

Avances

Centro de Información y Gestión Tecnológica

Factores agroproductivos y presencia de metales pesados en el macizo tabacalero Pinar del Río

Agroproductive factors and presence of heavy metals in the tobacco solid Pinar del Río

Alexei Yoan Martínez Robaina^{1*}, Dayanis Barrios Morales², Duniesky Domínguez Palacio³

^{1*}Máster en Agroecología y Agricultura Sostenible, Universidad de Pinar del Río «Hermanos Saíz Monte de Oca», Pinar del Río, Cuba, amartinez@upr.edu.cu ID: <https://orcid.org/0000-0001-9820-0497>

² Estudiante, Universidad de Pinar del Río «Hermanos Saíz Monte de Oca», Pinar del Río, Cuba, dayany@agromail.upr.edu.cu ; ID: <https://orcid.org/0000-0002-8950-711X>

³Máster en Agroecología y Agricultura Sostenible, Instituto de Suelos, Unidad Científico-Tecnológica de base. Pinar del Río, Cuba, investigador2@suelopri.minag.cu ID: <https://orcid.org/0000-0003-3363-3667>

Para citar este artículo / to reference this article / para citar este artigo

Martínez, A.Y., Barrios, D. & Domínguez, D. (2018). Factores agroproductivos y presencia de metales pesados en el macizo tabacalero Pinar del Río. *Avances*, 20(4), 428-443. Recuperado de <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/393/1370>

RESUMEN

Los metales pesados son sustancias peligrosas que tienen la facultad de acumularse en el suelo, las plantas y en los organismos vivos. El objetivo de la siguiente investigación fue evaluar los factores agroproductivos y su incidencia en la acumulación de metales pesados en suelos dedicados al cultivo del tabaco de la llanura sur de la provincia de Pinar del Río. Las muestras se seleccionaron en zonas representativas del cultivo del tabaco pertenecientes a la llanura sur de la provincia Pinar del Río. Se aplicaron encuestas semiestructuradas a partir de un muestreo aleatorio simple, a una muestra de 74 de productores, coincidiendo con el número de puntos de muestreo. La encuesta se procesó a través de la Prueba Chi-cuadrado, mediante el software comprar Pro versión 1.0 y el análisis de componentes principales. El procesamiento de los datos se realizó con el SPSS. El análisis de componentes principales mostró que, con cinco componentes es posible explicar el 76.88 % de la variabilidad total extraída por el modelo. Se constató que existe uniformidad en las acciones de manejo agronómico que se realizan por parte de los productores. La presencia de todos los metales pesados de forma aislada en los tres primeros componentes evidencia que su principal fuente de

procedencia es pedogenética y no está relacionada con los factores agroproductivos. Las prácticas dirigidas al mejoramiento de suelos no se encuentran generalizadas sobre todo las relacionadas con el intercalamiento de cultivos y el empleo de abonos orgánicos.

Palabras clave: factores agroproductivos, metales pesados, tabaco.

ABSTRACT

Heavy metals are dangerous substances that have the ability to accumulate in soil, plants and living organisms. The objective of the following investigation was to evaluate the agroproductive factors and their incidence in the accumulation of heavy metals in soils dedicated to the cultivation of tobacco in the southern plain of the province of Pinar del Río. The samples were selected in areas representative of tobacco cultivation belonging to the southern plain of the Pinar del Rio province. Semi-structured surveys were applied from a simple random sample to a sample of 74 producers, coinciding with the number of sampling points. The survey was processed through the chi-square

test, using the software purchased Pro version 1.0 and the principals components analysis. The processing of the data was done with the SPSS. The principal components analysis showed that, with five components it is possible to explain 76.88 % of the total variability extracted by the model. It was found that there is uniformity in the agronomic management actions that are carried out by the producers. The presence of all heavy metals in isolation in the

first three components shows that their main source of origin is pedogenetic and is not related to agroproductive factors. The practices directed to the improvement of grounds are not generalized especially those related to the intercalation of crops and the use of organic fertilizers.

Keywords: agroproductive factors, heavy metals, tobacco.

