

Consecuencias ambientales y riesgos para la salud causados por el plaguicida Paraquat en Costa Rica

Environmental consequences and health risks caused by the pesticide Paraquat in Costa Rica

Margoth Montero Rojas¹

Recibido: 28-8-2017

Aprobado: 22-3-2018

Resumen

El uso del plaguicida Paraquat ha sido ampliamente difundido alrededor del mundo y Costa Rica no ha sido la excepción debido a su éxito para tratar malas hierbas y su fácil disponibilidad en el mercado; con el inconveniente de ser tóxico para el ambiente y los humanos. El objetivo de esta revisión bibliográfica es unificar el conocimiento existente del Paraquat, enfocado en Costa Rica con el fin de exponer algunas de las consecuencias causadas por el plaguicida. Se empleó como metodología la recopilación de información mediante herramientas como bases de datos, Internet y el correo electrónico. Con la investigación se concluyó que es necesario reforzar la información utilizada por las personas que manipulan el Paraquat para evitar las intoxicaciones, además de quedar en evidencia la necesidad de mejorar las regulaciones y el cumplimiento de los decretos establecidos país en materia de plaguicidas.

Palabras clave: plaguicida, paraquat, intoxicación, autolítico, control de calidad.

Abstract

The use of the paraquat pesticide has been widely used around the world and Costa Rica has not been the exception due to its success to treat weeds and their easy availability in the market; with the drawback of being toxic to the environment and human. The objective of this bibliographic review is to unify the existing knowledge of paraquat focused on Costa Rica in order to expose some of the consequences caused by the pesticide. The methodology used was the collection of information through tools such as databases, internet and e-mail. The investigation concluded that it is necessary to reinforce the information used by people who manipulate paraquat to avoid poisoning, in addition to highlighting the need to improve regulations and compliance with the decrees established in our country regarding pesticides.

Key words: pesticide, paraquat, intoxication, autolytic, quality control.

¹Bachiller en Laboratorista Químico. Estudiante de Licenciatura en Laboratorista Químico, Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente, Recinto de Tacaes. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Servicio Fitosanitario del Estado, Laboratorio de Control de Calidad de Agroquímicos. San José, Costa Rica. Correo electrónico: mmontero@sfe.go.cr

1. Introducción

El Paraquat es un herbicida de alta toxicidad y por ello se encuentra prohibido en varios países de Europa y algunas regiones en Estados Unidos (Viales, 2014; Marín y Berrouet, 2016). Se usa comúnmente por su alta eficacia para tratar malas hierbas o plantas no deseables (Burgess, 1964; Sabzghabae Eizadi, Montazeri, Yaraghi & Golabi, 2010). Sus propiedades herbicidas fueron descubiertas en 1955, pero se introdujo en el mercado en 1962 bajo la marca comercial *Gramoxone* en formulaciones de 20 % al 40 % de ingrediente activo (i.a.) dicloruro de paraquat (Viales, 2014). La formulación con 20 % de i.a. es la que se comercializa comúnmente desde hace más de 50 años y es uno de los agroquímicos más vendidos en el mundo; por ejemplo, China en el 2009 exportó 53 000 toneladas del plaguicida a los países en todo el mundo que no contaban con restricciones para su uso (Watts, 2011).

Según el Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), actualmente en Costa Rica el Paraquat es el tercer plaguicida más importado, lo cual representa un total de ingreso al país de 2298 toneladas entre los años 2012 y 2016 (J.A. Arce, comunicación personal, 7 de abril del 2017). Se usa ampliamente en diferentes plantaciones como café, arroz, banano, papa, melón, caña de azúcar, chayote, tomate, piña y pastos (Bravo, de la Cruz, Herrera y Ramírez, 2013; Ramírez, Fournier, Ruedert e Hidalgo, 2014), lo cual obliga a ampliar el conocimiento en lo que a su uso se refiere y a mejorar los controles de calidad del producto para su aplicación.

El objetivo del presente estudio es realizar una revisión bibliográfica sobre el Paraquat, determinar la importancia del control de calidad del plaguicida y algunas de las implicaciones socioambientales de su uso. También se analizan las posibles asociaciones entre el mal uso del herbicida con intoxicaciones agudas y numerosos casos de suicidio en Costa Rica.

2. Metodología

Esta revisión bibliográfica recopila información del periodo comprendido entre los años 2007 y 2017. Se analizaron publicaciones, estudios e informes de temas relacionados con el uso de Paraquat, consecuencias ambientales y repercusiones en la salud de la población costarricense. Se utilizaron diversas bases de datos; como el Sistema de Bibliotecas, Documentación e Información (SIBDI) de la Universidad de Costa Rica (UCR), las memorias institucionales del Ministerio de Salud de Costa Rica, documentación varia de la página *web* de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés) y del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), además de información contenida el periódico oficial *La Gaceta*. Asimismo, se emplearon otros recursos como la búsqueda en Internet mediante el uso de *Google Académico* y la consulta mediante correo electrónico al Centro Nacional de Control de Intoxicaciones de Costa Rica (CNCI) y al personal de la Unidad de Registro de Agroquímicos y Equipos de Aplicación del SFE.

