

Nota Técnica

FÓSFORO Y POTASIO DISPONIBLES EN SUELOS BAJO CULTIVO EN EL ESTADO MÉRIDA, VENEZUELA

Ricardo Ramírez¹, María A. Ormeño Díaz² y Doris García Parra³

RESUMEN

El uso de fertilizantes y abonos orgánicos es frecuente, pero no siempre siguiendo criterios basados en análisis de suelos, lo que puede dar lugar a la acumulación de niveles altos de fósforo (P) y potasio (K) disponibles en los suelos. El objetivo de este trabajo fue conocer el comportamiento de los niveles de P y K disponibles en los suelos del estado Mérida, cultivados con papa, hortalizas, café, cacao y banano durante los años 2010 a 2015 y 2018 a 2022. Se utilizaron dos rangos de disponibilidad de P y K en los suelos: bajo y alto. Los datos de análisis de suelos se agruparon de acuerdo con el cultivo en tres grupos: todos los cultivos, solo papa y sin papa. Para facilitar el manejo de los 3529 datos considerados se calculó el promedio del P o K disponibles dentro de cada rango para ambos nutrientes en cada suelo, en todos los años. El análisis de los datos mostró una mayor influencia del manejo de los fertilizantes en la papa sobre los niveles muy altos de P y K disponibles en los suelos, por encima de los niveles críticos de los mismos. La disponibilidad de P en el rango alto se incrementó en un 76% en el año 2020, y el K entre 78 y 100% en el mismo rango.

Palabras clave adicionales: Análisis de suelos, fertilización, papa

ABSTRACT

Available phosphorus and potassium in cultivated soils in Merida state, Venezuela

The most common crops in the state of Merida are potatoes, vegetables, coffee, cocoa, and bananas. Fertilizers and organic fertilizers are frequently used, but not always according to criteria based on soil analysis calibration with field experiments, which has led to the accumulation of high levels of available phosphorus and potassium in the soil. The objective of this study was to determine the behavior of available phosphorus and potassium levels in soil under potato crops in the state of Merida, from 2010 to 2015 and from 2018 to 2022 years. To handle 3,529 data, the average of the available P or K within each range of availability of both nutrients was calculated for each soil for all years. The analysis of the data showed a greater influence of fertilizer management in potatoes on the very high levels of P and K available in the soils, above the critical levels of these nutrients.

Additional Keywords: Fertilization, potato, soil analysis

Editor Asociado: Dra. Georgina Vargas Simón.

INTRODUCCIÓN

Los suelos bajo cultivo en el estado Mérida, Venezuela, son ácidos, con valores de pH entre 4,0 y 4,7 aproximadamente, y en estas condiciones el fósforo disponible es muy bajo (Ormeño, 2011). En los suelos ácidos el fósforo se asocia, principalmente, con cationes de aluminio y hierro, mientras que la asociación con el calcio es favorecida en los suelos de pH mayores a 7 (Pierzynski *et al.*, 2005), dando lugar, en ambos

casos, a formas insolubles no disponibles para las plantas.

Tanto el fósforo como el potasio disponible en los suelos pueden sufrir transformaciones químicas que los convierten a formas no disponibles para las plantas y, por consiguiente, es necesario aplicar cantidades adicionales de estos elementos para mantener los niveles adecuados en la solución del suelo. Solo una pequeña fracción del P aplicado al suelo es absorbida por los cultivos; Syers *et al.* (2008) y Dhillon *et al.* (2017) encontraron que

Recibido: Octubre 1, 2025

Aceptado: Julio 29, 2026

¹INIA-CENIAP, Posgrado de Ciencias del Suelo. UCV. Venezuela. e-mail: ricardo.ramirez@ucv.ve. (autor de correspondencia)

²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA Mérida. Venezuela. e-mail: inia.ormeno2023@gmail.com.