INTRODUCCIÓN

La contaminación es un grave problema medioambiental a nivel mundial, debido a la forma irracional en que el hombre explota los recursos naturales, especialmente el suelo, uno de los recursos más afectados por este fenómeno. La contaminación de suelos por metales pesados (MPs) es uno de los mayores problemas medioambientales y tiene la característica de ocupar grandes extensiones de tierra, provocar grandes daños y permanecer en el suelo durante un gran tiempo (Chen *et al.*, 2011).

La contaminación por MPs; se refiere a la acumulación excesiva de estos elementos tóxicos producto de

las actividades humanas (Su *et al.*, 2014). Los más comúnmente encontrados en sitios contaminados en orden de abundancia son: Pb, Cr, As, Zn, Cd, Cu y Hg (He *et al.*, 2015).

Los MPs son sustancias peligrosas no biodegradables que tienen la facultad de acumularse en el suelo y en los organismos vivos (Cruz, 2009). Muchos de estos compuestos son esenciales para el crecimiento y desarrollo de plantas, animales y seres humanos, aunque también pueden ser tóxicos si se superan ciertos umbrales (Galán & Romero, 2008).

Uno de los suelos más afectados por la degradación en Pinar del Río son los que durante años se han dedicado al cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). Estos suelos han sufrido un continuo deterioro producto a la aplicación de manejos inadecuados durante su explotación (Martínez *et al.*, 2018). Estos suelos se caracterizan por tener una baja fertilidad, contenido de MO, y un pH generalmente ácido. Presentan una textura arenosa fundamentalmente con subsuelos arcillosos o arenos arcillosos, de buen drenaje, aunque muy erosionables.

Entre los factores agroproductivos relacionados con el contenido total de metales pesados se encuentran, las diferentes variantes de manejo realizadas en los suelos, relacionados con la rotación e intercalamiento de cultivos y el empleo de enmiendas orgánicas tienen una incidencia en el contenido de los MPs. Estas variantes de manejo unidas a las características de los suelos pueden influir en la distribución y disponibilidad de MPs.

Según Cruz (2009) en las hojas de tabaco se han identificado y caracterizado cerca de 3000 compuestos químicos y más de 4000 en el humo. Las propiedades físicas y químicas del tabaco son influenciadas por: la genética, las prácticas culturales, el tipo de suelo y nutrientes, las condiciones

ambientales, las enfermedades de la planta, la posición de la hoja en el tallo y por los procedimientos de cosecha, curación, fermentación y el envejecimiento.

También se conoce que el cultivo del tabaco tiene potencialidades para acumular elevadas concentraciones de MPs especialmente en las hojas (Ziarati *et al.*, 2017). Esta singularidad de la planta puede ocasionar afectaciones directas o indirectas a la salud humana, puesto que tanto en el humo inhalado por el fumante como el que se desprende producto de la quema del tabaco se incorporan al ambiente determinadas cantidades de elementos metálicos fundamentalmente cadmio y plomo.

Por tanto, esta investigación tiene como objetivo: evaluar los factores agroproductivos y su incidencia en la acumulación de metales pesados en suelos dedicados al cultivo del tabaco de la llanura sur de la provincia de Pinar del Río.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización del estudio se seleccionaron zonas representativas del cultivo del tabaco pertenecientes a la llanura Sur de la provincia Pinar del Río en los municipios de Consolación del Sur,

Pinar del Río, San Juan y Martínez y tabacalero (figura).
San Luís pertenecientes al macizo

