

## Residuos de plaguicidas en cultivos de pasifloras en regiones de alta producción en Colombia

### Resumen

Colombia cuenta con una gran diversidad de frutas tropicales las cuales se han venido posicionando en los mercados internacionales, entre ellas las pasifloras. Para que la producción de estos cultivos responda al aumento de la demanda nacional y de exportación, se aplican plaguicidas para el control de plagas y enfermedades. El uso inadecuado de estos agroquímicos puede implicar riesgos para la salud pública, contaminación ambiental e interferir con el comercio internacional. Con el objetivo de conocer las prácticas agrícolas y el manejo integrado de plagas, relacionado con el uso de plaguicidas, se realizaron encuestas a productores de tres especies de pasifloras (maracuyá, gulupa y granadilla) en los principales municipios productores de Colombia. Se realizó un muestreo aleatorio y se analizaron muestras por el método IAEA-QuEChERS validado en el laboratorio. Según los resultados de las encuestas y los análisis de laboratorio se constató la presencia de residuos de plaguicidas que sobrepasan los límites máximos de residuos en algunas muestras; así mismo, que los plaguicidas identificados corresponden con los aplicados por los agricultores. Se identificó que la presencia de residuos se debe principalmente a falencias en la aplicación de productos agrícolas no registrados para dichos cultivos.

## Pesticides residues in Passifloras crops in Colombian high production regions

### Abstract

As one of the most bio-diverse countries in the world, Colombia boasts a wide diversity of highly palatable tropical fruits. Even though Colombian fruit production has primarily targeted the domestic market, several fruit species, such as passion fruit, are steadily gaining ground in the broader international arena. Many Colombian small-scale farmers use pesticides for pest and disease control, in order to increase crop's production to respond to domestic and international raising of demand. Inadequate use of pesticides could possibly entail public health risks, environmental contamination and ultimately interfere with international trade. Surveys were carried out to producers of three species of passiflora crops (yellow passion fruit, sweet passion fruit and purple passion fruit) from the largest producers municipalities in Colombia. Randomly sampling was realized and samples were analyzed by multiresidue analysis methodology validated in the laboratory and based on IAEA-QuEChERS method. With the results of survey and laboratory analysis it is showed the presence of pesticide residues that exceed maximum residue limits in some samples and the pesticides identified in the samples correspond to those used by farmers. It was found that the presence of residues is mainly due to shortcomings in application of agricultural products not registered for such crops.

## Resíduos em culturas passiflora nas regioes de producao elevados em Colombia

### Resumo

A Colômbia tem uma grande variedade de frutas tropicais que foram posicionamento nos mercados internacionais, incluindo Passiflora. Para a produção dessas culturas responder à crescente demanda interna e exportação, aplicar pesticidas para controle de pragas e doenças. O uso inadequado destes produtos químicos podem envolver riscos para a saúde pública, a contaminação ambiental e interferir com o comércio internacional. A fim de atender as práticas agrícolas e manejo integrado de pragas relacionadas a pesquisas de utilização de pesticidas para produtores de três espécies de Passiflora, maracujá e paixão gulupa fruto em grandes municípios produtores na Colômbia. A amostragem aleatória foi realizada e as amostras foram analisadas pelo método IAEA-QuEChERS desenvolvido no nosso laboratório. De acordo com os resultados de pesquisas e análises de laboratório mostraram a presença de resíduos de pesticidas que excedem os limites máximos de resíduos em algumas amostras e os pesticidas identificados nas amostras correspondem aos utilizados pelos agricultores. Verificou-se que a presença de resíduos é principalmente devido às deficiências no uso adequado de práticas agrícolas relacionadas principalmente com a implementação de produtos agrícolas não registrados para essas culturas.

**Palabras clave:** residuos de plaguicidas, prácticas agrícolas, pasifloras, cromatografía de gases.

**Keywords:** Pesticides, agricultural practices, passiflora, gas chromatography.

**Palavras-chave:** pesticidas, práticas agrícolas, pasifloras, cromatografia em fase gasosa.

## Introducción

COLOMBIA ES UN PAÍS AGRÍCOLA y privilegiado por la variedad de climas que posee. En los últimos años, el sector agrícola ha experimentado un proceso de apertura económica que le ha permitido innovar y buscar altos niveles de calidad, los cuales se traducen en competitividad en diferentes mercados.

Algunos productos, como las frutas exóticas, han alcanzado gran importancia a nivel nacional e internacional; un ejemplo bastante notorio lo comprenden las 'frutas de la pasión' pertenecientes a la familia *Passifloraceae*, que han tenido bastante acogida por los productores de la región andina. Colombia es un importante productor de varias especies de pasifloras, ya que cuenta con condiciones bio-físicas apropiadas para diversificar su oferta y aumentar los niveles de producción (1).

En los últimos años ha habido un incremento importante de cultivos de pasifloras. En reportes del año 2008, la producción de granadilla fue de 52305 toneladas con un área de 4568 hectáreas cultivadas. Para maracuyá se encontró una producción de 109486 toneladas, con 6372 hectáreas cultivadas, siendo los departamentos más destacados Huila, Cundinamarca y Boyacá (2). Durante el 2012, la gulupa fue la segunda fruta más vendida en mercados internacionales con USD \$12 millones seguida por la granadilla con USD \$2,9 millones (3,4,5).

