



Impacto del factor antrópico en las propiedades de los suelos de la Finca “El Pitirre”, Pinar del Río

Impact of the anthropogenic factor on the soil properties of "El Pitirre" Farm

 Greter Carnero Lazo*,  Alberto Hernández Jiménez,  Elein Terry Alfonso

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32700

RESUMEN: Se realizó un estudio edafológico de la UBP “El Pitirre”, en la provincia Pinar del Río, mediante la aplicación del método genético - geográfico dokuchaeviano, con el objetivo de evaluar cuantitativamente el impacto del hombre en el cambio de las propiedades edafológicas para obtener información básica que permita lograr rendimientos adecuados en las plantas proteicas y medicinales, manteniendo una adecuada fertilidad en los suelos. Para ello se diagnosticó y caracterizó los tipos de suelos y su distribución, se efectuó la clasificación y el análisis físico y químico. Los principales tipos genéticos diagnosticados son el Fersialítico Rojo Lixiviado (FrsRL) y el Gleysol Húmico (GH). El suelo FrsRL tiene varios subtipos; en áreas conservadas se presenta el suelo FrsRL húmico y mullido en las partes altas del relieve. En regiones más bajas se forma el suelo FrsRL gléyico. Además, debido a la pérdida de suelo por causas antrópicas, se clasifican los subtipos FrsRL erogénico y FrsRL erogénico y gléyico. Para el suelo GH se encontró el subtipo GH háplico en las áreas conservadas y el GH erogénico para las antropizadas. Se diagnosticaron dos áreas pequeñas, una de un suelo Pardo erogénico y otra de un Gleysol Vértico crómico. Los suelos en general son de contenido mediano en materia orgánica. Tienen reacción de neutra a ligeramente ácida en superficie, pero resulta más ácida hacia la parte media del perfil. Además, poseen un contenido muy bajo en fósforo y potasio asimilables.

Palabras clave: suelos antropogénicos, erosión, degradación.

ABSTRACT: An edaphological study of "El Pitirre" Farm, in Pinar del Rio Province, was carried out by applying the genetic - geographic dokuchaevian method, with the objective of quantitatively evaluating the man impact in the change of edaphological properties to obtain basic information that allows achieving adequate yields in protein and medicinal plants, maintaining an adequate fertility in the soils. For this purpose, soil types and their distribution were diagnosed and characterized, and physical and chemical classification and analysis were carried out. The main genetic types diagnosed are Lixivated Red Fersialitic (LRFrs) and Humic Gleysol (HG). The LRFrs soil has several subtypes; in conserved areas the LRFrs humic and mollic soil is present in the higher parts of the relief. In lower regions, LRFrs gleyic soil is formed. In addition, due to soil loss due to anthropogenic causes, the subtypes LRFrs erogenic and LRFrs erogenic and gleyic are classified. For the HG soil, the subtype HG haplic was found in the conserved areas and the HG erogenic for the anthropized areas. Two small areas were diagnosed, one of an erogenic brown soil and the other of a chromic Vertic Gleysol. The soils in general have a medium organic matter content. They have a neutral to slightly acid reaction on the surface, but become more acidic towards the middle part of the profile. They also have a very low content of assimilable phosphorus and potassium.

Key words: anthropogenic soils, soil erosion, degradation.

*Autor para correspondencia. greter@inca.edu.cu; gretercarnerolazo@gmail.com

Recibido: 18/12/2022

Aceptado: 08/02/2024

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses

Contribución de los autores: **Conceptualización-** Greter Carnero-Lazo. **Investigación-** Greter Carnero-Lazo, Alberto Hernández-Jiménez, Elein Terry Alfonso. **Metodología-** Greter Carnero-Lazo, Alberto Hernández-Jiménez. **Supervisión-** Greter Carnero-Lazo.

Escritura del borrador inicial, Escritura y edición final y Curación de datos- Greter Carnero-Lazo.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

Desde la década de los años 60 del siglo XX, se comenzó a desarrollar en el mundo una agricultura de altos insumos, a la que se denominó Revolución Científico Técnica en la Agricultura o Revolución Verde, con el objetivo de lograr aumentos en la producción de alimentos. Este tipo de agricultura trajo consigo la aplicación excesiva de agroquímicos (fertilizantes y pesticidas), mecanización y riego, la cual provocó grandes problemas en el ambiente, principalmente el deterioro de las propiedades de los suelos.

