



Residuos de plaguicidas en mora (*Rubus glaucus* Benth.) en el Valle del Cauca, Colombia¹

Pesticide residues in blackberries (*Rubus glaucus* Benth.) in the Valle del Cauca, Colombia

Yorley Beatriz Lagos-Alvarez^{2,3}, Lizette Maritza Díaz-Ramírez³, Jenny Marcela Melo-Velasco^{3,4}, Jhon Jairo Hurtado-Bermudez³

¹ Recepción: 24 de junio, 2021. Aceptación: 2 de diciembre, 2021. Este trabajo formó parte del proyecto de regalías “Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento del Valle del Cauca”, financiado con recursos del Sistema General de Regalías (SGR), coordinado por la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira y desarrollado en conjunto con la Alianza Bioversity International y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

² Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Valle, Colombia. Código postal 763533. yblagosa@unal.edu.co (autor para correspondencia: <https://orcid.org/0000-0001-9365-9055>).

³ Alianza Bioversity International y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Palmira, Colombia. l.diaz@cgiar.org (<https://orcid.org/0000-0003-3027-8559>); j.hurtado@cgiar.org (<https://orcid.org/0000-0002-2877-0627>).

⁴ University of Missouri, Missouri, United States of America. jenny@labuenaempresa.com (<https://orcid.org/0000-0002-7258-9163>).

Resumen

Introducción. La mora (*Rubus glaucus*) es una fruta muy susceptible a la contaminación por residuos de plaguicidas en su etapa de producción. Por tal razón, los análisis de residuos de plaguicidas en esta fruta tienen importancia para promover procesos que contribuyan a asegurar su calidad y seguridad. **Objetivo.** Analizar la residualidad de plaguicidas en frutos de mora (*Rubus glaucus*) obtenidos de zonas de producción y mercados mayoristas del Valle del Cauca. **Materiales y métodos.** Durante el segundo semestre del 2020 y el primero del 2021 se analizaron quince muestras de dos mercados mayoristas y quince muestras de tres zonas de producción del Valle del Cauca, a través de un análisis de multiresiduos de plaguicidas por cromatografía de gases acoplado con detector selectivo de masas (GC-MSD) y cromatografía líquida con espectrometría de masa a masa (LC-MS/MS). Para esto, se empleó el método QuEChERS y, además, se hizo un análisis de ditiocarbamatos totales por generación de disulfuro de carbono (CS₂). **Resultados.** Se encontraron ocho ingredientes activos en las zonas de producción, de los cuales cuatro sobrepasaron los límites máximos de residuos: chlorpyrifos, carbendazim, mandipropamid y difenoconazole. En los mercados mayoristas se determinaron catorce ingredientes activos, de las cuales cinco superaron los límites máximos de residuos: carbendazim, iprodiona, tebuconazole, dimethomorph y difenoconazole. **Conclusión.** Estos hallazgos reflejan la alta residualidad de plaguicidas en la mora lista para consumo y sugieren la necesidad de realizar procesos de seguimiento que contribuyan a asegurar la inocuidad de la fruta a lo largo de la cadena productiva.

Palabras clave: plaguicidas, riesgos para la salud, QuEChERS, cromatografía, inocuidad alimentaria.



Abstract

Introduction. The blackberry (*Rubus glaucus*) is a fruit very susceptible to contamination by pesticide residues during its production stage. For this reason, the analysis of pesticide residues in this fruit is important to promote processes that contribute to ensure its quality and safety. **Objective.** To analyze the pesticide residues in blackberry (*Rubus glaucus*) fruits obtained from production areas and wholesale markets in Valle del Cauca. **Materials and methods.** During the second semester of 2020 and the first semester of 2021, fifteen samples from two wholesale markets and fifteen samples of three production areas of Valle del Cauca were analyzed through a multi-residue analysis of pesticides by gas chromatography coupled with a mass selective detector (GC - MSD) and liquid chromatography with mass-to-mass spectrometry (LC-MS / MS). For this, the QuEChERS method was used and, in addition, an analysis of total dithiocarbamates by carbon disulfide (CS₂) generation was performed. **Results.** Eight active ingredients were found in the production areas, of which four of them exceeded the maximum residue limits: chlorpyrifos, carbendazim, mandipropamid, and difenoconazole. In the market places, fourteen active ingredients were determined, which five exceeded the maximum residue limits: carbendazim, iprodione, tebuconazole, dimethomorph, and difenoconazole. **Conclusion.** These findings reflect the high residual pesticide residues in ready-to-eat blackberries and suggest the need for follow-up processes to help ensure the safety of the fruit throughout the production chain.

Keywords: pesticides, health risks, QuEChERS, chromatography, food safety.

Introducción

La salud de los seres humanos depende en gran medida de la alimentación diaria. Por ello, se promueve la adopción global de dietas saludables, ricas en alimentos de origen vegetal y con menos productos de procedencia animal. Esta acción ha demostrado tener beneficios para el medio ambiente y la salud (Comisión EAT-Lancet, 2019).

Dado que las frutas y verduras juegan un papel fundamental para una alimentación sana, la Organización Mundial de la Salud (OMS), recomienda consumir más de 400 g de estos alimentos al día (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2020). Las frutas y verduras aportan fibra y nutrientes, en especial vitaminas, minerales (Rodríguez Leyton, 2019; Rodríguez Leyton & Sánchez Majana, 2017) y componentes bioactivos, como los fitoesteroles, flavonoides y otros antioxidantes (Arroyo Uriarte et al., 2018; OMS, 2020). Su consumo previene el desarrollo de enfermedades no transmisibles, como las cardiopatías y algunos tipos de cáncer, y disminuyen los riesgos de tener sobrepeso y obesidad (OMS, 2020).

Aunque son múltiples los beneficios asociados al consumo de frutas, se ha demostrado su capacidad de portar contaminantes como los plaguicidas (Breccia & Santiago, 2018). Esto se debe al uso generalizado de estas sustancias contra las plagas en la producción agrícola (Carvalho, 2017). Además, responden a la necesidad de incrementar los rendimientos de los cultivos para satisfacer la demanda de alimentos de una población en constante crecimiento (Carvalho, 2017; Ortiz et al., 2014). En concreto, aunque los plaguicidas cumplen un importante rol en la agricultura (Breccia & Santiago, 2018), su manejo inadecuado repercute en el ambiente, los animales y los humanos (Wolansky, 2011).

Algunos residuos de plaguicidas en los alimentos logran permanecer en los tejidos u órganos vegetales y causar problemas a la salud humana a mediano y largo plazo (Handford et al., 2015). Estos pueden provocar desde dolores de cabeza, náuseas, irritación de piel y ojos, hasta trastornos neurológicos y enfermedades crónicas como el cáncer (Gomes et al., 2020). También pueden causar depresión, infertilidad (Handford et al., 2015) y aumentar el riesgo del hipotiroidismo (Requena et al., 2019).

Las frutas son una fuente relevante de exposición a los residuos de plaguicidas (Chiu et al., 2019; Piñeiro & Díaz, 2004). En la actualidad se genera una conciencia entre los consumidores ante la presencia de estas sustancias en los alimentos (Piñeiro & Díaz Ríos, 2004). Por lo anterior, surge la necesidad de asegurar la inocuidad de las frutas para contribuir con su calidad y la seguridad del consumidor (Xu et al., 2021). Por esto, las agencias reguladoras de cada país realizan controles según los lineamientos de los límites máximos de residuos (LMR), los cuales varían de acuerdo al país, el ingrediente activo y el cultivo (Handford et al., 2015).