Los problemas fitosanitarios asociados con los cultivos de *Passifloraceae* son los principales factores que inciden en la disminución de la producción, ya que pueden causar pérdidas entre 30 y 40%. Los cultivos padecen altos niveles de infestación de plagas y enfermedades, ante los cuales comúnmente no se adoptan estrategias de manejo eficientes, rentables y ambientalmente amigables. Aunque algunos productores implementan buenas prácticas agrícolas en estos cultivos, éstos no constituyen una mayoría y no se cuenta con estudios de inocuidad respecto a los residuos de plaguicidas.

En Colombia se destacan tres regiones con alta producción de gulupa, granadilla y maracuyá: los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Huila. En estas zonas el control de plagas se realiza por medio de aplicación de plaguicidas. El uso de insecticidas es la opción de control de plagas más popular pues el 90,5% de los productores de pasifloras hacen uso de esta práctica (6).

De acuerdo con legislaciones internacionales, es indispensable asegurar la inocuidad del producto como requerimiento para exportación, y por tanto, es necesario realizar análisis de residuos de plaguicidas como parámetro de control. Tal información es muy importante para evaluar la eficacia de las prácticas agrícolas llevadas a cabo por los agricultores y para promover la utilización y el uso adecuado de los plaguicidas.

En vista de la alta dependencia de los productores de pasifloras respecto del uso de insecticidas, implementar protocolos de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) ofrece ventajas, tanto a productores, como a consumidores, pues al suministrar productos inocuos, se generará en el mercado un ambiente de confianza y las frutas de exportación cumplirán con las exigencias respecto a límites máximos de residuos.

El objetivo del presente trabajo consistió en la determinación de residuos de plaguicidas en el fruto entero de tres especies de pasifloras en cultivos pertenecientes a los principales municipios productores de Colombia en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Huila, con el fin de evaluar las prácticas agrícolas relacionadas con el manejo de plaguicidas, ya que ello se constituye como requerimiento clave para la comercialización a nivel nacional e internacional.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

Se realizó una encuesta a productores de pasifloras, cuyo objetivo fue recolectar información sobre las prácticas agrícolas implementadas en los cultivos. Las especies estudiadas fueron: *Passiflora edulis f. flavicarpa* (maracuyá), *P. edulis f. edulis* (gulupa) y *P. ligularis* (granadilla). La población encuestada incluyó 48 fincas en los municipios con mayor producción de pasifloras en Colombia, específicamente en los departamentos de Huila, Boyacá y Cundinamarca. La información a recopilar se enfocó en el manejo integrado de plagas y el método para obtener la información fue mediante entrevistas y verificación de registros.

### Prácticas agrícolas en cultivos de pasifloras

Las BPA ofrecen un ambiente propicio para que la agricultura sea económicamente viable y, por tanto, sostenible; generan bienestar social en los grupos de agricultores y trabajadores y, en última instancia, originan beneficios para los consumidores. Así, las BPA establecen un equilibrio óptimo entre metas económicas, ambientales y sociales (7).

En Colombia se ha puesto en marcha un plan nacional para la implementación de BPA en diferentes cultivos prioritarios, como las pasifloras. El principal objetivo es impulsar el acceso a mercados globalizados a partir de capacitación en buenas prácticas agrícolas (BPA). Con ello se promueve el manejo integrado de plagas y desarrollo de BPA en los cultivos de maracuyá, gulupa y granadilla (8).

Los esfuerzos por lograr una garantía de la calidad, la satisfacción del consumidor y la producción de alimentos inocuos con alta aceptación, han conducido a la creación de normas y procedimientos armonizados a nivel mundial para desarrollar las BPA; un ejemplo son las normas GLOBALGAP que cubren toda la etapa de producción e incluyen las aplicaciones de agroquímicos (9). En la sección correspondiente se puede verificar, entre otros aspectos, el relacionado con los análisis de residuos de plaguicidas, que sin duda son un resultado global del manejo agrícola realizado para el cultivo en términos de uso de estas sustancias. De acuerdo con los resultados de los análisis se puede constatar si el manejo integrado de plagas, y por tanto las BPA, se están llevando de una manera adecuada; además, si los productos cumplen con las características de inocuidad exigidas por los entes de control.

### Muestreo

En la selección de las muestras para análisis de residuos de plaguicidas se realizó un muestreo aleatorio en 18 de las fincas encuestadas (en todo el cultivo y en toda la planta), 6 por especie. Las especies de pasifloras recolectadas fueron gulupa, granadilla y maracuyá. La cantidad de muestra recolectada osciló entre 1,5-2,0 kg de la fruta comerciable en el momento de la cosecha. Se tomaron dos muestras por cada finca. Cada muestra se empacó en bolsas plásticas y se etiquetó con la siguiente información: municipio, vereda, posición geográfica, fecha de última aplicación y tipo de cultivo. En la Tabla 1 se presenta la información correspondiente a las muestras tomadas en zonas del Departamento del Huila donde se cultiva maracuyá.

