

Residuos de plaguicidas organofosforados en suelos del municipio José María Vargas, Táchira-Venezuela.

Residues of organophosphorus pesticides on soils of José María Vargas municipality, Táchira-Venezuela.

Ramírez, G. Tibisay

Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET), San Cristóbal - Venezuela

tramir@unet.edu.ve

Carbone, D. Ricardo

Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET), San Cristóbal - Venezuela

tramir@unet.edu.ve

Vivas, S. Gisela

Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET), San Cristóbal - Venezuela

tramir@unet.edu.ve

Vásquez, S. Jennifer

Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET), San Cristóbal - Venezuela

tramir@unet.edu.ve

Recibido: 8 de julio de 2016

Aprobado: 12 de julio de 2016

Resumen—Es indudable la importancia y necesidad de los productos fitosanitarios para mantener los niveles de producción de alimentos que demanda la población mundial; sin embargo, el constante e inadecuado uso de estos productos pudieran incorporar residuos de plaguicidas al suelo. El presente trabajo trata sobre la determinación múltiple de residuos de plaguicidas organofosforados en suelos del Municipio José María Vargas. El método desarrollado fue aplicado para la determinación de siete pesticidas: Metamidofos, Diazinon, Dimetoato, Clorpirifos, Malatión, Metilparatión, Tetraclorvinfos en muestras de suelo, se identificaron basados en sus tiempos de retención (tr) por comparación con los patrones. En la optimización del método se probó la extracción mecánica y la ultrasónica, resultando la extracción con agitación mecánica un método confiable para la determinación de pesticidas. Se puede decir que 6 de los 7 pesticidas estudiados fueron detectados en las 8 localidades. Del total de parcelas (75) estudiadas el 65,33% (49 parcelas) presentaron residuos de OPPs. El Clorpirifos se encuentra presente en todas las aldeas estudiadas, en cuanto al Malation este no fue detectado. Esto podría sugerir que la contaminación con estos plaguicidas, quizás sea debido a grandes cantidades aplicadas y alta frecuencia de aplicación. Cabe destacar en Venezuela no existe legislación que regule los límites de concentración de plaguicidas en el suelo por lo que no se puede afirmar que existe una contaminación como tal, es por esto que estudios de este tipo pueden ser tomados como referencia para la elaboración de normas que regulen el manejo de suelos.

Palabras claves: Suelo, plaguicidas organofosforados, cromatografía gaseosa.

Abstract— Undoubtedly the importance and need phytosanitary protection products to maintain levels of food production that demands the world's population; but, the constant and inappropriate use of these products could incorporate pesticide residues in soil. This paper addresses the multiple determinations of organophosphorus pesticide residues in soils Township José María Vargas. The developed method was applied for the determination of seven pesticides: Methamidophos, Diazinon, Dimethoate, Chlorpyrifos, Malathion, Methyl parathion, Tetrachlorvinphos in soil samples were identified based on their retention times (tr) by comparison with patterns. Mechanical extraction and ultrasonic tested in the optimization of the method, resulting in the extraction with mechanical agitation a reliable method for the determination of pesticides. You can say that 6 of the 7 studied pesticides were detected in 8 locations. Of all plots (75) studied the 65.33% (49 plots) had residues SPOs. Chlorpyrifos is present in all the villages studied, in terms of this Malathion was not detected. This would suggest that contamination with these pesticides may be due to large amounts applied and high frequency applications. Note that in Venezuela there is no legislation governing the concentration limits of pesticides in the soil so it cannot be said that there is a contamination as such, which is why studies like this can be taken as reference for the development of rules governing the management of soils.

Keywords: Soil, organophosphorus pesticides, gas chromatography.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: tramir@unet.edu.ve (Tibisay Ramírez G).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad de Santander.

Este es un artículo bajo la licencia CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Forma de citar: T. Ramírez, R. Carbone, G. Vivas, y J. Vásquez, "Residuos de plaguicidas organofosforados en suelos del municipio José María Vargas, Táchira-Venezuela", Aibi revista de investigación, administración e ingeniería, vol. 7, no. 1, pp. 2-8, 2017, doi: [10.15649/2346030X.411](https://doi.org/10.15649/2346030X.411)

I. INTRODUCCIÓN

El uso de plaguicidas constituye un importante aspecto de la agricultura moderna, estas sustancias son usadas para el control de plagas. Cuando estas sustancias son liberadas en el ambiente pueden caer en el suelo, resistirse a la degradación y así permanecer en el ambiente por largos períodos de tiempo [1]. En la actualidad difícilmente podemos prescindir de estos productos químicos, por lo cual, la tendencia es tratar de racionalizar su uso para lograr una adecuada protección contra este tipo de azote, minimizando los efectos secundarios indeseables y dictando normas para proteger la salud de los consumidores.

No obstante, a pesar de la problemática en cuanto a la toxicología, los compuestos organofosforados (OPPs) tienen en la actualidad un papel preponderante como plaguicidas, pues los organoclorados han sido prohibidos, no significa que no se usen, pero sí han disminuido notablemente su utilización. La aplicación periódica puede provocar la aparición de residuos que deben ser evaluados regularmente, dada la importancia toxicológica de estas sustancias, ya que el impacto sobre el ambiente aumenta diariamente y no es de sorprenderse que graves problemas de cáncer o intoxicaciones agudas sean causados por estos compuestos [13].