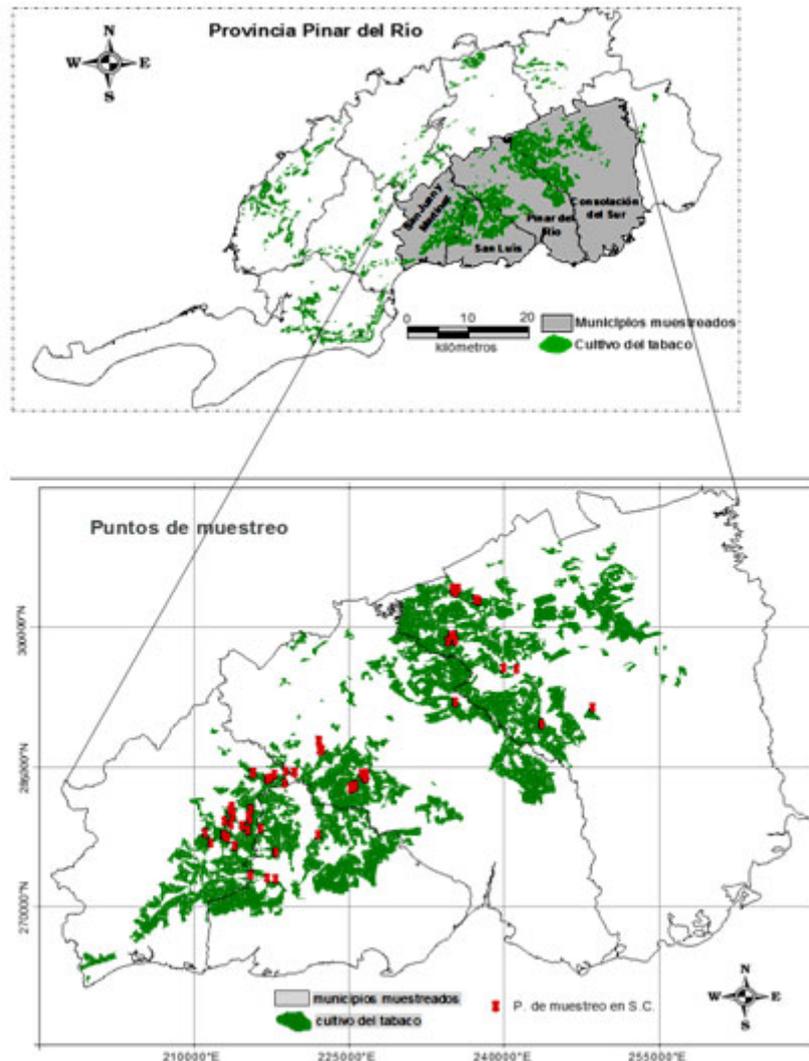


Figura. Distribución geográfica de los puntos de muestreo.
Leyenda: SC-suelo cultivado.

Se caracterizaron algunos factores agroproductivos (manejo del cultivo) que inciden en la acumulación de metales pesados en los suelos dedicados al cultivo del tabaco.

Para lograr el objetivo se desarrollaron un grupo de acciones entre las que se encuentran:

- Recorridos de campo: se realizaron recorridos de campo

donde se interactuó con los productores cuyas áreas fueron seleccionadas por su ubicación geográfica para este estudio. Se seleccionaron los productores de mayor experiencia y tradición en el cultivo del tabaco.

- Aplicación de encuestas: se aplicaron encuestas semiestructuradas a partir de un muestreo aleatorio simple,

según directrices de Dick y Halvorson (1996) a una muestra de 74 de productores. Los aspectos evaluados fueron los siguientes:

- Área de la parcela
- Sociales (Edad, nivel de escolaridad, sexo, entidad a la que pertenece, años dedicados a la producción tabacalera, si ha recibido cursos de capacitación).
- Producción total
- Variedades en explotación
- Sistema de riego
- Atenciones culturales (fertilización mineral y orgánica, control fitosanitario, empleo de enmendantes químicos).
- Medidas de intercalamiento de cultivos
 - Análisis estadístico:

La encuesta se procesó a través de la Prueba Chi-cuadrado descrita por Bartlett (1937), mediante el software comprar Pro versión 1.0 (Font *et al.*, 2007).

Las técnicas multivariadas son empleadas comúnmente en estudios ambientales para determinar las

relaciones entre los elementos metálicos y sus posibles fuentes de procedencia (Field, 2009). La base de datos se obtuvo a partir de las concentraciones promedio de MPs obtenidas por Cardoso (2017) y las encuestas realizadas a los productores, donde se trabajó con 28 variables y 222 observaciones. Esta se organizó en una matriz y se determinaron los estadígrafos descriptivos (mínimos, máximos, medias y desviación estándar). Se verificó el nivel de correlación entre las variables y se consideraron coeficientes mayores 0,6. Se seleccionaron los componentes con valores propios mayores a uno y para el análisis de la incidencia se tuvieron en cuenta variables con factores de peso de 0,59. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el SPSS v.22 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar un análisis de las encuestas aplicadas a 74 productores de la provincia se pudo comprobar que más del 50 % de los productores son mayores de 50 años y que solo el 10 % son menores de 15 años por lo que se deduce que si bien la experiencia en el cultivo en una fortaleza no está debidamente garantizado el relevo a mediano y largo plazo (*tabla 1*).