En Colombia, el área sembrada con frutales ha presentado una dinámica de constante crecimiento durante las últimas cuatro décadas (Miranda, 2011). En cuanto a la mora (*Rubus glaucus* Benth.), es una fruta apetecida por su sabor, contenido de carbohidratos, fibra y minerales como el potasio. Además, tiene altos niveles de antocianinas y otros compuestos fenólicos (en especial los flavonoides y elagitaninos) (Orrego et al., 2020). Su alto contenido de elagitaninos se ha asociado con beneficios para la salud; en especial, en la lucha contra enfermedades degenerativas, entre ellas el cáncer de colón, mama, próstata y enfermedades cardiovasculares. Estas sustancias no se absorben de manera directa, requieren ser metabolizadas de forma parcial para liberar ácido elágico, el cual, junto con los elagitaninos son degradados por la microbiota intestinal para liberar urolitinas, las cuales ejercen los efectos benéficos sobre la salud (Orrego et al., 2020).

El cultivo de la mora genera ingresos y empleo para pequeños y medianos productores en el país. A su vez, es una alternativa agroindustrial (Zapata, 2013), dado que se usa con fines alimenticios, cosméticos e industriales. En la industria, se emplea para la preparación de jugos, pulpas, mermeladas, conservas, confites y colorantes (Orrego et al., 2020). No obstante, solo el 10 % de la producción de mora en Colombia tiene como destino la agroindustria. Al menos el 55 % de la producción es dirigida hacia el consumo en los hogares y el 35 % restante se pierde. Esto se debe a procesos de degradación microbiológica, daños físicos, deshidratación y sobremaduración en la cadena de suministro (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], 2018; Orrego et al., 2020).

La mora presenta una riqueza en compuestos funcionales que están por encima de muchas otras frutas (Vasco et al., 2008). Al ser considerado un alimento funcional, tiene el potencial para posicionarse en el mercado internacional como una super fruta (Falguera et al., 2012); sin embargo, quienes exportan jugo de mora, fruta entera congelada (IQF) y pulpa, confirman la dificultad de encontrar mora limpia, libre de residuos de plaguicidas (CIAT, 2018).

Los residuos de plaguicidas no permitidos y el bajo registro de grados Brix, han limitado la comercialización internacional de la mora. En particular, a mercados como el de Estados Unidos, que ha sido representativo para Colombia en la exportación de la misma. Durante los últimos cinco años, el país ha exportado solo un 0,14 % de la producción nacional de mora, es decir, alrededor de 120 t/año (CIAT, 2018).

En el 2004 Estados Unidos rechazó la pulpa de mora proveniente de una agroindustria nacional por sobrepasar los LMR regentes para el ingrediente activo metamidofos (Naranjo, 2008). En el departamento de Caldas, se encontró en frutos de mora listos para consumo una concentración máxima de 2,78 mg kg⁻¹ de clorotalonil (Naranjo, 2008). Este ingrediente activo superó los LMR permitidos por la legislación de Canadá, la cual era de 0,1 mg kg⁻¹. A su vez, el autor también registró residuos de dimetoato y clorpirifos (no reportó concentraciones).

En Bogotá, a través del método QuEChERS se evaluaron 38 plaguicidas en muestras de frutos secos disponibles en el mercado. Una de las frutas evaluadas fue la mora, además del maracuyá, la piña y las uvas. Entre los resultados, los investigadores encontraron clorpirifos en una concentración de 400 µg kg⁻¹ en una de las muestras de mora deshidratada (Varela-Martínez et al., 2019).

Un estudio realizado en los municipios de Arcabuco y Sutamarchán en Boyacá, para evaluar residuos de clorpirifos en cultivos de fresa (*Fragaria*), mora (*Rubus ulmifolius*) y tomate (*Solanum lycopersicum*), a través de espectrofotometría, reveló la presencia de clorpirifos en la mora, a razón de 1,247 mg kg⁻¹. De acuerdo con el Codex Alimentarius, el LMR de clorpirifos para alimentos pomáceos debe ser de 1 mg kg⁻¹, por lo que la mora evaluada superó los LMR (Patarroyo et al., 2013).

Por sus condiciones edafoclimáticas y tradición agrícola, el Valle del Cauca es productor de una gran variedad de frutas (Asociación Hortofrutícola de Colombia, 2006). En cuanto al cultivo de la mora, este es de alta relevancia socioeconómica. Para el 2019, se contó con una producción de 4208 t cosechadas en 541 ha distribuidas en veintitrés municipios (Red de información y comunicación del sector Agropecuario Colombiano [Agronet], 2020). Esta baya es considerada como un frutal con potencial de desarrollo (Marulanda et al., 2011). Por esta razón, el gobierno departamental fomenta su producción y comercialización.

La mora que se produce en el Valle del Cauca no es ajena a la problemática enunciada. En un estudio se identificaron dos grandes limitantes en el desarrollo y competitividad de la cadena productiva del departamento: i) la alta concentración de agroquímicos en la fruta que dificulta la aceptación de productos elaborados en la agroindustria nacional y en el mercado exterior; y ii) el desconocimiento por parte de productores de los LMR que se utilizan en el cultivo (CIAT, 2018).

Las observaciones expuestas sustentan la importancia de determinar la presencia de plaguicidas y sus concentraciones en la mora. Más aún, al considerar que la fruta no tiene cáscara, por lo que es más susceptible a la contaminación (Vásquez Gallo, 2020). Durante su producción se emplean diversos plaguicidas para el control de plagas y enfermedades. Cuando estas sustancias se emplean de manera inapropiada juegan un papel decisivo en la calidad e inocuidad de la fruta cosechada (Franco et al., 2020). Por esta razón, los consumidores pueden estar sujetos a un factor de riesgo al ingerir residuos de plaguicidas.

En el país, los análisis de residuos en mora son escasos, debido a su alto costo. Además, hace falta que se aplique la normativa relacionada y son pocos los laboratorios acreditados para este tipo de análisis. Se conoce que la fruta presenta residuos de plaguicidas, pero no se tiene certeza de las sustancias presentes y sus concentraciones. Esto se debe a que, por lo general, este tipo de análisis los realiza la agroindustria para comercializar sus productos en los mercados internacionales, pero estos datos no son públicos. Por lo tanto, los consumidores no cuentan con información referente a los ingredientes activos presentes en la fruta y sus implicaciones en la salud (Naranjo, 2011).

Esta investigación tuvo como objetivo analizar la residualidad de plaguicidas en muestras de frutos de mora (*Rubus glaucus*) obtenidos en zonas de producción y mercados mayoristas del Valle del Cauca.

Materiales y métodos

Esta investigación se llevó a cabo entre el segundo semestre del 2020 y el primero del 2021. Para analizar los residuos de plaguicidas presentes en la mora (*R. glaucus*) que se produce y se comercializa en el Valle del Cauca, se tomaron treinta muestras, quince de ellas en nueve fincas y las quince restantes en dos mercados mayoristas de la región.

Selección de sitios de muestreo

La recolección de muestras en campo estuvo sujeta al cumplimiento de los siguientes tres criterios: i) predios con cultivo de mora de Castilla en etapa productiva, ii) fincas con vías de fácil acceso y iii) productores dispuestos a participar en la investigación. Para la recolección de muestras de fruta disponibles en el mercado se seleccionaron los dos mercados mayoristas del departamento del Valle del Cauca (Cuadro 1).

