su clasificación atendiendo a: destino de aplicación o uso, acción específica; formulación o preparado y naturaleza química. Alrededor del 80% de los insecticidas agrícolas que se usan actualmente en Europa son organofosforados y carbamatos (Blasco et al., 2011). En los últimos años han aparecido otros insecticidas llamados neocotinoideos, que vienen siendo muy usados, por presentar una serie de ventajas en la agricultura, sin embargo, en febrero de 2018, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) confirmaron el riesgo para la abeja (al relacionarlos con el síndrome de despoblamiento de la colmena) y prohibieron el uso de tres neonicotinoideos clave: clotianidina, imidacloprid y tiametoxam, en cultivos atractivos para las abejas (Miha Mrzlikar et al., 2019).

Los efectos tóxicos que los pesticidas generan en el ser humano han sido ampliamente estudiados (OMS, 1993). Su biodisponibilidad en el organismo depende de su toxicocinética: absorción, distribución, metabolismo y eliminación. Estos procesos están influenciados tanto por factores externos relacionados con los patrones de exposición y con las sustancias químicas (tipo de empleo, temperatura ambiental, tipo de plaguicida, frecuencia, intensidad y duración de la exposición, etc.), como por factores inherentes al individuo (edad, sexo, dotación genética, estado de salud, estado nutricional, estilos de vida, vía principal de absorción, etc.) (Fait y Colosio, 1998). Es por ello que la FAO/WHO, propone realizar una evaluación de riesgos para

analizar las posibles consecuencias que la aplicación de pesticidas puede tener para la salud de los consumidores (U.S. EPA, 2000; FAO/WHO, 2007).

El objetivo de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica sobre la presencia de pesticidas en la miel, en concreto de, insecticidas, acaricidas, fungicidas y herbicidas, su concentración y su efecto sobre el riesgo del consumidor.

2. METODOLOGÍA

Para la búsqueda de información se utilizaron las siguientes bases de datos: PubMed, ScienceDirect, Scopus y Google Scholar. Las palabras clave utilizadas para la búsqueda fueron: *Honey, Pesticide, Pesticide residues, Contaminated honey, Risk Assessment*.

Después de la selección por título y resumen de los artículos y la eliminación de los repetidos, se analizaron un total de 32 artículos, los cuales fueron publicados entre 2003 y 2021 en distintas revistas científicas. El origen geográfico de las diferentes mieles que se analizan en estos artículos, pertenece a un total de 25 países distintos, siendo el conjunto de muestras de miel analizadas de 2356.

3. RESULTADOS

3.1. Legislación, normas internacionales y valores referencia

Los criterios de calidad para la miel están definidos tanto por el Codex Alimentarius (2001), como por la Comisión Europea (Directiva 2001/110/CE), los cuales guardan pocas diferencias. En España, el Real Decreto 1049/2003, transposición de la citada Directiva, establece la norma relativa a la calidad de la miel.

La unión europea establece los límites máximos de residuos de plaguicidas en alimentos y piensos de origen vegetal y animal en el Reglamento (CE) No 396/2005, en EEUU, quedan regulados en el CFR (Code of Federal Regulations) Title 40, Part 180. También se establecen estos límites en el "Codex Alimentarius" CAC/MRL 1.

La agencia federal estadounidense para la Protección Ambiental (U.S. EPA), emplea la "Dosis de Referencia" (RfD) como la cantidad de una sustancia activa por kilogramo de peso corporal, que se puede ingerir durante toda la vida, sin que exista un riesgo para el consumidor. Por otro lado, Comité Mixto OMS/FAO del Codex Alimentarius acuñó por vez primera el concepto de Ingesta Diaria Admisible (IDA) para establecer umbrales máximos de exposición a contaminantes en alimentos. La IDA se define como cantidad aproximada (en miligramos) de una sustancia expresada en relación al peso corporal que se puede ingerir a diario durante toda la vida de una persona, sin que llegue a representar un riesgo apreciable para la salud.

3.2. Residuos de pesticidas

En revisión realizada, un total de 2356 muestras de mieles de distintos países fueron analizadas en busca de pesticidas, en la figura 3 se puede ver la cantidad de muestras que se han analizado atendiendo al país de origen de la miel, siendo Francia, China, Japón y Canadá los países que más muestras de miel aportaron, por el contrario, fueron Kenia, Etiopía y Arabia Saudí los países en los que menos muestras de miel se analizaron.

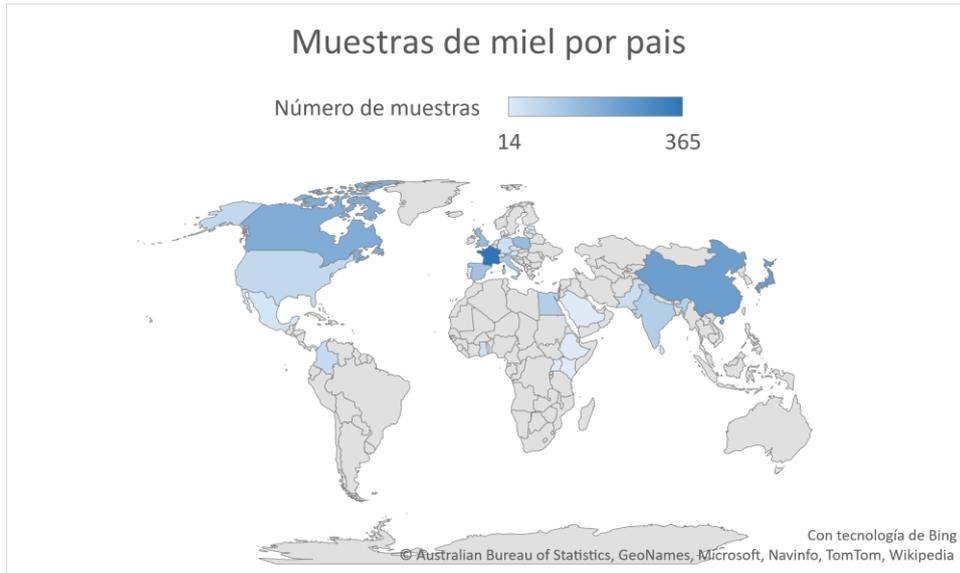


Figura 3. Muestras de miel aportadas por cada país, en el conjunto de estudios analizados.

El número de pesticidas detectados, también varía según el origen geográfico de la miel. En la figura 4 se muestra la cantidad de pesticidas detectados por país de procedencia de la miel. Los países en los que más pesticidas se detectaron fueron: Francia (39), Italia (29), España (28), Polonia (22), Etiopía (17), Kenia (16) y México (15).



Figura 4. Pesticidas detectados según el país de origen de la miel.

En la figura 5, se muestra la distribución de los diferentes tipos de pesticidas reportados. Se puede observar que la mayoría de los residuos pertenece al grupo de los insecticidas, seguido de los fungicidas y acaricidas, siendo el grupo de pesticidas menos reportado los herbicidas.

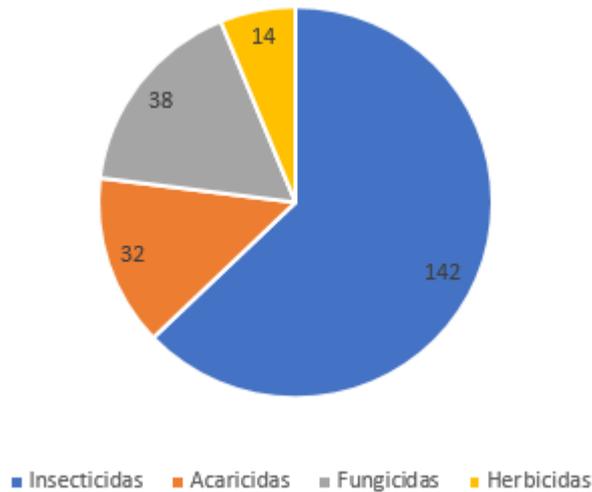


Figura 5. Distribución del número de residuos reportados, según el tipo de pesticida.

En los anexos del 2 al 5, se muestran las tablas realizadas con la revisión en las que se presenta el promedio de las concentraciones de los distintos residuos, diferenciando entre artículos de tipo A, donde el promedio se calculó a partir de conjunto total de las muestras de miel y los del tipo B, donde su cálculo fue realizado a partir de las muestras que resultaron contener el residuo en cuestión. También se encuentran artículos que tan solo ofrecieron datos sobre la concentración máxima y mínima detectada. El LMR de los pesticidas, se obtuvo a través de la base de datos de la Unión Europea. Por último, se calculó el índice de calidad (IC), a partir del promedio de concentración y representa el porcentaje del LMR al cual equivale dicha concentración.

3.2.1. Residuos de insecticidas

Los residuos de insecticidas encontrados en muestras de miel se pueden ver en el Anexo 2. La figura 6 es una muestra parcial de su contenido. Como puede observarse, de cada uno de los artículos revisados se ha indicado el nombre del residuo y el tipo de artículo (A o B), los artículos tipo A son aquellos que calcularon el promedio de pesticidas sobre el conjunto total de las muestras y los de tipo B calcularon este a partir de las muestras en las que el residuo había sido cuantificado. También encontramos el promedio, desviación estándar, máximo, mínimo, límite de detección de aquellos artículos que se ofrecía dicha información, el tipo de miel y su país de origen, las muestras y los pesticidas analizados en cada artículo, así como la referencia bibliográfica y el método de análisis, también aparece el índice de calidad calculado.

| Residuo | Tipo | \bar{x} (ng g ⁻¹) | SD | Max | Min | LOD | LMR | Tipo de miel | MA/MA* | PA | País | Referencia | MTA | IC |
|------------------------|------|---------------------------------|------|-------|-----|-------|--------|--------------|--------|----|---------|----------------------|--------|--------|
| Buprofecina | A | 12,30 | 3,00 | 48,80 | >LD | 29,90 | 50,00 | NC | 141 | 80 | Francia | | CG-ToF | 24,60 |
| Carbaril | A | 0,18 | 0,53 | 4,10 | >LD | 0,10 | 50,00 | | | | | | CL-MS | 0,36 |
| Carbofurano | A | 0,06 | 0,28 | <LOQ | >LD | 0,03 | 50,00 | | | | | | CL-MS | 0,12 |
| Metil-Clorinfos | A | 0,24 | 0,31 | <LOQ | >LD | 0,10 | 10,00 | | | | | | CG-ToF | 2,40 |
| Cipermetrina | A | 2,38 | 1,58 | <LOQ | >LD | 4,50 | 50,00 | | | | | | CG-ToF | 4,76 |
| Diazinón | A | 3,85 | 1,06 | 14,00 | >LD | 7,40 | 10,00 | | | | | | CG-ToF | 38,50 |
| β -Endosulfán | A | 5,26 | 1,30 | <LOQ | >LD | 10,30 | 10,00 | | | | | | CG-ToF | 52,60 |
| Fenoxicarb | A | 0,06 | 0,17 | <LOQ | >LD | 0,10 | 50,00 | | | | | | CL-MS | 0,12 |
| Imidacloprid | A | 0,14 | 0,28 | <LOQ | >LD | 0,20 | 50,00 | | | | | | CL-MS | 0,28 |
| Phoxim | A | 0,13 | 0,53 | <LOQ | >LD | 0,10 | 20,00 | | | | | | CL-MS | 0,65 |
| Butóxido de piperonilo | A | 0,48 | 1,26 | <LOQ | >LD | 0,20 | *10,00 | | | | | | CL-MS | 4,80 |
| Piriproxifeno | A | 0,83 | 0,40 | <LOQ | >LD | 1,50 | 50,00 | | | | | | CL-MS | 1,66 |
| Fosfato de trifenilo | A | 0,45 | 0,67 | <LOQ | >LD | 0,70 | 50,00 | | | | | Lambert et al., 2013 | CG-ToF | 0,90 |
| Metil-Azinfos | B | 21,80 | | | | 5,00 | *10,00 | NC | 229/10 | 41 | | | CL-MS | 218,00 |
| Carbaril | B | 30,80 | | | | 5,00 | 50,00 | | 227/2 | | | | CL-MS | 61,60 |
| Carbofurano | B | 16,10 | | | | 5,00 | 50,00 | | 239/3 | | | | CL-MS | 32,20 |
| Deltametrina | B | 2,60 | | | | 5,00 | 50,00 | | 239/2 | | | | CG-MS | 5,20 |
| Imidacloprid | B | 0,70 | | | | 5,00 | 50,00 | | 239/71 | | | | CL-MS | 1,40 |
| Lindano | B | 8,50 | | | | 5,00 | 10,00 | | 239/2 | | | Chauzat et al., 2009 | CG-MS | 85,00 |

Figura 6. Imagen parcial del anexo 2.