**Tabla 1.** Información sobre el muestreo de maracuyá en el Departamento del Huila.

Productor	Municipio	Vereda	Ubicación	Tiempo entre la última aplicación y el muestreo
7	Suaza	Satia	01°57'13"N 01°48'05" W 976 m	7 días
8	Suaza	Satia	01°56'45"N 075°48'21" W 1038 m	11 días
9	Suaza	Satia	01°55'44"N 075°47'44" W 1026 m	8 días
10	Suaza	Satia	01°58'11"N 075°47'50" W 973 m	8 días
11	Gigante	Rio Loro	02°18'50"N 075°36'39" W 975 m	8 días
12	Gigante	Rio Loro	02°19'25"N 075°36'40" W 759 m	4 días

### Materiales de referencia, reactivos y soluciones

Los estándares de plaguicidas empleados en este trabajo fueron obtenidos de Dr. Ehrenstorfer y de Chemservice, cada uno de éstos con una pureza superior al 95%. Las soluciones madre fueron preparadas a concentraciones cercanas a 500 µg/mL en acetato de etilo y fueron almacenadas en frascos ámbar a -20 °C. La mezcla de plaguicidas se preparó en acetato de etilo tomando diferentes volúmenes de cada una de las soluciones madre hasta obtener las concentraciones de trabajo; éstas se almacenaron en frascos ámbar a -20 °C. Todos los solventes empleados en este estudio fueron J.T. Baker grado residuos.

### Metodología de extracción y limpieza

Se implementó la metodología IAEA-QuEChERS, la cual consiste en una extracción con acetato de etilo y posterior limpieza en fase dispersiva (10). En la Figura 1 se describe esta metodología. Previamente al proceso de extracción y limpieza se homogeneizaron 2,0 kg de muestra en un Stephan Blender 2010.

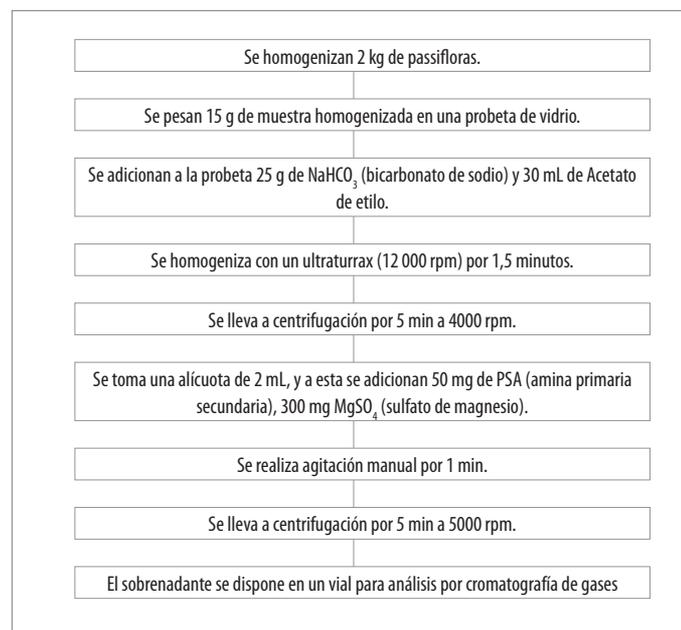
### Instrumentos y equipos

El análisis cromatográfico se llevó a cabo en un cromatógrafo de gases Agilent Technologies' HP7890A, acoplado a un detector selectivo de masas 5975C (Palo Alto, CA, EUA). El cromatógrafo se encontraba equipado con un inyector automático 7673 con control electrónico de presión y un inyector de temperatura programada, el cual se encontraba conectado a una columna capilar HP-5 MS (30 m, 0,25 mm d.i., 0,25 µm).

El inyector se optimizó en modo venteo de solvente bajo las siguientes condiciones: temperatura inicial de 39,4 °C; presión en el inyector luego de la transferencia a la columna, 1,54 bares; flujo de purga de la septa, 3 mL/min; presión durante el venteo, 0 bares por 0,5 min; flujo de venteo, 63,8 mL/min. El programa de temperatura del inyector fue

el siguiente: 39,4 °C por 0,53 min; luego se incrementó la temperatura a razón de 625 °C/min hasta 267,3 °C y se mantuvo en este valor por 2,8 min; a continuación se llevó a 290 °C a razón de 100 °C /min y se mantuvo a esta temperatura hasta el final del análisis cromatográfico. El volumen de inyección fue de 4 µL.

El espectrómetro de masas procesó los datos en modo SIM/SCAN y comenzó a adquirir 8,50 min después de la inyección, la temperatura de la fuente de ionización fue de 203 °C, la temperatura del cuádrupolo fue de 150 °C, la energía de ionización fue 70 eV y la presión en el orden de  $1,33 \times 10^{-5}$  bares.

**Figura 1.** Descripción de la metodología IAEA-QuEChERS para el análisis de residuos de plaguicidas en muestras de pasifloras.

**Tabla 2.** Grupo de iones adquiridos por el detector selectivo de masas para confirmación de los plaguicidas analizados en pasifloras.