En la estrategia de búsqueda de las distintas bases de datos se emplearon como palabras clave: *paraquat*, *bipiridilo*, *toxicidad paraquat*, *intoxicaciones con paraquat*, *intoxicaciones paraquat Costa Rica*, *emético paraquat*, *legislación paraquat*, *plaguicidas importación Costa Rica*, *plaguicida problema salud pública*, *suicidio plaguicidas* y términos similares en el idioma inglés.

3. El Paraquat

El herbicida Paraquat pertenece a la familia de los bipiridilos, los cuales son cationes que se fijan fuertemente a los coloides del suelo, momento en el cual no manifiestan actividad herbicida (Caseley, Labrada y Parker, 1996). Su modo de acción en la planta es muy eficaz, actúa de manera que se genera una sobreproducción de radicales *OH-*, los cuales provocan daño a la membrana celular y por consiguiente la muerte a la maleza (Hawkes, 2014). Además, su acción es clasificada como pos-emergente debido a que trata la maleza que ha emergido del suelo y se encuentra en crecimiento (Florida, Lopez y Pocomucha, 2012).

Su nombre según UIPAC es 1,1'-bimetil-4,4'-bipiridilo y aunque no se conoce un antídoto ante la intoxicación en humanos (Lebrón, 2007; Isenring 2017); la atención médica aplicada en un tiempo no mayor a las dos horas después de transcurrida la ingesta de cantidades menores a los 20 mL del plaguicida ha logrado salvar vidas (Delirrad, Majid y Boushehri, 2015; Villalta & Salazar, 2016).

En el mercado costarricense, como indica Ramírez (2007), el Paraquat se puede encontrar en una concentración de 20 % p/v de ingrediente activo con otros nombres comerciales diferentes al Gramoxone, como por ejemplo; *Boa, Fuego, Graminex, Gramuron, Herbaxon, Herquat, Knockout, Landmaster, Pillarxone, Preglone, Quemante y Radex-D*, entre otros.

3.1 Importación de Paraquat en Costa Rica

En América Central en el periodo desde el año 2005 hasta el 2009, la investigación de Bravo *et al.* (2015) resalta que entre los países que componen la región centroamericana se importaron 33 000 toneladas de plaguicidas por año. Guatemala junto con Costa Rica encabezan la lista como los mayores importadores con un total de 14 000 y 12

000 ton i.a./año (toneladas de ingrediente activo por año) respectivamente. Del total de plaguicidas importados en Centroamérica, el Paraquat representó 17 800 toneladas para el periodo en estudio, aspecto que lo coloca dentro de los primeros tres plaguicidas más usados en la región (Bravo *et al.*, 2015).

La información citada coincide con datos suministrados por la Unidad de Registro de Agroquímicos y Equipos de Aplicación del SFE (J.A. Arce, comunicación personal, 7 de abril de 2017). De ellos se extrae que la cantidad de Paraquat importado a Costa Rica durante los años 2008 a 2016 fue alrededor de 4013 toneladas. Esto significa en promedio 446 toneladas de Paraquat por año y representa una cantidad importante si se le compara con el total de los plaguicidas utilizados en Costa Rica entre los años 2010 y 2015 (Unidad de Registro, SFE, 2017). En el Cuadro 1 se muestra la relación que la cantidad de Paraquat importado representa respecto a la cantidad de plaguicidas que se utilizan en Costa Rica. Del cuadro se deduce que el comportamiento respecto al uso de Paraquat permanece constante a través de los años y representa aproximadamente el 5 % de los plaguicidas que se importan al país.

Cuadro 1. Relación entre la cantidad de paraquat importado y la cantidad de plaguicidas utilizados en Costa Rica comprendido entre el periodo 2010 y 2015

Año	Paraquat importado a Costa Rica (Ton)	Plaguicidas utilizados en Costa Rica (Ton)	Relación del paraquat respecto a los plaguicidas utilizados (%)
2010	432	11537	4
2011	465	8999	5
2012	350	9429	4
2013	384	7623	5
2014	506	8527	6
2015	482	10044	5

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Unidad de Registro de Agroquímicos y Equipos de Aplicación, SFE (2017).

Según el informe técnico del Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET) de la Universidad Nacional preparado por Ramírez, Chaverri, de la Cruz, Wesseling, Castillo y Bravo (2009); en el año 2006, el

Paraquat se utiliza en grandes cantidades en las áreas del cultivo de piña, lo que significa que se usa de 10 a 15 litros de producto comercial por hectárea o el equivalente a 2 o 3 Kg i.a./Ha.