A nivel mundial existe una mayor concienciación acerca de los peligros de la contaminación ambiental y de los efectos sobre la salud causados por la aplicación extensiva de plaguicidas. En Venezuela se ha estudiado la situación relacionada con el uso de los plaguicidas y las normas de aplicación para los mismos, actuando en conjunto con diversos organismos nacionales e internacionales reguladores de esta materia, entre los cuales se pueden mencionar [17]:

1. Ministerio del Poder Popular para la Producción y Comercio, a través del servicio Autónomo de Sanidad Agrícola (SASA).
2. Ministerio del Poder Popular para el Ambiente.
3. Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras.
4. Ministerio del Poder Popular para la Salud y Desarrollo Social.
5. Centro Interamericano de Investigación de Aguas y Tierras (CIDIAT).
6. Federación Venezolana de Asociaciones de Consumidores y Usuarios (FEVACU).
7. Organización Mundial de la Salud (OMS).
8. Organización Mundial para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
9. Organización Panamericana de la Salud (OPS).

Consecuentemente, el mayor consumo de plaguicidas se da en zonas cuya producción agrícola se destina al mercado de rubros que tienen alta rentabilidad (hortalizas) y, por ende, los suelos dedicados a estos cultivos, los que posiblemente estén contaminados o han sido la vía para alterar otros elementos del ecosistema. Dado que el Municipio José María Vargas se caracteriza por presentar una economía netamente agrícola, lo cual implica el uso de plaguicidas organofosforados, por ser menos persistentes y tóxicos, pero a pesar de ello, estas sustancias pueden ocasionar el deterioro considerable en la salud pública y en el ambiente (suelo, agua, aire), por esta razón surge la necesidad de dar aportes que incidan en la solución del problema.

Como resultado de prácticas inadecuadas en técnicas de cultivo, está comprobado con estudios anteriores en hortalizas [15] y aguas [11] que los Valles Altos del Estado Táchira se podrían considerar las áreas con mayor contaminación de los suelos, por eso la importancia de verificar los niveles de residuos de plaguicidas en esta zona. En este sentido, el incremento significativo del uso de plaguicidas organofosforados requiere el desarrollo de métodos analíticos que permitan la determinación simultánea de diferentes

pesticidas con un mínimo de pasos para la extracción, así como un mínimo de uso de solventes orgánicos [1].

En cuanto a lo que se refiere a la extracción de plaguicidas en matrices sólidas la mayor parte de los métodos están basados en la agitación mecánica, la ultrasonificación y extracción soxhlet [18], posteriormente se han desarrollado métodos implementando nueva generación de tecnologías, tales como la extracción de fluidos supercrítico [3], micro extracción fase sólida, extracción de líquido presurizado, entre otros [4]; sin embargo, en esta investigación se utilizó la agitación mecánica y extracción asistida con un ultrasonido por ser técnicas sencillas y relativamente económicas, además de que el laboratorio de Fitoquímica adscrito al Decanato de Investigación de la UNET cuenta con lo necesario para aplicarlas.

Por otra parte, entre los métodos de análisis de multiresiduos utilizados para la determinación de plaguicidas organofosforados, la cromatografía de gases acoplada con detector selectivo nitrógeno – fósforo (GC-NPD) [14] o la espectrometría de masas (GC-MS) [4] han sido consideradas métodos de elección para la evaluación de estos plaguicidas, por lo que cabe destacar que para esta investigación se contó con un cromatógrafo de gases con detector NPD.

El presente estudio describe el análisis de manera simultánea de residuos de siete (7) plaguicidas organofosforados mediante el desarrollo y validación de una metodología que permite la valoración, en muestras de suelos recolectadas de parcelas dedicadas a la agricultura, para determinar la presencia y los niveles de una serie de estos plaguicidas en muestras reales del Municipio José María Vargas, Táchira (Venezuela).

II. MARCO TEÓRICO

El Código Internacional de Conducta Sobre la Distribución y Uso de Plaguicidas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, establece que un plaguicida «es la sustancia o mezcla de ellas, destinada a prevenir, destruir o controlar plagas, incluyendo los vectores de enfermedad humana o animal; las especies no deseadas de plantas o animales que ocasionan un daño duradero u otras que interfieren con la producción, procesamiento, almacenamiento, transporte y comercialización de alimentos; los artículos agrícolas de consumo, la madera y sus productos, el forraje para animales o los productos que pueden administrárseles para el control de insectos, arácnidos u otras plagas corporales» [5].

Los plaguicidas se clasifican en función de algunas de sus características principales, como son la toxicidad aguda, la vida media, la estructura química y su uso. Por su vida media, los plaguicidas se clasifican en permanentes, persistentes, moderadamente persistentes y no persistentes [16].

En este orden de ideas, los compuestos organofosforados (OPPs), son ésteres, amidas o tioles derivados de los ácidos fosfórico, fosfónico y fosfortoico, se descomponen con mayor facilidad y se degradan por oxidación e hidrólisis, dando origen a productos solubles en agua, tentativamente menos persistentes y poco acumulables en el organismo humano. Se trata de compuestos, en general, marcadamente apolares, lo que significa, que desde el punto de vista químico la mayoría son escasamente solubles en agua, aunque con grandes diferencias de un compuesto a otro, y desde el punto de vista biológico tienden a disolverse en grasas. Por tal motivo, la piel, donde se encuentra una importante capa de tejido con elevado contenido en lípidos, puede constituirse en una importante vía de entrada. La estabilidad de los organofosforados depende del pH del medio; a pH fuertemente alcalino se descomponen, lo que puede ser utilizado para destruirlos [8].