Fueron 26 los autores que reportaron residuos de insecticidas en miel. En un total de 1632 muestras de miel provenientes de 22 países alrededor del mundo, se detectaron 60 residuos diferentes, con distintas frecuencias de detección. El 60.5% de los artículos (16) no especifica el origen botánico de la miel, el 19.2% (5) especifica mil flores como origen, dos artículos indican múltiples orígenes y otros tres artículos especifican mieles de algodón, colza y manzano. De los 143 insecticidas reportados un 52.4% se identificaron haciendo uso de la cromatografía de gases y un 47.6% mediante cromatografía líquida, siendo el detector más empleado el de masas, para un 61.5% de los residuos.

El número de residuos de insecticidas detectados en los distintos países, está en el rango de 1 a 19, siendo la mayor cantidad de residuos encontrada en Italia y la menor en Alemania y Estonia. Los residuos detectados con mayor frecuencia fueron los neonicotinoides: Imidacloprid, Acetamiprid y Tiacloprid y el DDT, de todos ellos se detectaron algunos niveles superiores a los LMR's. La concentración máxima de Imidacloprid fue de 72.00 ng/g (Song et al., 2018), para el Acetamiprid y el Tiacloprid 130.00 ng/g y 200 ng/g respectivamente (Gawel et al., 2019), según concluyo Gawel et al. (2019), la contaminación indirecta de la miel por productos fitosanitarios es actualmente la principal fuente de contaminación de la miel. Para el DDT el valor máximo reportado por Ruiz-Toledo et al. (2018) fue 2697.00 ng/g, este concluyó que, a pesar de estar prohibida su utilización desde hace tiempo, era muy probable que, en las zonas del estudio, se siguiera utilizando y afirmaba que las políticas de control de pesticidas no eran eficientes en México.

Yaqub et al. (2020) reportó en mieles de Pakistán, concentraciones máximas 450 veces superiores al LMR de Bifentrina (4541.00 ng/g) y también muy elevadas de Lambda-cialotrina (733.00 ng/g), del mismo modo, Blasco et al. (2003) reportó concentraciones muy elevadas de β -HCH (3490.00 ng/g) en mieles de Portugal, el autor concluye que, a pesar su prohibición, se trata de sustancias persistentes en el medio y que debido a su carácter lipofílico son solubles y estables en la cera pudiendo migrar gradualmente a la miel almacenada.

De todos los residuos de insecticidas, se calculó el IC a partir del promedio de la concentración, un 35% de los residuos tuvo un IC inferior a 10, el 18%

era superior a 100 y un 15% de los residuos de insecticida reportados no ofrecía el promedio y por tanto no se pudo calcular.

En la figura 7, se muestra gráficamente los valores del índice de calidad (IC), entendido como el cociente entre la concentración y el LMR, para cada residuo de insecticida, calculado en los artículos tipo A, donde el promedio del residuo se calculó sobre el conjunto total de las muestras. Se puede observar que son 6 residuos los que se supera el 100% del LMR, estos son Heptacloro, Hepóxido-Heptacloro, DDT, Permetrina, Metil-Clorinfos y α -Endosulfán. Los valores del índice de calidad del DDT oscilan entre 1.90 (Rodríguez et al., 2014) y 741.10 (Ruiz-Toledo et al., 2018), los del Metil-Clorinfos oscilan entre 0.9 (Juan-Borrás et al., 2016) y 320.00 (Lozano et al., 2018). También se puede observar que tres residuos tienen valores máximos del IC de 100, estos son el Clorpirifós, Diazinon y γ -HCH.

En la figura 8, se representa el índice de calidad calculado para los artículos tipo B, donde el promedio se calculó a partir de las muestras donde el residuo estaba presente. Un total de 18 residuos de insecticida diferentes, superaron en al menos una ocasión el 100% del LMR, tanto el DDT como el Lindano superaron este límite en dos ocasiones. Se puede observar la variación del índice de calidad en algunos residuos como el Clopirifós, Lambda-ciolatrina, Forato y Metil-azinfós, donde su índice de calidad oscila entre menos de 10 y más de 200.

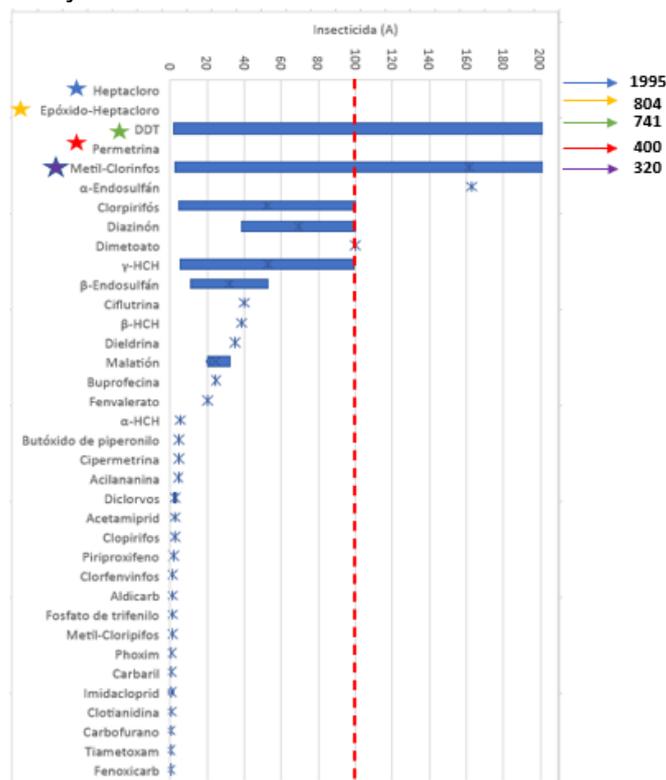


Figura 7. Representación del Índice de Calidad en artículos tipo A, calculado a partir del promedio de residuos de insecticidas en el conjunto total de las muestras de miel analizadas.

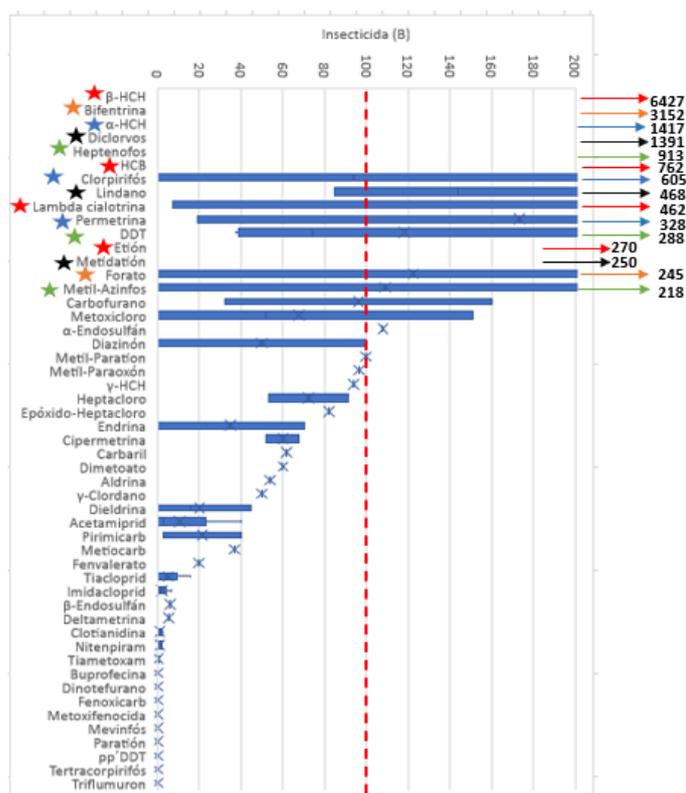


Figura 8. Representación del Índice de Calidad en artículos tipo B, calculado a partir del promedio de insecticidas en las muestras donde el residuo fue cuantificado.

3.2.2. Residuos de acaricidas

En el Anexo 3, se muestra los residuos de acaricidas en muestras de miel. Los parámetros analizados de los distintos artículos son los mismos que los del anexo 2. Un total de 12 autores reportaron 13 residuos de acaricidas diferentes y sus metabolitos en 1365 muestras de miel de 10 países alrededor del mundo. Algunos residuos se detectaron varias veces en diferentes países. El 71.1% de las mieles analizadas en busca de acaricidas, no especifica el origen botánico de estas y un 14.1% de las muestras son de mil flores. De un total de 32 residuos de acaricidas detectados, un 62.5% emplearon la cromatografía líquida con un detector espectrómetro de masas en su determinación y un 34.4% la cromatografía de gases con diferentes tipos de detector.

El Cumafós fue el residuo más frecuente, detectado por 7 autores en 5 países, con una concentración máxima de 56.40 ng/g reportada en mieles de Francia por Lambert et al. (2013), este autor concluye que a pesar de ser un acaricida prohibido en ese país, se sigue encontrando en la mayoría de las muestras (110/141) por el uso crónico en el pasado y acumulación en la cera.

El siguiente residuo más común fue el Amitraz y sus metabolitos (DMF, DMPF), detectado por 6 autores en 5 países diferentes, se puede destacar su presencia en miles de Japón donde fue detectado en 127 de las 250 mieles analizadas por Nakajima et al. (2015), sin embargo, la concentración no supero en ningún caso los 20 ng/g. Juan-Borrás et al. (2016), detecto este

residuo en el 100% de las mieles analizadas y resaltó esto, por el hecho de la probada inestabilidad del compuesto.

Las concentraciones máximas más altas de acaricidas reportadas, fueron para el Amitraz (600.00 ng/g) en mieles de Polonia (Gaweł et al., 2019), seguido del Monocrotofós (430.10 ng/g) en mieles de la India (Kumar et al., 2019) y para Phosmet (234.50 ng/g) en mieles de España (Lozano et al., 2019). En todos los casos se superó el límite máximo de residuo.

En las figuras 9 y 10, se muestra el índice de calidad, calculado a partir del promedio de concentración de los diferentes residuos encontrados.

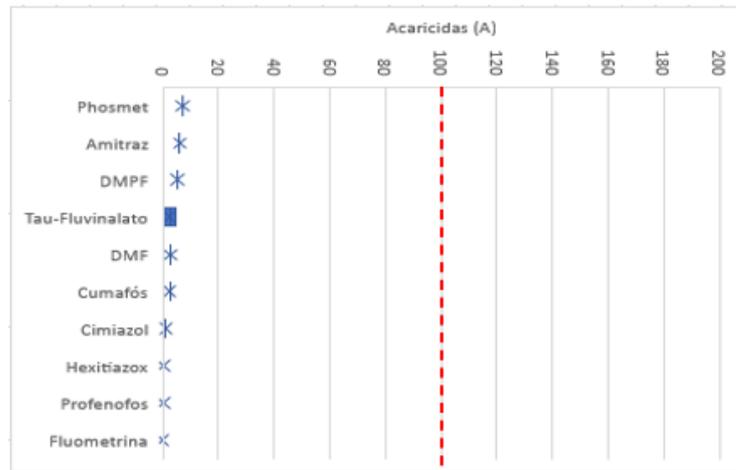


Figura 9. Representación del Índice de Calidad en artículos tipo A, calculado a partir del promedio de residuos de acaricidas en el conjunto total de las muestras de miel analizadas.

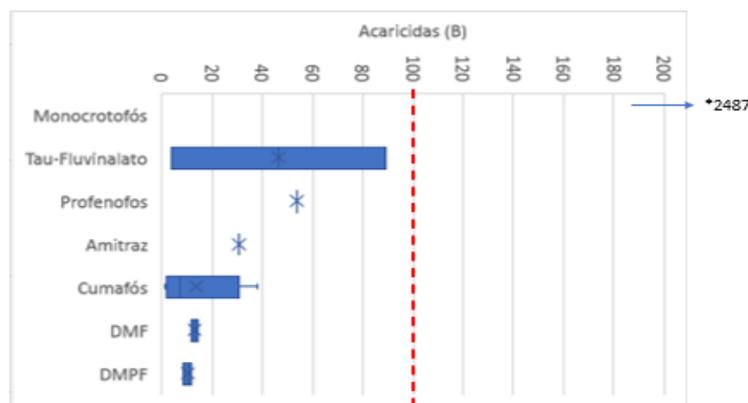


Figura 10. Representación del Índice de Calidad en artículos tipo B, calculado a partir del promedio de acaricidas en las muestras donde el residuo fue cuantificado.