Tabla 1. Cantidad de productores por edades.

Edad	Productores	%
menores de 35 años	11	15
entre 35 y 50 años	19	26
mayores de 50 años	44	59

También se pudo comprobar que el 97 % de los productores son hombres y solo el 3 % mujeres. En el aspecto referido al nivel cultural el 5 % son universitarios, el 28 % son técnicos, el 26 % posee nivel preuniversitario, el 39 % de secundaria y el un por ciento, ningún nivel escolar.

Se comprobó además que las parcelas en las zonas evaluadas tienen un promedio 2.67 ha de extensión. El 88 % de los encuestados afirmó que sus suelos tienen entre 70 y 100 años de explotación y el resto entre 10 y 30 años. El 62 % de los productores se dedican a la producción de tabaco de sol ensartado y el 38 % al tabaco tapado.

Del total de los productores encuestados 36 afirman utilizar como fertilizante, fórmula completa NPK (nitrógeno fósforo y potasio) representando un 49 %. Emplean como dosis aproximada de 30 kg ha⁻¹ de nitrógeno, 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 48,5 kg ha⁻¹ de K₂O la cual varía según las normas técnicas establecidas para cada ciclo de

siembra y tipo de tabaco (MINAG, 2012). El 27 % utiliza NPK y Nitrato de Amonio, el 15 % NPK y Urea, el resto usa los tres productos. Los fertilizantes químicos sintéticos han sido identificados como la principal fuente de entrada de metales pesados dentro de todos los insumos que comúnmente se emplean en la agricultura (De Oliveira, 2013), estos son portadores de metales pesados los cuales aparecen en su composición en forma de impurezas.

Otro de los aspectos evaluados fue el uso de biofertilizantes, los resultados evidenciaron que el 57 % confirma el uso de los mismos para la fertilización del cultivo y el resto (43 %) no los utiliza.

Referido al intercalamiento de cultivos el 20 % de los encuestados informaron que siembran frijol común intercalado con maíz, el 35 % siembra como único cultivo alternante el maíz y 4 % frijol. Otros productores emplean la parcela de tabaco como pastoreo para los animales de tiro (38 %) y un tres por ciento mantiene la

parcela en barbecho hasta el próximo periodo de plantación.

Se evaluó también el empleo de abonos orgánicos u otro mejorador del suelo de origen natural. Se detectó que, del total de los productores el 69 % emplea alguno de estos productos solos o combinados y el resto (31 %) no los utiliza. De acuerdo a la encuesta realizada los principales abonos o mejoradores del suelo empleados, en orden de importancia por su uso, son: residuos de cosecha (41 %), relleno de cobertura vegetal (32 %) y el estiércol vacuno (19 %). La gallinaza (10 %) y la turba (8 %) fueron los productos menos empleados. La adición de lodos municipales, compost y otros residuos orgánicos suele mejorar el establecimiento y crecimiento de algunas especies al reducir igualmente la toxicidad de los metales (Diez, 2008)

En el caso del carbonato de calcio solo un 62 % de los productores lo utilizan, el resto no lo aplica al suelo con regularidad.

Los resultados revelan además como los productores realizan el manejo de los residuos que se generan al final de cada cosecha. La mayoría de los productores (53 %) esperan que se descompongan dentro del campo, otros (44 %) lo incorpora y solo un 3 % los extrae del campo. Ningún productor refiere realizar la quema de los residuos.

Finalmente se detectó que el 77 % de los productores encuetados nunca han recibido cursos de capacitación y el 23 % afirmó que, si lo han recibido, aunque con muy poca frecuencia.

Incidencia de los de factores agroproductivos en la acumulación de MPs.

Mediante el análisis de componentes principales (*tabla 2*) se facilitó la interrelación de los factores agroproductivos y su influencia en la acumulación de metales pesados en los suelos del macizo tabacalero de Pinar del Río donde se muestran que con cinco componentes es posible explicar el 76.88 % de la variabilidad total de los datos.

Tabla 2. Matriz de Componentes rotados y varianza total explicada de las variables en estudio.