Para entender cómo se comporta un plaguicida en el ambiente se necesita conocer cierta información sobre las propiedades físico-químicas de la molécula y su mecanismo de transporte, así como, las características medio ambientales y la geografía del lugar en el que se le encuentra. Los pesticidas organofosforados varían mucho en propiedades, los científicos han logrado determinar ciertas características físico-químicas cuantificables, como la solubilidad en agua, el coeficiente de partición octanol/agua (Kow), presión de vapor, constante de la Ley de Henry (H), masa molecular, estabilidad térmica, entre otras, con las que se pudieran predecir el lugar donde pudiera encontrarse un plaguicida en altas concentraciones [19].

El uso dado a los plaguicidas ha sido múltiple y variado, lo que explica su propagación. La agricultura es la actividad que más emplea este tipo de compuestos, consumiendo el 85% de la producción mundial [16], con el fin de controlar químicamente las diversas plagas que reducen la cantidad y calidad de las cosechas de alimentos y de otros vegetales.

Los efectos negativos de los plaguicidas como contaminación del medio físico y seres vivos, son más notorios en países en desarrollo que en el mundo industrializado. De acuerdo con diversos estudios se estima que en las naciones en desarrollo, aunque se utiliza sólo 20% de todos los agroquímicos disponibles en el mundo, ocurre 99% de todas las muertes ocasionadas por su uso arbitrario [7].

Venezuela es un país eminentemente tropical, en consecuencia existen un sin número de enfermedades endémicas y de plagas difíciles de controlar por medios convencionales (tala y quema). Ello ha llevado, desde la década del 40 del pasado siglo (XX), a la aplicación de productos químicos (venenos - fertilizantes) con la finalidad de prevenir y controlar las enfermedades endémicas y las plagas que con frecuencia azotan al país [10].

La monitorización ambiental de contaminantes agroquímicos es un proceso de evaluación directa de la contaminación ambiental, realizado mediante la identificación y medición cuantitativa de los plaguicidas en muestras de alimentos, agua, aire y suelo. En la recolección de muestras para monitorización ambiental debe seguirse un protocolo que garantice su calidad para un adecuado procesamiento en el laboratorio. Dada la multiplicidad de agentes contaminantes e insuficiente información sobre el uso de plaguicidas en los lugares de estudio, se utilizan métodos de laboratorio llamados «multiresiduos», que determinan de forma selectiva y simultánea concentraciones de compuestos de diversas familias químicas con efectividad, reduciendo el tiempo y el costo. Se han desarrollado y estandarizado una variedad de métodos y técnicas que van desde la cromatografía de gases hasta la ionización química, útiles en el análisis de agua, aire, suelo o alimentos [7].

Por otra parte, la selección del método de análisis constituye una etapa crucial en la resolución de un problema analítico. En esta etapa se debe decidir el diseño y planificación del proceso analítico más adecuado para alcanzar los objetivos propuestos [2]. La cromatografía de gases utilizando detectores selectivos es la técnica más utilizada para la determinación de plaguicidas organofosforados, debido a sus cualidades sobre otras. Es una técnica analítica basada en la separación de compuestos en función de su volatilidad, por lo que es de primera elección para la determinación de OPPs ya que, por lo general, la mayoría son muy volátiles y termoeestables [12].

III. MATERIALES Y MÉTODO

Para la ejecución de esta investigación se tomaron muestras compuestas de suelo de parcelas con intervención agroquímica en 8 aldeas del Municipio José María Vargas del Estado Táchira, durante los meses de junio-septiembre (período de lluvia), lo que implica una mayor frecuencia de aplicación de plaguicidas, según información de los productores de la zona. En esta investigación la población estuvo

conformada por los suelos cultivados y tratados con plaguicidas organofosforados, las muestras fueron obtenidas de 75 parcelas ubicadas en 8 de las 10 aldeas del municipio. A cada muestra se le aplicó el método de extracción por triplicado y, a la vez, los extractos obtenidos eran inyectados en un cromatógrafo de gas, por duplicado para un total de 450 muestras analizadas.

Por otra parte, la estrategia de muestreo estuvo influenciada por el tipo de analito (plaguicidas volátiles) y el nivel de concentración (trazas), por lo que se tuvo especial consideración a las condiciones de transporte y conservación de la muestra. Los plaguicidas fueron elegidos según la aplicación en los cultivos del sector en estudio y fueron seleccionados por la frecuencia de aplicación en el municipio, esta información la suministraron los productores. Además proporcionaron información sobre: la última vez de aplicación de los plaguicidas, tamaño del área de cultivo, si aplicaba o no organofosforados. Cabe destacar que las muestras no eran tomadas si se habían aplicado plaguicidas antes de 24 horas y, además, se tomó en cuenta que no hubiera cambios significativos en las pendientes (relieve) de las parcelas.