3.2 Implicaciones del uso del Paraquat

3.2.1 Factores ambientales

Muchos factores intervienen en la contaminación del suelo por el uso del Paraquat. En el subsuelo, el Paraquat es capaz de quedar retenido por años debido a que su vida media es de 17 años (Isenring, 2006). Esto permite la acumulación en organismos acuáticos y provoca la muerte de plantas que sirven de alimento a otros organismos; proceso que provoca una reducción en la biodiversidad (Ramírez, 2007). Una investigación de Florida *et al.* (2012) realizada en Perú evaluó los efectos de Paraquat en bacterias y hongos y encontró que el plaguicida afecta negativamente el crecimiento de la población de las especies al aumentar la temperatura y el pH del suelo. Mientras que Crampon *et al.* (2014) encontraron en suelos arcillosos de la cuenca del lago Chad en África residuos de Paraquat, retenidos en profundidades de hasta casi los 3 metros bajo la superficie.

Otra de las preocupaciones se refiere a la lixiviación del químico a través del suelo y hacia las aguas, problema que se presenta principalmente en suelos arenosos permeables o en zonas donde llueve mucho (Lebrón, 2007). En el agua es adsorbido por los materiales ahí encontrados y por la vegetación acuática, por lo cual su persistencia en este medio puede ser mayor que en el suelo, por la limitada disponibilidad de oxígeno (Della, 2004). Por ello, algunos países han emitido alertas al respecto, así por ejemplo, Watts (2011) indica que la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés) y la Autoridad de Gestión de Riesgos Ambientales de Nueva Zelanda (ERMA por sus siglas en inglés) han catalogado al Paraquat como ecotóxico para las plantas, los animales y los organismos acuáticos, incluso señalan los numerosos efectos negativos que permanecen por años después de su aplicación.

Por otra parte, Della Penna (2004) indica que el Paraquat no es volátil por sí mismo, por lo que no representa un riesgo de la contaminación atmosférica. Sin embargo, también indica que es levemente tóxico para abejas, lo que podría representar un riesgo para ciertas especies de insectos (Della Penna, 2004).

En Costa Rica, en una sección de la cuenca del río Reventazón en Cartago y debido al uso intensivo de varios agroquímicos (entre ellos el Paraquat), se identifica contaminación por nitratos, sedimentos o sólidos totales y residuos de plaguicidas, los cuales pueden impactar la biodiversidad (Fournier, Ramírez, Ruepert, Vargas y Echeverría, 2010). Por otra parte, en una evaluación del sistema de producción de piña en la Región Norte, publicada por BANACOL (2011), se demostró la presencia de Paraquat en suelos entre 0 cm y 60 cm de profundidad. La concentración del plaguicida se incrementó conforme aumentó la profundidad de la muestra de suelo en estudio y resaltó la estabilidad del herbicida al unirse a ciertos componentes del suelo tales como arcillas, humus y los materiales orgánicos.

De manera general, el uso del Paraquat representa un peligro para pequeños mamíferos, aves, insectos y peces, los cuales se alimentan de las plantas irrigadas con este herbicida, o que consumen el agua que ha sido contaminada con este (Isenring, 2006).

3.2.2 Riesgos para la salud

Por su toxicidad aguda, el Paraquat ha sido causante de cientos de muertes por exposición durante su aplicación, por ingestión involuntaria al confundirlo con otro líquido o voluntaria como método para provocar el suicidio. Estas actividades representan un problema de salud pública en muchos países, principalmente en vías de desarrollo, en donde el acceso y uso de este plaguicida no se encuentra restringido (Watts, 2011).

Los síntomas generales en casos de intoxicación por Paraquat abarcan problemas digestivos (dolor abdominal, náuseas y vómitos), tos y la falta de aire (Marín, Alzate, Atehortua, Avendaño, Ramos y Rocha, 2016), lesiones en mucosas de cavidad oral y faringe, fiebre y pérdida de conciencia (Delirrad *et al.*, 2015), convulsiones y diarrea (Kabade, Koppad, Khatawakar, Vijaylaxmi y Patil, 2015) y daño de los pulmones, los riñones y el hígado debido a la inhalación de gases de paraquat (Kumar, Singh, Meena, Gaur y Singla, 2016).

Isenring (2006) señala entre los efectos por exposición al Paraquat daños en la piel o en los ojos y sangrado nasal. Para este autor, la exposición a largo plazo con bajas dosis está relacionada con daños en los pulmones, bronquitis crónica, deficiencia respiratoria e incremento del riesgo de padecer de mal de Parkinson. Además, menciona que la adhesión del herbicida a partículas de polvo lo hace respirable y propenso a causar problemas dérmicos y respiratorios por exposición (Isenring, 2006).

Por otra parte, por intoxicación al ingerirlo, el Paraquat provoca la muerte por fallo múltiple de órganos en, aproximadamente, cuatro días después de su ingestión o puede llegar a producir fibrosis pulmonar irreversible e insuficiencia renal tras varias semanas de ocurrido el incidente, esto según la cantidad de líquido consumido (Wilks *et al.*, 2011).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), clasifica al Paraquat dentro de la Clase II de acuerdo con su toxicidad aguda, porque representa a un plaguicida moderadamente peligroso. Esta clasificación se fundamenta en procedimientos toxicológicos que la OMS realiza tomando en cuenta la toxicidad oral y dérmica aguda que el Paraquat produce en las ratas (OMS, 2010). Adicionalmente, según indica Viales (2014) la dosis letal mínima (DL50) estimada para humanos se ubica entre los 10 mL y 15 mL o lo que equivale a una cucharada de la formulación al 20 % de i.a.