Zonas de producción

El Valle del Cauca cuenta con veintitrés municipios productores de mora. A partir de los criterios mencionados se seleccionaron tres: Florida, Guacarí y Pradera, los cuales cuentan con un área sembrada de 52, 44 y 25 ha,

Cuadro 1. Descripción de los sitios de muestreo de mora (*Rubus glaucus*) en el Valle del Cauca, Alianza Bioversity International y el Centro Internacional de Agricultura Tropical. Colombia. 2020.

Table 1. Description of the blackberry (*Rubus glaucus*) sampling sites in Valle del Cauca, Colombia, Alliance Bioversity International and International Center for Tropical Agriculture. Colombia. 2020.

Origen de muestra	Designación de análisis	Lugar de muestreo	Municipio o vereda	Muestreo 1	Muestreo 2
Mercados mayoristas	Vendedor 1	Cavasa	Candelaria	3	3
	Vendedor 2				
	Vendedor 3				
	Vendedor 1	Santa Elena	Cali	3	3
	Vendedor 2				
	Vendedor 3				
Zonas de producción	Finca 1	Guacarí	La Magdalena	1	1
	Finca 2		La Magdalena	1	1
	Finca 3		La Magdalena	1	
	Finca 1	Pradera	El Nogal	1	1
	Finca 2		El Retiro	1	1
	Finca 3		La Carbonera	1	1
	Finca 1	Florida	Las Guacas	1	1
	Finca 2		Altamira	1	1
	Finca 3		Brisas	1	1
Total de muestras				15	15

respectivamente (Agronet, 2020). En cada municipio se escogieron tres fincas. Se realizaron dos muestreos por finca con una diferencia de ocho días con el fin de coincidir con los días de cosecha (los agricultores cosechan dos veces por semana) (Cuadro 1).

Mercados mayoristas

Los dos mercados mayoristas del Valle son la Corporación de Abastecimiento del Valle del Cauca S.A (Cavasa) y la plaza de mercado de Santa Elena (Alcaldía de Santiago de Cali, 2019; Universidad del Valle, 2018). Cavasa se encuentra ubicada en la vía Cali Candelaria a la altura del kilómetro 11, mientras que Santa Elena está localizada en el centro de la ciudad de Cali. En cada mercado se ubicaron tres puntos de venta y en cada uno de ellos se tomó una muestra. A los ocho días siguientes se repitió el proceso (Cuadro 1).

Procedimiento de muestreo

La composición de las muestras siguió los lineamientos de la directiva 2002/63/CE de la Comisión Europea y el Codex Alimentarius (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura & Organización Mundial de la Salud, 2021), quienes recomiendan tomar como unidad de análisis 1 kg, para el caso de frutas y verduras de tamaño pequeño, es decir, inferiores a 25 g de peso.

En las plazas mayoristas la mora se encontró en dos presentaciones: empacada en bolsas de 250 o 500 g y a granel sobre bandejas de aluminio. En este caso, se procedió a comprar 1 kg de fruta a granel (sin evasar) y se indagó acerca de la procedencia de la misma.

En cuanto a las fincas productoras, las moras que conformaron el kilogramo se tomaron de forma aleatoria de las diferentes canastillas en el momento de la cosecha. Las muestras, se empacaron en bolsas de plástico con cierre hermético para evitar que se mezclen entre sí. Además, con el fin de asegurar la trazabilidad, se etiquetaron con información del productor, el colector, la fecha de colecta y el sitio de muestreo.

Para el embalaje, se usaron cajas de poliestireno expandido (Icopor), las cuales contenían geles refrigerantes y pilas de hielo para conservar la fruta durante su traslado hasta el laboratorio encargado de realizar los análisis.

Análisis de laboratorio

Para realizar el análisis de los residuos de plaguicidas presentes en la fruta se contrató al laboratorio de servicios analíticos Ceimic, ubicado en Chía, Cundinamarca. El laboratorio empleó el método QuEChERS, en el análisis de multiresiduos de plaguicidas, el cual permite detectar seiscientos materias activas, por cromatografía de gases acoplado a detector selectivo de masas (GC-MSD) y cromatografía líquida acoplado con espectrometría de masa a masa (LC-MS/MS). Además, se contó con un análisis de ditiocarbamatos totales por generación de disulfuro de carbono (CS₂), con capacidad de detectar doce ingredientes activos.

Análisis de resultados

Los resultados de los análisis se compararon con los límites máximos de residuos (LMR) del Codex Alimentarius (por ser reglamentación válida para Colombia) y con otras normativas de Estados Unidos, la Unión Europea, Japón, China y Corea. Así, fue posible determinar si los residuos de plaguicidas encontrados en las muestras superaban o no los LMR.

Resultados

Residuos de plaguicidas en zonas de producción

Los análisis de ditiocarbamatos totales en las muestras tomadas en las zonas de producción no detectaron residuos de estos productos; sin embargo, los análisis multiresiduos sí detectaron la presencia de diversas sustancias. A continuación, se presenta una breve descripción de los ingredientes activos encontrados en los tres municipios:

Guacarí: En este municipio el análisis multiresiduos de plaguicidas determinó cinco ingredientes activos: chlorpyrifos, tebuconazole, carbendazim, mandipropamid y azoxystrobin (Cuadro 2). Entre estos, el chlorpyrifos presentó una frecuencia del 100 % en el primer muestreo (Figura 1), es decir, que se encontró en las tres fincas. Sin embargo, las concentraciones no superaron los límites máximos de residuos (LMR). En el segundo muestreo se encontró en la finca número tres una concentración de 0,15 mg kg⁻¹, la cual supera el LMR establecido por la Unión Europea (0,01 mg kg⁻¹). En esta finca también se encontraron trazas de mandipropamid (0,202 mg kg⁻¹) en el primer muestreo, cuyo límite es de 0,1 mg kg⁻¹ para Corea y de 0,01 mg kg⁻¹ para la Unión Europea y Japón (Cuadro 2).

El primer muestreo realizado en la finca dos presentó trazas de carbendazim (3,592 mg kg⁻¹) que superaron lo establecido por China, Corea y el Codex Alimentarius. Este último código de normas vigente en Colombia establece que el LMR de esta molécula no debe superar 1 mg kg⁻¹. No obstante, el segundo muestreo de frutas de

esta finca resultó en 0,722 mg kg⁻¹ y, aunque es menor a lo dictaminado por el Codex Alimentarius, incumple con los lineamientos de la Unión Europea donde no se admiten trazas de esta sustancia. Un resultado similar presentó la muestra de la finca número uno, con 0,047 mg kg⁻¹ (Cuadro 1).

Pradera: en este municipio el difenoconazole estuvo presente en el 100 % de las muestras del primer muestreo (Figura 1), en concentraciones equivalentes a 0,013; 0,172 y 0,6 mg kg⁻¹, en las muestras de las tres fincas que participaron del estudio (Cuadro 1). En el segundo muestreo, el ingrediente activo se encontró en el 67 % de las

Cuadro 2. Residuos de plaguicidas detectados en algunas zonas de producción de mora (*Rubus glaucus*) en el Valle del Cauca. Laboratorio Ceimic, Chía, Cundinamarca, Colombia. 2021.

Table 2. Pesticide residues detected in some blackberry (*Rubus glaucus*) production areas in Valle del Cauca. Ceimic Laboratory, Chía, Cundinamarca, Colombia. 2021.