Las muestras de suelo fueron colectadas en cada parcela (75), trazando una línea imaginaria en forma de zig-zag y abriendo 15 agujeros con un barreno del que se extraía alrededor de 80 gramos de 0 a 20 cm de profundidad, éstas eran mezcladas en un balde y se conformaba una muestra compuesta de 1 kg, almacenada en bolsa ziploc previamente identificada y finalmente transportada en una cava con hielo al laboratorio de Fitoquímica de la UNET, donde eran tamizadas (2mm) y guardadas bajo refrigeración (4°C) hasta su posterior análisis (no más de 72 horas).

A. Materiales y reactivos.

El análisis de las muestras se hizo mediante un cromatógrafo de gas ThermoFinnigan modelo Trace GC equipado con un inyector Split/splitless, un detector selectivo de nitrógeno-fósforo (NPD) y un sistema de inyección automática modelo AI 3000, todo esto acoplado a un procesador con el software ChromQuest para el procesamiento de datos (integración de los picos y elaboración de curvas de calibración).

Los pesticidas fueron seleccionados de acuerdo al uso en el área de estudio, esta información fue extraída de las encuestas y entrevistas que se realizaron a los productores. Todos los patrones adquiridos (metamidofos, diazinón, dimetoato, clorpirifos, malation, metilparatión, tetraclorvinfos y trifenilfosfato) fueron grado analítico del Dr. Ehrenstofer (Augsburg, Germany). Los solventes utilizados (metanol, acetato de etilo y acetona) fueron grado HPLC suministrado por J.T Baker y Riedell de Haën y el sulfato de sodio anhídrido, grado analítico proporcionado por Riedell de Haën. Los gases Helio, Nitrógeno, Aire e Hidrógeno fueron de calidad alta pureza UAP suministrado por AGA Venezuela.

El material de vidrio utilizado fue lavado con solución alcohólica de KOH al 5% y agua destilada para asegurar que el material no contenía rastro de detergentes ya que estos contienen fósforo que podría interferir en la determinación analítica.

B. Mezcla de patrones.

Una mezcla de 100 mg/L de los patrones fueron preparadas a partir de soluciones madres individuales (2000 mg/L), y a partir de ésta se prepararon las soluciones de fortificación (3 y 9 mg/L) para el estudio de recuperación y las curvas de calibración con niveles de concentración desde 0,02 hasta 0,5 mg/L para obtener la respuesta de linealidad en el cromatógrafo de gas donde los patrones fueron inyectados tres veces y tomado en cuenta el efecto matriz, donde en vez de solvente se preparaba la curva con extractos de suelo y ésta es comparada con la curva con solvente puro, un aumento o disminución de la señal indica la presencia de este efecto (el uso de

la recta de regresión es útil para la comparación). La repetibilidad fue estudiada inyectando una mezcla de 0,1 mg/L (n=5).

C. Preparación del salpicado en muestras de suelo.

El salpicado, o fortificación, de las muestras de suelo (10 gr) fueron preparados agregando 1 mL de una mezcla de los siete plaguicidas con dos niveles diferentes (0,3 y 0,9 µg/g) de concentración final, luego se adicionó 3 mL de metanol, para ayudar a la desorción de los analitos en la mezcla extractante, finalmente la suspensión fue mezclada por una hora con agitación mecánica.

D. Condiciones cromatográficas.

Los plaguicidas fueron separados por CG en una columna capilar Rtx-OPPesticides de 30 m x 0,32 mm de I.D y 0,5 µm de espesor de película, utilizando helio como gas de arrastre y aplicando una presión constante de 14,5 psi, donde el inyector y el detector tenían una temperatura de 250 y 260 °C, respectivamente. Una alícuota de 1 µL de extracto o patrón fueron inyectados en modo splitless.

La temperatura de horno fue programada de la siguiente manera: inicial 60°C por 0,8 min, rampa 1 (50°Cmin-1 hasta 200°C); rampa 2 (10°Cmin-1 hasta 237°C); rampa 3 (2,5°Cmin-1 hasta 245°C); rampa 4 (10°Cmin-1 hasta 270°Cmin-1), total de corrida 14 minutos.

IV. RESULTADOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

A. Detección e identificación de los plaguicidas en estudio.

Los plaguicidas detectados en las muestras de suelo fueron identificados basados en sus tiempos de retención (tr) por comparación con los patrones. La Tabla 1 muestra los tr obtenidos para el análisis de los pesticidas y el estándar interno, esto permitió identificar los pesticidas OPPs presentes en las diferentes muestras.

El Cromatograma de la Figura 1 muestra la mezcla de patrones a una concentración de 0,03 µg mL-1 con excelentes resultados, indicativos de la buena sensibilidad y resolución del método, todos los pesticidas están básicamente resueltos cerca de la línea base. En la parte superior se nota que no hay pesticida detectado en el blanco de la muestra de suelo (recolectada de un lugar del municipio donde no se aplica plaguicida) y que el solvente no presenta señal alguna que pueda interferir con el análisis.

TABLA I
TIEMPO DE RETENCIÓN Y PRECISIÓN (n=5), PARA OPPS EN ESTUDIO.

Plaguicida	Tiempo de retención (min)	RSD (%)
Metamidofos	4,93	0,38
Diazinon	6,24	0,56
Dimetoato	7,15	0,78
Clorpirifos	7,74	0,25
Malatión	8,34	0,71
Metil-paratión	8,46	0,31
Tetraclorvinfos	9,87	0,45
Trifenilfosfato	12,39	0,18

Fuente: Elaboración propia.