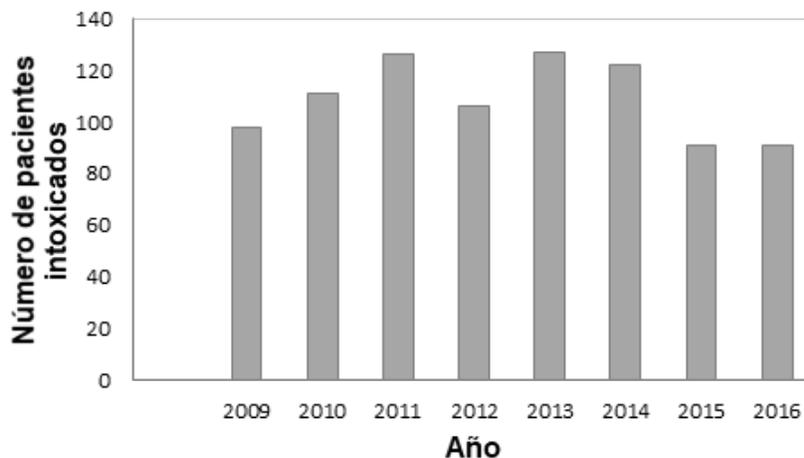
En un estudio que registró los pacientes ingresados por intoxicación al Hospital Universitario de Urmia en Irán, durante los años desde 2007 hasta 2013, se encontró que quienes ingirieron menos de 25 mL de Paraquat al 20 % sobrevivieron y los que consumieron más de 150 mL murieron (Delirrad *et al.*, 2015). En otra investigación realizada en Ecuador por Villalta y Salazar (2016), de 216 pacientes que ingirieron una cantidad menor a los 20 mL de Paraquat, se determinó que superaron la intoxicación cuando recibieron atención médica en un periodo menor a las dos horas después de la ingestión del plaguicida.

Wesseling, Barraza y Partanen (2014) analizaron los efectos de los plaguicidas en la salud de los trabajadores bananeros costarricenses en el año 1996. Como resultado, el 24 % de ellos presentó quemaduras de piel y ojos por exposición al

aplicarlo. Aunque no existe mucha información publicada al respecto sobre estudios similares, en diciembre del 2016 mediante consulta al CNCI (ente público encargado del registro de intoxicaciones en Costa Rica), se recopiló y analizó información del total de personas atendidas por intoxicación por Paraquat en los diferentes centros médicos. Por medio de esta consulta se determinó (sin orden jerárquico) que las cuatro causas de intoxicación más comunes se dan cuando: el producto es utilizado de forma accidental, al usar envases inadecuados para contenerlo al no desechar correctamente recipientes vacíos o dejarlo al alcance de niños o personas que desconocen su uso y peligrosidad; se usa como tentativa de suicidio o con fines autolíticos para autolesionarse; se le da mal uso al producto, por ejemplo al no seguir las instrucciones del etiquetado a la hora de dosificar el plaguicida o por exposición prolongada al aplicar el plaguicida y sin el equipo de protección adecuado (M. Somarribas Blanco, comunicación personal, 30 de noviembre del 2016).

La tendencia de intoxicaciones por Paraquat, reportadas por el CNCI desde 2009 hasta noviembre de 2016 se resume en la Figura 1, donde se observa que la mayor cantidad de intoxicaciones ocurrió en el 2011 (126 casos) y el 2013 (127 casos). La cantidad de intoxicaciones presentadas a lo largo del tiempo se atribuyen al amplio uso, fácil acceso y las pocas restricciones que el producto tiene en Costa Rica. Por otra parte, en el periodo en cuestión, las intoxicaciones se manifiestan principalmente en hombres de entre 21 y 40 años de edad y las dos principales causas por las que se presentan dichas intoxicaciones son catalogadas por el CNCI como ocupacionales y por suicidio. Respecto a las razones por las que ocurre el suicidio, Sanabria y Morales (2017) consideran la pobreza, el desempleo y la drogadicción como los principales factores de riesgo social, además de la depresión y el duelo como factores psicológicos.

Aunque la cantidad de intoxicaciones disminuyó en los últimos años según la Figura 1, representa una cantidad importante de 91 casos en 2015 y 2016. El total de casos reportados como intoxicaciones por Paraquat entre 2009 y 2016 fue de 872.

Figura 1. Pacientes reportados como intoxicados por paraquat entre 2009 y 2016

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del CNCI (2016).

Un aspecto significativo y que se evidencia como una de las causas por las que ocurren las intoxicaciones por Paraquat en Costa Rica, según el CNCI, es la ausencia del equipo de protección personal (EPP) adecuado, el cual es una herramienta que se torna indispensable como medio para que las personas que aplican el producto no tengan contacto directo con el este. Sin embargo, Isenring (2017) menciona cómo las recomendaciones dadas por algunas empresas que manufacturan el producto son insuficientes e implican un riesgo a la hora de manipular y trabajar con Paraquat a largo plazo. Entre el EPP que se recomienda en la página *web* del Centro de Información del Paraquat está el uso de guantes, sombreros, máscaras, protección para los ojos y delantales impermeables donde sea recetado, pero a su vez, no se especifica que los trabajadores quienes usan Paraquat deben usar una máscara especial con filtro de partículas ya que una máscara sin filtros sería insuficiente para la protección que el trabajador requiere al dispersarse el producto en el ambiente durante la aplicación, motivo que registra al menos dos casos fatales en Costa Rica (Isenring, 2017).