No	Plaguicida	$t_r$	Ión de cuantificación	Q1	Q2	Q3
1	Metamidofos	9,669	94	95	141	-
2	Monocrotofos	15,908	127	192	223	-
3	Carbofuran	16,802	164	149	221	-
4	Clorotalonil	18,663	266	264	268	-
5	Pirimetanil	17,832	198	199	200	197
6	Metil paration	19,972	263	125	246	-
7	Malation	21,920	173	158	125	127
8	Clorpirifos	22,572	314	316	258	260
9	Profenofos	26,668	337	339	373	372
10	Tebuconazol	29,851	250	252	125	163
11	Tetradifon	31,422	356	354	358	227
12	$\lambda$ -Cihalotrina	32,051	181	197	449	161
13	Cipermetrina	35,244	163	165	181	209
14	Difenoconazol	38,594	323	325	265	267
15	Deltametrina	39,573	253	181	251	255
16	Azoxistrobin	40,529	344	388	403	-

El programa de temperatura del horno fue el siguiente: al inicio se mantuvo a 41 °C por 3,67 minutos y luego se incrementó a 60 °C a una razón de 115 °C/min; tan pronto alcanzó esta temperatura se llevó a 150 °C a razón de 20 °C/min, luego se llevó a 195 °C a 5 °C/min, y se mantuvo a esta temperatura por 5 minutos. Por último se llevó hasta 280 °C a una razón de 10 °C/min, manteniendo el horno a 280 °C por 12 minutos más. El tiempo total de análisis cromatográfico fue 42,8 minutos.

La determinación y confirmación de los plaguicidas se realizó mediante la técnica de adquisición Monitoreo Selectivo de Iones (SIM). La selección de los iones para la adquisición por modo SIM fue realizada teniendo en cuenta la abundancia relativa de los fragmentos, con el fin de tener una respuesta adecuada y una buena especificidad y selectividad. Para la mayoría de los compuestos se seleccionaron 4 iones: uno para cuantificación y 3 cualificadores. En la Tabla 2 se muestran los iones seleccionados para cada plaguicida.

### Validación de la metodología

Con el objetivo de obtener resultados confiables, reproducibles y adecuados para la determinación de residuos de plaguicidas en pasifloras, se validó la metodología para los plaguicidas que aplican los agricultores en los cultivos y que se podían determinar por GC/MS. Siguiendo los parámetros de la guía SANCO 2011 (11) se determinó: especificidad/selectividad, precisión, límites de detección y cuantificación, linealidad y exactitud. La Tabla 3 presenta los porcentajes de recuperación a 3 niveles de concentración, límites de detección, límites de cuantificación y precisión, como precisión intermedia de los plaguicidas evaluados. Como se observa, el metamidofos es el único plaguicida que no cumple con los criterios de exactitud de SANCO en los que el porcentaje de recuperación debe estar entre 70 y 120%; sin embargo, los resultados son precisos pues el %CV está por debajo del 20%. Las curvas de calibración se prepararon en blanco de matriz para minimizar el error en la determinación debido al efecto matriz (12).

## Resultados y discusión

### Uso de plaguicidas

Algunos aspectos de los procedimientos GLOBALGAP se consideraron en la encuesta y se destinaron a conocer el estado de las prácticas agrícolas en el manejo de los cultivos de pasifloras en las regiones de mayor producción. Dichos aspectos se trataron mediante preguntas sencillas y se enfocaron principalmente en manejo integrado de plagas, medio ambiente y conservación, en disposición de envases vacíos de productos fitosanitarios, salud, seguridad y bienestar del trabajador.

Se estableció que la aplicación de plaguicidas se lleva a cabo mediante el uso de bomba de espalda durante la etapa de floración y de bomba estacionaria durante la etapa de producción. El agricultor generalmente no calibra las bombas. Esta información es importante si se desea identificar problemas en la dosificación de los pesticidas y ello se relaciona con la concentración de plaguicidas en los cultivos. Se observó que el 83,3% de los productores de gulupa llevan el registro de plaguicidas aplicados, mientras que en los cultivos de granadilla y maracuyá lo registran sólo el 53,3 y 26,7% de los productores, respectivamente. De este modo se evidencia que en este aspecto los productores de gulupa son más cuidadosos, pues siguen las recomendaciones de las empresas exportadoras que comercializan sus productos. El 66,7% de los productores de granadilla encuestados realiza aplicación de pesticidas desde el comienzo del cultivo, mientras que los productores de maracuyá y gulupa aplican plaguicidas dependiendo de los síntomas de enfermedades. Las dosis usadas por los agricultores son las recomendadas por las casas comerciales y que dependen de la plaga que quieren erradicar.