Municipio	Vereda o comunidad	Finca	Ingrediente activo	Mues-treo 1 (mg kg ⁻¹)	Incerti-dumbre treo 1 (mg kg ⁻¹)	Mues-treo 2 (mg kg ⁻¹)	Incerti-dumbre treo 2 (mg kg ⁻¹)	Unión Europea (mg kg ⁻¹)	USA (mg kg ⁻¹)	China (mg kg ⁻¹)	Japón (mg kg ⁻¹)	Corea (mg kg ⁻¹)	Codex Alimentarius (mg kg ⁻¹)	
Guacarí	La Magdalena	1	Carbendazim	ND	0,047	0,013	0	S/INF	0,5	S/INF	3	2	1	
			Chlorpyrifos	0,014	0,004	ND	0,01	S/INF	S/INF	S/INF	1	0,4	S/INF	S/INF
			Tebuconazole	0,014	0,004	ND	0,5	S/INF	S/INF	S/INF	0,01	0,5	0,5	S/INF
2			Azoxystrobin	ND	0,082	0,018	5	5	5	5	5	1	5	
			Carbendazim	3,592	1,114	0,722	0,195	0	S/INF	0,5	S/INF	3	2	1
			Chlorpyrifos	0,014	0,004	ND	0,01	S/INF	S/INF	S/INF	S/INF	1	0,4	S/INF
3			Chlorpyrifos	0,15	0,038	ND	0,01	S/INF	S/INF	S/INF	1	0,4	S/INF	
			Mandipropamid	0,202	0,051	ND	0,01	S/INF	S/INF	S/INF	0,01	0,1	S/INF	S/INF
			Difenoconazole	0,013	0,003	ND	1,5	S/INF	S/INF	S/INF	0,01	0,5	0,5	S/INF
Pradera	El Nogal	1	Difenoconazole	0,013	0,003	ND	1,5	S/INF	S/INF	S/INF	0,01	0,5	S/INF	
		2	Carbendazim	0,488	0,122	ND	0	S/INF	0,5	S/INF	3	2	1	
			Difenoconazole	0,172	0,038	0,22	0,057	1,5	S/INF	S/INF	S/INF	0,01	0,5	S/INF
La Carbonera			Myclobutamil	ND	0,031	0,007	0,8	2	S/INF	S/INF	1	1	S/INF	
			Difenoconazole	0,6	0,114	1,339	0,295	1,5	S/INF	S/INF	S/INF	0,01	0,5	S/INF
			Cypermethrin	0,22	0,053	ND	0,5	S/INF	S/INF	S/INF	0,5	2	S/INF	
Florida	Las Guacas		Difenoconazole	0,36	0,094	0,32	0,096	1,5	S/INF	S/INF	0,01	0,5	S/INF	
		2	Carbendazim	ND	0,505	0,152	0	S/INF	0,5	S/INF	3	2	1	
Las Brisas	3		Chlorpyrifos	ND	0,33	0,083	0,01	S/INF	S/INF	S/INF	1	0,4	S/INF	
			ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	

ND: no detectado, S/INF: sin información. / ND: not detected, S/INF: no information.

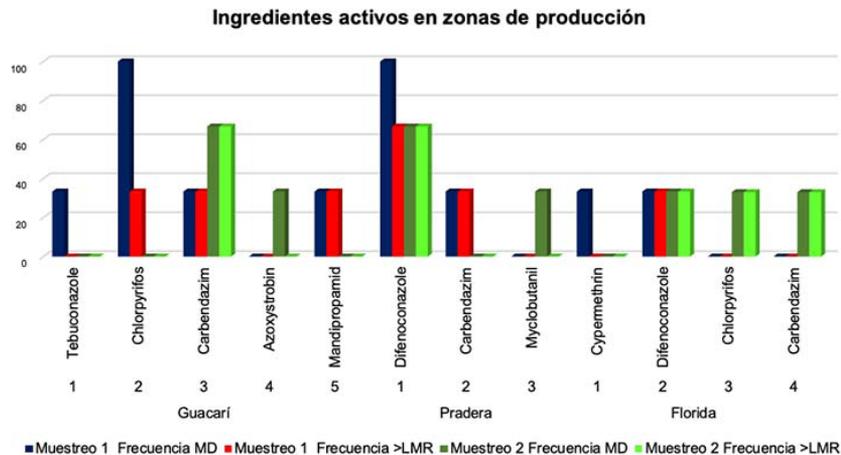


Figura 1. Frecuencia de residuos de plaguicidas detectados en frutos de mora (*Rubus glaucus*) procedentes de diferentes zonas de producción del Valle del Cauca. Laboratorio Ceimic, Chía, Cundinamarca, Colombia. 2021.

MD: ingredientes activos detectados. >LMR: Valor de concentración del ingrediente activo superior al LMR.

Figure 1. Frequency of pesticide residues detected in blackberry (*Rubus glaucus*) fruits from different production areas of Valle del Cauca. Ceimic Laboratory, Chia, Cundinamarca, Colombia. 2021.

MD: active ingredients detected. > MRL: concentration value of the active ingredient above the MRL.

muestras de esta zona productora, es decir, en dos de los predios donde se obtuvieron resultados de 0,22 y 1,339 mg kg⁻¹ (finca dos y tres). En estos casos, los LMR superaron lo permisible por Japón (0,01 mg kg⁻¹). Además, se encontraron residuos de carbendazim (0,488 mg kg⁻¹) en las frutas del primer muestreo de la finca dos.

Florida: en este municipio, en los dos muestreos realizados en la finca número uno se determinaron residuos de difenoconazole (0,36 y 0,32 mg kg⁻¹); concentraciones que fueron superiores a los LMR establecidos por Japón (0,01 mg kg⁻¹). En la finca dos, para el segundo muestreo se encontró chlorpyrifos en una cantidad de 0,33 mg kg⁻¹, la cual excede lo permitido por la Unión Europea (0,01 mg kg⁻¹). Además, la muestra presentó carbendazim en una cantidad de 0,505 mg kg⁻¹, la cual también supera los LMR de la Unión Europea (0 mg kg⁻¹) (Cuadro 1).

En el primer muestreo de la finca dos y en los dos muestreos realizados en la finca número tres no se detectaron residuos de plaguicidas. Esto se explica, dado que en estas fincas se están implementando prácticas de agricultura limpia, lo que se visibiliza en el cambio progresivo de productos químicos por biológicos como: *Trichoderma* sp., *Bacillus subtilis* y crisopas.

Residuos de plaguicidas en moras procedentes de mercados mayoristas del Valle del Cauca

Corporación de Abastecimiento del Valle del Cauca S.A. (Cavasa)

Por lo general, la mora que se comercializa en la Corporación de Abastecimiento del Valle del Cauca S.A. (Cavasa) proviene del departamento de Nariño y en menor proporción del Huila, Cauca o zonas productoras del Valle. En este estudio, las muestras procedentes de los tres vendedores de este mercado, tuvieron como origen Nariño, de acuerdo con la información suministrada en el momento del muestreo.

En el fruto de mora analizado en esta central mayorista se identificó la presencia de residuos de diez ingredientes activos de plaguicidas. El carbendazim fue la molécula predominante, ya que se detectó en el 100 % de las muestras y en los dos muestreos realizados (Figura 2).