En los artículos de tipo A, donde el promedio de residuo se calculó sobre el conjunto total de las muestras analizadas, ningún pesticida detectado superó el 10% del LMR, sin embargo, el valor máximo de Fenitrotión (54.00 ng/g) reportado por Rodríguez et al. (2014) superó considerablemente su LMR (10.00 ng/g). En los artículos de tipo B, tan solo el Monocrotofós reportado por Kumar et al. (2017) en mieles de la India supera el LMR con una concentración promedio de 248.70 ng/g, situándose su índice de calidad en 2487, cabe

mencionar que el límite de detección para este residuo se encuentra por encima del LMR asignado. El índice de calidad del Tau-fluvinolato oscilo entre 89.4 y 0.36, reportado en mieles de Francia (Chauzat et al., 2009) y España (Juan-Borrás et al., 2016) respectivamente.

Estos hallazgos indican que algunos residuos de acaricidas (Amitraz, Phosmet, y Monocrotofos y Fenitrotión) pueden suponer un riesgo para la salud de los consumidores.

3.2.3. Residuos de fungicidas

El Anexo 4, muestra los residuos de fungicidas reportados en muestras de miel. En 778 muestras de miel analizadas 23 residuos de fungicidas diferentes fueron reportados por 12 autores, con distintas frecuencias de detección, siendo el número de residuos total de 38. El 80.8 % de las mieles analizadas no indicaba su origen botánico, un 11.8% de las muestras de miel fueron de mil flores y un 7.3 % de manzano.

Boscalida, Carbendacima, Ciproconazol y Tebuconazol, fueron los residuos que se detectaron con mayor frecuencia, en ningún caso la concentración máxima de estos supero su LMR. Las concentraciones más elevadas de funguicidas fueron para la Vinclozolina (109.40 ng/g) reportada por Chauzat et al. (2009), el Tetraconazol (98.00 ng/g) y el Benalaxil (89.00 ng/g) reportado por Lozano et al. (2018), en todos los casos estas concentraciones superaron el LMR que para estos residuos es de 50.00 ng/g.

En las figuras 11 y 12 se muestra el índice de calidad calculado para los artículos tipo A y tipo B. Se puede observar que en los artículos de tipo A, ningún residuo supero el 20% del LMR. En los artículos de tipo B fueron cuatro los residuos con un índice de calidad superior a 100: Vinclozolina, Ciproconazol, Benalaxil y Hexaconazol.

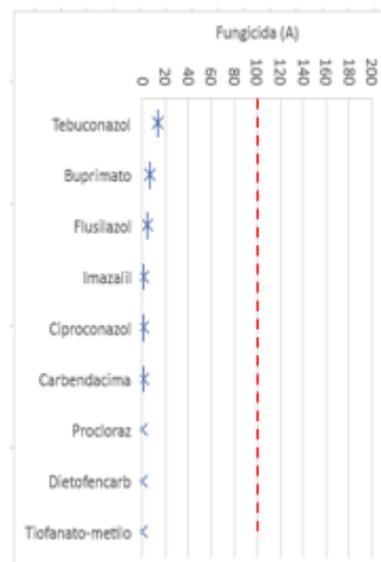


Figura 11. Representación del Índice de Calidad en artículos tipo A, calculado a partir del promedio de residuos de fungicidas en el conjunto total de las muestras de miel analizadas.

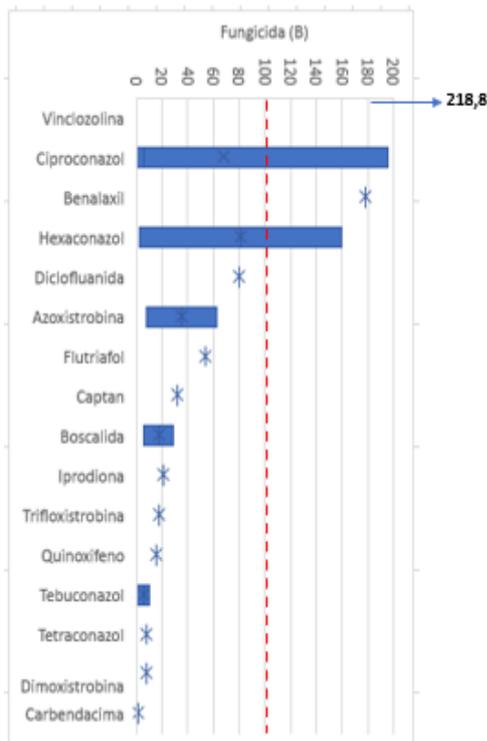


Figura 12. Representación del Índice de Calidad en artículos tipo B, calculado a partir del promedio de fungicidas en las muestras donde el residuo fue cuantificado.

Autores como El-Nahhal Y. (2020) concluyen que la aparición de residuos de fungicidas en muestras de miel se debe al uso generalizado de estos productos químicos en el suelo para controlar enfermedades, a menudo como apósitos para semillas y otras veces como fumigaciones foliares para controlar hongos.

3.2.4. Residuos de herbicidas

El anexo 5 muestra los residuos y las concentraciones de herbicidas halladas en muestras de miel. Un total de 8 autores, reportaron 14 residuos de herbicidas en 471 muestras de miel, el número de herbicidas diferentes fue de 10. En cuanto al origen botánico de las mieles, un 97% no estaba indicado.

El residuo que más veces se detectó fue el Glifosato, el cual corresponde con la concentración más alta reportada (292 ng/g) (Berg et al., 2018), el autor correlaciona la presencia de residuos de glifosato en muestras de miel tomadas directamente de la colmena con la presencia de monocultivos a grande escala cerca del asentamiento.

En las figuras 13 y 14 observamos el índice de calidad, calculado a partir de los promedios de residuos, para los artículos de tipo A tan solo el Fluazifop, superó el límite del IC, en los artículos de tipo B tanto el Glifosato como el Clopiralid superaron el 100% del LMR.



Figura 13. Representación del Índice de Calidad en artículos tipo A, calculado a partir del promedio de residuos de herbicidas en el conjunto total de las muestras de miel analizadas.

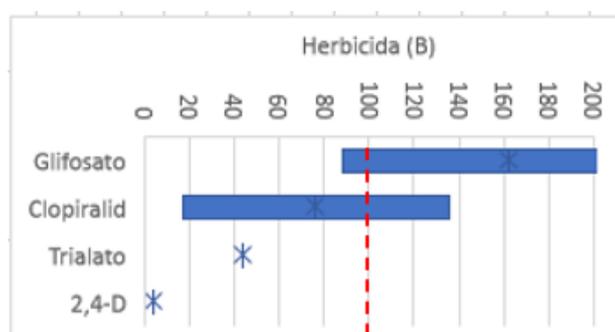


Figura 14. Representación del Índice de Calidad en artículos tipo B, calculado a partir del promedio de herbicidas en las muestras donde el residuo fue cuantificado.

3.3. Análisis del riesgo

De los 32 artículos revisados tan solo 4 realizaban un análisis del riesgo para el ser humano y uno de ellos calculaba el riesgo para las abejas. Solo se tuvo en cuenta los artículos donde se pone de manifiesto la implicación de los residuos detectados en la salud humana. La estimación cuantitativa del riesgo se realiza de forma diferente para compuestos cancerígenos no genotóxicos y genotóxicos. Los compuestos no genotóxicos se caracterizan por tener un nivel de exposición umbral, equivalente a una dosis que administrada durante toda la vida es improbable, incluso en poblaciones sensibles, que produzca efectos adversos. Por el contrario, para sustancias con efecto carcinógeno y genotóxico no existe umbral.

El riesgo para los carcinógenos con umbral como es el caso general de los pesticidas se caracteriza calculando el cociente entre la ingesta diaria estimada (EDI) y la dosis umbral. El resultado de este cociente se denomina Cociente de Peligro que cuando es menor de 1, podemos decir que no es probable que se produzcan efectos adversos, y el riesgo puede considerarse insignificante sin embargo cuando HQ es mayor de 1, y por tanto se supera el umbral de exposición seguro, debe considerarse la probabilidad de que se produzca un efecto adverso (ATSDR, 2005). Sin embargo, los consumidores están expuestos a más de un plaguicida a través de la dieta, porque los

alimentos pueden contener más de un residuo o las personas consumen combinaciones de alimentos que contienen diferentes plaguicidas, lo cual puede resultar en una subestimación del riesgo para la salud (Gallagher et al., 2015). Por ello se emplea el índice de peligro (HI), que se define como la suma del HQ para cada compuesto químico. Convencionalmente, un HI menor a 1 indica que la exposición total no excede el nivel considerado como "aceptable", y es poco probable que las personas estén expuestas a un nivel tóxico con posibles consecuencias para la salud. Por el contrario, si supera uno, existe la posibilidad de sufrir efectos adversos (Yu et al., 2016)

Los artículos hicieron una evaluación del riesgo calculando los cocientes HQ y HI, utilizando para ello una estimación de la ingesta diaria diferente en cada caso. Por otro lado, mientras Kumar et al., 2018 y Juan-Borrás et al., 2016 emplearon la ingesta diaria admisible (IDA) para el cálculo de HQ, Mukiibi et al., 2021, utilizó la dosis de referencia aguda (ARfD) y Bommuraj et al., 2019 utilizó la RfD (dosis de referencia), que es similar a la IDA.

Juan-Borrás et al. en 2016, calculó el riesgo por ingesta crónica, independientemente para cada muestra de miel analizada, pero no ofreció resultados numéricos, tan solo expresa de forma gráfica dichos resultados, donde tanto HQ como HI tuvieron valores muy bajos menores de 1 y por lo tanto indican que no cabe esperar ninguna consecuencia en la salud de los consumidores. Bommuraj et al. (2019) y Kumar et al. (2018) realizaron la evaluación del riesgo por ingesta crónica, el primero tuvo en cuenta la concentración máxima de contaminantes y el otro utilizó el promedio de residuos en las muestras donde fueron cuantificados. Por otro lado, Mukiibi et al. (2021), realizó un análisis del riesgo por ingesta aguda, a partir del promedio de residuo, en las muestras donde se detectaron pesticidas.

En la tabla 1 se muestra un resumen de los datos obtenidos. Podemos observar que en los valores de HQ y HI reportados por Mukiibi et al. (2021) están muy por encima del valor umbral de 1, según el autor esto se debe a la alta toxicidad de estos residuos y que el análisis de las mieles se realizó en los alrededores de un antiguo almacén abandonado de plaguicidas. En el caso de los valores reportados por Bommuraj et al. (2019), en ningún caso se superó el umbral de 1, siendo los acaricidas Amitraz y Cumafós los que más influencia tuvieron en HI. Kumar et al. (2018). Kumar et al. (2018) señala que, aunque el HQ y HI tienen valores muy bajos, la presencia de pesticidas peligrosos es evidente y por tanto existe un riesgo sobre todo para la población infantil, ya que en la india es costumbre alimentar a los niños con miel.

Tabla 1. Cálculo del riesgo en mieles reportado por diferentes autores. Se muestra la ingesta estimada (EDI), cociente de peligro (HQ) e índice de peligro (HI) calculado por los diferentes autores.

| Residuo | EDI (µg/kg) | | HQ | | |
|--------------|-------------|-------|---------|-------|----------------------|
| | Adultos | Niños | Adultos | Niños | |
| DDT | 17.5 | 15.4 | 35.0 | 30.8 | Mukiibi et al., 2021 |
| Lindano | 12.0 | 10.6 | 40.0 | 35.3 | |
| Dieldrina | 1.3 | 1.1 | 25.8 | 22.8 | |
| α-Endosulfán | 9.0 | 7.9 | 1.5 | 1.3 | |
| β-Endosulfán | 0.5 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | |

| | | | | | |
|--------------|----------|----------|---------------|---------------|--------------------------|
| HI | | | 102.4 | 90.3 | |
| 2,4-D | 3.30E-03 | 1.30E-02 | 3.00E-04 | 1.30E-03 | Bommuraj et al., 2019 |
| Acetamiprid | 2.50E-03 | 1.00E-02 | 4.00E-05 | 1.00E-04 | |
| Amitraz | 1.36E-01 | 5.40E-01 | 5.40E-02 | 2.16E-01 | |
| Carbendacima | 7.50E-03 | 3.00E-02 | 3.00E-04 | 1.20E-03 | |
| Clopiralid | 1.80E-02 | 7.00E-02 | 1.00E-04 | 5.00E-04 | |
| Cumafós | 1.40E-02 | 5.70E-02 | 4.70E-02 | 1.89E-01 | |
| Imidacloprid | 5.80E-03 | 2.30E-02 | 1.00E-04 | 4.10E-04 | |
| Pirimicarb | 2.50E-03 | 1.00E-02 | - | - | |
| Tiacloprid | 1.70E-03 | 7.00E-03 | 4.00E-04 | 1.70E-03 | |
| HI | | | 0.1022 | 0.4102 | |
| Profenofos | 8.63E-05 | 5.18E-04 | 8.63E-06 | 5.18E-05 | Kumar et al., 2018 |
| Diclorvos | 4.45E-03 | 2.67E-03 | 1.11E-04 | 6.67E-04 | |
| Monocrotofós | 7.95E-04 | 4.77E-03 | 1.32E-03 | 7.95E-03 | |
| Forato | 7.83E-05 | 4.70E-04 | 1.57E-04 | 9.40E-04 | |
| Clorpirifós | 1.93E-04 | 1.16E-03 | 1.93E-05 | 1.16E-04 | |
| Lindano | 1.50E-04 | 8.98E-04 | 2.99E-05 | 1.80E-04 | |
| Etión | 8.63E-05 | 5.18E-04 | 4.32E-05 | 2.59E-04 | |
| Permetrina | 1.05E-04 | 6.29E-04 | 2.10E-06 | 1.26E-05 | |
| Cipermetrina | 8.31E-05 | 4.99E-04 | 1.66E-06 | 9.97E-06 | |
| HI | | | 0.0017 | 0.0102 | |

4. CONCLUSIONES

La revisión bibliográfica realizada ha puesto de manifiesto que la presencia de residuos de pesticidas en la miel se produce tanto de forma directa durante los tratamientos veterinarios que se realizan en las colmenas, como de forma indirecta a través del uso de pesticidas agrícola aplicados en los alrededores a ellas.