³Laboratorio de Suelos, CIARLA-INIA, Mérida. Venezuela. e-mail: dorela1509@gmail.com

sólo el 10 al 36 % del P agregado al suelo es absorbido por los cultivos en el año de aplicación. Así mismo, cerca del 2 % del total del K en el suelo está disponible para las plantas, mientras que el 98 % restante forma parte de micas, feldespatos o illitas, no disponibles (Lalitna y Dhakshinamoorthy, 2014; Hemlata *et al.*, 2017).

La aplicación de fertilizantes, además de enmiendas como la cal agrícola para subir el pH del suelo, puede favorecer la disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, la aplicación de fertilizantes con frecuencia no corresponde a criterios desarrollados con base a la correlación y calibración de los métodos de extracción en experimentos de campo, por lo que la fertilización a los suelos en forma continua y por largos periodos de tiempo da lugar a su acumulación, dado que solo una pequeña fracción de estos es absorbida por los cultivos.

Los productores de la zona no siempre realizan análisis de suelos, para conocer la disponibilidad de nutrientes, sino solo al momento de establecer los cultivos y, posteriormente, usan el mismo criterio de aplicación de fertilizantes por varios años, dando lugar a excesos de nutrientes en los suelos. En el caso de la producción de papa, esta se caracteriza por el uso excesivo de fertilizantes de origen mineral y orgánico como estiércoles y camas de gallina (Ormeño y Rey, 2019), y la concentración de fósforo y potasio en estos últimos no es necesariamente conocida. Ramírez (2022) encontró en 70 muestras de suelos tomadas en el estado Mérida entre los años 2011 y 2015 que sólo 12 % de ellas mostraron valores de P disponible por debajo de $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ y el 88 % entre 31 y $250 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; considerando que el nivel máximo recomendado de potasio disponible en el suelo es de $120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, sólo el 4,3 % de las muestras se ubicaron por debajo de este umbral.

El objetivo de este trabajo fue conocer el comportamiento de los niveles de fósforo y potasio disponibles en los suelos del estado Mérida, dedicados al cultivo de papa y de otros cultivos, durante varios años.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos de fósforo y potasio disponible en las muestras de suelos fueron proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Suelos del Centro de Investigaciones Agropecuarias de los Andes

(CIARLA), del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), en Mérida, Venezuela. Las muestras de suelo fueron colectadas por los agricultores en los municipios Rangel, Miranda, Cardenal Quintero, Pueblo Llano, Tabay y Santos Marquina del estado Mérida, durante los años 2010 a 2015 y de 2018 a 2022. El número total de muestras fue de 3.529 y la profundidad de muestreo fue entre 0 a 30 cm, aproximadamente. La extracción del fósforo y potasio disponible de los suelos se realizó por medio del método de Olsen.

Para conocer el comportamiento del P y K, disponibles en los suelos a través de los años, los datos se agruparon en tres categorías, de acuerdo con los cultivos:

Grupo 1. Suelos correspondientes a siembras de diferentes cultivos: papa (*Solanum tuberosum* L.), café (*Coffea arabica* L.), cacao (*Theobroma cacao* L.), banano (*Musa* sp.) y hortalizas. Grupo 2. Suelos cultivados con papa. Grupo 3. Suelos con todos los cultivos menos papa.

Los valores críticos de P y K disponibles en el suelo se separaron en dos grupos, (según el Manual de Fertilización del INIA, 2005), el primero considerado como bajo (deficiente) para los cultivos con un rango de 0 a $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ para P y entre 0 y $120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ para K, y el segundo considerado como alto para los cultivos con un rango igual o mayor de $31 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ para P, e igual o mayor de $121 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ para K. Para facilitar el manejo del volumen de datos considerados se calculó el promedio del P o K disponibles dentro de cada rango de disponibilidad de ambos nutrientes para cada suelo, en todos los años. Los resultados se muestran gráficamente en función del porcentaje de suelos que presentaron el rango establecido en los niveles de P y K.

RESULTADOS

El contenido de fósforo y potasio en los suelos, en términos de porcentaje del número de suelos dentro del rango respectivo, fue muy variable entre años, en los tres grupos considerados. (Cuadros 1 y 2). Este comportamiento puede ser atribuido a que las muestras procedieron de diferentes tipos de suelos, distinto manejo de los cultivos y variada calidad de los fertilizantes y abonos orgánicos aplicados por los agricultores.