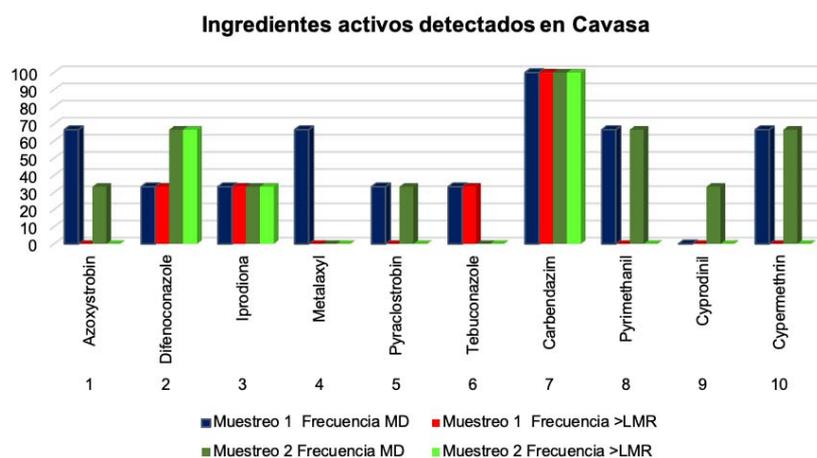


Figura 2. Frecuencia de residuos de plaguicidas encontrados en frutos de mora (*Rubus glaucus*) comercializada en la Corporación de Abastecimiento del Valle del Cauca S.A. (Cavasa), Valle del Cauca. Laboratorio Ceimic, Chía, Cundinamarca, Colombia. 2021.

MD: ingredientes activos detectados. >LMR: valor de concentración del ingrediente activo superior a los límites máximos de residuos (LMR).

Figure 2. Frequency of pesticide residues found in blackberry (*Rubus glaucus*) fruits commercialized at the Corporación de Abastecimiento del Valle del Cauca S.A. (Cavasa), Valle del Cauca. Ceimic Laboratory, Chia, Cundinamarca, Colombia. 2021.

MD: active ingredients detected. > MRL: concentration value of the active ingredient above the MRL.

El difenoconazole se encontró en una concentración de $0,29 \text{ mg kg}^{-1}$ en el primer muestreo procedente del vendedor número uno. En el segundo muestreo, la concentración de esta molécula se registró en $0,037 \text{ mg kg}^{-1}$ para el mismo vendedor. También se registró $0,033 \text{ mg kg}^{-1}$ de esta sustancia en la muestra proveniente del vendedor número tres. En los tres casos la cantidad encontrada superó el LMR establecido por Japón ($0,01 \text{ mg kg}^{-1}$) (Cuadro 3).

En la muestra del vendedor uno también se encontró iprodiona en los dos muestreos realizados ($0,025$ y $0,02 \text{ mg kg}^{-1}$), valores que superaron el LMR de la Unión Europea ($0,01 \text{ mg kg}^{-1}$). También se registraron residuos de tebuconazole en el primer muestreo ($0,02 \text{ mg kg}^{-1}$), concentración que superó el LMR establecido por Japón ($0,01 \text{ mg kg}^{-1}$).

Ingredientes activos como el azoxystrobin, metalaxyl, pyraclostrobin, pyrimethanil, cyprodinil y cypermethrin también se cuantificaron en Cavasa, sin embargo, sus concentraciones no superaron los LMR (Cuadro 3).

Galería Santa Elena

La mora muestreada en Santa Elena correspondió a fruta proveniente del departamento del Huila. Durante los dos muestreos realizados se encontraron trece ingredientes activos de plaguicidas. De estos, ocho se presentaron en concentraciones que no superaron los LMR, estos fueron: azoxystrobin, metalaxyl, pyraclostrobin, pyrimethanil, cypermethrin, chlorpyrifos, fluopyram y miclobutanil. Los cinco restantes (difenoconazole, iprodiona, tebuconazole, carbendazim y dimethomorph) se determinaron en cantidades que violan las normativas de la Unión Europea, Japón y Corea (Figura 3).

Cuadro 3. Residuos de plaguicidas detectados en frutos de mora (*Rubus glaucus*) comprada en la Corporación de Abastecimiento del Valle del Cauca S.A. (Cavasa), Valle del Cauca. Laboratorio Ceimic, Chía, Cundinamarca, Colombia. 2021.

Table 3. Pesticide residues detected in blackberry (*Rubus glaucus*) fruits purchased at the Corporación de Abastecimiento del Valle del Cauca S.A. (Cavasa), Valle del Cauca. Ceimic Laboratory, Chia, Cundinamarca, Colombia. 2021.

Vendedor	Ingrediente activo	Muestreo 1 (mg kg ⁻¹)	Incertidumbre muestreo 1	Muestreo 2 (mg kg ⁻¹)	Incertidumbre muestreo 2	Unión Europea (mg kg ⁻¹)	USA (mg kg ⁻¹)	China (mg kg ⁻¹)	Japón (mg kg ⁻¹)	Corea (mg kg ⁻¹)	Codex Alimentarius (mg kg ⁻¹)
1	Azoxystrobin	0,025	0,005	ND		5	5	5	5	1	5
	Carbendazim	0,509	0,148	0,292	0,058	0	S/INF	0,5	3	2	1
	Cypermethrin	ND		0,4	0,1	0,5	S/INF	S/INF	0,5	2	S/INF
	Difenoconazole	0,29	0,055	0,037	0,01	1,5	S/INF	S/INF	0,01	0,5	S/INF
	Iprodiona	0,025	0,007	0,02	0,005	0,01	25	S/INF	12	30	30
	Metalaxyl	0,01	0,003	ND		0,02	S/INF	S/INF	0,2	0,2	S/INF
	Pyraclostrobin	0,013	0,002	ND		3	4	3	3	3	3
	Pyrimethanil	0,12	0,025	0,017	0,004	15	15	3	10	15	15
Tebuconazole	0,02	0,005	ND		0,5	S/INF	S/INF	0,01	0,5	S/INF	
2	Azoxystrobin	ND		0,028	0,007	5	5	5	5	1	5
	Carbendazim	0,401	0,116	0,37	0,074	0	S/INF	0,5	3	2	1
	Cypermethrin	0,036	0,009	0,66	0,165	0,5	S/INF	S/INF	0,5	2	S/INF
	Cyprodinil	ND		0,022	0,005	3	10	10	10	1	10
	Difenoconazole	ND		0,033	0,009	1,5	S/INF	S/INF	0,01	0,5	S/INF
	Pyraclostrobin	ND		0,063	0,016	3	4	3	3	3	3
	Pyrimethanil	ND		0,025	0,006	15	15	3	10	15	15
3	Azoxystrobin	0,005	S/INF	ND		5	5	5	5	1	5
	Carbendazim	1,294	0,375	0,438	0,088	0	S/INF	0,5	3	2	1
	Cypermethrin	0,067	0,017	ND		0,5	S/INF	S/INF	0,5	2	S/INF
	Metalaxyl	0,02	0,005	ND		0,02	S/INF	S/INF	0,2	0,2	S/INF
	Pyrimethanil	0,654	0,137	ND		15	15	3	10	15	15

ND: no detectado, S/INF: sin información. / ND: not detected, S/INF: no information.