En el año 1990, durante el Congreso Mundial de Suelos de Kyoto, Japón, los especialistas holandeses presentaron los resultados del proyecto GLASOD (Global Assessment Soil Degradation), es decir la Evaluación de la Degradación de los Suelos en el Mundo y, a partir de este, se comienza a tomar conciencia sobre esta problemática. Según los resultados de dicho proyecto, la degradación de los suelos fue solamente de 6 % entre los años 1900 y 1945 mientras que, posterior a la Guerra Mundial (1945 a 1990), aumentó considerablemente y alcanzó como promedio mundial 17 % (1).

Posteriormente, durante la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro en 1992, se llega a tomar mayor conciencia de la actividad desmesurada del hombre en su desarrollo, con el aumento de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera, que está conllevando al Cambio Climático, siendo la problemática del Cambio de Uso de los Suelos y la Agricultura Intensiva, conjuntamente con el consumo inmoderado de los combustibles fósiles, las causas principales de estos desajustes ambientales que hoy día amenazan la salud y la alimentación a nivel mundial (2).

Una de las causas que provoca estos problemas es el manejo indebido de los suelos, con los cambios de sus propiedades por el uso agrícola intensivo y el cambio de los bosques a áreas de cultivo y, a partir de esto surge el concepto de "Cambios Globales en los Suelos", los cuales se deben al efecto del Cambio Climático, la Concentración de GEI, el cultivo continuado en la agricultura y a la combinación de los factores anteriores (3). Los procesos inducidos por el hombre, también llamados procesos antrópicos, conducen a diferentes transformaciones en las propiedades de los suelos, los cuales influyen además en la fertilidad y productividad de los mismos (4).

Luego, en el año 1997 se firma internacionalmente el Protocolo de Kyoto que trata sobre las reducciones de las emisiones de GEI que causan el calentamiento global y se acuerda la política de la reducción de dichas emisiones con los programas de mitigación y adaptación al Cambio Climático.

Teniendo en cuenta lo anterior, se han realizado numerosas investigaciones en relación con el deterioro de las propiedades del suelo por la influencia de las pérdidas de la materia orgánica y el carbono, debido a las prácticas de manejo de una agricultura de altos insumos y/o continuada (5-8).

Debe destacarse que en la edafología ruso-soviética desde hace 40-50 años se vienen presentando resultados sobre el cambio de las propiedades de los suelos por la acción antropogénica. Esta problemática conllevó a que se planteara la necesidad de incluir en la clasificación de los suelos los cambios de sus propiedades por la acción antropogénica, denominando suelos a nivel de subtipo como agrogénicos y erogénicos (9). Estos conceptos se aplicaron en la Nueva Clasificación de suelos de Rusia (10).

Por otra parte, se comparan diferentes clasificaciones de suelos en las cuales se comienza a aplicar estos principios, tales como la clasificación de suelos de Rusia, China, World Reference Base y Referencial Pedológico Francés (11).

Así se tiene que, en la Clasificación Mundial de Suelos del World Reference Base (WRB) el calificativo de agric se aplica para diferentes Grupos de Referenciales de Suelos con indicadores de cambio de las propiedades del mismo por la acción antropogénica (12). En la Clasificación de Suelos de China, se presentan categorías de clasificación: Orden de suelo Antrosol, con dos Subórdenes Antrosol Estágnico y Antrosol Órtico. Además, dentro de estos Subórdenes se separan Grupos de Suelos, cuatro para cada Suborden. Se presentan Subgrupos agrícolas dentro de seis Grupos de Suelos. Para el caso específico de los suelos bajo cultivo de arroz, se tiene el Subgrupo Antrostágnico cuando las propiedades cambian por este cultivo (13). En el Referencial Pedológico Francés, se emplean calificativos como: enmendado, antrópico, transformado, erosionado; para distintos Grupos de Referenciales de Suelos (14).

Además, en la Clasificación y Diagnóstico de Suelos de Rusia con los subtipos agrogénicos y erogénicos, para diferentes tipos genéticos de suelos, el primero para los cambios en las propiedades de los suelos por el cultivo continuado en relieves llanos y el segundo por los cambios provocados por la erosión en los suelos en relieves ondulados, alomados y montañosos (10). La actualización del sistema de clasificación de suelos rusos, como procedimiento preliminar para el desarrollo de su nueva versión, propuso ampliar el conjunto de horizontes modificados por el hombre introduciendo horizontes tecnogénicos, agregar un horizonte chernozémico especial (como el horizonte chérnico en la WRB) y, separar el horizonte de turba mesotrófico del horizonte eutrófico y horizontes de turba oligotróficos (15).

