

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Identificación de residuos de contaminantes químicos en tomate para determinar su grado de toxicidad

Residues of chemical pollutants identification in tomato to determine their toxicity degree

Trigo Adolfo Valentín¹ , Angela María Guerrero² , Luis Condori³ .

¹ Ingeniero de alimentos/Docente. Universidad Católica San Pablo. Tarija. Bolivia.
atrigo@ucb.edu.bo

² Ingeniero Industrial/Docente. Universidad Católica San Pablo. Tarija. Bolivia.
aguerrero@ucb.edu.bo

³ Ingeniero de alimentos/Responsable de Vigilancia. SENASAG. Tarija. Bolivia.
lucodi67@hotmail.com

RESUMEN

Se realizó un análisis experimental de la residualidad de plaguicidas en cultivos de tomate. Las muestras fueron analizadas a través de cromatografía líquida de ultra eficiencia siguiendo estándares internacionales. Se identificó cierto grado de residualidad del plaguicida *Chlorpirifos* de 0,06 mg/kg en promedio y pequeñas cantidades de Cu, Cd, Zn, Mn y Cr, y se las relacionó con los Límites Máximos de Residuos (LMRs) establecidos por la Unión Europea y el *Codex Alimentarius*. Con la presente investigación se puede demostrar que las aplicaciones sin seguir las recomendaciones técnicas para garantizar la inocuidad alimentaria mantienen la residualidad de los plaguicidas y metales pesados por mayor tiempo en el tomate tipo pera; no obstante, esto depende de las variaciones climáticas que influyen directamente en el tiempo de residualidad

Palabras clave: Límite Máximo de Residuos. Pesticidas. Residualidad. Trazabilidad.

ABSTRACT

An experimental analysis of the pesticides' residuality in tomato crops was carried out. The samples were analyzed through ultra-efficiency liquid chromatography following international standards. A certain residuality degree of the pesticide *Chlorpirifos* of 0,06 mg/kg on average and small amounts of Cu, Cd, Zn, Mn and Cr were identified, and it was related to the Maximum Residue Limits (MRLs) established by the European Union and the *Codex Alimentarius*. With this research it can be shown that applications without following the technical recommendations to guarantee food safety, maintain the pesticides' residuality and heavy metals for a longer time in pear-type tomato; however, this depends on the climatic variations that influence directly at residual time.

Keywords: Maximum Residue Limit. Pesticides. Residuality. Traceability.

1. INTRODUCCIÓN

Los plaguicidas de uso agrícola son sustancias o mezcla de sustancias, destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, las especies no deseadas de plantas o animales que causen perjuicio o que interfieran de cualquier otra forma a la producción agrícola. El término “plaguicidas” incluye las sustancias destinadas a utilizarse como reguladoras del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes y las sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha (CAN, 1998).

Por otro lado, la inocuidad alimentaria puede definirse como el conjunto de condiciones y medidas necesarias durante la producción, almacenamiento, distribución y preparación de alimentos para asegurar que una vez ingeridos, no representen un riesgo para la salud (FAO, 2019a).

En el año 1939, con el uso extensivo del Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT) como insecticida, comenzó el auge de los plaguicidas. Desde entonces han sido elaborados un sinnúmero de agroquímicos cuyo uso ha mejorado notablemente la producción agrícola a nivel mundial; sin embargo, el uso a gran escala y sin el conocimiento técnico adecuado, ha traído como consecuencias problemas a nivel ambiental y en la salud (López, 2012).

Cada año, las cantidades y categorías de productos utilizados en la producción agrícola siguen en aumento, y con ello la mejora en la producción agrícola; sin embargo, las acumulaciones de productos químicos en la producción siguen en aumento, lo que está afectando la salud de la población a nivel del planeta (Castro, 2002).

Los cultivos agrícolas y su relación con los plaguicidas, los riesgos que producen los plaguicidas a la salud humana, así como el control en las aplicaciones que se debe tener para reducir efectos adversos, producto de las malas aplicaciones (García, 1992). El uso permanente de plaguicidas en la industria de la agricultura ha tenido resultados satisfactorios en el control de plagas y enfermedades; así como en la disminución de pérdidas económicas en la producción.