En la Figura 2 se muestra el resultado de la pregunta relacionada con el período de tiempo entre la última aplicación de plaguicidas y la recolección del producto. Se observa que, para los productores

**Tabla 3.** Porcentajes de recuperación, precisión intermedia, límites de detección y cuantificación.

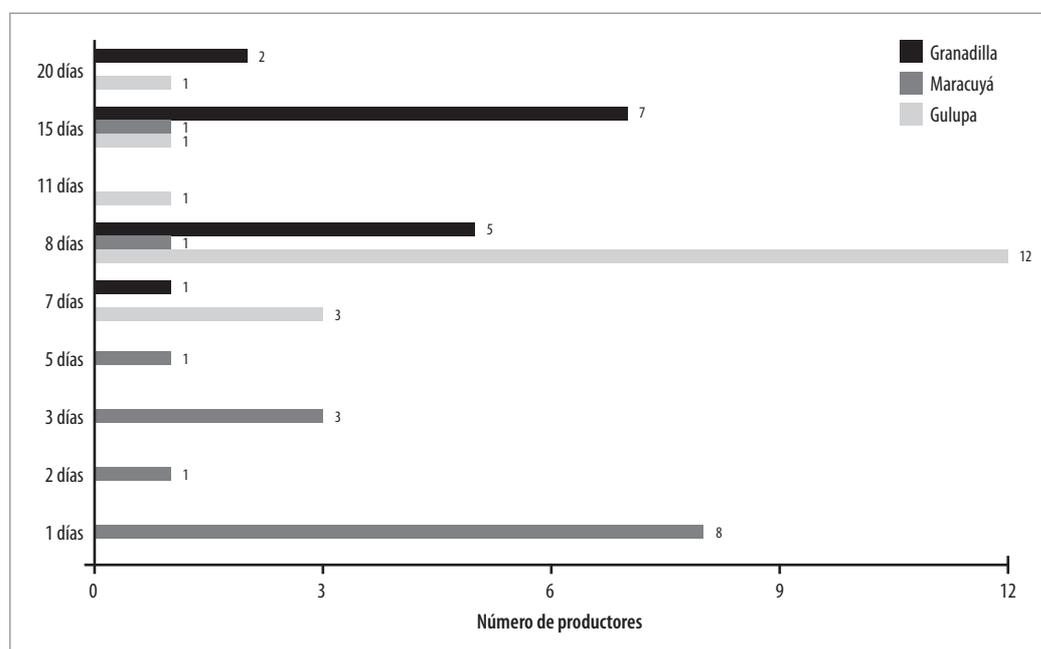
Plaguicida	%R N1 (% CV)	%R N2 (% CV)	%R N3 (% CV)	LOD µg/kg	LOQ µg/kg
Metamidofos	38,75 (18,86)	45,55 (13,09)	39,51 (12,83)	24,3	100,1
Monocrotofos	65,10 (17,85)	79,47 (14,42)	71,67 (5,93)	6,9	32,2
Carbofuran	79,68 (10,30)	93,02 (7,59)	83,53 (3,83)	7,5	20
Clorotalonil	71,97 (11,81)	91,61 (9,74)	80,74 (17,47)	2,2	8,9
Pirimetamil	81,31 (14,36)	93,48 (8,40)	85,85 (2,23)	0,7	2,6
m-Paration	79,00 (12,29)	93,66 (7,19)	88,63 (1,23)	1,2	4,5
Malation	92,91 (10,04)	110,44 (40,28)	89,96 (18,69)	20,0	20,0
Clorpirifos	91,16 (10,46)	99,01 (3,17)	90,77 (1,60)	1,7	6,0
Profenofos	83,33 (11,25)	94,97 (1,98)	88,25 (4,87)	5,8	20,0
Tebuconazol	100,22 (16,33)	92,56 (15,24)	75,69 (15,43)	7,9	20,1
Tetradifon	86,71 (48,62)	98,81 (5,25)	87,11 (3,56)	3,2	20,0
λ-Cihalotrina	74,76 (15,71)	103,03 (2,30)	89,25 (6,55)	18,1	20,1
Cipermetrina	95,46 (16,23)	95,97 (7,09)	87,64 (1,32)	57,5	100,0
Difenoconazol	88,20 (8,22)	84,79 (3,76)	88,57 (0,51)	8,8	50,1
Deltametrina	60,91 (15,41)	107,52 (7,28)	84,77 (10,70)	58,0	100
Azoxistrobin	75,56 (12,26)	90,77 (9,98)	88,83 (3,03)	2,3	9,2

N = 5 réplicas; LOD: Límite de Detección; LOQ: Límite de Cuantificación; %CV: Coeficiente de variación.

de maracuyá, el tiempo entre la última aplicación de los plaguicidas y la cosecha es muy corto si se compara con los productores de granadilla y gulupa quienes, en general, muestran períodos superiores a ocho días.

En la Tabla 4 se presentan los plaguicidas aplicados por los agricultores, el rango de *períodos de carencia* recomendados por las casas comerciales para diferentes tipos de cultivos (13), el límite máximo de

residuo (LMR) aceptado por la Comunidad Económica Europea en frutas de la pasión (14), clasificación toxicológica de diferentes presentaciones comerciales que contienen el principio activo y clasificación según plaga objetivo. Se encontró que la mayoría de plaguicidas que aplican los agricultores no se encuentran registrados ante el ICA para pasifloras. Solamente poseen registros λ-cihalotrina, deltametrina y tebuconazol en ciertos productos comerciales (15).