Teniendo en cuenta que en el mundo comienzan a incorporarse criterios de clasificación de suelos debido al cambio de sus propiedades por la acción del hombre, se elaboró la actual versión de Clasificación de los Suelos de Cuba que incluye subtipos de suelos agrogénicos y erogénicos (16).

La Unidad de Base Productiva (UBP) "El Pitirre" constituye una de las unidades agrícolas que integran la Entidad de Ciencia, Tecnología e Innovación (ECTI) "Sierra Maestra", la misma se avizora para la producción de plantas proteicas y medicinales, la reproducción

de avestruces y la cría de animales. Además, se pone de manifiesto que la acción del hombre es muy marcada en el cambio de las propiedades de los suelos debido, principalmente, a que en este agroecosistema la vegetación inicial era de marabú (*Dichrostachys cinerea* L.) y que en el desbroce para establecer los cultivos se perdió gran parte del horizonte A, sobre todo por las condiciones del relieve ondulado alomado. Tomando en consideración lo expuesto anteriormente, el objetivo de la presente investigación es evaluar cuantitativamente el área degradada por el impacto antropogénico en el manejo de los suelos de la UBP "El Pitirre" para obtener información básica que permita lograr rendimientos adecuados en las plantas proteicas y medicinales, manteniendo una adecuada fertilidad en los suelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la UBP "El Pitirre" ubicada en la región occidental de Cuba, en la provincia Pinar del Río, 10 km al Norte del municipio Los Palacios (entre las coordenadas de Latitud: 317, 319 N y Longitud: 269, 271 E, del Sistema Cuba Norte, proyección Cónica Conforme de Lambert), en el período de febrero - marzo de 2019. Los intereses de la UBP son la siembra de plantas proteicas (moringa, morera, tithonia y cratylia) para la alimentación pecuaria. El fomento de plantas con fines medicinales (morera, stevia, flor de Jamaica, acerola y cúrcuma); así como el cultivo de la sachá inchi. Además, la reproducción de avestruces y la cría de animales (aves, conejos, carneros y búfalos). En síntesis, su objetivo es generar estudios de plantas vinculadas a la alimentación humana y animal, y al desarrollo de productos de interés para las industrias farmacéutica, biotecnológica y cosmética.

Para el diagnóstico se tomaron siete perfiles de suelos, según las formas del relieve (partes altas, media y baja) en un área de 93,36 ha. La descripción y caracterización morfológica de los perfiles de suelos se realizó según la guía del Manual para la Cartografía de suelos y la Descripción de perfiles de suelos, así como la clasificación del grado de erosión del área en base a los valores de intensidad que se presenta: Muy fuerte (pérdida del horizonte A y pérdidas del horizonte B entre 25-75 %), Fuerte (pérdidas del horizonte A desde el 75 % hasta el 25 % del horizonte B), Mediana (pérdidas del horizonte A entre un 25 y 75 %), Poca (pérdida del horizonte A menor del 25 %) y Sin erosión (17).

Los suelos se clasificaron según la versión actual de la Clasificación de los suelos de Cuba (16), ya que en la misma se presentan, por primera vez, atributos que corresponden con la acción del hombre en el cambio de las propiedades de los suelos y la Base Mundial de Referencia para los Recursos del Suelo (WRB) (12).

Los análisis se realizaron en el laboratorio de física y análisis químico de suelos del Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Las evaluaciones y los métodos analíticos empleados fueron los siguientes (18):

- composición mecánica: por el método de Bouyoucos modificado, utilizando pirofosfato de sodio para eliminar materia orgánica y hexametáfosfato de sodio como dispersante.
- textura: se determinó mediante el triángulo textural.
- color: según la Tabla Munsell.
- pH en agua: según el método Potenciométrico, relación suelo: agua 1:2,5.
- materia orgánica: por el método de Walkley y Black.
- fósforo asimilable: por el método de Oniani.
- potasio asimilable se calculó a partir de los resultados obtenidos en el potasio intercambiable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características morfológicas de los suelos

Es importante señalar que, en la formación y distribución de los suelos del área objeto de estudio, existen dos tipos de formaciones del relieve y de suelos diferentes. Esto permite diferenciar dos formas de paisaje con distintas formaciones de suelos: El Paisaje I con relieve fuertemente ondulado, con pendientes de 6-12 %, diseccionado por algunos arroyos que lo atraviesan y, el Paisaje II con formas onduladas del relieve en pendientes de 2-5 % con formaciones de terrazas fluviales y elevaciones hacia la presa.