La producción agrícola a pequeña, mediana y gran escala no puede sostenerse sin el uso de esta herramienta principal llamada plaguicidas, por lo que es clara la necesidad de su uso por la efectividad en el control de plagas y consecuentemente el aumento en la producción (Páez, 2013).

Los efectos adversos en humanos dependen de la dosis, tiempo de exposición y la categoría toxicológica del producto aplicado, de lo cual se producen desde intoxicaciones agudas, enfermedades catastróficas y en muchos casos la muerte (Páez, 2013). Por eso, la importancia del control en las aplicaciones de plaguicidas radica en que no todos tienen el mismo efecto residual. Estos pueden clasificarse en: no persistente, moderadamente persistentes, persistentes y permanentes (Castro, 2002).

La persistencia de los plaguicidas en el medio ambiente depende considerablemente de la residualidad del producto aplicado y de la dosificación utilizada; por lo tanto, es de gran importancia aplicar estos productos de acuerdo con las recomendaciones de la ficha técnica y hoja de seguridad (Díaz, 2015). Esto ayudará considerablemente a reducir los riesgos ambientales, ecológicos y a la salud, lo que manifiesta la importancia de llevar un control permanente de las aplicaciones de los plaguicidas.

Los plaguicidas pueden clasificarse dependiendo del organismo a ser controlado en; insecticida, herbicida, fungicida, nematocida, etc. (Gavilanes, 2014). Mientras que la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019) clasifica los plaguicidas de acuerdo con el grado de toxicidad aguda en las categorías presentadas en la Tabla 1.

Clasificación toxicológica de plaguicidas “OMS”		Distintivo comercial
1A	Extremadamente peligroso	Franja roja
1B	Altamente peligroso	Franja roja
II	Moderadamente peligrosos	Franja Amarilla
III	Poco peligrosos	Franja Azul
IV	No ofrecen peligro bajo uso normal.	Franja Verde

Tabla 1. Clasificación toxicológica de plaguicidas de la Organización Mundial de la Salud (OMS)

Fuente: OMS, 2019.

En todos los casos, la dosis letal media varía dependiendo de la presentación del plaguicida (sólido, líquido o polvo), así como la vía de entrada al organismo y el tiempo de exposición al plaguicida.

La residualidad del plaguicida que puede contener un producto agrícola depende de la dosis y el tiempo entre la última aplicación y la cosecha, así como de factores ambientales como precipitaciones y temperatura; por lo tanto, las variaciones de residualidad no serán similares en cultivos tradicionales a campo abierto y en invernaderos (FAO, 2019b).

2. METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos del estudio de investigación se aplicaron: el método inductivo y deductivo, o de análisis y síntesis de los datos a obtener como resultado del cruce de variables y

de los análisis de laboratorio. Se realizó un muestreo simple aleatorio dentro de las áreas de cultivo, para definir la muestra objeto de análisis, utilizando la metodología descrita a continuación.

Se seleccionaron dos invernaderos y un cultivo de campo abierto de las mismas dimensiones y con un número igual de plantas (1000 plantas); una vez seleccionados los cultivos fueron divididos en 10 filas de 100 plantas cada uno, a las cuales se le aplicó el método al azar, seleccionando 10 plantas de cada fila, utilizando la siguiente fórmula:

$$= \text{fx.ALEATORIO.ENTRE (1 y 100)}.$$

A las 100 plantas seleccionadas se aplicó la misma fórmula para seleccionar 10 plantas, de las cuales se obtuvieron las muestras primarias. Posteriormente, por el mismo método aleatorio fue seleccionada la muestra final para el análisis de laboratorio.

La metodología aplicada se presenta en las Tablas 2, 3 y 4 y en la Figura 1, respectivamente.

Selección de las plantas muestreadas										
Aplicación de la fórmula aleatoria entre 1 y 100										
N° de plantas seleccionadas por filas	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
1	71	61	15	92	41	41	46	26	93	56
2	48	85	53	45	26	26	28	50	83	45
3	38	87	42	10	83	83	87	51	89	52
4	91	29	25	95	19	19	50	65	14	57
5	21	37	87	28	25	25	26	67	96	67
6	36	9	73	91	72	72	2	57	43	81
7	90	75	65	36	89	89	30	61	57	70
8	2	50	83	39	83	83	49	56	53	44
9	49	44	6	36	97	97	98	41	98	68
10	70	11	22	51	15	15	1	80	35	42