**Figura 2.** Período de tiempo entre la última aplicación de pesticidas y la recolección del producto.

**Tabla 4.** Plaguicidas usados por los agricultores de acuerdo a las encuestas.

Plaguicida	*Periodo de carencia (días)	LMR (mg/kg)**	Clasificación toxicológica	Modo de acción
Metamidofos	14-21	0,01	I	Insecticida
Monocrotofos	7-30	0,01	I	Insecticida
Carbofuran	14-90	0,01	I	Insecticida
Clorotalonil	3-15	0,01	II y III	Fungicida
Pirimetanil	3 -21	0,05	III	Fungicida
m-Paration	15-28	0,01	I	Insecticida
Malation	7 días	0,02	II y III	Insecticida
Clorpirifos	7-90	0,05	II y III	Insecticida
Profenofos	14-28	0,01	II	Insecticida
Tebuconazol	3-21	0,05	II y III	Fungicida
Tetradifon	Se aplica en flores	0,01	II y III	Acaricida
$\lambda$ -Cihalotrina	1-45	0,02	III y II	Insecticida
Cipermetrina	3-21	0,05	II y III	Insecticida
Difenoconazol	7-30	0,1	III y II	Fungicida
Deltametrina	3-35	0,05	II, III y IV	Insecticida
Azoxistrobin	1-35	4,0	II y III	Fungicida

\* Tiempos entre la última aplicación y la cosecha reportados para diferentes tipos de cultivo.

\*\* Límite máximo de residuo (LMR).

### Resultados de los análisis de laboratorio

En cada una de las muestras de pasifloras recolectadas se realizó un análisis de residuos de plaguicidas por duplicado. En las Tablas 5, 6 y 7 se presenta el plaguicida encontrado por finca y su concentración en mg/kg. La abreviatura ND significa que no hubo detección de señal bajo

la metodología realizada ni identificación de ninguno de sus iones. En la última columna se reporta el tiempo en días entre la última aplicación de plaguicidas y el día del muestreo, el cual coincidió con la recolección de la producción del cultivo.

Como se observa, los plaguicidas encontrados corresponden con los productos empleados en cultivos de pasifloras de acuerdo a las encuestas realizadas. Se observa además, coherencia entre los resultados

**Tabla 5.** Plaguicidas detectados en las fincas con cultivos de granadilla.

Productor	Plaguicida	M1 (mg/kg)	M2 (mg/kg)	Tiempo entre la última aplicación y el muestreo (días)
14	Clorotalonil	0,015	ND	11
	$\lambda$ -Cihalotrina	ND	0,022	
	Cipermetrina	ND	ND	
3	Clorotalonil	ND	0,012	11
	Pirimetanil	0,001	0,001	
2	Clorotalonil	ND	0,003	25
	Pirimetanil	0,017	0,009	
	$\lambda$ -Cihalotrina	0,091	0,073	
1		ND	ND	11
15	Clorotalonil	0,750	0,192	11
	$\lambda$ -Cihalotrina	ND	0,032	
10		ND	ND	14

M1: Muestra 1; M2: Muestra 2; ND: no detecta.

**Tabla 6.** Plaguicidas detectados en las fincas con cultivos de maracuyá.

Productor	Plaguicida	M1 (mg/kg)	M2 (mg/kg)	Tiempo entre la última aplicación y el muestreo (días)
48	Monocrotofos	0,020	ND	7
41	Monocrotofos	0,013	0,027	11
	Carbofuran	0,013	ND	
	Cipermetrina	0,087	0,123	
34	Carbofuran	0,008	ND	8
40	Monocrotofos	0,123	0,141	8
	Carbofuran	0,021	0,008	
	Cipermetrina	0,128	0,175	
47	Profenofos	ND	0,009	8
43	Profenofos	ND	0,019	4

M1: Muestra 1; M2: Muestra 2; ND: no detecta.

obtenidos entre muestras de una misma finca, pues a pesar de la variabilidad en el muestreo en campo, los resultados son muy similares.

Se observa principalmente la presencia de clorotalonil y  $\lambda$ -Cihalotrina en cultivos de granadilla. A pesar que la última aplicación de plaguicidas se realizó entre 11 y 25 días antes del muestreo, las concentraciones encontradas fueron excesivamente altas; es de resaltar que se recomiendan periodos de carencia para ciertos cultivos hasta de 45 días para  $\lambda$ -Cihalotrina y hasta 15 días para clorotalonil.

En los cultivos de maracuyá se encontraron altas concentraciones de monocrotofos y cipermetrina principalmente, mientras en cultivos de gulupa se reportaron las concentraciones más altas para deltametrina. Estos resultados indican que los plaguicidas aplicados difieren dependiendo del cultivo. Al observar los resultados de las muestras podemos decir que los plaguicidas más frecuentemente detectados fueron: monocrotofos (cinco muestras), azoxistrobin (cuatro muestras) y clorotalonil (cinco muestras) en muestras de maracuyá, gulupa y granadilla, respectivamente. En cinco fincas se encontraron concentraciones de plaguicidas que superaron los límites máximos de residuos.

#### Productores de granadilla

En la Tabla 5 se puede observar que en sólo dos fincas no se encontraron residuos de plaguicidas. En tres fincas se encontró dos plaguicidas en

común, clorotalonil y  $\lambda$ -Cihalotrina indicando prácticas agrícolas similares. En una de estas fincas las concentraciones encontradas fueron las más altas. Clorotalonil y  $\lambda$ -Cihalotrina superaron el límite máximo de residuos en dos fincas; por tanto, estos productos no cumplirían con los requisitos para exportación.