Ramírez et al. P y K disponibles en suelos bajo cultivo en el estado Mérida, Venezuela**Cuadro 1.** Rangos de fósforo disponible en $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y porcentajes de suelos en cada rango y grupo de cultivos en el estado Mérida, Venezuela, entre los años 2010 y 2022.

Año	Todos los suelos		Suelos solo Papa		Suelos sin papa	
	Rango actual de P	% de suelos	Rango actual de P	% de suelos	Rango actual de P	% de suelos
2010	3 – 29	50,46	3 – 28	43,14	3 – 30	66,67
	31 – 245	49,54	34 – 245	56,86	31 – 57	33,33
2011	4 – 29	73,60	4 – 30	60,28	4 – 29	85,71
	31 – 300	26,40	31 – 245	38,72	31 – 45	14,29
2012	4 – 30	67,59	4 – 19	58,62	4 – 24	66,00
	31 – 245	32,41	46 – 245	41,38	40 – 245	34,00
2013	4 – 30	69,16	4 – 30	64,66	4 – 30	74,07
	31 – 245	32,41	32 – 245	35,34	31 – 245	25,93
2014	4 – 30	62,09	4 – 29	38,71	4 – 30	73,86
	31 – 600	37,91	31 – 252	61,29	31 – 600	26,14
2015	4 – 30	59,26	4 – 29	31,82	4 – 29	87,59
	31 – 1586	40,74	34 – 644	68,18	31 – 427	12,41
2018	4 – 28	52,99	4 – 28	44,44	4 – 28	74,19
	31 – 245	47,01	32 – 245	55,56	32 – 102	25,80
2019	4 – 29	64,20	4 – 28	33,33	4 – 30	93,88
	32 – 245	35,80	32 – 245	66,67	32 – 34	6,12
2020	4 – 20	71,72	5 – 27	63,64	4 – 29	81,82
	31 – 245	28,28	33 – 245	36,36	35 – 77	18,18
2021	4 – 29	60,00	4 – 24	48,72	4 – 29	81,09
	31 – 245	40,00	30 – 245	51,28	32 – 192	18,92
2022	4 – 29	66,34	4 – 21	23,81	4 – 9	83,87
	31 – 245	33,66	31 – 245	76,19	31 – 245	16,13

Cuadro 2. Rangos de potasio disponible en $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y porcentajes de suelos en cada rango y grupo de cultivos en el estado Mérida, Venezuela, entre los años 2010 y 2019.

Años	Todos los suelos		Suelos solo papa		Suelos sin papa	
	Rango actual de K*	% de Suelos	Rango actual de K*	% de Suelos	Rango actual de K*	% de Suelos
2010	7 - 120	11,37	23 - 103	9,63	7 - 23	15,38
	122 - 364	88,08	122 – 3648	90,39	220 – 509	84,62
2011	4 – 120	19,49	49 – 119	12,96	4 – 120	28,90
	121 – 3122	80,53	121 – 3122	87,83	121 - 2658	71,10
2012	2 - 117	37,15	58 – 99	21,42	2 – 129	54,17
	125 - 1686	62,85	126 – 753	78,37	131 – 1373	45,83
2013	21 – 119	13,07	43 - 106	6,32	21 – 119	14,87
	124 - 3752	86,90	125 – 3140	93,19	124 – 3752	85,13
2014	3 – 120	25,70	26 - 102	6,87	7 – 120	38,26
	121 - 3076	73,89	131 – 3076	93,13	121 - 2406	61,74
2015	1 - 120	19,06	7 – 117	15,00	1 – 120	26,22
	122 - 7872	81,59	132 – 5818	85,00	122 - 7134	73,78
2018	0	0,00	0	0,00	0	0
	146 - 5551	100,00	201 – 3806	100,00	155 – 3340	100
2019	31 – 111	8,57	31	5,26	104 - 129	11,76
	121 - 3610	91,01	201 – 3250	94,41	133 – 537	88,24