En la [Tabla 1](#) se presentan las características morfológicas de los suelos. Basado en el análisis de la morfología de los perfiles, fueron clasificados cuatro subtipos de suelos: Fersialítico Rojo Lixiviado mullido y húmico (FrsRLmh), Fersialítico Rojo Lixiviado erogénico (FrsRLer), Fersialítico Rojo Lixiviado gléyico (FrsRLg), Gleysol Húmico erogénico (GHer) y Gleysol Vértico crómico (GVc).

El suelo **Fersialítico Rojo Lixiviado mullido y húmico (FrsRLmh)**: Está representado por los perfiles 1 y 4, se localiza en la parte alta y estable del relieve con vegetación conservada, ya sea de pastizales o pastizales entre arboleda ya establecida. La topografía del terreno circundante es fuertemente ondulada, con pendientes donde se tomaron ambos perfiles: menor de 2 y 3 %, respectivamente. Presentan un drenaje superficial e interno bien drenado.

Como se observa en la descripción, estos suelos son de perfil o tipo Amh-Btfrs-CRca y ocupan un área de 5 ha. Son de color pardo rojizo bien marcado en el horizonte Bt y medianamente profundos con un horizonte subyacente rico en piedras de rocas calizas duras y redondeadas a 45-50 cm de profundidad.

Por las descripciones morfológicas de ambos perfiles, se demuestra que estos se formaron sobre sedimentos del Cuaternario antiguo que fue muy lluvioso, el material subyacente es de pedregones de caliza dura y encima del mismo, posteriormente se depositaron materiales transportados con fragmentos de rocas básicas y ultrabásicas, posiblemente basalto serpentizados que fueron cubiertos por las calizas y que salen a la

Tabla 1. Características morfológicas de los perfiles de suelos de la UBP "El Pitirre"

Horizontes	Profundidad (cm)	Clase textural	Estructura	Color (seco/húmedo)	Consistencia
Perfiles 1 y 4 (FrsRLmh)					
A ₁₁ mh	0 - 14	Arcillo arenosa	Granular	(5YR3/3) Pardo rojizo oscuro	Friable
AB _{tmh}	14 - 29	Arcillosa	Granular	(5YR3/4) Pardo rojizo oscuro/ (5YR3/3) Pardo rojizo oscuro	Friable
B _{tfrs}	29 - 41	Arcillosa	Pequeños bloques subangulares que se disgregan a nuciforme	(2,5YR3/3) Pardo rojizo oscuro	Friable
BC _{gr}	41 - 54	Arcillosa	No definida	(2,5YR3/4) Pardo rojizo oscuro	Compactado
CR _{ca}	54 - 69	Arcillo arenosa	No definida	(5YR8/2) Rosado	Compactado
R _{ca}	> 69	No definida	No definida	(5YR8/2) Rosado	Compactado
Perfiles 2, 5 y 6 (FrsRLer)					
A _{er}	0 - 13	Arcillosa	Bloques subangulares	(5YR3/3) Pardo rojizo oscuro	Friable
B ₁	13 - 24	Arcillosa	Bloques subangulares	(5YR3/4) Pardo rojizo oscuro/ (5YR4/3) Pardo rojizo	Compactado
B ₂₁	24 - 43	Arcillosa	Poliédrica fina	(2,5YR3/4) Pardo rojizo oscuro/ (2,5YR3/6) Rojo oscuro	Compactado
B _{22t}	43 - 71	Arcillosa	Poliédrica	(2,5YR3/6) Rojo oscuro/ (2,5YR4/6) Rojo	Compactado
B _{3gr}	71 - 85	Arcillosa	No definida	(5YR4/6) Rojo amarillento/ (5YR4/4) Pardo rojizo	Ligeramente compactado
Perfil 7 (FrsRLer y gléyico)					
A	0 - 21	Franco arcillosa	Granular	(10YR4/3) Pardo	Friable
B(g)	21 - 40	Arcillosa	Bloques subangulares	(10YR5/3) Pardo	Ligeramente compactado
BC _{ggr}	40 - 46	Arcillosa	Bloques subangulares	(10YR4/3) Pardo	Compactado
C _{gr}	> 46	No definida	No definida	No definido	Compactado
Perfil 3 (GHer)					
A _{per}	0 - 14	Franco arcillo arenosa	Poco estructurado	(10YR5/3) Pardo/ (10YR3/3) Pardo oscuro	Friable
B(g)	14 - 29	Arcillo arenosa	Bloques subangulares	(10YR5/4) Pardo amarillento/ (10YR4/4) Pardo amarillento	Friable a ligeramente compactado
C _{1g}	29 - 50	Arcillosa	Bloques subangulares	(7,5YR4/4) Pardo/ (7,5YR4/3) Pardo	Compactado y algo plástico
C _{2G}	50 - 76	Arcillo arenosa	Bloques prismáticos	(7,5YR5/4) Pardo/ (10YR4/6) Pardo amarillento oscuro	Compactado y algo plástico

superficie en los taludes cortados por los ríos que se formaron después. Independientemente que esta es una característica que se diagnostica por el levantamiento de suelos, en cierta forma esto coincide con el suelo separado en el mapa genético de suelos de Cuba, donde se refiere como Latosólico menos evolucionado formado de materiales transportados de rocas ígneas (19).