Tabla 2. Selección de plantas para el muestro en el cultivo de tomate (Lycopersicum esculentum Mill) a campo abierto y bajo invernadero

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Plantas seleccionadas para muestra primaria										
Aplicación de la fórmula aleatoria entre 1 y 10										
N° de plantas seleccionadas por filas	Número de filas del cultivo									
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Tabla 3. Plantas seleccionadas para la obtención de la muestra primaria

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Número de filas del cultivo									
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
9	2	3	3	5	7	9	8	4	7

Tabla 4. Descripción del número de filas seleccionadas para el muestreo en las filas dentro del área de cultivo

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Con la finalidad de inferir el universo objeto de estudio, de las plantas de tomates seleccionadas (10), se tomó una muestra de 2 tomates por planta, los cuales fueron de los racimos 3 y 4, considerando que cada planta tiene un promedio de 6 pisos florales, por lo que la muestra primaria fue de un total de 20 tomates. Se entiende como muestra primaria los 20 frutos colectados de las

plantas seleccionadas al azar, de los cuales, finalmente, fue seleccionada la muestra final para el análisis de laboratorio.

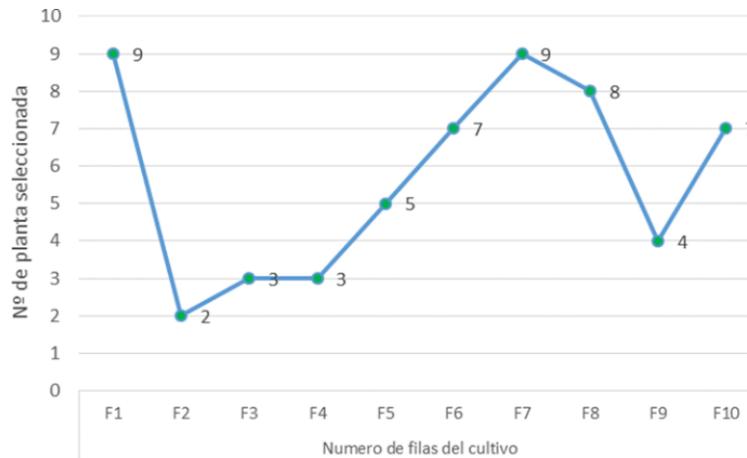


Figura 1. Número de plantas seleccionadas en función al número de filas de cultivo

Fuente: Elaboración propia, 2020.

A partir de los 20 frutos de tomates es que fue seleccionada, por el método aleatorio, la muestra final para el envío y análisis de laboratorio. La muestra final consistió en tomates enteros con un peso de 1 kg por cada muestra (de 5 a 7 tomates), dependiendo del tamaño. Esto fue definido de acuerdo con lo que se determina en el *Codex Alimentarius* en cuando a la toma y envío de muestras de productos agrícolas para análisis de plaguicidas y metales pesados, aplicando la inocuidad alimentaria.

Los muestreos fueron realizados en los meses de octubre a noviembre del año 2019, con un rango de 13 días entre el primer y segundo muestreo; y 40 días entre el primer y tercer muestreo, como se puede observar en la Figura 2.

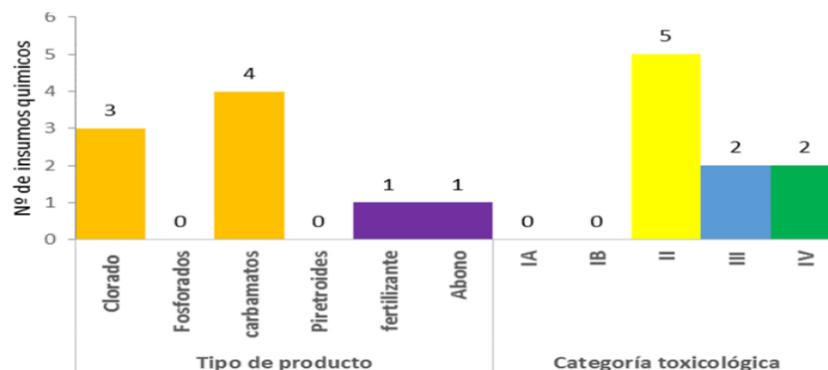


Figura 2. Descripción de los insumos químicos que se utilizaron en la producción del cultivo de tomate tipo pera en la provincia Cercado

Fuente: Elaboración propia, 2020.