Autores de distintos países han reportado la presencia de diferentes tipos de residuos de pesticidas en mieles de distintos orígenes geográficos y con distintos rangos de concentración. Los pesticidas que con mayor frecuencia se encontraron fueron Imidacloprid, Acetamiprid, Cumafós y Amitraz, mientras que los que presentaron mayores concentraciones correspondieron a Bifentrina, β -HCH y DDT con valores que oscilaron entre 4541.00 y 2696.98 ng/g.

La evaluación del riesgo, como herramienta utilizada para caracterizar el peligro, puso de manifiesto, que en general, el nivel de preocupación por los efectos de los pesticidas presentes en la miel sobre la salud de los consumidores es bajo.

5. AGRADECIMIENTOS

El presente Trabajo final de Máster se ha realizado en el contexto del Proyecto “Análisis de Riesgos en productos apícolas de Mozambique. Oportunidad Social y Económica de las poblaciones rurales” del Programa de Cooperación ADSIDEO 2020 del Centro de Cooperación al Desarrollo de la Universitat Politècnica de Valencia (España).

6. REFERENCIAS

- Albero B., Sánchez-Brunete C., Tadeo J.L.** (2014). Analysis of Pesticides in Honey by Solid-Phase Extraction and Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 52, 5828-5835.
- Alghamdi, B. A., Alshumrani E. S., Saeed M. S. B.** (2020). Analysis of sugar composition and pesticides using HPLC and GC-MS techniques in honey samples collected from Saudi Arabian markets, *Saudi Journal of Biological Sciences.*
- Alloh, M.O., AL-Kurdi, S., Al-Agha, M.R., El-Nahhal, Y.** (2018). Nematicur residue analysis in soil water and cucumber samples collected from the field in Gaza Strip, Palestine. *Am. J. Plant Sci.* 9, 517–530.
- Anderson D. L. & Trueman J. W. H.** (2000). *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Experimental & applied acarology*, 24(3), 165-189.
- ATSDR.** (2005). **Public Health Assessment Guidance Manual (Update).** Atlanta, GA: ATSDR
- Belitz, H., Grosch, W. and Schieberle, P.** (2014). *Food chemistry.* 4th ed. Berlin: Springer-Verlag.
- Berg, C.J., King, H.P., Delenstarr, G., Kumar, R., Rubio, F., Glaze, T.** (2018). Glyphosate residue concentrations in honey attributed through geospatial analysis to proximity of largescale agriculture and transfer off-site by bees. *PLoS One* 13, e0198876.
- Blasco, C., Fernandez, M., Pena, A., Lino, C., Silveira, I.M., Font, G., Pico, Y.** (2003). Assessment of pesticide residues in honey samples from Portugal and Spain. *J. Agric. Food Chem.* 51, 8132–8138.
- Blasco, C., Vázquez-Roig P., Onghena M., Masia A. & Picó Y.** (2011). Analysis of insecticides in honey by liquid chromatography-ion trap-mass spectrometry: Comparison of different extraction procedures. *Journal of Chromatography A*, 1218, 4892-4901.
- Bogdanov, S.** (2006). Contaminants of bee products. *Apidologie*, 37(1), 1e18.
- Bommuraj, V., Chen, Y., Klein, H., Sperling, R., Barel, S., Shimshoni, J.A.** (2019). Pesticide and trace element residues in honey and beeswax combs from Israel in association with human risk assessment and honey adulteration. *Food Chem.* 299, 125123.
- Chauzat, M-P., Carpentier, P., Martel, A-C., Bougeard, S., Cougoule, N.** (2009). Influence of Pesticide Residues on Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Colony Health in France. *Environm. Entomol.* 38, 514–523.
- Chen, M., Tao, L., McLean, J., Lu, C.** (2014). Quantitative analysis of neonicotinoid insecticide residues in foods: implication for dietary exposures. *J. Agric. Food Chem.* 62, 6082–6090.
- Chiesa, L.M., Labella, G.F., Giorgi, A., Panseri, S., Pavlovic, R., Bonacci, S., Arioli, F.,** (2016). The occurrence of pesticides and persistent organic pollutants in Italian organic honeys from different productive areas in relation to potential environmental pollution. *Chemosphere* 154, 482e490.
- Colin, M. E., Bonmatin, J. M., Moineau, I., Gaimon, C., Brun, S., & Vermandere, J. P.** (2004). A method to quantify and analyze the foraging activity of honey bees: relevance to the sublethal effects induced by systemic insecticides. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 47(3), 387e395.
- Comisión del Codex Alimentarius.** (2019). Norma para la miel. CXS 12-19811. Adoptada en 1981. Revisada en 1987 y 2001. Enmendada en 2019. págs 1-9.
- Comisión del Codex Alimentarius.** (2009). CAC/MRL 1: Lista de Límites Máximos para Residuos de Plaguicidas, 2009

- Comité FAO/WHO Expert Committee on Food Additives.** (2009). Evaluation of certain veterinary drug residues in food. Seventieth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva: WHO Technical Report Series 954
- Conti, M. E., & Botrè, F.** (2001). Honeybees and their products as potential bioindicators of heavy metals contaminations. *Environmental Monitoring Assessment*, 69, 267e282.
- da Silva, P.M., Gauche, C., Gonzaga, L.V., Costa, A.C.O., Fett, R.** (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chem.* 196, 309–323.
- Darko, G., Addai Tabi, J., Adjaloo, M.K., Borquaye, L.S.** (2017). Pesticide residues in honey from the major honey producing forest belts in Ghana. *J. Environ. Public Health* 2017.
- De la Sota, M. and M. Bacci.** (2005). Enfermedades de las Abejas. Trámites en Apicultura, Buenos Aires: SENASA. 53.
- Directiva 2001/110/CE del Consejo de 20 de diciembre de 2001 relativa a la miel. Comunidad Europea.**
- EI-Nahhal Y.** (2020). Pesticide residues in honey and their potential reproductive toxicity, *Science of The Total Environment*, Volume 741,139953
- Escuredo, O., Dobre, I., Fernández-González, M., Seijo, M.C.** (2014). Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon. *Food Chem.* 149, 84–90.)
- E.U. pesticide database, 2021**, Disponible en: <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN>
- Fait A. y Colosio C. (1998).** Recent advances and current concepts in pesticide hazards. En: Emmett EA, Frank AL, Gochfeld M, Hez SM, editores. *The year book of occupational and environmental medicine*. St. Louis: Mosby, 1998; 15-29.
- FAO, 1986. Food and Agriculture Organization of the United Nations.** International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides. Roma: FAO, 1986; 28.
- FAO, 2007.** Instrumentos de la FAO sobre la bioseguridad. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a1140s/a1140s.pdf> . Última consulta 02/08/2021.
- FAOSTAT- Ganadería primaria [online].** Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QL>. Visitada en abril de 2021.
- Gallagher, S. S., Rice, G. E., Scarano, L. J., Teuschler, L. K., Bollweg, G., & Martin, L.** (2015). Cumulative risk assessment lessons learned: a review of case studies and issue papers. *Chemosphere*, 120, 697e705.
- Gawel, M., Kiljanek, T., Niewiadowska, A., Semeniuk, S., Goliszek, M., Burek, O., Posyniak, A.** (2019). Determination of neonicotinoids and 199 other pesticide residues in honey by liquid and gas chromatography coupled with tandem mass spectrometry. *Food Chem.* 282, 36–47.
- Gheldof, N., Wang, X.-H., Engeseth, N.J.** (2002). Identification and quantification of antioxidant components of honeys from various floral sources. *J. Agric. Food. Chem.* 50, 5870–5877.
- Hammel Y. A., Mohamed R., Gremaud E., LeBreton M. H. & Guy P. A.** (2008). Multiscreening approach to monitor and quantify 42 antibiotic residues in honey by liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1177(1), 58-76.
- IICA, PRONAGRO, and SAG. (2009).** Manual de enfermedades apícolas. Tegucigalpa, Honduras. p 54.
- INE (Instituto Nacional de Estadística).** (2021). Data of consumption. Disponible en: <http://www.ine.es/>
- Jiang, J., Ma, D., Zou, N., Yu, X., Zhang, Z.Q., Liu, F., Mu, W. (2018).** Concentrations of imidacloprid and thiamethoxam in pollen, nectar and leaves from seed-dressed cotton crops and their potential risk to honeybees (*Apis mellifera* L.). *Chemosphere*.
- Juan-Borrás, M.** (2016). Herramientas Analíticas en la Clasificación de Miel en Base a Criterios de Calidad e Inocuidad. Universidad Politécnica de Valencia.
- Juan-Borrás M., Domenech E., Escriche I. (2016).** Mixture-risk-assessment of pesticide residues in retail polyfloral honey. *Food Control*, Volume 67, Pages 127-134, ISSN 0956-7135.

- Karise, R., Viik, E., Meand, M.** (2007). Impact of alpha-cypermethrin on honey bees foraging on spring oilseed rape (*Brassica napus*) flowers in field conditions. *Pest Manag. Sci.* 63 (11), 1085e1089.
- Karise, R., Raimets, R., Bartkevics, V., Pugajeva, I., Pihlik, P., Keres, I., et al.** (2017). Are pesticide residues in honey related to oilseed rape treatments? *Chemosphere* 188, 389–396.
- Küçük, M., Kolaylı, S., Karaođlu, S., Ulusoy, E., Baltacı, C., Candan, F.** (2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chem.* 100, 526–534.
- Kumar, A., Gill, J.P.S., Bedi, J.S., Kumar, A.** (2018). Pesticide residues in Indian rawhoneys, an indicator of environmental pollution. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*
- Hoyos, D.** (2007). Manejo sostenible de la producción de miel de abejas para el pequeño productor, in Gerencia de empresas agropecuarias. Universidad de la Salle: Bogotá.
- Irungu, J., Raina, S., Torto, B.,** (2016). Determination of pesticide residues in honey: a preliminary study from two of Africa's largest honey producers. *Int. J. Food Con.* 3, 14.
- Jones, A., Turnbull, G.** (2016). Neonicotinoid concentrations in UK honey from 2013. *Pest Manag. Sci.* 72, 1897–1900.
- Lachman, J., Orsák, M., Hejtmánková, A., Kovárková, E.** (2010). Evaluation of antioxidant activity and total phenolics of selected Czech honeys. *LWT – Food Sci. Technol.* 43, 52–58.)
- Lambert, O., Piroux, M., Puyo, S., Thorin, C., L'Hostis, M.** (2013). Widespread occurrence of chemical residues in beehive matrices from apiaries located in different landscapes of Western France. *PLoS One* 8, e67007.
- Liu, J.-R., Ye, Y.-L., Lin, T.-Y., Wang, Y.-W., Peng, C.-C.** (2013). Effect of floral sources on the antioxidant, antimicrobial, and anti-inflammatory activities of honeys in Taiwan. *Food Chem.* 139, 938–943.
- Long, E.Y. y Krupke, C.H.** (2016). Non-cultivated plants present a season-long route of pesticide exposure for honey bees. *Nat. Commun.* 7 (11629).
- Lozano, A., Hernando, M.D., Uclés, S., Hakme, E., Fernández-Alba, A.R.** (2018). Identification and measurement of veterinary drug residues in beehive products. *Food Chem.*
- Malhat, F.M., Haggag, M.N., Loutfy, N.M., Osman, M.A., Ahmed, M.T.** (2015). Residues of organochlorine and synthetic pyrethroid pesticides in honey, an indicator of ambient environment, a pilot study. *Chemosphere* 120, 457–461.
- McKibben, J., Engeseth, N.J.** (2002). Honey as a protective agent against lipid oxidation in ground turkey. *J. Agric. Food Chem.* 50, 592–595.)
- Miha Mrzlikar, David Heath, Ester Heath, Jernej Markelj, Andreja Kandolf Borovšak, Helena Prosen.** (2019). Investigation of neonicotinoid pesticides in Slovenian honey by LC-MS/MS, *LWT*, Volume 104, Pages 45-52.
- Mrzlikar M., Heath, D., Heath, E., Markelj, J., Kandolf Borovšak A., Prosen, H.** (2019). Investigation of neonicotinoid pesticides in Slovenian honey by LC-MS/MS. *LWT*, Volume 104, Pages 45-52, ISSN 0023-6438.
- Mukiibi S.B., Nyanzi S.A., Kwetegyeka J., Olisah C., Taiwo A.M., Mubiru E., Tebandeke E., Matovu H., Odongo S., Moses-Abayi J.J., Chelangat-Ngeno E., Sillanpää M., Ssebugere P.** (2021). Organochlorine pesticide residues in Uganda's honey as a bioindicator of environmental contamination and reproductive health implications to consumers, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Volume 214, 112094, ISSN 0147-6513.
- Nakajima, T., Tsuruoka, Y., Kanda, M., Hayashi, H., Hashimoto, T., Matsushima, Y., et al.** (2015). Determination and surveillance of nine acaricides and one metabolite in honey by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Food Additives & Contaminants Part A. Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment* 32, 1099–1104.
- OMS.** (1993). Organización Mundial de la Salud, Organización Panamericana de la Salud (OPS), División Salud y Ambiente. Plaguicidas y salud en las Américas, Washington: OMS/OPS.
- OMS (Organización Mundial de la Salud).** (2012). Inventory of evaluations performed by the Joint Meeting on Pesticide Residues (JMPR). Disponible en: <http://apps.who.int/pesticide-residues-jmprdatabase/Home/Search>.