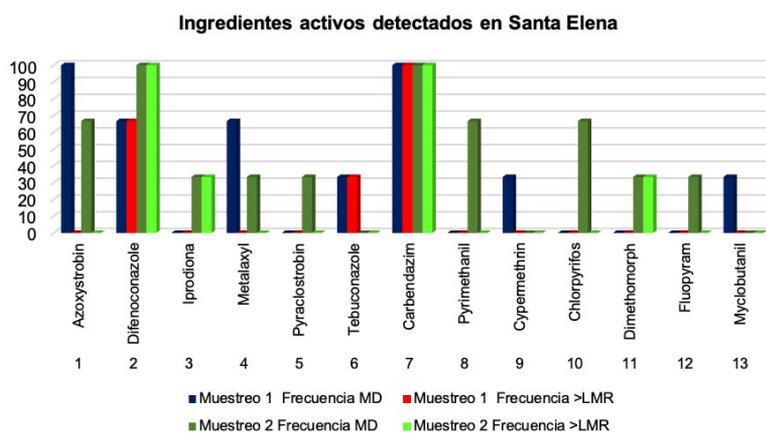


Figura 3. Frecuencia de residuos de plaguicidas encontrados en frutos de mora (*Rubus glaucus*) comercializada en Santa Elena, Valle del Cauca. Laboratorio Ceimic, Chia, Cundinamarca, Colombia. 2021.

MD: ingredientes activos detectados. >LMR: valor de concentración del ingrediente activo superior a los límites máximos de residuos (LMR).

Figure 3. Frequency of pesticide residues found in blackberry (*Rubus glaucus*) fruits commercialized in Santa Elena, Valle del Cauca. Ceimic Laboratory, Chia, Cundinamarca, Colombia. 2021.

MD: active ingredients detected. > MRL: concentration value of the active ingredient above the MRL.

Al igual que en Cavasa, en Santa Elena se encontró carbendazim en el 100 % de las muestras analizadas en los dos muestreos. En las muestras de los vendedores uno y dos se presentaron trazas de difenoconazole 0,028 y 0,9 mg kg⁻¹ en el primer muestreo y en el segundo, las muestras de los tres vendedores reportaron valores de 0,05, 0,075 y 0,018 mg kg⁻¹, respectivamente. Estas concentraciones superaron el LMR de Japón (0,01 mg kg⁻¹) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Residuos de plaguicidas detectados en frutos de mora (*Rubus glaucus*) comprada en la galería Santa Elena, Valle del Cauca, Laboratorio Ceimic, Alianza Bioversity International y Centro Internacional de Agricultura Tropical. Colombia. 2021.

Table 4. Pesticide residues detected in blackberry (*Rubus glaucus*) fruits purchased at the Santa Elena gallery, Valle del Cauca, Ceimic Laboratory, Alliance Bioversity International and International Center for Tropical Agriculture. Colombia. 2021.

Mer- cado	Vende- dor	Ingrediente activo	Mues- treo 1 (mg kg ⁻¹)	Incerti- dumbre muestreo 1	Muestreo 2 (mg kg ⁻¹)	Incerti- dumbre muestreo 2	Unión Europea (mg kg ⁻¹)	USA (mg kg ⁻¹)	China (mg kg ⁻¹)	Japón (mg kg ⁻¹)	Corea (mg kg ⁻¹)	Codex Ali- mentarius (mg kg ⁻¹)
Santa Elena	1	Azoxystrobin	0,018	0,003	0,2	0,038	5	5	5	5	1	5
		Carbendazim	0,107	0,031	0,081	0,023	0	S/INF	0,5	3	2	1
		Chlorpyrifos	ND		0,01	0,003	0,01	S/INF	S/INF	1	0,4	S/INF
		Difenoconazole	0,028	0,005	0,05	0,01	1,5	S/INF	S/INF	0,01	0,5	S/INF
		Iprodiona	ND		0,4	0,116	0,01	25	S/INF	12	30	30
	2	Azoxystrobin	0,024	0,005	0,01	0,002	5	5	5	5	1	5
		Carbendazim	0,164	0,048	0,218	0,063	0	S/INF	0,5	3	2	1
		Chlorpyrifos	ND		0,01	0,002	0,01	S/INF	S/INF	1	0,4	S/INF
		Cypermethrin	0,05	0,013	ND		0,5	S/INF	S/INF	0,5	2	S/INF
		Difenoconazole	0,9	0,171	0,075	0,014	1,5	S/INF	S/INF	0,01	0,5	S/INF
		Dimethomorph	ND		0,022	0,006	0,05	S/INF	S/INF	0,01	2	S/INF
		Metalaxyl	0,015	0,003	0,01	0,003	0,02	S/INF	S/INF	0,2	0,2	S/INF
		Myclobutanil	0,098	0,019	ND		0,8	2	S/INF	1	1	S/INF
		Pyrimethanil	ND		0,01	0,002	15	15	3	10	15	15
		3	Azoxystrobin	0,028	0,005	ND		5	5	5	5	1
	Carbendazim		0,157	0,046	0,654	0,19	0	S/INF	0,5	3	2	1
	Difenoconazole		ND		0,018	0,003	1,5	S/INF	S/INF	0,01	0,5	S/INF
	Fluopyram		ND		0,009	S/INF	5	5	3	5	3	3
	Metalaxyl		0,01	0,003	ND		0,02	S/INF	S/INF	0,2	0,2	S/INF
	Tebuconazole		0,026	0,006	ND		0,5	S/INF	S/INF	0,01	0,5	S/INF
Pyraclostrobin	ND			0,016	0,002	3	4	3	3	3	3	
Pyrimethanil	ND		0,025	0,005	15	15	3	10	15	15		

ND: no detectado, S/INF: sin información. / ND: not detected, S/INF: no information.

La muestra del vendedor número tres en el primer muestreo presentó trazas de tebuconazole 0,026 mg kg⁻¹ que superó el LMR de Japón (0,01 mg kg⁻¹). En el segundo muestreo la fruta del vendedor número uno mostró un valor de 0,4 mg kg⁻¹ de iprodiona, cantidad que excedió el LMR de la Unión Europea (0,01 mg kg⁻¹). Asimismo, la muestra del comerciante dos mostró 0,022 mg kg⁻¹ de dimethomorph, cuyo LMR en Japón es de 0,01 mg kg⁻¹ (Cuadro 4).

Discusión

De acuerdo con la información suministrada por los productores, la mora se caracteriza por tener una fructificación continua. Por tal motivo, los frutos se cosechan dos o tres veces por semana. Esta situación dificulta el cumplimiento de los periodos de carencia entre las aplicaciones de plaguicidas y la cosecha de la fruta. Esto posibilita que la mora comercializada tenga residuos de productos químicos (Cotes Prado et al., 2013), como lo ha dejado en evidencia esta investigación.

La cantidad de residuos de plaguicidas encontrados en las zonas de producción fue de máximo dos ingredientes activos por muestra. Para el caso de los mercados mayoristas se encontraron hasta siete sustancias por muestra. Cabe agregar que los agricultores que pertenecen a alguna organización o cooperativa participan de procesos de capacitación y asistencia técnica. Por esta razón, son más cuidadosos en el uso y aplicación de los plaguicidas. Algunas de estas asociaciones venden la fruta a industrias alimentarias del departamento, las cuales les restringen el uso de algunos productos químicos (Naranjo, 2008).

Las organizaciones a las que pertenecen los agricultores pueden ejercer control sobre los productos que se usan en el cultivo, porque estas cuentan con reglamentos para su funcionamiento. La segunda instancia de control es la agroindustria, dado que es a ella a quien el mercado internacional le hace exigencias en cuanto a calidad e inocuidad de la fruta fresca o del producto industrializado (Naranjo, 2008).

En las muestras de mora analizadas en las plazas de mercado se encontraron varios ingredientes activos por muestra (Cuadro 3 y 4). Este resultado, evidencia la falta de mecanismos de vigilancia y control de residuos de plaguicidas en la mora lista para ser consumida, la cual tiene como destino abastecer los hogares, fruvers, tiendas de barrio, cárceles, pequeños supermercados y escuelas de la región.