3. RESULTADOS

Se pudo determinar que de los insumos agroquímicos utilizados durante la investigación se encontró la residualidad del plaguicida *Chlorpirifos*. Por las características residuales del plaguicida, este se mantuvo en el producto 13 días después de la última aplicación, tiempo en que se realizó la tercera repetición.

Las curvas de calibración son mezclas de estándares conocidos, para el caso de la presente investigación de los estándares para los 20 plaguicidas analizados. En este caso, la curva de calibración para todos los plaguicidas analizados fue de 0,01 a 0,07 mg/kg concentraciones, con lo cual fue posible la detección y cuantificación de concentraciones que se encuentre en el rango de 0,01 a 0,06 mg/kg.

Los resultados obtenidos mediante análisis de laboratorios de las 20 muestras realizadas en la unidad experimental se describen a continuación, donde, además están determinados los límites de detección y de cuantificación estandarizados en el equipo cromatográfico

Se debe considerar que también existieron diferencias entre las condiciones climáticas observadas durante la investigación, especialmente en lo que a temperatura y precipitación se refiere, comparado con lo óptimo que necesita el cultivo del tomate pera durante sus diferentes etapas.

En las Figuras 3, 4, 5, 6, 7, y 8, se muestran los resultados obtenidos de la residualidad de plaguicidas y metales pesados: Cd, Cu, Cr, Mn y Zn, respectivamente.

Se puede evidenciar que se halla residualidad de plaguicidas, Cadmio, Cromo, Cobre, Manganeseo y Zinc encontrados en los tratamientos 1, 2 y 3; sin embargo, todos los residuos encontrados están por debajo de LMRs establecidos. Si bien es cierto que la residualidad del plaguicida y metales pesados analizados se encuentran de los LMRs, se debe tener en cuenta el tipo de plaguicidas y sus características de absorción en el organismo.

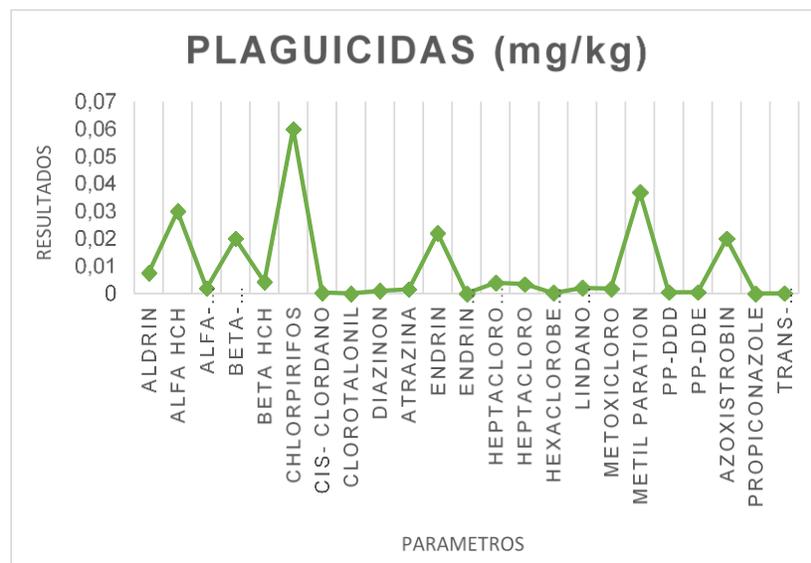


Figura 3. Residualidad de plaguicidas encontrados

Fuente: Elaboración propia, 2020.

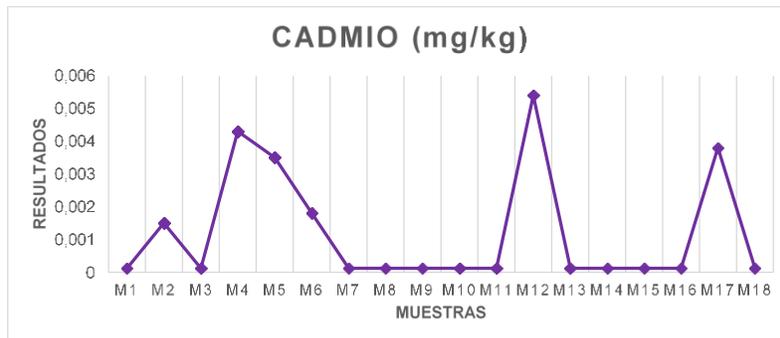


Figura 4. Residualidad de Cadmio encontrado

Fuente: Elaboración propia, 2020.