	Componentes				
	1	2	3	4	5
Años de explotación	-,104	,097	,003	,720	-,203
Fertilización Química	,239	-,079	-,263	,724	,138
Rotación o intercalamiento	-,125	,025	,011	-,215	,819
Abonos orgánicos	,189	,065	-,098	-,041	,804
carbonato de calcio	-,062	,028	-,359	-,696	-,102
Manejo de residuos	-,093	-,046	,370	,209	,621
Capacitación	,052	-,036	-,202	-,653	,499
Pb	,594	,570	,187	,064	,092
Cu	,214	,028	,947	,057	,036
Zn	,202	,039	,938	,039	-,008
Ni	,832	,312	,159	,059	-,105
Cr	,528	,756	-,001	,121	-,014
Co	,905	,103	,078	-,108	,025
Cd	,036	-,929	,035	,067	-,062
Fe	,579	,757	,072	,015	-,065
Mn	,844	,044	,165	,117	,062
Varianza total explicada					
Total	3,413	2,469	2,262	2,103	2,056
Porcentaje de la varianza	21,329	15,432	14,138	13,142	12,847
Porcentaje acumulado	21,329	36,761	50,899	64,041	76,888

El primer componente se identificó como, «material de origen», el cual explicó el 21.3 % de la varianza total extraída por el modelo. Las variables de mayor peso fueron Mn, Co, Ni y Pb esta relación establecida entre los metales pesados puede estar dada por el material de origen ya que según Galán y Romero (2008) los porcentajes más altos de metales pesados en los suelos, heredados de la roca madre, se dan para Mn y Ni, mientras que Co, Cu, Zn y Pb se presentan en menores cantidades y son mínimos los contenidos en As y Cd. Los metales pesados pueden encontrarse unidos en varias vías. Por ejemplo, ellos pueden ser adsorbidos en la superficie de las arcillas, o en oxyhidróxidos de

hierro y manganeso y también pueden estar presente en la red cristalina de minerales primarios y secundarios tales como carbonatos, sulfatos y óxidos (Kennou, *et al.*, 2015)

El segundo componente está caracterizado por el Cr, Cd y Fe que explica el 15.4 % de la varianza total. En el mismo se evidencia la relación inversa que existe entre Cr y Fe con el Cd. El contenido de Fe proviene de la ferritización, proceso de formación de suelos de Pinar del Río que se origina a partir de una masa de suelo muy rica en hierro; el contenido de este elemento en el suelo puede alcanzar entre el 60 y el 70 % (Cairo & Fundora, 1994). Según Sposito (2008) el Cr³⁺ en el suelo posee poca

movilidad y puede formar complejos con los óxidos de Fe y Mn.

En el componente tres están representados con los coeficientes más elevados para los metales Cu y Zn que explican el 14,14 % de la varianza total. La presencia de estos coeficientes indica que sus concentraciones se deben a fuentes naturales como se explica anteriormente.

En el cuarto componente (manejo) se encuentran las siguientes variables: años de explotación, fertilización química, carbonato de calcio y capacitación, estos explican el 13.14 % de la varianza total. Sin embargo, los metales pesados no tienen altos coeficientes en este componente por lo que las variables de manejo aparecen aisladas. Lo anterior demuestra que no existe relación entre el manejo y la acumulación de metales pesados.

El componente cinco se denominó como manejo agroecológico el cual explica el 12.85 % de la varianza total, siendo la rotación o intercalamiento de cultivos, abonos orgánicos, y manejo de residuos las variables de mayores valores existiendo una estrecha relación positiva entre ellas. Este resultado permite comprobar la importancia de incluir en estudios de las concentraciones de metales pesados las variables de manejo agroecológico

por su aporte a la variabilidad total de los datos. Aunque su presencia aislada evidencia que no existe un efecto marcado de estas medidas en dichas concentraciones.

Propuesta de medidas para reducir la incidencia de los factores agroproductivos en la acumulación de MPs.

Una vez analizados los contenidos de metales pesados detectados en los suelos cultivados con tabaco en la provincia de Pinar del Río se evidenció que las concentraciones seudototales de metales pesados están por debajo de los valores de alerta establecidos para los suelos cubanos por Rodríguez *et al.* (2015) aunque, en el futuro debe monitorearse la evolución de los mismos.

Para ello se proponen medidas con el fin de evitar la influencia negativa de los factores agroproductivos en la acumulación de MPs. Una de las medidas es el manejo de las propiedades edáficas para estabilizar los parámetros relacionados con la biodisponibilidad de MPs. Las acciones fundamentales propuestas para complementar esta medida son las siguientes:

- Identificación de las áreas donde se registran concentraciones de MPs superiores a los valores de

referencia establecidos para los suelos cubanos.