Fósforo. En las Figuras 1 y 2 se observa que las curvas correspondientes a los porcentajes del número de suelos en el rango de P considerado

bajo (0 a $30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en todos los suelos y en aquellos sin papa, se sitúan en forma consistente por encima de las curvas correspondientes a los

suelos con el rango de P considerado alto (igual o mayor a $31 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). En la Figura 2, donde se consideraron los datos de los suelos sin papa, la distancia entre las dos curvas es mayor que en la Figura 1, debido a un incremento del porcentaje

de suelos en la categoría de 0 a $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Cuando se tomaron en cuenta todos los suelos, el número de éstos con fósforo en el rango bajo varió entre el 50,46 y 73,60 % y con fósforo en el rango alto la variación fue entre 26,40 y 49,54 %.

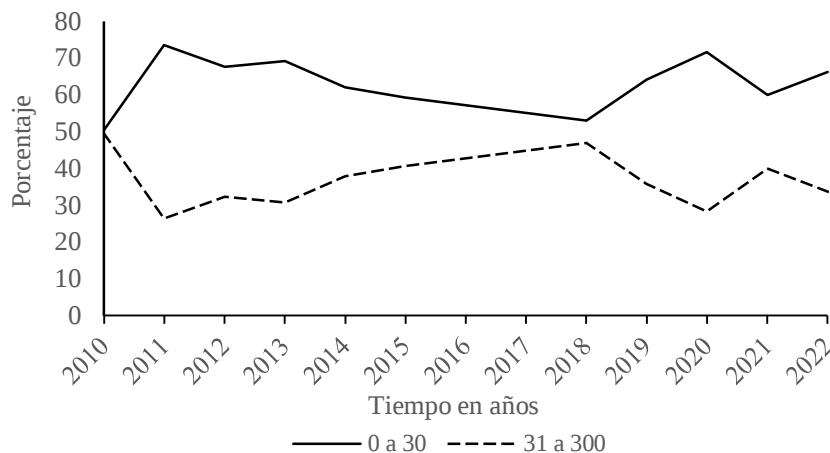


Figura 1. Fósforo disponible en términos de porcentaje de número de suelos, en el rango correspondiente, en todos los suelos en el estado Mérida.

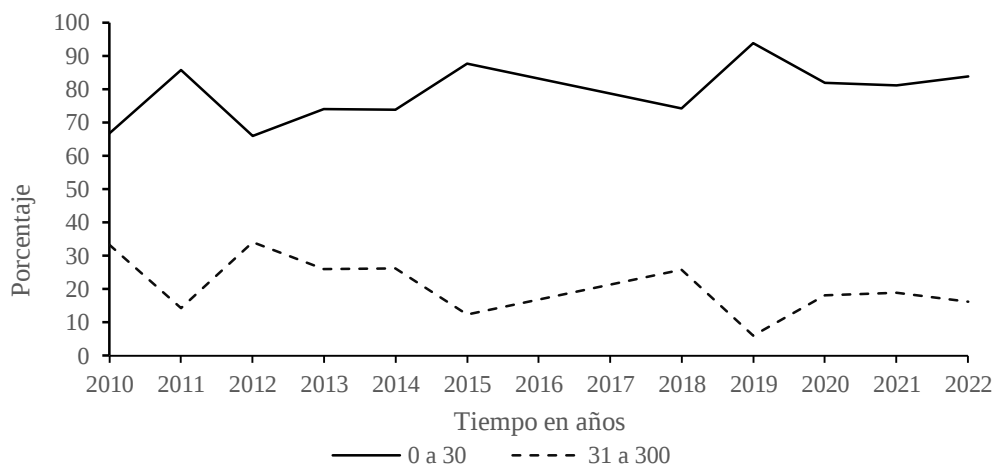


Figura 2. Fósforo disponible en términos de porcentaje de número de suelos, en el rango correspondiente en los suelos sin cultivo de papa en el estado Mérida.

Cuando no se consideraron los datos de P correspondientes a los suelos cultivados con papa (Figura 2), se encontró que el número de suelos con P disponible ubicado en el rango bajo se

incrementó entre 66,0 y 93,88 %, mientras que en el rango alto disminuyó a valores entre 6,12 y 34,0 %.