- Panseri, S., Catalano, A., Giorgi, A., Arioli, F., Procopio, A., Britti, D., Chiesa, L.M.** (2014). Occurrence of pesticide residues in Italian honey from different areas in relation to its potential contamination sources. *Food Control* 38, 150–156.
- Ramírez, J. A. y Lacasaña, M.** (2001). Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición (*Arch Prev Riesgos Labor*;4(2):67-75).
- Rodríguez López, D., Alejandro Ahumada, A.D., Díaz, C.A., Guerrero, J.A.** (2014). Evaluation of pesticide residues in honey from different geographic regions of Colombia. *Food Control* 37, 33–40.
- Rolke, D., Persigehl, M., Peters, B., Sterk, G., Blenau, W.** (2016). Large-scale monitoring of effects of clothianidin-dressed oilseed rape seeds on pollinating insects in northern Germany: residues of clothianidin in pollen, nectar and honey. *Ecotoxicology* 25, 1691–1701.
- Ruiz-Toledo J., Vandame R., Castro-Chan R.A., Penilla-Navarro R.P., Gómez J., Sánchez D.** (2018). Organochlorine Pesticides in Honey and Pollen Samples from Managed Colonies of the Honey Bee *Apis mellifera* Linnaeus and the Stingless Bee *Scaptotrigona mexicana* Guérin from Southern, Mexico. *Insects*.9(2):54.
- Sammataro D. & Finley J.** (2004). Observations of the ectoparasitic bee mite *Varroa destructor* in honey bee (*Apis mellifera*) cells infected with chalkbrood (*Ascospaera apis*). *Journal of Apicultural Research*, 43(1), 28-30.
- Sanchez-Bayo, F., Goka, K.** (2016). Impacts of pesticides on honey bees. *Beekeeping Bee Conserv.-Adv. Res.* 4, 77–97.
- Song, S., Zhang, C., Chen, Z., He, F., Wei, F., Tan, H., Li, X.** (2018). Simultaneous determination of neonicotinoid insecticides and insect growth regulators residues in honey using LC–MS/MS with anion exchanger-disposable pipette extraction. *J. Chromatogr. A* 1557, 51–61.
- Souza Tette, P.A., Rocha Guidi, L., de Abreu Gloria, M.B., Fernandes, C.** (2016). Pesticides in honey: a review on chromatographic analytical methods. *Talanta* 149, 124e141.
- Tanner G, Czerwenka C.** (2011) LC-MS/MS analysis of neonicotinoid insecticides in honey: methodology and residue findings in Austrian honeys. *J Agric Food Chem.* 14;59(23):12271-7.
- Thompson, S.T., van den Heever, P.J., Limanowka, E.R.** (2019). Determination of glyphosate, AMPA, and glufosinate in honey by online solid phase extraction-liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Food Additives & Contaminants: Part A7*
- Thrasivoulou Andreas, Tananaki Chrysoula, Goras Georgios Karazafiris, Emmanuel, Dimou Maria, Liolios Vasilis, Dimitris Kanelis & Gounari Sofia.** (2018) Legislation of honey criteria and standards, *Journal of Apicultural Research*, 57:1, 88-96.
- U.S. EPA. (United States Environmental Protection Agency).** (2000). Risk Characterization Handbook. Science Policy Council, US Environmental Protection Agency. Disponible en: <https://www.epa.gov/risk/risk-characterization-handbook>. (Visitado 20/05/2021).
- U.S. EPA.** (2000). Supplementary Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures. Risk Assessment Forum Technical Panel. United States Environmental Protection Agency Office of EPA/630/R-00/002.
- Williams D. L.** (2000). A veterinary approach to the European honey bee (*Apis mellifera*). *The Veterinary Journal*, 160(1), 61-73.
- Woodcock, B.A., Ridding, L., Freeman, S.N., Pereira, M.G., Sleep, D., Redhead, J.** (2018). Neonicotinoid residues in UK honey despite European Union moratorium. *PLoS One* 13, e0189681.
- Yaqub, G., Khalid, M., Ikram, A., Sohail, Aimen.** (2020). Monitoring and risk assessment due to presence of metals and pesticides residues in honey samples from the major honey producing forest belts and different brands. *Food Sci. Technol [online]*. vol.40, suppl.1, pp.331-335.
- Yu, L.S., Liu, F., Wu, H., Tan, H.R., Ruan, X.C., Chen, Y y Chao, Z.** (2015). Flumethrin residue levels in honey from apiaries of China by high-performance liquid chromatography. *J. Food Prot.* 78, 151–156.

7. ANEXOS

Anexo1. Clasificación de los plaguicidas por diversos aspectos.

| Destino de aplicación o uso | Acción específica | Formulación o preparado | Naturaleza química |
|--|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Fitosanitario • Ganadero • Industria alimentaria • Ambiental • Higiene personal • Doméstico | <ul style="list-style-type: none"> • Insecticidas • Acaricidas • Fungicidas • Nematocidas • Herbicidas • Fitoreguladores • Molusquicidas, rodenticidas • Post-cosecha y semillas • Protectores de madera • Específicos varios | <ul style="list-style-type: none"> • Gases • Fumigantes y aerosoles • Polvo (partícula <50µm) • Sólidos • Líquidos • Cebos y tabletas | <ul style="list-style-type: none"> • Arsenicales • Carbamatos • Derivados de cumarina • Derivados de urea • Dinitrocompuestos • Organoclorados • Organofosforados • Piretroides • Tiocarbamatos • Triazinas |
| Fuente: <i>Ramírez y Lacasaña, 2001</i> | | | |

Anexo2. Residuos de Insecticidas en muestras de miel de diferentes orígenes geográficos reportados por distintos autores. \bar{X} : Concentración promedio .SD:Desviación estándar. Tipo A: Artículos donde \bar{X} y SD se calcula a partir del total de las muestras. Tipo B: Artículos donde \bar{X} y SD se calcula sobre el total de muestras con residuos. Max: Concentración máxima detectada. Min: Concentración mínima detectada. LOD: Límite de detección. LMR: Límite máximo de residuo (E.U. pesticide database, 2021). MA: Muestras de miel Analizadas. MA+: Muestras donde se detecta el pesticida. PA: Pesticidas Analizados. MTA: Método de análisis. IC: Índice de calidad,. NC: No consta. MF: Mil Flores. CL: Cromatografía Líquida. CG: Cromatografía de Gases. MS: Espectrometría de masas. ToF: Detector Tiempo de Vuelo. ECD: Detector Captura de Electrones. PFPD: Detector fotométrico de llama por pulsos. Cuando el LMR no existe se asignó *10,00 por defecto. DDT: Dicloro Difenil Tricloroetano. HCH: Hexaclorociclohexano HCB: Hexaclorobenceno

| Residuo | Tipo | \bar{X} (ng g-1) | SD | Max | Min | LOD | LMR | Tipo de miel | MA/MA+ | PA | País | Referencia | MTA | IC |
|------------------------|------|--------------------|------|-------|-----|-------|--------|--------------|--------|----|---------|----------------------|--------|------|
| Buprofecina | A | 12,30 | 3,00 | 48,80 | >LD | 29,90 | 50,00 | NC | 141 | 80 | Francia | | CG-ToF | 24,6 |
| Carbaril | A | 0,18 | 0,53 | 4,10 | >LD | 0,10 | 50,00 | | | | | | CL-MS | 0,36 |
| Carbofurano | A | 0,06 | 0,28 | <LOQ | >LD | 0,03 | 50,00 | | | | | | CL-MS | 0,12 |
| Metil-Chlorinfos | A | 0,24 | 0,31 | <LOQ | >LD | 0,10 | 10,00 | | | | | | CG-ToF | 2,4 |
| Cipermetrina | A | 2,38 | 1,58 | <LOQ | >LD | 4,50 | 50,00 | | | | | | CG-ToF | 4,76 |
| Diazinón | A | 3,85 | 1,06 | 14,00 | >LD | 7,40 | 10,00 | | | | | | CG-ToF | 38,5 |
| β -Endosulfán | A | 5,26 | 1,30 | <LOQ | >LD | 10,30 | 10,00 | | | | | | CG-ToF | 52,6 |
| Fenoxicarb | A | 0,06 | 0,17 | <LOQ | >LD | 0,10 | 50,00 | | | | | | CL-MS | 0,12 |
| Imidacloprid | A | 0,14 | 0,28 | <LOQ | >LD | 0,20 | 50,00 | | | | | | CL-MS | 0,28 |
| Phoxim | A | 0,13 | 0,53 | <LOQ | >LD | 0,10 | 20,00 | | | | | | CL-MS | 0,65 |
| Butóxido de piperonilo | A | 0,48 | 1,26 | <LOQ | >LD | 0,20 | *10,00 | | | | | | CL-MS | 4,8 |
| Piriproxifeno | A | 0,83 | 0,40 | <LOQ | >LD | 1,50 | 50,00 | | | | | | CL-MS | 1,66 |
| Fosfato de trifenilo | A | 0,45 | 0,67 | <LOQ | >LD | 0,70 | 50,00 | | | | | Lambert et al. 2013 | CG-ToF | 0,9 |
| Metil-Azinfos | B | 21,80 | | | | 5,00 | *10,00 | NC | 229/10 | 41 | | | CL-MS | 218 |
| Carbaril | B | 30,80 | | | | 5,00 | 50,00 | | 227/2 | | | | CL-MS | 61,6 |
| Carbofurano | B | 16,10 | | | | 5,00 | 50,00 | | 239/3 | | | | CL-MS | 32,2 |
| Deltametrina | B | 2,60 | | | | 5,00 | 50,00 | | 239/2 | | | | CG-MS | 5,2 |
| Imidacloprid | B | 0,70 | | | | 5,00 | 50,00 | | 239/71 | | | | CL-MS | 1,4 |
| Lindano | B | 8,50 | | | | 5,00 | 10,00 | | 239/2 | | | Chauzat et al., 2009 | CG-MS | 85 |