De muchas formas el ser humano puede entrar en contacto con los plaguicidas (vía oral, dérmica o inhalatoria o por medio de productos contaminados) y así, experimentar efectos adversos en la salud. Algunos indicadores de toxicidad crónica del Paraquat incluyen alteración de la función pulmonar, inmunotoxicidad y dermatitis, efectos

neurotoxicológicos, teratogénicos y mutagénicos, además de toxicidad reproductiva e interrupción endocrina (Bravo *et al.*, 2015; Isenring, 2017). Adicionalmente, aumenta la probabilidad de padecer la enfermedad de Parkinson, lo cual también aplica como un riesgo crónico para la salud de los que por algún motivo son expuestos al Paraquat (Isenring, 2017).

3.2.2.1 Intoxicaciones con fines autolíticos

En Costa Rica, el Paraquat ha sido muy utilizado con fines suicidas debido a su alta toxicidad aguda y a la falta de una cura o antídoto ante la intoxicación (Lebrón, 2007; Isenring, 2017; Viales, 2014). Entre 1980 y 1987 el Departamento de Medicatura Forense de Costa Rica atribuye 122 muertes a la ingestión de Paraquat, mientras que entre 1996 y 2001 se reportaron 112 intoxicaciones voluntarias por plaguicidas, de las cuales en 86 casos fue posible determinar que el Paraquat era el responsable del deceso (Isenring, 2006).

Por otra parte, Chaves, Madrigal, Vargas y Abarca (2008) señalan que en Costa Rica el suicidio por intoxicación con plaguicidas se ha vuelto una práctica común y determinan que para el 2005 la intoxicación por Paraquat se ubica como la quinta causa de muerte, con un total de 27 casos. Igualmente, los autores concluyen que el fácil acceso a los productos agroquímicos influye en los resultados

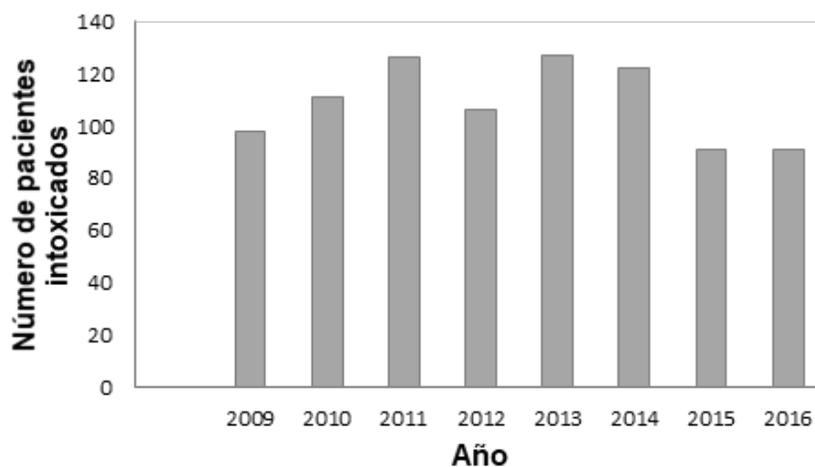
obtenidos en la investigación. Mientras que Arroyo, Sala y Arias (2014), describen cómo en el quinquenio entre 2007 y 2011 se indican 9541 intoxicaciones por plaguicidas, 319 de las cuales resultaron en la muerte provocada principalmente por la ingestión de Paraquat.

Según datos extraídos de las Memorias Institucionales del Ministerio de Salud de Costa Rica (2017), el uso de plaguicidas como intento autolítico es alto. Según las Memorias, se registraron 466 casos durante 2011, en 2012 fueron 405 casos y en 2013 se mantiene una cantidad similar con un total de 396 intentos de suicidio mediante el uso de diferentes plaguicidas. Detalladamente, desde 2012 hasta 2016 y según datos suministrados por el CNCI (M. Somarribas Blanco, comunicación personal, 30 de noviembre de 2016), se registran un total de 254 intoxicaciones con Paraquat clasificadas como tentativa de suicidio, de estos tres fueron reportadas con resultados fatídicos.

Estos últimos datos muestran una disminución en los decesos; pero a la vez son un indicativo de que a la fecha, el plaguicida se sigue utilizando como herramienta para fines que atentan contra la vida. Los datos también se deben considerar como señal de la necesidad de un control más estricto del producto en lo que se refiere a la formulación, venta y almacenamiento.