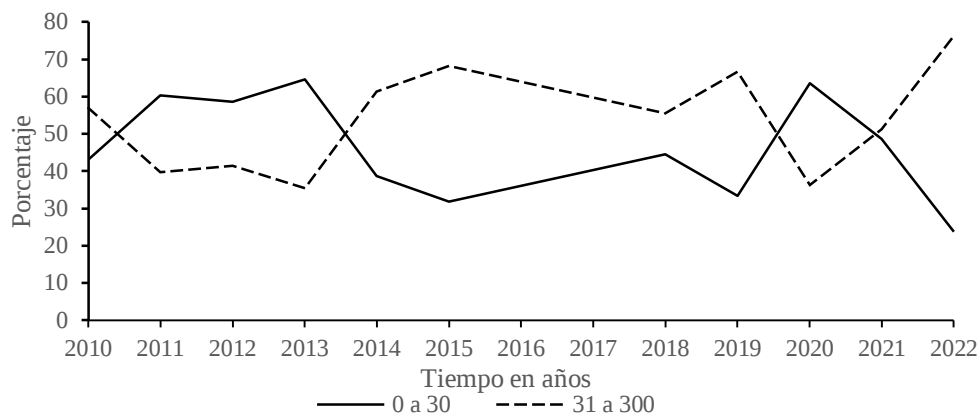


Figura 3. Fósforo disponible en términos de porcentaje de número de suelos en el rango correspondiente en suelos cultivados con papa en el estado Mérida.

El porcentaje de suelos cultivados con papa (Figura 3), en la serie de años, mostró un comportamiento del fósforo diferente al encontrado en los dos casos anteriores. Entre los años 2010 y 2013, los suelos con el P en el rango más bajo variaron entre 43,14 y 58,62 %, por encima de los correspondientes al rango alto. En los años siguientes hasta el 2019, el porcentaje de suelos con P en el rango alto fue superior al correspondiente en el rango bajo. Finalmente, en

el año 2022, el número de suelos con P en el rango alto repuntó hasta un máximo de 76,19 %.

Potasio. El comportamiento del potasio en términos de porcentaje del número de muestras en todos los suelos para el rango considerado alto (igual o mayor a $121 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) mostró valores entre 62,85 y 100 entre los años 2010 y 2019 (Figura 4), muy por encima de los valores correspondientes a los del rango considerado bajo (0 a $120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), que variaron entre 0 y 37,15 %.

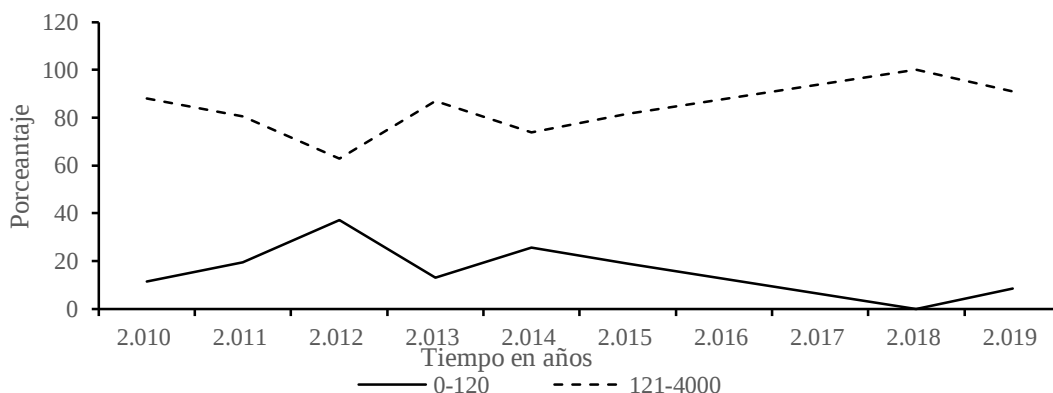


Figura 4. Potasio disponible en términos de porcentaje de número de suelos en el rango correspondiente en todos los suelos bajo cultivo en el estado Mérida.