- Seguir con atención la evolución del pH en el suelo, pues un descenso del mismo incrementaría la disponibilidad de MPs y por tanto las concentraciones asequibles para la planta de tabaco.
- Incrementar el pH del suelo mediante enmiendas químicas con carbonato de calcio lo que convierte a los metales en formas más insolubles.
- Aumentar los contenidos de materia orgánica en el suelo ya que la misma tiene la capacidad de retener fuertemente metales pesados a través de la formación de quelatos.

Otra de las medidas propuestas es el manejo de cultivos alternantes con el objetivo de introducir otras especies en áreas cultivadas que pueden ser usadas como fitoextractoras de diferentes metales pesados.

Algunas plantas pueden crecer y desarrollarse en suelos contaminados por metales pesados sin mostrar síntomas de toxicidad. Estas plantas tienen ciertas habilidades para la acumulación (principalmente en la raíz y en la parte aérea) de contaminantes del suelo (Su *et al.*, 2014). Las plantas llamadas hiperacumuladoras son

usadas generalmente en estrategias de fitorremediación de suelos contaminados. La fitorremediación es una técnica amigable y económicamente viable empleada para mitigar la contaminación del suelo en áreas agrícolas (Shu *et al.*, 2015).

Las plantas con una alta capacidad para acumular metales tuvieron aceptación a partir de la década de 1990. Entre las especies identificadas como hiper acumuladoras de MPs se encuentra el maíz (*Zea maíz* L.) capaz de absorber grandes cantidades de metales pesados presentes en el suelo especialmente plomo y zinc (Wuana and Okieimen 2010). El maíz puede ser usado para la fitorremediación de suelos y sustratos contaminados con metales pesados, y puede mejorar el valor económico de las áreas importantes en estrategias de sostenibilidad (Arbaoui *et al.*, 2013). La necesidad de realizar esta actividad en suelos cultivados con tabaco se debe principalmente al fuerte potencial que tiene este cultivo para acumular algunos elementos metálicos en sus tejidos.

Entre las acciones a implementar se encuentran:

- Selección de las áreas donde se registran concentraciones de MPs superiores a los valores de referencia establecidos para

los suelos de la llanura sur de Pinar del Río.

- Selección in situ de especies hiperacumuladoras de MPs que se adapten a las condiciones de suelo de la región mediante experimentos de campo.
- Establecer plantas bioindicadoras, que reflejen síntomas visibles tras ser expuestas a la contaminación.
- Establecer las especies de mayor crecimiento y desarrollo como alternantes al cultivo principal.

Como tercera medida se propone la reducción del uso de productos químicos destinados a la fertilización y el control fitosanitario. Para ello se deben tener en cuenta la amplia variedad de bioproductos que se producen en Cuba, los cuales se encuentran en fase de generalización destinados a la fertilización y estimulación del crecimiento. Entre estos se encuentran: los microorganismos eficientes, Azofert, Dimargon, EcoMic, Fitomas E, Fosforina, el Biobras-16, Biojas y BioenRaiz, con una amplia capacidad para suplementar o movilizar nutrientes a la planta. Otra alternativa es el empleo de fertilizantes orgánicos como complemento de la fertilización química.

Para cumplimentar estas medidas se proponen las siguientes acciones:

- Evaluar las concentraciones de MPs presentes como impurezas en fertilizantes químicos y productos fitosanitarios como posible fuente de contaminación.
- Emplear dosis reducidas de fertilizantes químicos unido a otros productos de probado efecto en la nutrición de las plantas. tal es el caso de los biofertilizantes y bioestimulantes.
- Evaluación sistemática de sus contenidos en metales pesados.
- Aplicar abonos orgánicos certificados o provenientes de fuentes certificadas.

Por último, se propone la capacitación de los productores, técnicos y directivos con el objetivo de introducir en sus parcelas estas y otras medidas encaminados a evitar o reducir la acumulación por MPs en los suelos; para lo cual se proponen las siguientes acciones:

- Proponer al sistema de extensión en la provincia de Pinar del Río para impartir seminarios, talleres y cursos de postgrado a productores y directivos de las zonas tabacaleras.
- Exponer las experiencias prácticas y conocimientos adquiridos para lograr su

generalización en las distintas entidades del territorio.