#### Productores de maracuyá

En la Tabla 6 se puede observar que en todas las fincas se encontraron residuos de plaguicidas. Es evidente que en el cultivo de maracuyá las prácticas agrícolas son diferentes a las implementadas por los productores de granadilla, pues se encontraron diferentes plaguicidas. En dos fincas se encontraron los mismos plaguicidas y, además, presentaron concentraciones excesivamente elevadas de monocrotofos y cipermetrina, lo cual indica que no se llevan adecuadamente las prácticas agrícolas. Estas dos fincas producen maracuyá y la producción no cumple con la reglamentación, pues las concentraciones sobrepasan los límites máximos de residuos. En cuatro fincas se encontraron residuos de los plaguicidas aplicados que no superaron los límites permitidos.

#### Productores de gulupa

En la Tabla 7 se observa que solamente una finca no presentó residuos de plaguicidas de los agroquímicos aplicados. En otra finca se encon-

**Tabla 7.** Plaguicidas detectados en las fincas con cultivos de gulupa.

Productor	Plaguicida	M1 (mg/kg)	M2 (mg/kg)	Tiempo entre la última aplicación y el muestreo (días)
16	Pirimetnil	0,002	ND	16
32	Clorotalonil	0,007	ND	16
	Difenoconazol	ND	0,029	
	Azoxistrobin	ND	0,008	
25	Tebuconazol	0,048	0,027	7
	$\lambda$ -Cihalotrina	0,017	ND	
	Deltametrina	0,074	0,071	
	Azoxistrobin	0,003	ND	
29		ND	ND	7
33	$\lambda$ -Cihalotrina	0,026	0,026	9
	Azoxistrobin	0,028	0,045	
28	Pirimetnil	0,021	0,017	52

M1: Muestra 1; M2: Muestra 2; ND: no detecta.

traron residuos de cuatro plaguicidas, dentro de los cuales se encuentra la deltametrina superando el límite máximo de residuos, el cual es 0,05 mg/kg. En las fincas estudiadas, cuatro fincas cumplirían con los límites máximos permitidos en sus productos.

De acuerdo con la regulación de la Comunidad Económica Europea respecto a límites máximos de residuos algunos de los productos de las fincas mencionadas anteriormente, cumplen con el requisito de inocuidad, pues no exceden la concentración de 0,010 mg/kg. Se ha establecido que, para matrices que no tengan estudios referentes a límites máximos de residuos –como es el caso de las frutas exóticas y en especial las ‘frutas de la pasión’, se toma por defecto el valor de 0,010 mg/kg como el máximo valor permitido, ya que se considera un nivel suficientemente bajo para proteger al consumidor de la ingesta de cantidades no autorizadas o excesivas de residuos de plaguicidas (14).

Retomando la información suministrada por los agricultores, es interesante observar que las concentraciones altas encontradas en algunas muestras mantienen cierta relación con los sistemas de fumigación; en efecto, cuando se preguntó a los agricultores sobre la revisión de las bombas y sistemas de aspersión, en ningún caso se encontró información sobre mantenimiento o calibración de estos equipos y por esta razón es probable que en las prácticas agrícolas haya aplicaciones erróneas de las cantidades recomendadas para los plaguicidas.

En el mundo se han reportado algunos estudios de residualidad de plaguicidas en pasifloras; por ejemplo en Brasil se encontraron residuos de m-paration excediendo 0,010 mg/kg (16). En Irlanda y Suecia se encontraron residuos de clorotalonil y dimetoato, en pasifloras importadas de Kenia, con concentraciones mayores a las permitidas por los organismos de control (17, 18). En Bélgica, en monitoreos realizados en pasifloras en 2008, se encontró difenoconazol por encima de los LMR (19). Un estudio de residuos de plaguicidas en frutas y vegetales provenientes de Sur América reportó concentraciones de cipermetrina y  $\lambda$ -Cihalotrina por encima de los límites máximos de residuos en frutas de la pasión (20).

Estudios sobre residualidad de plaguicidas en cultivos de maracuyá en Colombia, han mostrado la importancia del establecimiento de buenas prácticas agrícolas, pues se encontraron concentraciones superiores a los LMR de malation, mancozeb y etofenprox hasta después de ocho días de la aplicación (21). También se encontró que los plaguicidas aplicados dentro de los períodos de carencia recomendados se encuentran por debajo de los límites máximos de residuos (22).

Uno de los principales problemas que se presenta en Colombia es que no se han establecido límites máximos de residuos para la mayoría los plaguicidas que se aplican en frutas tropicales incluyendo las pasifloras; por tanto, el valor de LMR para estos productos se debe tomar por defecto y corresponde al valor de 0,010 mg/kg el cual es bastante bajo, restringiendo la exportación de estas frutas.

## Conclusiones

De acuerdo con los resultados, se demostró que los residuos de plaguicidas exceden los límites máximos de residuos (LMR) de la Unión Europea en las tres especies de pasifloras analizadas; los plaguicidas identificados en las muestras corresponden con los aplicados por los agricultores. Se estableció que la presencia de residuos se debe principalmente a la no implementación de buenas prácticas agrícolas por parte de los agricultores, fundamentalmente a la relacionada con el tipo de plaguicida que se aplica, pues la mayoría de los plaguicidas que los agricultores usan no se encuentran registrados para su uso en ‘frutas de la pasión’.