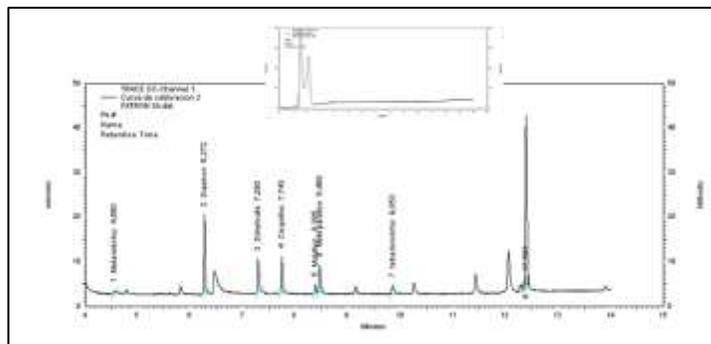


Figura 1. Cromatograma de mezcla de patrones a 0,03 µg/g, parte superior blanco muestra de suelo (Cromatógrafo con detector nitrógeno-fósforo).

B. Niveles de plaguicidas organofosforados en muestras de suelo del Municipio José María Vargas.

Las cantidades de residuos de pesticidas detectados (µg g-1) en cada muestra fueron calculados de acuerdo a la ecuación 1.

$$\text{Concentración } (\mu\text{g/g}) = \frac{A_x \cdot D \cdot C_{is} \cdot V_t}{A_{is} \cdot RF \cdot M} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

A_x = área del pico de interés de la muestra problema.

D = factor de dilución.

V_t = volumen total del extracto (L).

A_{is} = área del pico del estándar interno.

C_{is} = concentración estándar interno agregado a cada extracto (µg/L).

RF ; Factor de respuesta.

M = peso de la muestra (g).

En los resultados presentados en el Tabla 2 se puede observar que algunos de los pesticidas en estudio fueron detectados en las muestras de suelo, se puede notar que se encontraron niveles en el rango de 0,08 y 327 µg g-1.

TABLA II
NIVELES DE RESIDUO DE PESTICIDA OPPS (MG /G)I DETECTADOS EN MUESTRA DE SUELO DEL MUNICIPIO JOSÉ MARÍA VARGAS
ESTADO TÁCHIRA - VENEZUELA

Plaguicida	Mesa de Aura	Rio Arriba	Cerro Duque	Angostura	Pernia	San Agustín	Mangarí	Venegara
Metamidofos	ND	ND	ND	2,90 – 40,24	2,18 – 8,96	3,4 - 7,3	ND	ND
Diazinon	1,14 - 1,74	0,26 – 7,9	ND	ND	0,08 – 0,26	ND	ND	7,02 – 12,08
DimGetoato	19,2 - 20,3	0,89 – 23,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Clorpirifos	5,11 - 53,71	1,40 – 195,2	1,87 – 48,42	1,15 – 56,10	0,25 – 1,63	1,08 – 1,93	1,78 – 32,65	0,25 – 54,60
Malation	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Metilparatión	ND	0,89 -13,14	ND	6,78 – 9,37	0,23 – 0,71	0,52 – 2,92	ND	ND
Tetraclorvinfos	5,3 - 327,1	ND	ND	ND	1,63 – 7,35	ND	ND	ND

Fuente: Elaboración propia.

La mayor frecuencia de aparición la tiene el clorpirifos (Figura 2), también se puede apreciar en el cuadro que las concentraciones de éste compuesto en la mayoría de las aldeas tiene valores considerables con respecto a los otros plaguicidas.

El caso de dimetoato con 4,1% de frecuencia, solo en dos aldeas (Mesa de Aura y Rio Arriba), muy cercanas una de la otra, es de interés por el nivel que presenta (19,2 - 20,3 $\mu\text{g g}^{-1}$) y la vida media es baja (2 - 4 días) en comparación con los otros plaguicidas,

lo que sugiere que podría haber un abuso en la aplicación de éste. El tetraclorvinfos, a pesar que se encontró solo en la Aldea Mesa de Aura y Pernia, su frecuencia en Mesa de Aura fue de 6,1% con concentraciones que van de 5,3 – 327 $\mu\text{g g}^{-1}$ valores también preocupantes. El malatión no se detectó en ninguna Aldea, a diferencia del trabajo presentado por [9], donde encontraron residuos de este compuesto con una frecuencia de 14% en concentraciones promedio de 4×10^{-3} $\mu\text{g g}^{-1}$.