De los mismos datos proporcionados por el CNCI, durante el periodo desde 2012 hasta 2016, se resalta que del total de pacientes intoxicados con Paraquat (537 casos), aproximadamente en el 50 % de los casos (254), la causa de la intoxicación fue declarada como intento de suicidio (Figura 2), un resultado alarmante en lo que al mal uso del plaguicida se refiere.

Figura 2. Comparación del total de pacientes reportados como intoxicaciones causadas por Paraquat con los pacientes cuya causa reportada fue tentativa de suicidio entre 2012 2016



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del CNCI (2016).

5. Legislación vigente y control de calidad del Paraquat

En Costa Rica, se han redactado varios decretos de prohibición y restricción de los plaguicidas responsables de la mayor cantidad de intoxicaciones (Rojas, 2016). A partir de abril de 2007 entra en vigencia el Decreto Ejecutivo N° 34139-S-MAG-TSS-MINAE referido al Paraquat (Poder Ejecutivo, 2007), donde se establece la venta bajo receta profesional, la prohibición de aplicar el producto por vía aérea, la necesidad de capacitar al personal que aplica el producto y la obligatoriedad de controlar que, tanto el producto técnico como las soluciones contengan colorante, olor desagradable y una cantidad mínima de emético (sustancia que induce al vómito) según lo establece la FAO (2008). Estas especificaciones son necesarias para evitar el consumo accidental o voluntario de la sustancia y asegurar una rápida atención médica después de la ingestión.

Debe existir una mejor y más efectiva regulación en lo que respecta a la libre venta y manipulación de aquellos plaguicidas clasificados como tóxicos, para evitar decesos por cualquier tipo de exposición (Seok, Gil, Jeong, Yang, Lee y Hong, 2009; Chapagain, 2011; Arroyo *et al.*, 2014; Bravo *et al.*, 2015). Como indica un estudio de Myung *et al.* (2015), la tasa de muertes por intoxicaciones a causa del Paraquat después de su prohibición en Corea del Sur en marzo de 2012, mostró una reducción de un 10 % en la cantidad de suicidios que hasta ese momento se venían presentando, al pasar de 261,54 personas por cada 10 millones de habitantes a 235,32 personas por cada 10 millones de habitantes.

La entidad encargada de realizar el control de calidad del Paraquat vendido y distribuido en Costa Rica es el Laboratorio de Control de Calidad de Agroquímicos (LCC) del SFE, órgano adscrito al MAG.

Actualmente, la calidad del Paraquat se determina mediante la cuantificación del ingrediente activo conocido como dicloruro de paraquat, el cual es el responsable del efecto plaguicida. Se espera que el contenido del ingrediente activo no varíe en más de ± 25 g/L del indicado en la etiqueta. Además, se realiza la medición de otros

parámetros fisicoquímicos como densidad y estabilidad de la dilución y la cuantificación de las impurezas 4-4 bupiridilo y las terpiridinas, ambas declaradas en su formulación como relevantes.

La calidad en la formulación de agroquímicos es un tipo de regulación, que incide directamente en un beneficio económico, lo cual justifica el control de calidad de los plaguicidas con el fin de evitar pérdidas económicas, problemas medio ambientales o problemas a la salud por formulaciones adulteradas o que incumplan sus especificaciones. En ello radica la importancia que el trabajo del LCC posee al analizar la calidad del Paraquat comercializado en Costa Rica.

6. Conclusiones

El Paraquat es un plaguicida que ingresa a nuestro país en una cantidad importante, lo cual se traduce en la importación de aproximadamente 446 toneladas por año. En general, se aplica en gran variedad de cultivos con el fin de eliminar malezas, por lo tanto, los meses de mayor comercialización y uso del Paraquat coinciden con la época lluviosa, donde aumenta la incidencia de malezas en cultivos mayoritarios.

La mayoría de plaguicidas son tóxicos para los organismos acuáticos y el Paraquat no es la excepción. La aplicación aérea de este herbicida favorece la dispersión del mismo a través de las partículas de polvo lo que puede causar problemas a la salud de las personas y contaminar los cuerpos de agua, esta fue la causa principal por la que la aplicación del producto mediante el uso de aeronaves se encuentra prohibida en nuestro país. Además, la aplicación de Paraquat ocasiona que sus residuos se acumulen en el suelo, el cual funciona como medio de transporte a distintas fuentes de agua, por lo que se considera que el ecosistema acuático es el más afectado.

Las personas de zonas rurales que laboran aplicando el producto y las que poseen problemas psicosociales de algún tipo son las más expuestas a una intoxicación. Lo anterior manifiesta la necesidad de aumentar la capacitación laboral y reforzar la importancia que el uso del EPP adecuado posee en la conservación de la salud

de los trabajadores. Adicionalmente, es indispensable mejorar los controles de uso, acceso y formulación del producto para el resto de la población que no lo manipula por razones laborales evite su ingestión accidental o deliberada, pues ha quedado demostrado el uso inadecuado que se le da al herbicida.

Es importante señalar que pese a que existe amplia información sobre el Paraquat y sus consecuencias, el mensaje sobre el daño causado al ingerirlo no llega correctamente a la población, porque a la fecha es posible encontrar que la intoxicación por Paraquat es una causa común en Costa Rica y el número de casos reportados por año (91 casos para el 2016) continúa siendo relevante.