- Capacitar a los especialistas de las empresas de los municipios en estudio para el monitoreo de las concentraciones de metales pesados

Avances en la implementación de las medidas propuestas

Las medidas propuestas para reducir la influencia de los factores agroproductivos ya se encuentran en fase de implementación en todos los municipios del macizo tabacalero. Entre ellas se encuentran la evaluación de biofertilizantes para ser empleados en los planes de fertilización en el cultivo del tabaco. Como elemento novedoso se propone realizar monitoreo contante de las concentraciones de metales pesados en los suelos; con el objetivo de evitar que, la introducción de estos bioproductos contribuya al incremento de la disponibilidad de elementos metálicos en el suelo y por consiguiente incrementar el riesgo de ser extraído por la planta de tabaco.

El empleo de fertilizantes orgánicos es otra de las medidas que se emplean de forma tradicional en el cultivo del tabaco, sin embargo, en la actualidad la cobertura vegetal sigue siendo una de las medidas más empleadas para mejorar el estado nutricional del suelo y recuperar las propiedades físicas del mismo,

seguido del estiércol vacuno como los más empleados. Esta es una medida que contribuye a la recuperación paulatina de la capa vegetal del suelo, pero al mismo tiempo puede favorecer el traslado de metales pesados de sitios contaminados hasta las áreas de producción si no se realizan las determinaciones de MPs correspondientes en los sitios donde esta capa vegetal es extraída.

Los elementos expuestos a continuación se han dado a conocer a especialistas de suelo y agrotécnia de las empresas de abastecimiento y beneficio del tabaco de los municipios Pinar del Río y San Juan y Martínez y posteriormente serán presentadas en el resto de los municipios pertenecientes al macizo tabacalero. Estas y otras acciones relacionadas con la implementación de las medidas propuestas en esta investigación forman parte del proyecto PE-49 «Propuesta metodológica para el manejo agroecológico de suelos del municipio de Pinar del Río, mediante en el establecimiento de valores de referencia de contaminación por metales pesados».

CONCLUSIONES

- Se pudo constatar que existe uniformidad en la forma en que se realizan las acciones de manejo agronómico por parte de los productores en la zona de estudio.

- La presencia de todos los metales pesados de forma aislada en los tres primeros componentes evidencia que su principal fuente de procedencia es pedogenética y no está relacionada con los factores socioagronómicos
- Las prácticas dirigidas al mejoramiento de suelos no se encuentran generalizadas sobre todo las relacionadas con el intercalamiento de cultivos y el empleo de abonos orgánicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arbaoui, S., Evlard, A., Mhamdi, M.E., Campanella, B., Paul, R., & Bettaieb, T. (2013). Potential of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) and corn (*Zea mays* L.) for phytoremediation of dredging sludge contaminated by trace metals. *Biodegradation*, 24(4), 563-567. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/T_Bettaieb/publication/235717561_Potential_of_kenaf_Hibiscus_cannabinus_L_and_corn_Zea_mays_L_for_phytoremediation_of_dredging_sludge_contaminated_by_trace_metals/links/5637611e08aed65d3c42a5f6.pdf
- Bartlett, M.S. (1937). Properties of sufficiency and statistical test. *Proc. Roy. Soc. P.* 160, 268. Recuperado de <http://rspa.royalsocietypublishing.org/content/160/901/268.abstract>
- Cairo, P. & Fundora, O. (1994). Edafología. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Cardoso H. (2017). Evaluación de los contenidos de metales pesados y fósforo soluble en el macizo tabacalero Pinar del Río. (Tesis en opción al título académico de Máster). Universidad de Pinar del Río. Pinar del Río, Cuba.
- Chen, J.Q., Wang, Z.X. and Wu, X. (2011). Source and hazard identification of heavy metals in soils of Changsha based on TIN model and direct exposure method. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 21(3), 642-651. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1003632611607619>
- Cruz, Y. (2009). Metales pesados y su impacto medioambiental. *Cuba Tabaco*, 10, 43-47. (version impresa).
- De Oliveira, H.J. (2013). *Metais Pesados em Lavouras de Tabaco (Nicotiana Tabacum) Tipo Virgínia da Região Sul do Brasil*. (Tesis en opción al grado científico de doctor en Ciencias). Universidad Federal Rural de Río de Janeiro, Brasil.