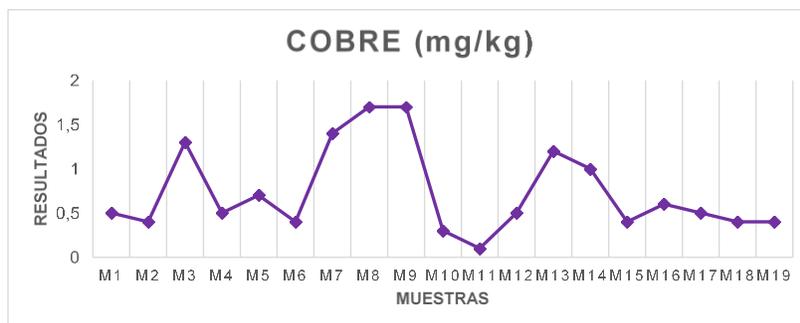


Figura 5. Residualidad de Cobre encontrado

Fuente: Elaboración propia, 2020.

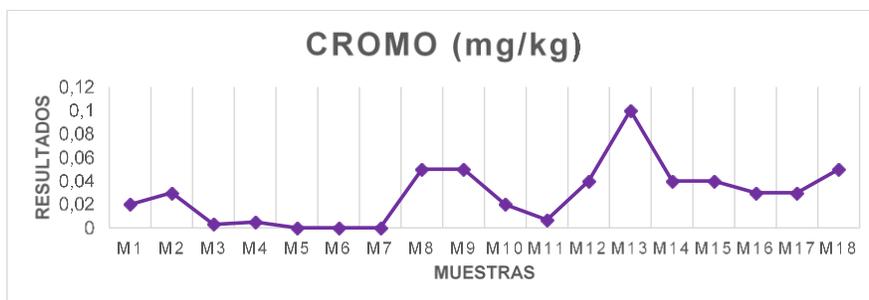


Figura 6. Residualidad de Cromo encontrado

Fuente: Elaboración propia, 2020.

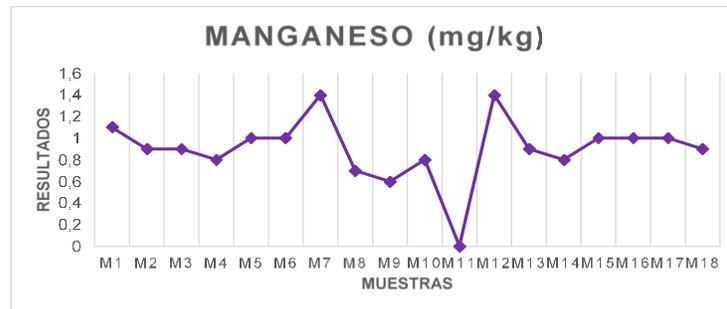


Figura 7. Residualidad de Manganeso encontrado

Fuente: Elaboración propia, 2020.

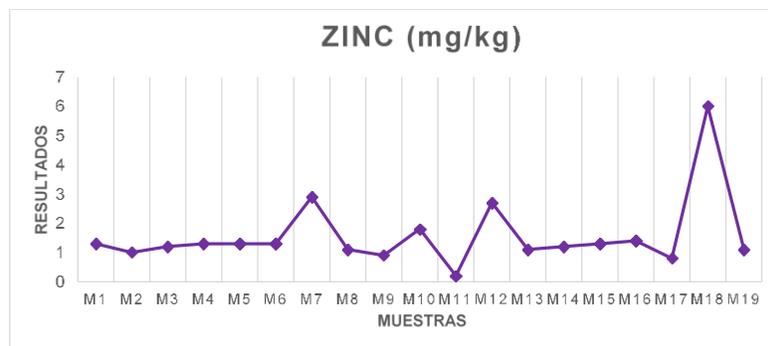


Figura 8. Residualidad de Zinc encontrado

Fuente: Elaboración propia, 2020.