Además, de la información expuesta, es posible deducir que queda pendiente el desarrollo de mayores esfuerzos por parte del gobierno para que las prohibiciones y restricciones establecidas en los decretos existentes sean acatados de manera más eficiente y eficaz, además de la implementación de políticas nacionales para proteger la salud de los trabajadores agrícolas y proporcionar una guía para el uso de plaguicidas.

Referencias bibliográficas

- Arroyo, Y., Sala, A. y Arias, F. (2014). "Tendencia de la mortalidad por casos de intoxicaciones en Costa Rica". *Revista Costarricense de Salud Pública*, 23(1), 58-62.
- BANACOL. (2011). *Estudio de caso: Evaluación del sistema de producción de piña (Ananas comosus L. Merr.) y la implementación tecnológica de buenas prácticas agrícolas integradas en la Región Huetar Norte y Noratlántica de Costa Rica*. Disponible en: <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/costa-rica-1/publicaciones-banacol/estudio%20de%20caso%20Banacol.pdf>
- Bravo, V., de la Cruz, E., Herrera, G. y Ramírez, F. (2013). "Uso de plaguicidas en cultivos agrícolas como herramienta para el monitoreo de peligros en salud". *Uniciencia*, 27(1), 351-376.
- Bravo, V., Berrocal, S., Ramírez, F., de la Cruz, E., Canto, N., Tatis, A., Mejía, W. y Rodríguez, T. (2015). "Importación de plaguicidas y peligros en salud en América Central durante el periodo 2005-2009". *Uniciencia*, 29(2), 84-106.
- Burgess, K. (1964). "Paraquat for Selective Control of Range Weeds". *Weeds*, 12 (3), 192-194.
- Caseley, J., Labrada, R. y Parker, C. (1996). *Manejo de Malezas para Países en Desarrollo*. (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal - 120). Capítulo 10. Herbicidas.
- Centro de información sobre paraquat. Disponible en: <http://paraquat.com/es>
- Chapagain, R. (2011). "Regulación internacional del uso de pesticidas: La experiencia de Costa Rica". *Revista Costarricense de Salud Pública*, 20(2), 124-129.
- Chaves, A., Madrigal, É., Vargas, M. y Abarca, Z. (2008). "El suicidio en Costa Rica en el año 2005". *Medicina Legal de Costa Rica*, 25(1), 17-35.
- Crampon, M., Copard, Y., Favreau, G., Raux, J., Merlet-machour, N., Le Coz, M., Ibrahim, M., Peulon-Agasse, V. y Portet-koltalo, F. (2014). "Occurrence of 1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridinium (paraquat) in irrigated soil of the Lake Chad Basin, Niger". *Environmental Science and Pollution Research International*, 21(18), 10601-10613.
- Della Penna, A. B. (2004). *Impacto del herbicida paraquat sobre invertebrados acuáticos* (Tesis Doctoral). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
- Delirrad, M., Majidi, M. y Boushehri, B. (2015). "Clinical features and prognosis of paraquat poisoning: a review of 41 cases". *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 8(5), 8122-8128.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2008). *FAO Specifications and Evaluations for Agricultural Pesticides: Paraquat Dichloride*. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Specs/Paraquato8.pdf
- Florida, N., Lopez, C. y Pocomucha, V. (2012). "Efecto del herbicida paraquat y glifosato en propiedades del suelo que condicionan el desarrollo de bacterias y fungi". *Revista Investigación y Amazonía*, 2(1, 2), 35-43.
- Fournier, M., Ramírez, F., Ruepert, C., Vargas, S. y Echeverría, S. (2010). *Diagnóstico sobre contaminación de aguas, suelos y productos hortícolas por el uso de agroquímicos en la microcuenca de las quebradas Plantón y Pacayas en Cartago, Costa Rica. Informe Final del Diagnóstico sobre uso y residuos de agroquímicos en Pacayas-Plantón-IRET-UNA/ Costa Rica*. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00237.pdf>
- Hawkes, T. (2014). Mechanisms of resistance to paraquat in plants. *Pest management science*, 70(9), 1316-1323.
- Isenring, R. (2006). *Paraquat: Riesgos inaceptables para la salud de los usuarios*. Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas de la Universidad Nacional, Costa Rica. Disponible en: <http://www.iret.una.ac.cr/Publicaciones/07-0013.pdf>
- (2017). *Adverse health effects caused by paraquat, a bibliography of documented evidence*. *Public Eye, Pesticide Action Network UK and Pesticide Action Network Asia-Pacific*. Disponible en: https://www.publiceye.ch/fileadmin/files/documents/Syngenta/Paraquat/PE_Paraquat_2-17_def.pdf
- Kabade, D., Koppad, A., Khatawakar, A., Vijaylaxmi, P. y Patil, G. (2015). "Paraquat Poisoning: A Case Report". *Journal of evolution of Medical and Dental Sciences*, 4(35), 6143-6147.
- Kumar, H., Singh, V., Meena, B., Gaur, S. y Singla, R. (2016). "Paraquat Poisoning: A Case Report". *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 10(2), 10-11.
- Lebrón, R. (2007). *Adsorción de Paraquat con polímeros naturales. (Proyecto de graduación)*. Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Politécnica de Catalunya.
- Marín, M. y Berrouet, M. (2016). *Intoxicación por paraquat/Paraquat poisoning*. *CES Medicina*, 30(1), 114-121.
- Marín, J., Alzate, F., Atehortua, M., Avendaño, M., Ramos, M. y Rocha, R. L. (2016). "Paraquat Intoxication: description and clinical outcome in a reference center in Clinical Toxicology in Colombia". *Toxicology Letters*, (259), 148.
- Ministerio de Salud Costa Rica (2017). *Memorias Institucionales*.
- Myung, W., Lee, G., Won, H., Fava, M., Mischoulon, D., Nyer, M., Kwan, D., Heo, J. y Jeon, H. (2015). "Paraquat prohibition and change in the suicide rate and methods in South Korea". *PLoS one*, 10(6).
- Poder Ejecutivo. (1999). *Decreto Ejecutivo N° 27973-MAG-MEIC-S, RTCR 318:1998 Laboratorio Análisis de Sustancias Químicas y Biológicas de Uso en la Agricultura, 19 de mayo de 1998, publicado en el periódico oficial La Gaceta N°*.
- Poder Ejecutivo. (2007). *Decreto N° 34139-S-MAGTSS-MINAE. Regulación de los productos que contengan el plaguicida agrícola dicloruro de paraquat, publicado en el periódico Oficial La Gaceta N° 247 el 24 de diciembre del 2007. Imprenta Nacional, San José, Costa Rica*.
- Rojas, E. (2016). "Prohibición y restricción en el uso y comercialización de plaguicidas agrícolas en Costa Rica". *Agronomía Costarricense*, 40(1), 89-105.