Se indica que la exposición a varias moléculas, es decir, el efecto cóctel (mezcla de varias sustancias tóxicas), no se ha tenido en cuenta para establecer los límites máximos de residuos (LMR) (De Prada, 2013). Sin embargo, estas sustancias que aisladas no parecen tener efectos, junto con otras pueden llegar a generar impactos negativos superiores a su acción individual. Esta situación es preocupante, ya que en esta investigación se encontraron algunas muestras hasta con ocho ingredientes activos.

Las evaluaciones de riesgo de los plaguicidas en los alimentos se han centrado en la evaluación toxicológica de cada compuesto individual y no en el riesgo de la exposición acumulada a múltiples residuos. Estudios en ratones indican que, a largo plazo, esta exposición alimentaria prolongada a un cóctel de plaguicidas de dosis baja, puede estar relacionada con una astrogliosis parenquimatosa o perivascular moderada en subregiones específicas del hipocampo en el cerebro (Klement et al., 2020), además de inducir efectos obesogénicos y diabetogénicos en ratones adultos (Smith et al., 2020).

El ingrediente activo carbendazim, de acuerdo con la base de datos de sustancias tóxicas y peligrosas RISCTOX, de la Fundación Estatal para la prevención de riesgos laborales (RISCTOX, 2018), está clasificado como un disruptor endocrino, causante de alteraciones genéticas hereditarias, además de ser muy tóxico para los organismos acuáticos; situación que genera preocupación, puesto que esta molécula fue encontrada en el 100 % de las muestras de Cavasa y de la galería Santa Elena y, con una menor frecuencia, en las tres zonas de producción.

De las quince moléculas encontradas, cinco (cypermethrin, chlorpyrifos, mandipropamid, myclobutanil y pyraclostrobin) no cuentan con registro ICA para ser aplicadas en mora (Instituto Colombiano Agropecuario, 2020). La detección de fungicidas (azoxystrobin, myclobutanil, metalaxyl, pyraclostrobin, pyrimethanil, cyprodinil, fluopyram, mandipropamid, carbendazim, iprodiona, tebuconazole, dimethomorph y difenoconazole) fue mayor que los insecticidas (cypermethrin y chlorpyrifos), esto se debió a que los cultivos de mora están ubicados en zonas con condiciones edafoclimáticas que favorecen la incidencia de hongos como *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Oidium* sp. y *Peronospora* sp., los cuales son limitantes para la producción y han creado una alta dependencia a los productos de síntesis química por parte de los agricultores.

Esta investigación se realizó en periodo lluvioso, condición que, por lo general, incrementa la incidencia de patógenos en el cultivo. Ante este panorama, los agricultores realizan aplicaciones con mayor frecuencia y es probable que hagan uso inadecuado de las dosis necesarias para el control de plagas. En consecuencia, se afecta la residualidad de las sustancias químicas en las frutas.

Además de los lineamientos establecidos por el Codex Alimentarius y las diferentes normativas de los países, algunos supermercados de la Unión Europea cuentan con sus propios requisitos respecto a los LMR de los productos que ingresan a sus góndolas. No obstante, también cuentan con listas de sustancias que, de ser encontradas en el producto, este no podrá ser comercializado.

Conclusiones

En la fruta de mora lista para consumo se detectaron residuos de plaguicidas como: carbendazim, mandipropamid, iprodiona, tebuconazole, dimethomorph, difenoconazole y chlorpyrifos, los cuales superaron los límites máximos de residuos (LMR) de normativas de la Unión Europea, Japón, China, Corea y el Codex Alimentarius.

Los resultados indican que la mora presentó una alta residualidad de plaguicidas que podrían repercutir de forma negativa en la salud del consumidor.

Las prácticas de agricultura limpia pueden reducir los residuos de plaguicidas encontrados en la fruta. Por lo tanto, es importante explorar este tipo de alternativas de producción, ya que en la actualidad la agricultura debe preocuparse por producir grandes cantidades de alimentos pero que a su vez sean inocuos.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por el proyecto de regalías “Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento del Valle del Cauca, Occidente”, BPIN: 2014000100010, dirigido por la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.

Los autores agradecen la colaboración y participación de la Alianza Bioersity International y CIAT, laboratorio CEIMIC, los agricultores involucrados en el presente estudio y los profesionales Pedro Zapata, Pablo Acosta y German Cabal.

Referencias

- Alcaldía de Santiago de Cali. (2019). *Cali en cifras 2018-2019*. Alcaldía de Santiago de Cali. <https://bit.ly/38TnkMV>
- Arroyo Uriarte, P., Mazquiaran Bergera, L., Rodríguez Alonso, P., Valero Gaspar, T., Ruiz Moreno, E., Ávila Torres, J. M., & Varela Moreiras, G. (2018). *Informe de estado de situación sobre “Frutas y hortalizas: nutrición y salud en la España del S. XXI”*. Fundación Española de la Nutrición. <https://www.fesnad.org/resources/files/Noticias/frutasYHortalizas.pdf>
- Asociación Hortofrutícola de Colombia. (2006). *Plan frutícola nacional*. Agronet. <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6043/2/029.pdf>
- Breccia, M., & Santiago, E. (2018). *Residuos de plaguicidas en alimentos* [Tesis de Licenciatura, Instituto Universitario de Ciencias de la Salud]. Repositorio de la Fundación H. A. Barceló. <https://bit.ly/36pF8yx>

- Carvalho, F. P. (2017). Pesticides, environment, and food safety. *Food and Energy Security*, 6(2), 48–60. <https://doi.org/10.1002/fes3.108>
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. (2018). *Brechas tecnológicas de la cadena productiva de la mora del Valle del Cauca, Proyecto: Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente*. Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Comisión EAT-Lancet. (2019). *Dietas saludables a partir de sistemas alimentarios sostenibles. Alimentos, planeta, salud*. https://eatforum.org/content/uploads/2019/01/Report_Summary_Spanish-1.pdf
- Cotes Prado, M. A., Zapata Narváez, J. A., Uribe Gutiérrez, L. A., Díaz García, A., Villamizar Rivero, L. F., Gómez Álvarez, M. I., Saldarriaga Cardona, A., Álvarez Zembrano, R., Gómez, E., Acosta Peña, M. C., Bolaños Almeida, C. A., Bemúdez Díaz, M. A., Mejía Maldonado, C., Vásquez, D., Cárdenas, H., & Macías, A. (2013). *Desarrollo de prototipos de bioplaguicidas a base de Rhodotorula glutinis LvCo7 para el control de Botrytis cinerea en cultivos de mora*. Repositorio de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13072>
- Chiu, Y. -H., Sandoval-Insausti, H., Ley, S. H., Bhupathiraju, S. N., Hauser, R., Rimm, E. B., Manson, J. E., Sun, Q., & Chavarro, J. E. (2019). Association between intake of fruits and vegetables by pesticide residue status and coronary heart disease risk. *Environment International*, 132, Article 105113. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105113>
- De Prada, C. (2013). Hogar sin tóxicos. Fundación Vivosano. <https://www.vivosano.org/hogar-sin-toxicos/>
- Franco, G., García Muñoz, M. C., Antía Londoño, G. A., & Henao Rojas, J. C. (2020). Cosecha y manejo poscosecha. En G. Franco, & J. A. Bernal Estrada (Eds.), *Tecnología para el cultivo de la mora (Rubus glaucus Benth.)* (pp. 297–336). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/35690>
- Falguera, V., Aliguer, N., & Falguera, M. (2012). An integrated approach to current trends in food consumption: Moving toward functional and organic products? *Food Control*, 26(2), 274–281. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.01.051>
- Gomes, H. O., Menezes, J. M. C., da Costa, J. G. M., Coutinho, H. D. M., Teixeira, R. N. P., & do Nascimento, R. F. (2020). A socio-environmental perspective on pesticide use and food production. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 197(1), 110627. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110627>
- Handford, C. E., Elliott, C. T., & Campbell, K. (2015). A review of the global pesticide legislation and the scale of challenge in reaching the global harmonization of food safety standards. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 11(4), 525–36. <https://doi.org/10.1002/ieam.1635>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2020). *Plaguicidas químicos*. <https://bit.ly/3vtQom0>
- Klement, W., Oliviero, F., Gangarossa, G., Zub, E., De Bock, F., Forner-Piquer, I., Blaquiere, M., Lasserre, F., Pascussi, J. -M., Maurice, T., Audinat, E., Ellero-Simatos, S., Gamet-Payrastré, L., Mselli-Lakhal, L., & Marchi, N. (2020). Life-long Dietary Pesticide Cocktail Induces Astrogliosis Along with Behavioral Adaptations and Activates p450 Metabolic Pathways. *Neuroscience*, 446, 225–237. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2020.07.039>
- Marulanda, Á. M. L., López, G. A. M., López, V. J. M., Isaza, V. L., Gómez, L. L. M., & Arias, V. J. (2011). *Resultados de investigación en mora de castilla: Una aplicación para el agricultor*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Miranda Lasprilla, D. (2011). Estado actual de fruticultura colombiana y perspectivas para su desarrollo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33, 199-205. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500023>