Los resultados señalan la necesidad de un seguimiento frecuente, mediante análisis de residuos de plaguicidas, a fin de asegurar la calidad e inocuidad de las frutas tropicales, tanto para exportación, como para consumo nacional. Los resultados destacan la urgencia de desarrollo

e implementación de paquetes integrados de control de plagas en los cultivos de pasifloras y de sensibilización sobre el buen uso de plaguicidas.

## Referencias

- Hernández, A.; Bernal R. Lista de especies de *Passifloraceae* de Colombia. *Biota Colombiana*. 2000. 1(3): 320-335.
- MADR - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Anuario Estadístico de frutas y hortalizas 2004-2008 y sus calendarios de siembras y cosechas. Bogotá D.C.: Dirección de Política Sectorial. 2009.
- Benítez H., Solange V. Caracterización del agente etiológico de la enfermedad denominada “Mancha de aceite” en cultivos de gulupa (*Passiflora edulis* SIMS) en zonas productoras de Colombia. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 2010.
- Miranda, D.; Fischer, G.; Carranza, C.; Magnitskiy, S.; Casierra, F.; Piedrahita, W.; Florez, L. Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas (SCCH), Bogotá, Colombia. 2009. 345 p. Disponible en: [http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca\\_118\\_cultivo\\_poscosechavp.pdf](http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_118_cultivo_poscosechavp.pdf). [Consultado en febrero de 2013].
- Legiscomex.com. Inteligencia de mercados: exportación de frutas exóticas colombianas. 2013. 20 p. Disponible en: <http://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/exportaciones-estudio-frutas-exoticas.pdf>. [Consultado en enero de 2013].
- Wyckhuys, K.; López, F.; Rojas, M.; Ocampo, J. The relationship of farm surroundings and local infestation pressure to pest management in cultivated *Passiflora* species in Colombia. *International Journal of Pest Management*. 2011. 57(1): 1-10.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Elaboración de un marco para las buenas prácticas agrícolas. Publicación COAG/2003/6. Roma: Comité de Agricultura -FAO. 2003.
- MADR - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Plan Nacional para la Implementación de BPA. Dirección de Desarrollo Tecnológico y Protección Sanitaria. 2006.
- GLOBALGAP. The Global Partnership for Safe and Sustainable Agriculture. <http://www.globalgap.org>
- Aysal, P.; Ambrus, A.; Lehotay, S.; Cannavan, A. Validation of an efficient method for the determination of pesticide residues in fruits and vegetables using ethyl acetate for extraction. *J Environ Sci Health B*. 2007. 42(5): 481-490.
- SANCO. Method Validation and Quality Control Procedures for Pesticide Residue Analysis in Food and Feed. Document No. SANCO/12495. 2011.
- Ahumada, D.; Guerrero, D. J. Estudio del efecto matriz en el análisis de plaguicidas por cromatografía de gases. 2010. *Vitae*. 17(1): 51-58.
- De Liñan, C. *Vademecum de productos fitosatinarios y nutricionales*. México D.F.: Ediciones B Agrotécnicas, SL. 2007.
- The European Parliament and the Council of the European Union. On maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin. EC-No.-396/2005. 2005.
- ICA - Instituto Colombiano Agropecuario. Registro de plaguicidas. <http://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Regulacion-y-Control-de-Plaguicidas-Quimicos.aspx>. [Consultado en febrero de 2013].
- Rodrigues, D.; Carvalho, T.; Sousa, A.; Sousa, V.; Fechine, P.; Nascimento. Determination of Insecticide Residues in Vegetal Fruits. *Chromatography Res Internat*. 2011. 2: 1-6.

17. Ireland-Government. Pesticides Residues in Food. Dublin, Ireland: Department of Agriculture & Food, pesticide control service. 2003.
18. Andersson, A.; Jansson, A.; Eskhult, G. A. The Swedish Monitoring of Pesticide Residues in Food of Plant Origin. Uppsala, Sweden: National Food Administration. 2003.
19. Claeys, W.; Schmit, J.; Bragard, C.; Maghuin, R.; Pussemier, L.; Schiffers, B. Exposure of several Belgian consumer groups to pesticide residues through fresh fruit and vegetable consumption. *Food Control*. 2011. **22**(3-4): p. 508-516.
20. Hjorth, K.; Johansen, K.; Holen, B.; Andersson, A.; Christensen, H. B.; Siivinen, K.; Toome, M. Pesticide residues in fruits and vegetables from South America – a Nordic project. *Food Control*. **22**: 1701–1706.
21. Romero A. C.; Gonzáles A. Análisis de residualidad de plaguicidas en cultivos de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*). Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 2010.
22. Juraske, R.; Fantke, P.; Romero, A.; González, A. Pesticide residue dynamics in passion fruits: Comparing field trial and modelling results. *Chemosphere*. 2010. **89**: 850–855.

**Article citation:**

Bastidas, D. A.; Guerrero, J. A.; Wyckhuys, K. Residuos de plaguicidas en cultivos de pasifloras en regiones de alta producción en Colombia. *Rev Colomb Quim*. 2013. **42**(2): 39-47.