4. DISCUSIÓN

El promedio de residualidad de plaguicidas y metales pesados encontrados en tomate no supera los límites permisibles de acuerdo con lo determinado por el *Codex Alimentarius* y otras normas internacionales. Sin embargo, se debe tener en consideración que los plaguicidas son compuestos que pueden alterar el funcionamiento normal de un organismo, por lo tanto, se debe garantizar la inocuidad del producto (SENASAG, 2019).

Con este estudio se puede demostrar que las aplicaciones, sin seguir las recomendaciones técnicas para garantizar la inocuidad alimentaria, mantienen la residualidad de los plaguicidas y metales

pesados por mayor tiempo en el tomate tipo pera; no obstante, esto depende de las variaciones climáticas que influyen directamente en el tiempo de residualidad. Así mismo, se tiene evidencia que las aplicaciones en los invernaderos deben ser estrictamente bajo recomendaciones técnicas puesto que al tener condiciones climáticas controladas la residualidad de los plaguicidas se mantiene por mayor tiempo en el tomate tipo pera (Ausay, 2015).

Las variaciones de residualidad entre los diferentes tratamientos pueden justificarse por las diferentes condiciones climáticas entre invernaderos y campo abierto, precisamente durante los meses de la investigación las variaciones climáticas fueron variables en los parámetros registrados (Fabara, 2014).

Los cultivos de tomate tipo pera sea este a campo abierto o en invernadero debido al exceso de temperatura y a la falta de agua evidenciado en las variaciones climáticas que sufre la provincia Cercado, soportan cierta alteración en su estado fisiológico normal, lo cual también incide en la residualidad de los plaguicidas y metales pesados.

Los LMRs estimados se basan en resultados y pruebas científicas de laboratorios realizadas con animales (ratas), por lo que se puede indicar que estos no son comprobados científicamente para seres humanos. Los seres humanos no solo están expuestos al consumo de un residuo de plaguicida en específico y de metales pesados, como el que se describe en el presente estudio de investigación, sino que están expuestos a una mezcla significativa de diferentes componentes tóxicos que pueden afectar su salud (SYNGENTA, 2019).

Por tratarse de un compuesto clorado, posee alta resistencia a la degradación por factores naturales. Se absorbe rápidamente y se transporta en el xilema a los cotiledones y a las hojas de la planta tratada (Rendón, 2013). De igual forma, posee un largo efecto residual, e inicia su foto degradación en el suelo con una vida media de 47 días. En suelos aeróbicos es muy persistente con una vida media de 385 días. Su ficha técnica lo categoriza como peligroso para la salud humana y para el medioambiente (Torres, 2013).

Los límites tolerables de plaguicidas para el caso específico del residuo encontrado Chlorpirifos son de 200 ppb que es el equivalente a 0,2 mg/kg; sin embargo, estos límites pueden superarse al consumir el tomate de forma continua durante 20 días. Lo mismo se puede afirmar de la residualidad encontrada en los metales Cu, Cd, Cr, Mn y Zn (Monardes, 2019)

5. CONCLUSIONES

La evaluación de la residualidad de los plaguicidas utilizados en la zona agrícola de la provincia Cercado (San Andrés, Tolomosa y Guerrahuayco), dio como resultado que existen residualidad de un plaguicida en el tomate tipo pera y de cinco metales pesados, la misma que se encuentra dentro de los límites permisibles de acuerdo a lo establecido por la Unión Europea y el *Codex Alimentarius*; sin embargo, al ser el tomate tipo pera un producto de consumo continuo y diario, y el plaguicida y los metales pesados encontrados al ser de características liposolubles la acumulación, podrían estar causando problemas de salud poblacional y pasando desapercibidos.

El tiempo de residualidad de un plaguicida en el cultivo de tomate tipo pera en Tarija, depende directamente del método de aplicación, pero también de las condiciones ambientales, lo cual demuestra que las aplicaciones inapropiadas de plaguicidas aumentan la residualidad en el tomate tipo pera.

Los plaguicidas aplicados para los cultivos de tomate en la zona de estudio son generalmente categoría II, III, y IV, no obstante, las cantidades aplicadas no responden a la norma técnica ni a las buenas prácticas de aplicación de plaguicidas, lo cual se debe a la falta de conocimiento técnico de los productores y a la falta de seguimiento continuo por parte de las instituciones responsables del control.