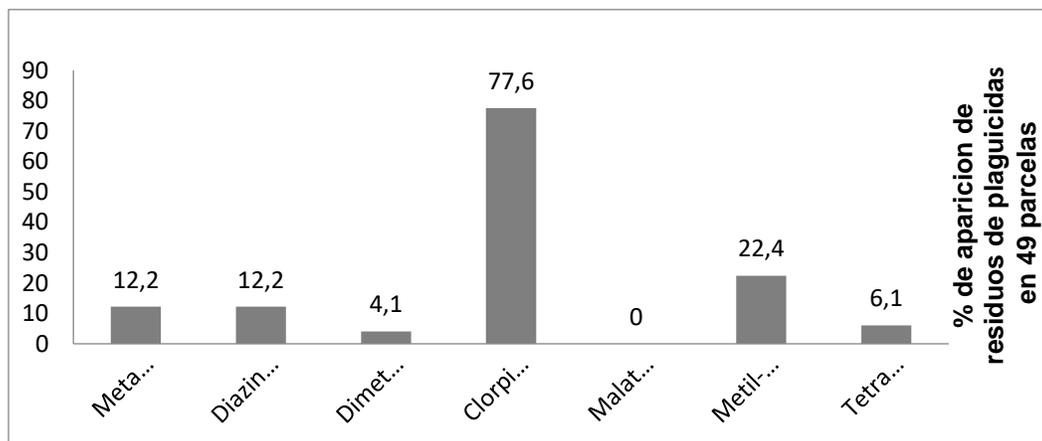


Figura 2. Frecuencia de los plaguicidas encontrados en el Municipio José María Vargas Estado Táchira - Venezuela. Frecuencia= (número de muestras que contienen determinado plaguicida / número de muestras con residuos) * 100.

En cuanto a la cantidad de OPPs encontrados en el municipio, se puede decir que 6 de los 7 pesticidas estudiados (Figura 1) fueron detectados en las 8 localidades (aldeas). Del total de parcelas (75) estudiadas el 65,33% (49 parcelas) presentaron residuos de OPPs. Esto podría sugerir que la contaminación con estos plaguicidas, quizás sea debido a grandes cantidades aplicadas y alta frecuencia de aplicación. En Venezuela no existe legislación que regule los límites de concentración de plaguicidas en el suelo, por lo que no se puede afirmar que existe una contaminación como tal. Sin embargo, al referirse al concepto de contaminación de suelo habría que determinar las características físicas, químicas y biológicas de las muestras de

suelo analizadas para demostrar si han sido alteradas negativamente por la presencia de estos compuestos peligrosos y tóxicos.

Comparando las propiedades físico-químicas de los compuestos estudiados [6], se aprecia que el clorpirifos es el que tiene menor solubilidad, mayor vida media y mayor log Kow, lo cual justifica y confirma la razón de ser el más frecuente (77,6%) y con mayor concentración (0,25 - 195 $\mu\text{g g}^{-1}$) en las muestras de suelo analizadas; además, es un compuesto halogenado al igual que el Tetraclorvinfos que también se detectó en alta concentración (5,3 - 327 $\mu\text{g g}^{-1}$), aunque en menor frecuencia (6,1%)

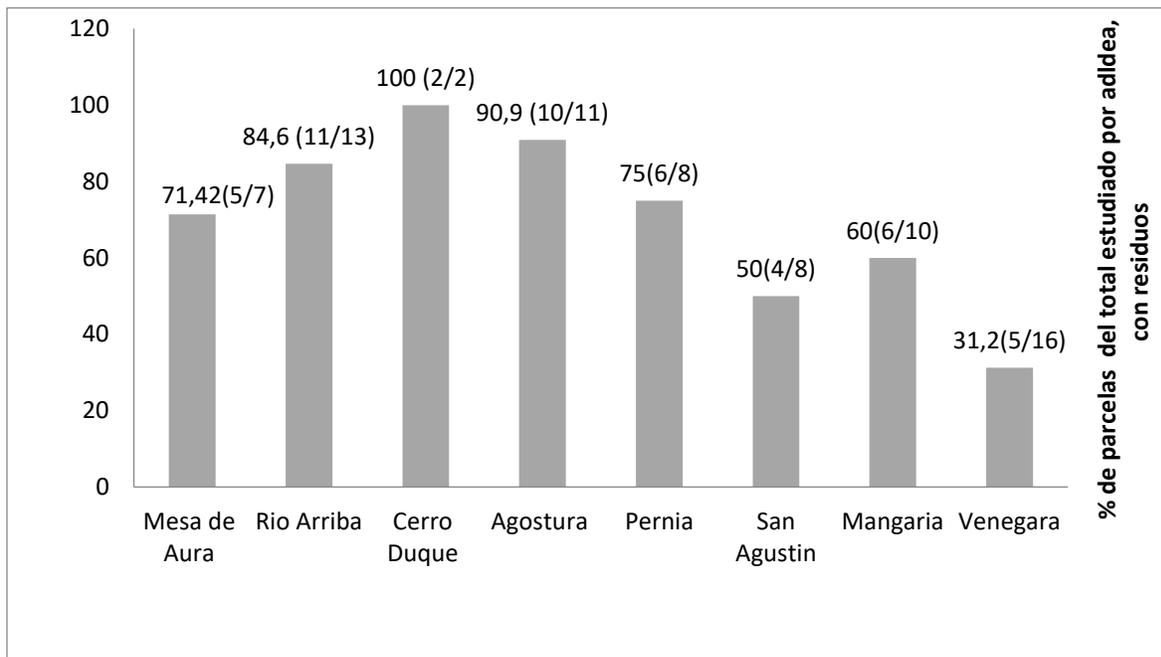


Figura 3. Parcelas con residuos (número de parcelas con residuo/número de parcela estudiadas por aldea).