Anexo 2. Continuación.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----|-----|-----|---------|--------------------------|---------|--------|
| Aldicarb | A | 0,10 | 0,37 | 1,37 | <1,00 | 0,10 | 10,00 | NC | 14 | 96 | Kenia | | CL-MS | 1,00 |
| Carbaril | A | 0,30 | 0,81 | 2,87 | <1,00 | 0,10 | 50,00 | | | | | | CL-MS | 0,60 |
| Diclorvos | A | 0,18 | 0,69 | 2,58 | <1,00 | 0,10 | *10,00 | | | | | | CL-MS | 1,80 |
| Malatión | A | 16,14 | 32,81 | 92,30 | 56,90 | 0,10 | 50,00 | | | | | | CL-MS | 32,28 |
| Carbofurano | A | 0,08 | 0,29 | 1,10 | <1,00 | 0,10 | 50,00 | | 14 | | Etiopía | | CL-MS | 0,16 |
| Diclorvos | A | 0,33 | 0,95 | 3,46 | 1,16 | 0,10 | *10,00 | | | | | | CL-MS | 3,30 |
| Malatión | A | 10,23 | 19,53 | 60,50 | 15,30 | 0,10 | 50,00 | | | | | | CL-MS | 20,46 |
| Acilananina | A | 0,43 | 1,29 | 4,77 | 1,25 | 0,10 | *10,00 | | | | | Irungu et al., 2016 | CL-MS | 4,30 |
| Metil-Clorinfos | | | | 32,00 | | | 10,00 | NC | 100 | 196 | España | | CG-MS | 0 |
| Cipermetrina | | | | 34,00 | | | 50,00 | | | | | | CG-MS | 0 |
| Metil-Paraoxón | | | | 9,67 | | | 10,00 | | | | | Lozano et al., 2018 | CL-MS | 0 |
| Clorfenvinfos | A | 0,64 | 1,05 | 4,00 | 1,00 | 1,00 | 50,00 | MF | 22 | 11 | | | CL-MS | 1,28 |
| Acetamiprid | A | 1,32 | 1,73 | 6,00 | 2,00 | 1,00 | 50,00 | | | | | | CL-MS | 2,64 |
| Clopirifos | A | 0,23 | 0,53 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 10,00 | | | | | | CL-MS | 2,30 |
| Metil-Cloripifos | A | 0,09 | 0,40 | 2,00 | - | 1,00 | 10,00 | | | | | | CL-MS | 0,90 |
| Imidacloprid | A | 0,27 | 0,72 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 50,00 | | | | | Juan-Borrás et al., 2016 | CL-MS | 0,54 |
| Clorpirifós | A | 10,00 | | | | 10,00 | 10,00 | NC | 45 | 27 | Ghana | | CG-PFPD | 100,00 |
| Malatión | A | 10,00 | | | | 10,00 | 50,00 | | | | | | CG-PFPD | 20,00 |
| Dimetoato | A | 10,00 | | | | 10,00 | *10,00 | | | | | | CG-PFPD | 100,00 |
| Diazinón | A | 10,00 | | | | 10,00 | 10,00 | | | | | | CG-PFPD | 100,00 |
| Fenvalerato | A | 10,00 | | | | 10,00 | 50,00 | | | | | | CG-ECD | 20,00 |
| Ciflutrina | A | 20,00 | | | | 10,00 | 50,00 | | | | | | CG-ECD | 40,00 |
| Permetrina | A | 40,00 | | | | 10,00 | *10,00 | | | | | Darko et al., 2017 | CG-ECD | 400,00 |

Anexo 2. Continuación.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---|---------|---------|---------|--------|-------|--------|----|---------|-----|----------|---------------------|--------|---------|
| α-HCH | B | 141,66 | 72,97 | 280,00 | 60,00 | | 10,00 | MF | 24/12 | 42 | Portugal | | CG-MS | 1416,60 |
| HCB | B | 76,15 | 77,73 | 270,00 | 10,00 | | 10,00 | | 24/13 | | | | CG-MS | 761,50 |
| β-HCH | B | 642,72 | 1053,07 | 3490,00 | 80,00 | | 10,00 | | 24/11 | | | | CG-MS | 6427,20 |
| DDT | B | 143,80 | 193,27 | 658,00 | 33,00 | | 50,00 | | 24/10 | | | | CG-MS | 287,60 |
| Heptenofos | B | 91,25 | 59,15 | 230,00 | 50,00 | | *10,00 | | 24/8 | | | | CL-MS | 912,50 |
| Carbofurano | B | 80,00 | | 110,00 | 50,00 | | 50,00 | | 24/2 | | | | CL-MS | 160,00 |
| Pirimicarb | B | 20,00 | | | | | 50,00 | | 24/1 | | | | CL-MS | 40,00 |
| Metidación | B | 50,00 | | | | | 20,00 | | 24/1 | | | | CL-MS | 250,00 |
| Metil-Paration | B | 10,00 | | | | | 10,00 | | 24/1 | | | | CL-MS | 100,00 |
| Metiocarb | B | 18,50 | | 27,00 | 10,00 | | 50,00 | | 24/2 | | | Blasco et al., 2003 | CL-MS | 37,00 |
| Tiacloprid | B | 32,00 | | 200,00 | | | 200,00 | NC | 155/105 | 207 | Polonia | | CL-MS | 16,00 |
| Acetamiprid | B | 20,00 | | 130,00 | | | 50,00 | | 155/85 | | | | CL-MS | 40,00 |
| Dimetoato | B | 6,00 | | 19,00 | | | *10,00 | | 155/11 | | | | CL-MS | 60,00 |
| Diazinón | B | 10,00 | | 12,00 | | | 10,00 | | 155/3 | | | Gawel et al., 2019 | CG-MS | 100,00 |
| Diclorvos | B | 139,10 | 63,60 | 225,50 | 58,80 | 7,30 | *10,00 | MF | 100/6 | 24 | India | | CG-ECD | 1391,00 |
| Forato | B | 24,50 | | | | 8,10 | 10,00 | | 100/1 | | | | CG-ECD | 245,00 |
| Clorpirifós | B | 60,50 | | | | 6,40 | 10,00 | | 100/1 | | | | CG-ECD | 605,00 |
| Lindano | B | 46,80 | 45,40 | 99,20 | 19,60 | 5,30 | 10,00 | | 100/3 | | | | CG-ECD | 468,00 |
| Etión | B | 27,00 | 1,30 | 28,00 | 25,60 | 5,30 | 10,00 | | 100/3 | | | | CG-ECD | 270,00 |
| Permetrina | B | 32,80 | 5,50 | 39,60 | 27,80 | 8,20 | *10,00 | | 100/4 | | | | CG-ECD | 328,00 |
| Cipermetrina | B | 26,00 | | | | 6,30 | 50,00 | | 100/1 | | | Kumar et al., 2018 | CG-ECD | 52,00 |
| Lambda cialotrina | B | 231,10 | 154,00 | 733,00 | 71,00 | 10,00 | 50,00 | NC | 52/21 | 6 | Pakistán | | CL-MS | 462,20 |
| Bifentrina | B | 1576,00 | 1270,00 | 4541,00 | 246,00 | 10,00 | 50,00 | | 52/23 | | | Yaqub et al., 2020 | CL-MS | 3152,00 |

Anexo 2. Continuación.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---|-------|------|--------|------|-----------|---------|---------|-------|--------|----------------------|----------------------|--------|------|
| Heptacloro | B | 5,35 | 0,10 | | 0,95 | 10,00 | Manzano | 57/12 | 28 | Italia | | CG-MS | 53,50 | |
| Dieldrina | B | 4,45 | 0,15 | | 1,00 | *10,00 | | 57/21 | | | | CG-MS | 44,50 | |
| DDT | B | 18,65 | 0,40 | | 0,90 | 50,00 | | 57/22 | | | | CG-MS | 37,30 | |
| Metoxicloro | B | 5,20 | 0,25 | | 1,07 | *10,00 | | 57/18 | | | | CG-MS | 52,00 | |
| Clorpirifós | B | 9,40 | 0,20 | | 1,21 | 10,00 | | 57/20 | | | Panseri et al., 2014 | CG-MS | 94,00 | |
| Endrina | | | | 18,90 | 1,95 | 0,99 | 10,00 | MF, | 59/22 | 48 | | CG-MS | 0,00 | |
| pp´DDT | | | | 1,90 | - | 0,91 | 50,00 | Naranjo | 59/14 | | | CG-MS | 0,00 | |
| Dieldrina | | | | 2,93 | - | - | *10,00 | | 59/12 | | | CG-MS | 0,00 | |
| Metoxicloro | | | | 0,08 | 0,07 | - | *10,00 | | 59/10 | | | CG-MS | 0,00 | |
| Forato | | | | 5,83 | - | - | 10,00 | | 59/14 | | | CG-MS | 0,00 | |
| Diazinón | | | | 1,14 | 1,13 | 1,10 | 10,00 | | 59/27 | | | CG-MS | 0,00 | |
| Paratión | | | | 2,94 | - | 0,83 | 10,00 | | 59/2 | | | CG-MS | 0,00 | |
| Clorpirifós | | | | 389,50 | - | 0,95 | 10,00 | | 59/8 | | | CG-MS | 0,00 | |
| Tertracorporifós | | | | 1,88 | - | 1,12 | *10,00 | | 59/5 | | | CG-MS | 0,00 | |
| Metil-Azinfos | | | | 2,85 | - | 1,07 | *10,00 | | 59/2 | | | CG-MS | 0,00 | |
| Mevinfós | | | | 12,14 | - | 0,75 | *10,00 | | 59/24 | | | CG-MS | 0,00 | |
| DDT | B | 21,00 | | 31,60 | 2,29 | 0,05-0,20 | 50,00 | NC | 20 | 6 | Uganda | Chiesa et al., 2016 | CG-MS | 0,00 |
| Lindano | B | 14,40 | | 67,50 | - | 0,05-0,20 | 10,00 | | 20 | | | CG-ECD | 144,00 | |
| Dieldrina | B | 1,55 | | - | | 0,05-0,20 | *10,00 | | 20 | | | CG-ECD | 15,50 | |
| α-Endosulfán | B | 10,80 | | 37,50 | - | 0,05-0,20 | 10,00 | | 20 | | | CG-ECD | 108,00 | |
| β-Endosulfán | B | 0,60 | | - | - | 0,05-0,20 | 10,00 | | 20 | | | Mukiibi et al., 2021 | CG-ECD | 6,00 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---|--------|--------|---------|--------|-----------|--------|---------|-------|----|--------|--------------------|---------|
| α-HCH | A | 0,51 | 0,51 | 7,63 | 5,46 | 0,18-1,17 | 10,00 | NC | 18/2 | 16 | México | CG-ECD | 5,10 |
| γ-HCH | A | 9,95 | 9,95 | 143,14 | 5,43 | 0,18-1,17 | 10,00 | | 18/11 | | | CG-ECD | 99,50 |
| β-HCH | A | 3,83 | 3,83 | 53,30 | 22,57 | 0,18-1,17 | 10,00 | | 18/3 | | | CG-ECD | 38,30 |
| Heptacloro | A | 199,54 | 199,54 | 2570,32 | 24,35 | 0,18-1,17 | 10,00 | | 18/15 | | | CG-ECD | 1995,40 |
| Epóxido- Heptacloro | A | 80,40 | 47,27 | 699,26 | 13,89 | 0,18-1,17 | 10,00 | | 18/7 | | | CG-ECD | 804,00 |
| α-Endosulfán | A | 16,27 | 11,32 | 204,27 | 4,77 | 0,18-1,17 | 10,00 | | 18/6 | | | CG-ECD | 162,70 |
| β-Endosulfán | A | 1,12 | 0,85 | 14,48 | 5,78 | 0,18-1,17 | 10,00 | | 18/2 | | | CG-ECD | 11,20 |
| DDT | A | 370,56 | 187,05 | 2696,98 | 885,98 | 0,18-1,17 | 50,00 | | 18/4 | | | CG-ECD | 741,12 |
| Dieldrina | A | 3,49 | 2,71 | 15,72 | 47,06 | 0,18-1,17 | *10,00 | | 18/2 | | | CG-ECD | 34,90 |
| Acetamiprid | B | 2,30 | 1,00 | 3,00 | 1,00 | - | 50,00 | NC | 32/4 | 13 | Israel | CG-MS/CL- MS | 4,60 |
| Imidacloprid | B | 3,30 | 1,50 | 7,00 | 2,00 | - | 50,00 | | 32/21 | | | CG-MS/CL- MS | 6,60 |
| Pirimicarb | B | 1,50 | 0,80 | 3,00 | 1,00 | - | 50,00 | | 32/6 | | | CG-MS/CL- MS | 3,00 |
| Tiacloprid | B | 1,40 | 0,50 | 2,00 | 1,00 | - | 200,00 | | 32/10 | | | CG-MS/CL- MS | 0,70 |
| Imidacloprid | B | 0,63 | | 2,44 | | 0,05 | 50,00 | Algodón | 15/10 | 2 | China | CL-MS | 1,25 |
| Tiametoxam | B | 0,33 | | 1,99 | | 0,15 | 50,00 | | 15/12 | | | Jiang et al., 2018 | 0,65 |
| Acetamiprid | | | | 68,00 | 28,00 | 0,3-3,0 | 50,00 | MF | 30/6 | 16 | | CL-MS | 0,00 |
| Clotianidina | | | | 113,00 | 32,00 | 0,3-3,0 | 50,00 | | 30/5 | | | CL-MS | 0,00 |
| Tiacloprid | | | | 42,00 | 24,00 | 0,3-3,0 | 200,00 | | 30/4 | | | CL-MS | 0,00 |
| Imidacloprid | | | | 72,00 | 28,00 | 0,3-3,0 | 50,00 | | 30/5 | | | CL-MS | 0,00 |
| Nitenpiram | | | | 41,00 | 13,00 | 0,3-3,0 | *10,00 | | 30/5 | | | CL-MS | 0,00 |
| Dinotefurano | | | | 102,00 | 24,00 | 0,3-3,0 | *10,00 | | 30/10 | | | CL-MS | 0,00 |
| Tiametoxam | | | | 120,00 | 11,00 | 0,3-3,0 | 50,00 | | 30/6 | | | CL-MS | 0,00 |
| Fenoxicarb | | | | 20,00 | 12,00 | 0,3-3,0 | 50,00 | | 30/3 | | | CL-MS | 0,00 |
| Buprofecina | | | | 89,00 | 16,00 | 0,3-3,0 | 50,00 | | 30/3 | | | CL-MS | 0,00 |
| Triflumuron | | | | 106,00 | 16,00 | 0,3-3,0 | 20,00 | | 30/4 | | | CL-MS | 0,00 |
| Metoxifenocida | | | | 28,00 | 17,00 | 0,3-3,0 | 10,00 | | 30/4 | | | Song et al., 2018 | 0,00 |

Anexo 2. Continuación.