- Naranjo, J. M. (2008). *Evaluación de la residualidad de agroquímicos en mora de casitlla (*Rubus glaucus* Benth) en el departamento de Caldas, relación con las normativas internacionales* [Trabajo de grado de especialización, no publicado]. Universidad de Caldas.
- Naranjo, J. M. (2011). *Propuesta de un perfil de riesgo químico establecido para la mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) producida en Colombia* [Tesis de Maestría, no publicada]. Universidad Para La Cooperación Internacional.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, & Organización Mundial de la Salud. (2021). *Codex Alimentarius. Normas internacionales de los alimentos*. <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/es/>
- Organización Mundial de la Salud. (2020, 20 diciembre). *Aumentar el consumo de frutas y verduras para reducir el riesgo de enfermedades no transmisibles*. Fundación Sabor y Salud. <https://bit.ly/3vTCHwF>
- Orrego, C. E., Rodríguez, Y. A., Rodríguez, L. J., & Salgado Aristizábal, N. (2020). Agroindustria. En G. Franco, & J. A. Bernal Estrada (Eds.), *Tecnología para el cultivo de la mora (*Rubus glaucus* Benth.)* (pp. 337–356). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/35690>
- Ortiz, L., Sánchez, E., Folch, J. L., Olvera, A., & Dantán, E. (2014). *Los plaguicidas en México: aspectos generales, toxicológicos y ambientales*. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Patarroyo, L. C., Reyes, Y. C., Toloza, E. P., Becerra, M. L., & Medina, J. (2013, 2-3 octubre). *Determinación de plaguicidas clorpirifos en cultivos de fresa (*Fragaria*), mora (*Rubus ulmifolius*) y tomate (*Solanum lycopersicum*) de los municipios de Arcabuco y Sutamarchán por técnicas analíticas* [Presentación de conferencia]. VIII Encuentro Facultad de Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. <https://bit.ly/3MabkVO>
- Piñeiro, M., & Díaz Ríos, L. B. (2004). *Mejoramiento de la calidad e inocuidad de las frutas y hortalizas frescas: un enfoque práctico manual para multiplicadores*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. http://www.fao.org/ag/agn/CDfruits_es/others/docs/manual_completo.pdf
- Red de información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano. (2020). *Reporte: Área, producción y rendimiento nacional por cultivo* [Base de datos]. Red de información y comunicación del sector Agropecuario Colombiano. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Requena, M., López-Villén, A., Hernández, A. F., Parrón, T., Navarro, A., & Alarcón, R. (2019). Environmental exposure to pesticides and risk of thyroid diseases. *Toxicology Letters*, *315*, 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2019.08.017>
- RISCTOX (2018). *Base de datos de sustancias tóxicas y peligrosas RISCTOX*. Ministerio de Trabajo, Migrantes y Seguridad Social. https://risctox.istas.net/dn_risctox_buscar.asp
- Rodríguez Leyton, M. (2019). Desafíos para el consumo de frutas y verduras. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, *19*(2), 105–112. <https://doi.org/10.25176/RFMH.v19.n2.2077>
- Rodríguez Leyton, M., & Sánchez Majana, L. (2017). Consumo de frutas y verduras: beneficios y retos. *Alimentos hoy*, *25*(42), 30–56. <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/457/372>
- Smith, L., Klément, W., Dopavogui, L., De Bock, F., Lasserre, F., Barretto, S., Lukowicz, S., Fougerat, A., Polizzi, A., Schaal, B., Patris, B., Denis, C., Feuillet, G., Canlet, C., Jamin, E., Debrouwer, L., Mselli-Lakhal, L., Loiseau, N., Guillou, H., Marchi, N., Ellero-Simatos, S., & Gamet-Payraastre, L. (2020). Perinatal exposure to a dietary pesticide cocktail does not increase susceptibility to high-fat diet-induced metabolic perturbations at adulthood but modifies urinary and fecal metabolic fingerprints in C57Bl6/J mice. *Environment International*, *144*, Article 106010. <https://doi.org/10.1016/j>

envint.2020.106010

- Universidad del Valle. (2018). *Estudio de factibilidad para implementar una Central de Abastecimiento de Productos Agropecuarios y Agroindustriales en Santiago de Cali con enfoque de Ciudad Región*. Alcardia de Santiago de Cali. <https://bit.ly/3jSpbUu>
- Varela-Martínez, D. A., González-Curbelo, M. Á., González-Sálamo, J., & Hernández-Borges, J. (2019). Analysis of multiclass pesticides in dried fruits using QuEChERS-gas chromatography tandem mass spectrometry. *Food Chemistry*, 297, Article 124961. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124961>
- Vasco, C., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, 111(4), 816–823. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.054>
- Vásquez Gallo, L. A. (2020). Buenas prácticas agrícolas (bpa). En G. Franco, & J. A. Bernal Estrada (Eds.), *Tecnología para el cultivo de la mora (Rubus glaucus Benth.)* (pp. 259–296). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/35690>
- Wolansky, M. J. (2011). Plaguicidas y salud humana. *Asociación Civil Ciencia Hoy*, 21(122), 23–29. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/84388>
- Xu, Z., Li, L., Xu, Y., Wang, S., Zhang X., Tang, T., Yu, J., Zhao, H., Wu, S., Zhang, C., & Zhao, X. (2021). Pesticide multi-residues in *Dendrobium officinale* Kimura et Migo: Method validation, residue levels and dietary exposure risk assessment. *Food Chemistry*, 343, Article 128490. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128490>
- Zapata, P. A. (2013). *Distribución espacial y manejo de la perla de tierra Eurhizococcus colombianus Jakubsky (Hemiptera: Margarodidae) con hongos entomopatógenos en mora de Castilla Rubus glaucus Benth (Rosaceae)* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio de la Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/21719>