Como señala [4], la contaminación del suelo por diazinón y clorpirifos es muy común, los log Kow 3,3 y 4,8, respectivamente, son valores altos lo cual justifica su presencia en esta matriz, el clorpirifos se adsorbe fuertemente a las partículas del suelo y es muy poco soluble en agua (1,4 mg L⁻¹), contrario a esto el diazinón es más soluble (60 mg L⁻¹) por lo que se moviliza más en el ambiente y en esta investigación se encontró en menor frecuencia (12,2%) y con concentraciones muy bajas (0,08-12,1 µg g⁻¹) en comparación con el clorpirifos.

En la Figura 3 se puede apreciar el porcentaje de parcelas estudiadas por aldea en las que se encontraron residuos, del mismo modo en la Figura 4 se representa el porcentaje de las plaguicidas en estudio (7) que fueron detectados en cada aldea. Por ejemplo, en la aldea mesa de aura se encontraron residuos de plaguicidas en cinco de las siete parcelas muestreadas, lo que representa un 71,42% y de los siete plaguicidas en estudio se detectaron cuatro (57,1%).

De lo presentado anteriormente, se puede extraer que cuatro de los residuos de plaguicidas encontrados en la zona (clorpirifos, diazinón, metamidofos y tetraclorvinfos) pertenecen a la clase II, por lo que son moderadamente peligrosos. El metil-paration, segundo en frecuencia de aparición (22,4%), en la clasificación de toxicidad se encuentra ubicado en clase IA (extremadamente peligroso), preocupante conseguir en el 50% de las Aldeas residuos de esa sustancia. El dimetoato aunque se encontró en concentraciones alarmantes debido a su baja vida media, es ligeramente peligroso (clase III) [16].

De la Figura 4 se puede inferir que en la mayor parte de las parcelas estudiadas por aldea se encontraron residuos, a excepción de Venegara que solo el 31,2% (5/16) de las parcelas estudiadas contenían residuos de plaguicidas, un caso alarmante es la aldea Rio arriba donde en 11 de las 13 parcelas en estudio fueron detectados 4 de los 7 plaguicidas estudiados, similar a esto se encuentra la aldea Angostura donde 10 de las 11 parcelas se encontraron con residuos de estas sustancias tóxicas. Cerro Duque a pesar de tener un porcentaje alto (100%) se analizaron muestras sólo en dos parcelas y se encontró solo uno de los siete plaguicidas.

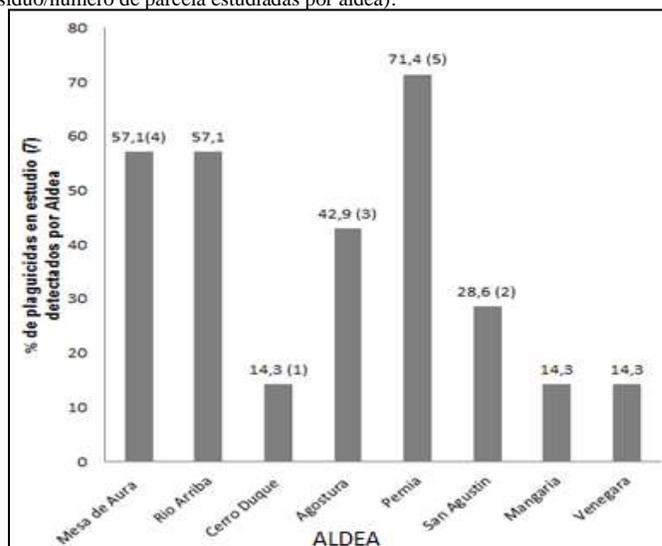


Figura 4. Parcelas con residuos (número de parcelas con residuo/número de parcela estudiadas por aldea).

Cabe destacar que no se encontraron referencias, a nivel nacional ni internacional, sobre regulaciones o límites máximos permitidos para el recurso suelo. Sin embargo, hay muchas normas escritas en el ordenamiento jurídico venezolano [17], que contemplan de una u otra forma la protección de los ciudadanos y el ambiente de los efectos dañinos ocasionados por el uso de plaguicidas en el territorio nacional.

V. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

Una vez analizados los resultados obtenidos se pueden realizar algunas propuestas que minimicen los impactos de los plaguicidas analizados en los suelos del municipio José María Vargas del Estado Táchira Venezuela a causa de la utilización de plaguicidas organofosforados. Las propuestas planteadas son las siguientes:

- Implementación de charlas y talleres a los agricultores para que tengan conocimiento adecuado para el almacenamiento, preparación de las mezclas y aplicación de los plaguicidas organofosforados.

- Implementación de un Sistema de Gestión Ambiental Municipal y Comunitario de recolección de envases vacíos de plaguicidas, que logre disminuir la exposición a suelos y personas.

VI. CONCLUSIONES

- Todas las muestras tomadas en las Aldeas del Municipio José María Vargas presentan residuos de plaguicidas organofosforados.
- Los resultados evidencian que el clorpirifos está presente en altas concentraciones, en todas las Aldeas estudiadas del Municipio.
- La mayor parte de los residuos encontrados (71,4%) se clasifican por su toxicidad entre moderada y extremadamente peligrosos.
- Los resultados obtenidos pueden considerarse como fiables y exactos.
- En conclusión, se puede afirmar que el recurso suelo del Municipio José María Vargas, ubicado en el estado Táchira-Venezuela, es perjudicado con el uso de plaguicidas organofosforados y de no hacer algo al respecto para prevenir, mitigar y resolver este problema en un futuro cercano el municipio tenderá a sufrir daños irreversibles.