Finalmente, se puede concluir que la residualidad de los plaguicidas y de los metales pesados en los cultivos de tomate (invernadero y campo abierto) no es igual debido a las diferencias de los factores ambientales y se puede controlar garantizando la inocuidad alimentaria

REFERENCIAS

- Ausay, E. (2015) “*Respuesta de tomate tipo pera dominico bajo invernadero a dos relaciones nitrato/amonio mediante fertiriego por goteo*” (tesis de grado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica de Ecuador.
- Comunidad Andina de Naciones: CAN. (1998) “*Decisión 804 Modifíquese la Decisión 436 Norma Andina para el registro y control de plaguicidas Químicos de Uso Agrícola*”, [Mensaje en block]. Recuperado de <http://www.oficial.ec/decision-804-modifiquese-decision-436-norma-andina-registro-control-plaguicidas-quimicos>.
- Castro, J. (2002) “*Determinación, persistencia y distribución de insecticidas de uso agrícola en el medio ambiente*”, (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Madrid Facultad de Ciencias. Departamento de Química Agrícola, Geología y Geoquímica, Madrid. España.
- Díaz, R. (2015) “*Control de plaguicidas en productos de origen agrícola*”. Recuperado de: http://www.infoagro.com/abonos/control_plaguicidas_productos.htm.
- Fabara, V. (2014) “*Análisis cromatográfico de fungicidas en el tomate del mercado mayorista del distrito Metropolitano de Quito*”, (tesis de grado). Universidad de las Américas Facultad de Ciencias Agropecuarias, Quito Ecuador.
- FAO (2019a). “*El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana*”. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i3359s.pdf>.
- FAO (2019b). “*Manual técnico buenas prácticas agrícolas BPA, en la producción de tomate bajo condiciones protegidas*”. Recuperado de: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1374s/a1374s02.pdf>.
- García, J. (1992) “*Actualización de límites máximos de residuos de plaguicidas en productos alimenticios de origen vegetal. Situación en Costa Rica*”. San José, Costa Rica. Publicación de la oficina de extensión comunitaria y Conservación del medio Ambiente, Universidad Estatal a Distancia
- Gavilanes, G. (2014) “*La acumulación de envases de plaguicidas y su incidencia en la contaminación ambiental del cantón quero*”. (Tesis de maestría). Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ecuador.
- López, D. (2012) “*Determinación de residuos de plaguicidas en tomate por cromatografía de gases con detector de espectrofotometría de masas (GC-MSD)*”, (Tesis de grado). Universidad Católica del Ecuador Facultad de ciencias exactas y naturales Escuela de ciencias químicas, Quito.

Monardes, H. (2019) “Manual de cultivo de tomate”. Recuperado de: http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf

OMS, (Anexo B): (2019) “Clasificación toxicológica de los plaguicidas”. [Mensaje en block]. Recuperado de: <http://publicaciones.ops.org.ar/publicaciones/publicaciones%20virtuales/proyectoPlaguicidas/pdfs/anexoB.pdf>.

Páez, M. (2011) “Evaluación de riesgo por plaguicidas”. *Revista de ciencias, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle. DF México*; (pp. 22-56).

Rendón, M. (2013) “Determinación de residuos de carbamatos mediante LC-ESI-MS/MS en tomate expendidos en el mercado de Guayaquil”, (Tesis de maestría). Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Ciencias Químicas y Ambientales. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil Ecuador.

SENASAG (2019). “Reglamento para el uso de agroquímicos en Bolivia e Inocuidad Alimentaria”. Recuperado de: www.senasag.gob.bo

SYNGENTA, (2019) “Ficha técnica Chlorpirifos y de metales pesados”. Recuperado de: http://www3.syngenta.com/country/es/sp/productos/proteccion_cultivos/Documents/FDS/actara-25wg.pdf.

Torres, R. (2013) “El cultivo de tomate y el potencial endofítico de diferentes aislados de *Beauveria basiana*”. (Tesis de maestría), Universidad Autónoma de México. DF. México.

Fuentes de financiamiento: Esta investigación fue financiada con fondos de los autores.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de interés.

Copyright (c) 2021 Trigo Adolfo Valentín. Angela María Guerrero. Luis Condori



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciente o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumendelicencia](#) - [Textocompletodelalicencia](#)