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|-------|-------------|------|------|--------|----|--------|----|-------------|------------------------|--------|--------|
| Tiacloprid | B | 13,53 | 27,40 | <2 | 0,60 | 200,00 | NC | 32/14 | 8 | Austria | Tanner y Czerwenka, | CL-MS | 6,77 |
| Acetamiprid | B | 8,70 | 15,20 | 2,20 | 0,60 | 50,00 | | 32/2 | | | 2011 | CL-MS | 17,40 |
| Clotianidina | B | 0,28 | 0,82 | 0,01 | 0,02 | 50,00 | NC | 22/16 | 5 | Reino Unido | Jones y Turnbull, 2016 | CL-MS | 0,57 |
| Tiametoxam | B | 0,27 | 0,79 | 0,03 | 0,01 | 50,00 | | 22/14 | | | | CL-MS | 0,54 |
| Tiametoxam | A | 0,07 | 1,41 | | 0,38 | 50,00 | NC | 130/10 | 3 | | | CL-MS | 0,14 |
| Clotianidina | A | 0,20 | 1,69 | | 0,38 | 50,00 | | 130/27 | | | | CL-MS | 0,39 |
| Imidacloprid | A | 0,04 | 1,61 | | 0,38 | 50,00 | | 130/9 | | | Woodcock et al., 2018 | CL-MS | 0,08 |
| Acetamiprid | B | 0,20 | 0,20 | | 0,10 | 50,00 | NC | 10/1 | 8 | EEUU | | CL-MS | 0,40 |
| Clotianidina | B | 0,30 | 0,50 | 0,10 | 0,10 | 50,00 | | 10/2 | | | | CL-MS | 0,60 |
| Imidacloprid | B | 0,43 | 1,30 | 0,10 | 0,10 | 50,00 | | 10/9 | | | | CL-MS | 0,87 |
| Tiametoxam | B | 0,40 | 0,40 | | 0,10 | 50,00 | | 10/1 | | | | CL-MS | 0,80 |
| Nitenpiram | B | 0,20 | 0,20 | | 0,10 | *10,00 | | 10/1 | | | Chen et al., 2014 | CL-MS | 2,00 |
| γ-HCH | B | 9,40 | 16,20 | 6,20 | 1,00 | 10,00 | NC | 100/13 | 16 | Egipto | | CG-ECD | 94,00 |
| Aldrina | B | 5,40 | 8,60 | 4,10 | 1,00 | 10,00 | | 100/13 | | | | CG-ECD | 54,00 |
| Endrina | B | 7,00 | 9,10 | 4,00 | 1,00 | 10,00 | | 100/14 | | | | CG-ECD | 70,00 |
| Heptacloro | B | 9,10 | 9,10 | | 2,00 | 10,00 | | 100/1 | | | | CG-ECD | 91,00 |
| Epóxido-Heptacloro | B | 8,20 | 9,50 | 3,60 | 0,80 | 10,00 | | 100/16 | | | | CG-ECD | 82,00 |
| γ-Clordano | B | 5,00 | 8,00 | 4,00 | 2,00 | 10,00 | | 100/5 | | | | CG-ECD | 50,00 |
| DDT | B | 53,00 | 43,00 | 8,00 | 2,00 | 50,00 | | 100/16 | | | | CG-ECD | 106,00 |
| Metoxicloro | B | 15,10 | 30,60 | 3,80 | 1,00 | *10,00 | | 100/4 | | | | CG-ECD | 151,00 |
| Lambda cialotrina | B | 3,50 | 7,30 | 1,50 | 3,00 | 50,00 | | 100/6 | | | | CG-ECD | 7,00 |
| Permetrina | B | 1,90 | 2,70 | 1,30 | 1,00 | *10,00 | | 100/22 | | | | CG-ECD | 19,00 |
| Fenvalerato | B | 9,90 | 19,00 | 9,10 | 5,00 | 50,00 | | 100/2 | | | Malhat et al., 2015 | CG-ECD | 19,80 |

Anexo2. Continuación.

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|-------|-------|-------|------|--------|----------|-------|----|-----------|------------------------|--------|------|
| DDT | B | 29,00 | 38,00 | <5,00 | 2,00 | 50,00 | MF | 61/4 | 53 | Colombia | | GC-ECD | 1,90 |
| γ-HCH | B | 11,33 | 16,00 | 8,00 | 2,00 | 10,00 | | 61/3 | | | | GC-ECD | 5,57 |
| Clorpirifós | B | 13,50 | 21,00 | <5,00 | 1,00 | 10,00 | | 61/22 | | | Rodríguez et al., 2014 | GC-NPD | 4,43 |
| Acetamiprid | B | 0,62 | 2,00 | 0,10 | 0,08 | 50,00 | Múltiple | 51/6 | 31 | Eslovenia | | CL-MS | 1,23 |
| Tiacloprid | B | 0,93 | 9,60 | 0,30 | 0,06 | 200,00 | | 51/30 | 47 | | Mrzlikar et al., 2019 | CL-MS | 0,46 |
| Tiacloprid | B | 13,50 | 13,00 | 14,00 | - | 200,00 | NC | 33/2 | 47 | Estonia | Karise et al., 2017 | CL-MS | 6,75 |
| Clotianidina | B | 1,30 | 0,90 | | 0,30 | 50,00 | Colza | 48 | - | Alemania | Rolke et al., 2016 | CL-MS | 2,60 |

Anexo3. Residuos de Acaricidas en muestras de miel de diferentes orígenes geográficos reportados por distintos autores. \bar{X} : Concentración promedio .SD:Desviación estándar. Tipo A: Artículos donde \bar{X} y SD se calcula a partir del total de las muestras. Tipo B: Artículos donde \bar{X} y SD se calcula sobre el total de muestras con residuos. Max: Concentración máxima detectada. Min: Concentración mínima detectada. LOD: Límite de detección. LMR: Límite máximo de residuo (E.U. pesticide database, 2021). MA: Muestras de miel Analizadas. MA+: Muestras donde se detecta el pesticida. PA: Pesticidas Analizados. MTA: Método de análisis. IC: Índice de calidad, representa el % correspondiente del promedio de un residuo con su LMR. NC: No consta. MF: Mil Flores. CL: Cromatografía Líquida. CG: Cromatografía de Gases. MS: Espectrometría de masas. ToF: Detector Tiempo de Vuelo. ECD: Detector Captura de Electrones. NPD: Detector Nitrógeno Fósforo. UV: Detector Ultravioleta-Visible. Cuando el LMR no existe se asignó *10.00 por defecto. DMF: N- (2,4-dimetilfenil) formamida. DMFP: N-2,4-dimetilfenil-N'-metilformamidina.

| Residuo | Tipo | \bar{X} (ng g ⁻¹) | SD | Max | Min | LOD | LMR | Tipo de miel | MA/MA ⁺ | PA | País | Referencia | MTA | IC |
|-----------------|------|---------------------------------|-------|--------|-------|-------|--------|--------------|--------------------|-----|---------|----------------------|--------|-------|
| DMF | A | 5,65 | 3,29 | 26,00 | >10,0 | 10,00 | 200,00 | NC | 141 | 80 | Francia | | CL-MS | 2,825 |
| DMPF | A | 10,21 | 18,62 | 116,10 | >0,30 | 0,30 | 200,00 | | | | | | CL-MS | 5,105 |
| Cumafós | A | 2,48 | 5,69 | 56,40 | >0,30 | 0,30 | 100,00 | | | | | | CL-MS | 2,48 |
| Hexitiazox | A | 0,08 | 0,24 | <LOQ | >0,10 | 0,10 | 20,00 | | | | | | CL-MS | 0,4 |
| Phosmet | A | 3,57 | 5,07 | 42,10 | >3,90 | 3,90 | 50,00 | | | | | | CG-ToF | 7,14 |
| Tau-Fluvinalato | A | 2,30 | 2,73 | 30,00 | >3,70 | 3,70 | 50,00 | | | | | Lambert et al. 2013 | CG-ToF | 4,6 |
| Cumafós | B | 38,00 | | | | 5,00 | 100,00 | NC | 236/20 | 41 | | | CL-MS | 38 |
| Tau-Fluvinalato | B | 44,70 | | | | 5,00 | 50,00 | | 226/2 | | | Chauzat et al., 2009 | CL-MS | 89,4 |
| Amitraz | | | | 177,00 | | - | 200,00 | NC | 100 | 196 | España | | CL-MS | 0 |
| Phosmet | | | | 234,50 | | - | 50,00 | | | | | | CG-MS | 0 |
| Cumafós | | | | 22,00 | | - | 100,00 | | | | | | CL-MS | 0 |
| Propargita | | | | 19,00 | | - | 50,00 | | | | | Lozano et al., 2018 | CL-MS | 0 |
| Amitraz | A | 12,36 | 13,81 | 50,00 | 2,00 | 1,00 | 200,00 | MF | 22 | 11 | | | CL-MS | 6,18 |
| Cumafós | A | 2,59 | 3,38 | 13,00 | 1,00 | 1,00 | 100,00 | | | | | Juan-Borrás et al., | CL-MS | 2,59 |
| Tau-Fluvinalato | A | 0,18 | 0,5 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 50,00 | | | | | 2016 | CL-MS | 0,36 |

Anexo 3. Continuación.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|--------|-------|--------|-------|--------|--------|------------------|--------|----------|--------------------|------------------------|--------|-------|
| Amitraz | B | 61,00 | | 600,00 | - | 200,00 | NC | 155/54 | 207 | Polonia | | CL-MS | 30,5 | |
| DMF | B | 24,00 | | 200,00 | - | 200,00 | | 155/47 | | | | CL-MS | 12 | |
| DMPF | B | 17,00 | | 110,00 | - | 200,00 | | 155/34 | | | | CL-MS | 8,5 | |
| Cumafós | B | 10,00 | | 39,00 | - | 100,00 | | 155/9 | | | | CL-MS | 10 | |
| Tau-Fluvinalato | B | 2,00 | | 3,00 | - | 50,00 | | 155/5 | | | Gawel et al., 2019 | CL-MS | 4 | |
| Profenofos | B | 27,00 | 11,7 | 43,20 | 14,60 | 4,20 | 50,00 | MF | 100/5 | 24 | India | | CG-ECD | 54 |
| Monocrotofós | B | 248,70 | 122,7 | 430,10 | 96,00 | 21,30 | *10,00 | | 100/5 | | | Kumar et al., 2018 | CG-ECD | 2487 |
| DMF | B | 28,30 | 20,8 | 93,00 | 7,00 | - | 200,00 | NC | 32/28 | 13 | Israel | | CG-MS | 14,15 |
| DMPF | B | 23,60 | 17,4 | 69,00 | 6,00 | - | 200,00 | | 32/28 | | | Bommuraj et al., 2019 | CG-MS | 11,8 |
| Cumafós | B | 4,10 | 4,2 | 17,00 | 1,00 | - | 100,00 | | 32/28 | | | | CG-MS | 4,1 |
| DMPF | | | | 20,00 | - | 200,00 | NC | 250/127 | 9 | Japón | | | CL-MS | 0 |
| Propargita | | | | 1,00 | - | 50,00 | | 250/23 | | | | Nakajima et al., 2015 | CL-MS | 0 |
| Fenitrotión | B | 0.89 | | 54,00 | 1,00 | 10,00 | MF | 61/1 | 53 | Colombia | | | GC-NPD | 8,9 |
| Profenofos | B | 0.15 | | 9,00 | <5,00 | 1,00 | 50,00 | | 61/10 | | | Rodríguez et al., 2014 | GC-NPD | 0,3 |
| Cimiazol | A | 0,11 | 0,42 | 1,59 | <1 | 0,10 | *10,00 | MF | 14 | 96 | Kenia | | CL-MS | 1,1 |
| Fluometrina | | | | 122,00 | 13,40 | 5,00 | 50,00 | Colza, Canola | 135/77 | 1 | China | | CL-UV | 0 |
| Cumafós | B | 1,55 | | 2,06 | - | 0,78 | 100,00 | MF, Naranjo | 59/17 | 48 | Italia | | CG-MS | 1,55 |
| | | | | | | | | | | | | Chiesa et al., 2016 | | |