El porcentaje de suelos donde se excluyó el cultivo de papa varió entre 45,83 y 100 en los años de 2010 a 2019 para potasio en el rango alto,

muy por encima de los correspondientes a los suelos con el rango bajo, los cuales variaron entre 0 y 54,17 % (Figura 5). Así mismo, en las parcelas

cultivadas con papa se hallaron porcentajes altos de suelos con potasio en el rango alto para ese mismo período de tiempo (Figura 6). Los suelos

con el potasio en el rango alto variaron entre 78,37 y 100 %; en cambio, con el rango bajo los valores estuvieron sólo entre 0 y 21,42 %.

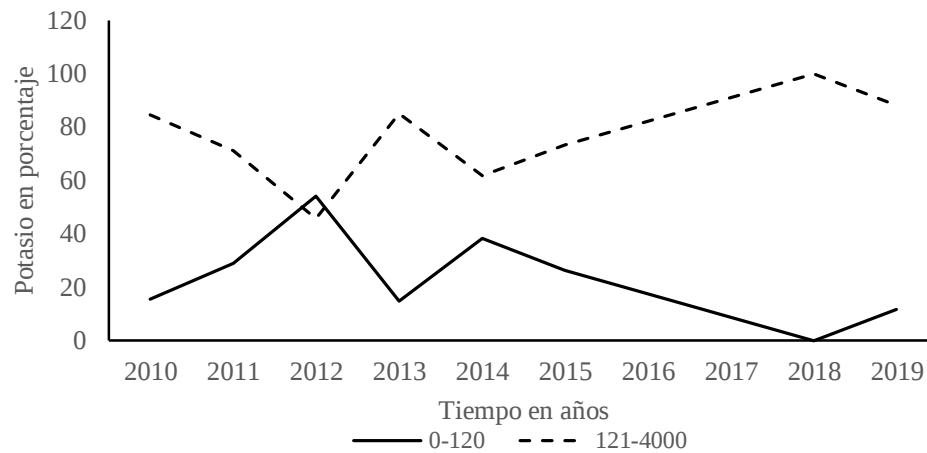


Figura 5. Potasio disponible en términos de porcentaje de número de suelos en el rango correspondiente en los suelos sin cultivo de papa en el estado Mérida.

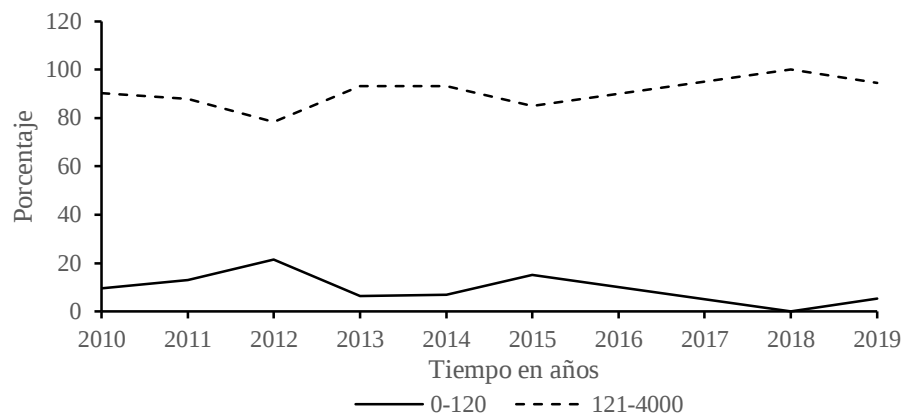


Figura 6. Potasio disponible en términos de porcentaje de número de suelos en el rango correspondiente en los suelos cultivados con papa en el estado Mérida.

DISCUSIÓN

Se destaca que la aplicación de fertilizantes por encima de los requerimientos del cultivo de papa, para consumo y para semilla, habría incrementado los porcentajes de P disponible en los suelos partir del 2014. La comparación de las tendencias de las curvas del P, en las Figuras 2 y 3, es una

indicación de que el uso del nutriente y su manejo está muy por encima de los requerimientos del cultivo de la papa y es el mayor contribuyente al incremento del P disponible en los suelos.