- Ramírez, F. (2007). *Paraquat: porqué es necesaria su prohibición. Seminario Internacional: Agroquímicos, Transgénicos y sus Alternativas en América Latina y el Caribe*. IRET-UNA/Costa Rica. Disponible en: http://www.cedaf.org.do/eventos/seminario_agro_trans/22012007/Paraquat.pdf
- Ramírez, F., Fournier, M. L., Ruepert, C. y Hidalgo, C. (2014). "Uso de agroquímicos en el cultivo de papa en Pacayas, Cartago, Costa Rica". *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 339-345.
- Ramírez, F.; Chaverri, F.; Cruz, E. de la; Wesseling, C.; Castillo, L.; Bravo, V. (2009). *Importación de plaguicidas en Costa Rica: período 1977-2006*. IRET-UNA/Costa Rica. Disponible en: <http://cep.unep.org/repcar/informacion-de-paises/costa-rica/importacion-de-plaguicidas-en-costa-rica-%281977-2006%29>
- Sanabria, M. y Morales, K. (2017). "Suicidios en costa rica durante los años 2015 y 2016". *Medicina Legal de Costa Rica*, 34(1), 35-50.
- Sabzghabae, A., Eizadi, N., Montazeri, K., Yaraghi, A. y Golabi, M. (2010). "Fatality in paraquat poisoning". *Singapore Med. Journal*, 51(6), 496-500.
- Seok, S., Gil, H., Jeong, D., Yang, J., Lee, E. y Hong, S. (2009). "Paraquat intoxication in subjects who attempt suicide: why they chose paraquat". *The Korean journal of internal medicine*, 24(3), 247-251.
- Servicio Fitosanitario del Estado, Unidad de Registro de Agroquímicos y Equipos de Aplicación. (2017). Estimación del uso de plaguicidas en kilogramos de ingrediente activo por hectárea (kg i.a./ha) periodo del 2010 al 2015. Disponible en: <https://www.sfe.go.cr/SitePages/Registrosde sustancias/Inicio-Registro-sustancias.aspx>
- Viales, G. (2014). "Intoxicación por Paraquat". *Medicina Legal de Costa Rica*, 31(2), 88-94.
- Villalta, H. y Salazar, V. (2016). *Factores que determinan la supervivencia de los pacientes intoxicados por paraquat, estudio realizado en el centro de información y asesoramiento toxicológico del Ministerio de Salud Pública de Ecuador, periodo enero 2013 a diciembre 2014* (Tesis doctoral). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Watts, M. (2011). *Paraquat Monograph*. PAN Asia Pacific.
- Wesseling, C., Barraza, D. y Partanen, T. (2014). *Efectos por plaguicidas en la salud en los trabajadores bananeros*. IRET-UNA/Costa Rica.
- Wilks, M., Tomenson, J., Ravindra, F., Ariyananda, P., Berry, D. Buckley, N., Bandara, I., Jayamanne, S., Gunnell, D. y Dawson, A. (2011). "Formulation changes and time trends in outcome following paraquat ingestion in Sri Lanka". *Clinical toxicology*, 49 (1), 21-28.
- World Health Organization y International Programme on Chemical Safety. (2010). *The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification 2009*. Ginebra: World Health Organization.