Anexo 4. Residuos de Fungicidas en muestras de miel de diferentes orígenes geográficos reportados por distintos autores. \bar{X} : Concentración promedio .SD:Desviación estándar. Tipo A: Artículos donde \bar{X} y SD se calcula a partir del total de las muestras. Tipo B: Artículos donde \bar{X} y SD se calcula sobre el total de muestras con residuos. Max: Concentración máxima detectada. Min: Concentración mínima detectada. LOD: Límite de detección. LMR: Límite máximo de residuo (E.U. pesticide database, 2021). MA: Muestras de miel Analizadas. MA+: Muestras donde se detecta el pesticida. PA: Pesticidas Analizados. MTA: Método de análisis. IC: Índice de calidad, representa el % correspondiente del promedio de un residuo con su LMR. NC: No consta. MF: Mil Flores. CL: Cromatografía Líquida. CG: Cromatografía de Gases. MS: Espectrometría de masas. ToF: Detector Tiempo de Vuelo. Cuando el LMR no existe se asignó *10.00 por defecto.

| Residuo | Tipo | \bar{X} (ng g ⁻¹) | SD | Max | Min | LD | LMR | Tipo de miel | MA/MA+ | PA | País | Referencia | MTA | IC |
|----------------------|------|---------------------------------|------|-------|------|-------|---------|--------------|--------|-----|---------|--------------------------|--------|-------|
| Buprimato | A | 2,95 | 0,84 | <LOQ | >LD | 5,70 | 50,00 | NC | 141 | 80 | Francia | | CG-ToF | 5,9 |
| Carbendacima | A | 2,89 | 8,42 | 87,90 | >LD | 0,50 | 1000,00 | | | | | | CL-MS | 0,289 |
| Ciproconazol | A | 0,31 | 0,62 | 3,80 | >LD | 0,20 | 50,00 | | | | | | CL-MS | 0,62 |
| Dietofencarb | A | 0,03 | 0,16 | <LOQ | >LD | 0,04 | 50,00 | | | | | | CL-MS | 0,06 |
| Flusilazol | A | 2,16 | 0,75 | <LOQ | >LD | 4,10 | 50,00 | | | | | | CG-ToF | 4,32 |
| Imazalil | A | 0,44 | 0,42 | <LOQ | >LD | 0,70 | 50,00 | | | | | | CL-MS | 0,88 |
| Procloraz | A | 0,18 | 0,68 | <LOQ | >LD | 0,20 | 150,00 | | | | | | CL-MS | 0,12 |
| Tebuconazol | A | 6,49 | 1,08 | <LOQ | >LD | 12,80 | 50,00 | | | | | | CG-ToF | 12,98 |
| Tiofanato- metilo | A | 0,21 | 0,54 | 5,30 | 4,00 | 0,30 | 1000,00 | | | | | Lambert et al. 2013 | CL-MS | 0,021 |
| Vinclozolina | B | 109,40 | | | | 5,00 | 50,00 | NC | 140/1 | 41 | | Chauzat et al., 2009 | CG-MS | 218,8 |
| Ftalimida | B | 12,00 | | | | | *10,00 | NC | 100 | 196 | España | | CG-MS | 120 |
| Benalaxil | B | 89,00 | | | | | 50,00 | | | | | | CG-MS | 178 |
| Propiconazol | B | 10,00 | | | | | 50,00 | | | | | | CL-MS | 20 |
| Tetraconazol | B | 98,00 | | | | | 50,00 | | | | | | CL-MS | 196 |
| Boscalida | B | 18,00 | | | | | 50,00 | | | | | Lozano et al., 2018 | CL-MS | 36 |
| Ciproconazol | B | 0,32 | 1,13 | 5,00 | 2,00 | 1,00 | 50,00 | MF | 22 | 11 | | Juan-Borrás et al., 2016 | CL-MS | 0,64 |
| Tebuconazol | B | 0,27 | 0,94 | 4,00 | 2,00 | 1,00 | 50,00 | | | | | | CL-MS | 0,54 |
| Diclofluanida | B | 7,98 | | 10,80 | 5,80 | 0,20 | *10,00 | Naranja | 11/5 | 51 | | Albero et al., 2014 | CG-MS | 79,8 |

Anexo 4. Continuación

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---|-------|------|-------|------|------|--|--------|---------|-----------|----|--------|-------|--------------|-----------------------|-------|-------|
| Carbendacima | B | 13,00 | | | | | | 110,00 | | 1000,00 | NC | 155/59 | 207 | Polonia | | CL-MS | 1,3 |
| Azoxistrobina | B | 4,00 | | | | | | 14,00 | | 50,00 | | 155/17 | | | | CL-MS | 8 |
| Tebuconazol | B | 5,00 | | | | | | 12,00 | | 50,00 | | 155/15 | | | | CL-MS | 10 |
| Ciproconazol | B | 3,00 | | | | | | 6,00 | | 50,00 | | 155/9 | | | | CL-MS | 6 |
| Boscalida | B | 3,00 | | | | | | 5,00 | | 50,00 | | 155/8 | | | | CL-MS | 6 |
| Flutriafol | B | 27,00 | | | | | | 61,00 | | 50,00 | | 155/8 | | | | CL-MS | 54 |
| Tetraconazol | B | 4,00 | | | | | | 5,00 | | 50,00 | | 155/5 | | | | CL-MS | 8 |
| | | 4,00 | | | | | | 5,00 | | 50,00 | | 155/2 | | | | | |
| Dimoxistrobina | B | | | | | | | | | | | | | | Gawel et al., 2019 | CL-MS | 8 |
| Captan | B | 15,85 | 0,25 | | | 1,25 | | | 50,00 | Manzano | | 57/25 | 28,00 | Italia | | CG-MS | 31,7 |
| Quinoxifeno | B | 7,50 | 0,2 | | | 0,79 | | | 50,00 | | | 57/18 | | | | CG-MS | 15 |
| Trifloxistrobina | B | 8,70 | 0,3 | | | 1,18 | | | 50,00 | | | 57/15 | | | | CG-MS | 17,4 |
| Iprodiona | B | 10,30 | 0,1 | | | 1,07 | | | 50,00 | | | 57/15 | | | | CG-MS | 20,6 |
| Boscalida | B | 14,50 | 0,1 | | | 1,48 | | | 50,00 | | | 57/15 | | | Panseri et al., 2014 | CG-MS | 29 |
| Captan | | | | 20,56 | - | - | | | 50,00 | MF, | | 59/16 | 48 | | | CG-MS | 0 |
| Quinoxifeno | | | | 4,23 | 3,09 | - | | | 50,00 | Naranja | | 59/18 | | | | CG-MS | 0 |
| Iprodiona | | | | 6,28 | - | - | | | 50,00 | | | 59/2 | | | Chiesa et al., 2016 | CG-MS | 0 |
| | | 15,95 | | 15,95 | | - | | | 10,00 | NC | | 14/1 | 63 | Arabia Saudí | | | |
| Hexaconazol | B | | | | | | | | | | | | | | Alghamdi et al., 2020 | CG-MS | 159,5 |
| Azoxistrobina | B | 31,00 | | 31,00 | | - | | | 50,00 | NC | | 33/1 | 47 | Estonia | Karise et al., 2017 | CL-MS | 62 |
| Hexaconazol | A | 0,21 | 0,59 | 1,66 | <1,0 | 0,10 | | | *10,00 | NC | | 14 | 96 | Kenia | Irungu et al., 2016 | CL-MS | 2,1 |
| | | 7,00 | 2,8 | 9,00 | 5,00 | - | | | 1000,00 | NC | | 32/2 | 13 | Israel | Bommuraj et al., 2019 | CG-MS | 0,7 |
| Carbendacima | B | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 5. Residuos de Herbicidas en muestras de miel de diferentes orígenes geográficos reportados por distintos autores. \bar{X} : Concentración promedio .SD:Desviación estándar. Tipo A: Artículos donde \bar{X} y SD se calcula a partir del total de las muestras. Tipo B: Artículos donde \bar{X} y SD se calcula sobre el total de muestras con residuos. Max: Concentración máxima detectada. Min: Concentración mínima detectada. LOD: Límite de detección. LMR: Límite máximo de residuo (E.U. pesticide database, 2021). MA: Muestras de miel Analizadas. MA+: Muestras donde se detecta el pesticida. PA: Pesticidas Analizados. MTA: Método de análisis. IC: Índice de calidad, representa el % correspondiente del promedio de un residuo con su LMR. NC: No consta. MF: Mil Flores. CL: Cromatografía Líquida. CG: Cromatografía de Gases. MS: Espectrometría de masas. ELISA: Ensayo por inmunoadsorción ligado a enzimas. Cuando el LMR no existe se asignó *10.00 por defecto. 2,4.D: Ácido 2,4-diclorofenoxiacético.

| Residuo | Tipo | \bar{X} (ng g ⁻¹) | SD | Max | Min | LOD | LMR | Tipo de miel | MA/MA ⁺ | PA | País | Referencia | MTA | IC |
|---------------|------|---------------------------------|-------|--------|--------|------|--------|-----------------------|--------------------|-----|---------|-----------------------------|-------|-------|
| Pendimetalina | A | 7,00 | | | | | 50,00 | NC | 100 | 196 | | | CG-MS | 14 |
| Fluazifop | A | 68,00 | | | | | 50,00 | | | | | Lozano et al., 2018 | CL-MS | 136 |
| Triatato | B | 4,35 | | 4,40 | 4,30 | 0,50 | *10,00 | Naranja,Tomillo MF | 11/2 | 51 | | Albero et al., 2014 | CG-MS | 43,5 |
| Simazina | A | 0,82 | 1,26 | 4,00 | 1,00 | 1,00 | 10,00 | | 22 | | España | Juan-Borrás et al., 2016 | CL-MS | 8,2 |
| 2,4-D | B | 2,00 | 1,3 | 4,00 | 1,00 | - | 50,00 | NC | 32/4 | 13 | | Bommuraj et al., 2019 | CG-MS | 4 |
| Clopivalid | | 8,60 | 9,2 | 21,00 | 1,00 | - | 50,00 | | 32/5 | | Israel | | CG-MS | 17,2 |
| Glifosato | | | | 49,80 | >1,00 | | 50,00 | NC | 200/197 | 3 | | | CL-MS | 0 |
| AMPA | | | | 50,10 | >1,00 | | 50,00 | | 200/198 | | | Thompson et al., 2019 | CL-MS | 0 |
| Glufosinato | | | | 33,00 | >1,00 | | 50,00 | | 200/125 | | Canada | | CL-MS | 0 |
| Clopivalid | B | 67,75 | | 272,00 | 16,00 | - | 50,00 | NC | 33/8 | 47 | | | CL-MS | 135,5 |
| Glifosato | B | 44,00 | | 62,00 | 14,00 | - | 50,00 | | 33/4 | | Estonia | Karise et al., 2017 | CL-MS | 88 |
| Metribuzina | A | 11,99 | 22,77 | 70,40 | <1,00 | 0,10 | 100,00 | NC | 14 | 96 | Kenia | | CL-MS | 11,99 |
| Metribuzina | A | 7,91 | 12,43 | 44,20 | <1,00 | 0,10 | 100,00 | | 14 | | Etiopía | Irungu et al., 2016 | CL-MS | 7,91 |
| Glifosato | B | 118,25 | | 292,00 | <15,00 | | 50,00 | NC | 59/24 | 1 | EEUU | Berg et al., 2018 | ELISA | 236,5 |