Los fertilizantes aplicados al suelo para corregir deficiencias en los cultivos experimentan transformaciones, una parte queda en forma disponible para la planta, pero otras adquieren

formas más complejas. Aplicaciones continuas de fertilizantes inorgánicos y orgánicos a los suelos por encima de las necesidades de los cultivos dan lugar a valores altos o muy altos de fósforo residual disponible en el suelo, por encima de los considerados adecuados para la nutrición de las plantas. Esta condición ha sido denominada como “legacy P” por Doydora *et al.* (2020), quienes señalaron que una alta proporción del fósforo aplicado al suelo no está inmediatamente disponible para las plantas, debido a su rápida inmovilización por la sorción en las superficies de los minerales del suelo o por su incorporación a la materia orgánica (Mwende, 2019; Yang *et al.*, 2019).

El fósforo en el suelo entra en procesos de absorción, precipitación y reacciones con la materia orgánica dando lugar a la producción de formas no disponibles para las plantas (Pierzynski *et al.*, 2005). La aplicación de fósforo, en forma de fertilizante o de abono orgánico de origen animal o vegetal por encima de las necesidades de los cultivos dan lugar a su acumulación en el suelo superficial y puede ser removido, en parte, por las aguas y depositado en los reservorios acuáticos dando lugar a problemas de contaminación conocidos como eutrofización (Paredes *et al.*, 2019; McDowell y Haygarth, 2024).

Los elevados porcentajes de suelos con potasio en el rango alto podría interpretarse como una indicación de que la fertilización de los suelos con este elemento, en el estado Mérida, es una práctica que sobrepasa las necesidades de los cultivos en general, lo que concuerda por lo señalado por Ormeño y Rey (2019). Este comportamiento es una indicación de que el uso de potasio y su manejo en el cultivo de la papa está muy por encima de los requerimientos del cultivo (Ormeño, 2011).

Comparando las figuras 5 y 6, se puede deducir que el uso de los fertilizantes potásicos en los suelos dedicados a cultivos diferentes a la papa es más conservador que aquellos sembrados con papa. De forma similar a lo señalado para el fósforo, se podría indicar que en los suelos donde no se consideró el cultivo de papa, los niveles de fósforo y potasio se mantienen en rangos aceptables.

Parte del K aplicado al suelo puede pasar a formas no disponibles (Lalitna, *et al.*, 2014) y otra permanecer en el suelo en forma disponible

(Mengel y Kirkby, 2012). Pero cuando los niveles de K en los suelos son altos pueden competir con el magnesio intercambiable y dar origen a la deficiencia de Mg en los cultivos (Koch *et al.*, 2019). También se ha reportado que altos contenido de K intercambiable en los suelos pueden afectar la disponibilidad del zinc para las plantas (Kumar y Sharma, 2018), a la vez que pueden influir en forma negativa en la producción de tubérculos por la papa (Pauletti y Menarin, 2011; Morh y Tomasiewicz, 2012.)

La aplicación de cantidades considerables de fertilizantes fosfatados y potásicos para mantener los niveles de P y K disponibles en la solución del suelo a niveles adecuados para el desarrollo normal de los cultivos, por largos períodos de tiempo y sin tener en cuenta análisis de suelos correctamente interpretados, ha traído como consecuencia el incremento de fósforo y potasio residuales muy altos. Esto sugiere la necesidad de generar información sobre el aprovechamiento de los nutrientes por la planta en forma eficiente, en beneficio de la economía de quienes se dedican en especial al cultivo de la papa.

CONCLUSIONES

Los altos niveles de P y K disponibles en los suelos estudiados en el estado Mérida se atribuyen principalmente a la dosificación inadecuada y aplicación prolongada de los fertilizantes y abonos por parte de los productores en los diferentes cultivos, en especial para la papa, donde se exceden los requerimientos de la planta, con tendencia a la acumulación en los suelos. En los suelos donde no se consideró el cultivo de papa, los niveles de fósforo y potasio se mantienen en rangos aceptables.