- Dick, R.P. & Halvorson, J.J. (1996). Standardized methods, sampling, and sample pretreatment. En: *Methods for assessing soil quality*, Soil Science Society of America. pp. 107-121. Recuperado de <https://dl.sciencesocieties.org/publications/books/abstracts/ssaspecialpubl/methodsforasses/107>
- Diez, J. (2008). Fitocorrección de suelos contaminados con metales pesados: evaluación de plantas tolerantes y optimización del proceso mediante prácticas agronómicas. Univ Santiago de Compostela. Recuperado de https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/2540/9788498872026_content.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Field A. (2009) *Discovering Statistics using SPSS Third Edition*. SAGE Publications Inc. Thousand Oaks, California 91320.
- Font, H., Noda, A., Torres, V., Herrera, M., Lizazo, D., Sarduy, L. & Rodríguez, L. (2007). ComparPro versión 1.0. Dpto. Biomatemática, ICA.
- Galán, E. & Romero, A. (2008). Contaminación de Suelos por Metales Pesados. *Revista de la sociedad española de mineralogía*, 10, 48-60. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6404529>
- He, Z., Shentu, J., Yang, X., Baligar, V.C., Zhang, T., & Stoffella, P.J. (2015). Heavy metal contamination of soils: Sources, indicators and assessment. *Journal of Environmental Indicators*, 9, 17-18. Recuperado de <http://scholar.uwindsor.ca/cgi/viewcontent.cgi?article=1020&context=icei2015>
- Kennou, B., El Meray, M., Romane, A., & Arjouni, Y. (2015). Assessment of heavy metal availability (Pb, Cu, Cr, Cd, Zn) and speciation in contaminated soils and sediment of discharge by sequential extraction. *Environmental Earth Sciences*, 74(7), 5849-5858. doi: 10.1007/s12665-015-4609-y. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-015-4609-y>
- Martínez, A. Y., Febles, J. M., Amaral, N. M., Benítez, M., Morejón, M., Ruíz, M., & Hernández, R. (2018). Alternancia de cultivos, su efecto sobre el suelo en zonas dedicadas a tabaco negro en Pinar del Río. *Revista Centro Agrícola*, 45(1), 69-77. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v45n1/cag09118.pdf>

- MINAG. (2012), Ministerio de la Agricultura, Cuba: Manual técnico para la producción de tabaco Negro al sol ensartado, AGRINFOR, La Habana.
- Rodríguez, M., Muñíz, O., Montero, A., Araújo, C. W., Calero, B., De Aguiar, A. M., Chávez, N., Leal, A., Hernández, M. (2015). Valores de calidad para metales pesados en suelos de Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 7 p.
- Shu C., Chin H., Yung L., Sheng L. & Kuo C. (2014). Phytoremediation of lead using corn in contaminated agricultural land: An in situ study and benefit assessment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 111(2015), 72-77. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651314004412>
- Sposito, G. (2008). The chemistry of soils. 2nd Ed. Oxford University New York.
- Su, Ch, Jiang L. & Zhang W. (2014). A review on heavy metal contamination in the soil worldwide: situation, impact and remediation techniques. *Environmental Skeptics and Critics*, 3(2), 24-38. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/285634155_A_review_on_heavy_metal_contamination_in_the_soil_worldwide_Situation_impact_and_remediation_techniques
- Wuana, R., & Okieimen, F. (2010). Phytoremediation potential of maize (*Zea mays* L.). A review. *African Journal of General Agriculture*, 6(4), 275-287. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Raymond_Wuana/publication/266461659_Phytoremediation_Potential_of_Maize_Zea_mays_L_A_Review/links/54d6129a0cf25013d02d4867.pdf
- Ziarati, P., Mousavi, Z. & Pashapour, S. (2017). Analysis of Heavy Metals in Cigarette Tobacco. *J. Medical Discovery*, 2(1), 2-6. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Parisa_Ziarati/publication/315727081_Analysis_of_Heavy_Metals_in_Cigarette_Tobacco/links/58df4a2aa6fdcc41bf8ea337/Analysis-of-Heavy-Metals-in-Cigarette-Tobacco.pdf