VII. RECOMENDACIONES

Promover el uso de plaguicidas degradables (química y biológicamente) con metabolitos o residuos inocuos, también plaguicidas poco o nada tóxicos para especies distintas contra las que se quiere luchar, para evitar la incorporación de plagas más resistentes.

Promover el uso de nuevas tecnologías de aplicación de plaguicidas menos contaminantes a fin de minimizar su impacto sobre la salud humana y ambiente.

VIII. REFERENCIAS

- [1] Babié, S., Petrović, M. y Kastelam-macan, M., Ultrasonic solvent extraction of pesticides from soil. *Journal of chromatography A*, 823; 3-9, 1998.
- [2] Cámara, C., Fernández, A., Pérez, M. y Vidal, M., Toma y Tratamiento de muestras. Editorial Síntesis, España. 42-68, 2002.
- [3] Dean, J., Effect of soil-pesticide interaction on the efficiency of supercritical fluid extraction. *Journal of chromatography A*, 754; 221-233, 1996.
- [4] Diaz-Cruz, M. y Barceló, D., Highly selective simple preparation and gas chromatographic-mass spectrometric analysis of chlorpyrifos, diazinon and their major metabolites in sludge and sludge-fertilized agricultural soils. *Journal of chromatography A*, 1132; 21-27, 2006.
- [5] FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas. Versión Revisada. Adoptado por el 123º periodo de sesiones del Consejo de la FAO, Roma, 2003.
- [6] Farmex. Laboratorios Mexicanos. (2007). Hoja de seguridad de plaguicidas organofosforados, 2007. Disponible Febrero 3013 en: www.farmex.com.pe/docs/hojas_tecnicas/Monitor_600_SL.swf
- [7] Farrera, R., Acerca de los plaguicidas y su uso en la agricultura. *Revista Digital CENIAP HOY*, Número 6. Maracay, Aragua, Venezuela, 2004. Disponible Febrero 2013 en: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/coleccion.htm
- [8] Jordi Obiols Quinto NTP 512: Plaguicidas organofosforados (I): aspectos generales y toxicocinética. Ministerio de Trabajo y asuntos sociales España. Disponible Febrero 2013 en:

- http://www.insht.es/Inshtweb/Contenidos/Documentos/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_512.pdf.
- [9] Kawata, K., Asada, T. y Oikawa, K., Multiresiduo determination of pesticides in sediment by ultrasonically assisted extraction and gas chromatography/mass spectrometry. *Journal of AOAC International*.88;(5): 1440-1451, 2005.
 - [10] Maldonado, H., El uso de plaguicidas, la salud y la educación agrícola municipio Junín. Edo. Táchira. *Geoenseñanza* 2;(2). 62 – 75,1997.
 - [11] Meza, M., Ettienne, G., Colmenares, N., y Pallares, J., Determinación de plaguicidas organofosforados en aguas de la quebrada La Juanica en el Cobre Municipio José María Vargas del Estado Táchira. V CONGRESO IBEROAMERICANO de la Física y Química Ambiental. Argentina, 2008.
 - [12] Olgún, L., Pérez, H. y Rodríguez M., Métodos en biotecnología n, cromatografía de gases. Universidad Nacional autónoma de México, 2004. Disponible febrero 2013 en: [http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/cromatografia de gases.pdf](http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/cromatografia%20de%20gases.pdf).
 - [13] OMS., Organización Mundial de la Salud. Consecuencias sanitarias del empleo de plaguicidas en la agricultura. Ginebra, 1992. Disponible Febrero 2013 en: <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/septiembre2007/CD2/pdf/spa/doc6916/doc6916.htm>.
 - [14] Quintero, A., Caselles, M., Ettiene, G., Colmenares, N., Ramírez, T. y Medina, D., Monitoring of organophosphorus pesticide residues in vegetables of agricultural area in Venezuela. *Bulletin Environmental Contamination of Toxicology*. 81; 393 – 396, 2008.
 - [15] Quintero, A., Analisis Multiresidual de plaguicidas organofosforados en vegetales. Aspectos ambientales y variabilidad climática. Tesis Doctoral UNET Venezuela 2010.
 - [16] Ramírez, J. y Lacasaña, M., Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medicionde la exposición. *ArchPrev Riesgos Labor*, 4(2); 67-75, 2001.
 - [17] Ripanti, F., González, J. y Yari., Consideraciones sobre el marco institucional y legal para el uso de plaguicidas en Venezuela. *Revista Venezolana de Ciencia Política*.Nº 34, 97-110, 2008.
 - [18] Villaverde, J., Hildebrandt, A., Martínez, E., Lacorte, S., Morillo, E., Masqueda, C., Viana, P. y Barceló, D., Priority pesticides and their degradation products in river sediments from Portugal. *Science of the total Environment*, 390; 507-513, 2008.
 - [19] Zhu, X., Yang, J., Su, Q., Cai, J. y Gao, Y., Selective solid-phase extraction using molecularly imprinted polymer for the analysis of polar organophosphoruspestides in water and soil samples. *Journal of Chromatography A*, 1092; 161-169, 2005.