LITERATURA CITADA

1. Doydora, S., K. Grieger, D. Hesterberg, J.L. Jones, E.S. Mclamore, R. Peters *et al.* 2020. Accessing Legacy Phosphorus in Soils. *Soil Sys.* 4(4): 74.
2. Dhillon, J., G. Torres, E. Driver, B. Figueredo, y R. Raun. 2007. World Phosphorus Use Efficiency in Cereal Crops. *Agron. J.* 109: 160-1677.

3. Dhakad, H., S.S. Yadav, S. Jamra, V. Arya, K. Sharma y D. Gauy. 2017. Status and distribution of different forms of potassium in soils of Gwalior Distrit (M.P.) International Journal of Chemical Studies 5:161-164.
4. INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas). 2005. Manual de alternativas de fertilizantes para cultivos prioritarios en Venezuela. Cap. VIII papa, Serie Manual de Cultivos 4, 1ra ed. Maracay, Venezuela.
5. Kennedy, S.O. 2022. Soil pH and its impact on nutrient availability and crop growth. International Journal of Geography, Geology and Environment. 4: 236-238.
6. Koch, M., M. Bause, M. Nauman, B. Jakli, I. Smith, I. Cakmak *et al.* Differential effects of varied potassium and magnesium nutrition on production and partitioning of potato assimilates in potato plant. *Physiol. Plant.* 166: 921-935.
7. Kumar, P. y R. Sharma. 2018. Phosphorus-induces zinc deficiency in soil: recovery-strategies. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 111: 267-284
8. Lalitna, M. y M. Dhakshinamoorthy. 2014. Forms of soil potassium-A Review. *Agri. Reviews* 35: 64-68.
9. Malvi, V. 2011. Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium. *Karnataka J. Agric. Sci.* 24:106-109.
10. Mengel, K., y Kirkby, E.A. 2012. Principles of plant nutrition. Springer Science & Business Media. Berlin.
11. Mwendu Muindi, E. 2019. Understanding soil phosphorus. *International Journal of Plant and Soil Science* 31:1-188.
12. Morh, R.M. y D.J. Tomasiewics. 2012. Effect of rate and timing of potassium chloride application on the yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L. Russet Burbank). *Can. J. Plan Sci.* 92: 783-794.
13. Ormeño, D.M.A. 2011. El uso de prácticas agroecológicas como alternativa para la producción rentable de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Los Andes Venezolanos. *Journal of InterAmerican Society for Tropical Horticulture* 54: 131-133.
14. Ormeño D.M.A. y J.C. Rey. 2019. Uso de abonos orgánicos líquidos como alternativa de fertilización para producción de semilla de papa variedad Andinita, municipio. Campo Elías, Mérida (Venezuela). *Revista Agronomía* 36: 24-43.
15. Paredes Gutierrez M., B. Torres Velasquez, Y. Sanchez Colon y G. Schaffner. 2019. Dos métodos matemáticos para estudiar la eutroficación por fósforo de un humedal en Puerto Rico. *INGE CUC* 15: 63-76
16. Pauletti V. y F. Menarin. 2011. Timming sources and rates of potassium fertilizer application for potato. *Sci. Afrar.* 5:15-20.
17. Pierzynski G.M., R.W. McDoell y J.T. Sims. 2005. Chemistry, cycling and potential movement of inorganic phosphorus in soils. In: *Phosphorus: Agriculture and the Environment* 46: 51-86
18. Ramírez R. 2022. Contaminación de suelos y cultivos con metales pesados y nutrientes en: *Rev. Fac. Agron. (UCV)* 48: 1-17.
19. S.R. Mousau, M. Galavi y M. Rezaei. 2012. The interaction of zinc with other elements in plants. A review. *International Journal of Agriculture and Crop Science* 4: 1881-18844.
20. Yang Xiaoyan, Y.X. C.X. Xiangwei y Y.X. Yang Xitian. 2019. Effect of organic matter on phosphorus adsorption and desorption in a black soil from Northeast. *Soil and Tillage Research* 187: 85-91.