Según los resultados del análisis mecánico y la determinación de la textura, esta se presenta como franco arcillo arenosa a arcillo arenosa en el horizonte A y más arcillosa en el Bt. La estructura es muy buena en el horizonte A, del tipo granular, por lo que entre otras características se clasifica como mullido (16) y Luvisol rojo, arcilloso, húmico (12).

El suelo **Fersialítico Rojo Lixiviado erogénico (FrsRLer)**: Está representado por los perfiles 2, 5 y 6. Se localiza en fase de pendiente o en parte alta y estable, bajo siembra reciente con muy poca cobertura vegetal o se encuentra preparado para sembrar, sin cobertura vegetal. En el proceso de desmonte de *D. cinerea* para la siembra, tuvo lugar pérdidas de suelo alrededor de 20 cm,

que aún se manifiestan en plantaciones muy recientes (un año o menos) por la poca cobertura vegetal entre los arbustos. La topografía del terreno circundante es fuertemente ondulada, las pendientes donde se tomaron los perfiles son: 10-12, 9-10 y 8 % respectivamente. Presentan un drenaje superficial e interno excesivamente drenado.

Como se puede observar en las descripciones, los que son poco erosionados son de perfil o de tipo Aer-Bt-B₃gr-CR_{ca} y los fuertemente erosionados son de perfil o de tipo BA-Bt-B_{gr}-CR_{ca} y ocupan una superficie de 68,77 ha. Resultan más profundos que los anteriores, llegando hasta 80-85 cm de profundidad si se incluye el horizonte B₃gr. En los resultados del análisis mecánico y la determinación de la textura, tienen horizonte arcilloso a areno arcilloso en superficie, que pasa a un horizonte Bt, con cutanes bien diferenciados.

Debido a las pérdidas por erosión se clasifican como subtipos de suelo erogénico. Los perfiles 2 y 5 son poco erosionados, mientras que el perfil 6 es fuertemente erosionado, ya que perdió gran parte del horizonte A

y parte del B, aflorando un horizonte BA en superficie. Estudios recientes han demostrado que el cambio climático progresivo y la intensificación agrícola aceleran los procesos de erosión (20, 21).

Los suelos fersialíticos presentan mayor vulnerabilidad a la erosión y degradación debido a la combinación de diversos factores, ya que han sido sometidos a procesos de degradación de origen natural o antropogénico. Las propiedades físicas de los mismos suelen ser afectadas, con efectos sobre el crecimiento de las plantas, el rendimiento y la calidad de las cosechas, incrementando también la vulnerabilidad a la erosión. Esto se debe al tipo de mineral arcilloso (2:1), ya que las arcillas, aunque se encuentren formando agregados del suelo, al humedecerse se dilatan y tienden a dispersarse, por lo que se lavan fácilmente con las lluvias o el agua de riego. Esta particularidad es más acentuada cuando en el horizonte B estos suelos presentan propiedades vérticas, o el horizonte argílico (22). En el caso específico de los suelos Fersialíticos Rojos de la finca, resultan lixiviados por la presencia del horizonte argílico. Debido a lo expuesto anteriormente, estos suelos se erosionan fácilmente y, en este caso, están erosionados por la influencia antropogénica; es por ello que se clasifican como erogénicos (16) y Luvisol rojo (12).

Los suelos **Fersialítico Rojo Lixiviado erogénico y gléyico (FrsRLer y g)**: Se representa por la descripción del perfil 7 reconstruida por el micromonolito, sin datos analíticos. Se localizan principalmente en el paisaje II, en las terrazas fluviales hacia la presa. La topografía del terreno circundante es ondulada con formación de terrazas aluviales, la pendiente donde se tomó el perfil es de 4 %. Presentan un drenaje superficial e interno moderadamente drenado. En ellos para su uso agrícola es importante tener en cuenta la pendiente, ya que algunos se encuentran en la parte intermedia entre la pendiente y la parte baja cerca de los arroyos.

A pesar que este suelo está situado en una parte del relieve relativamente alto hay síntomas de gleyzación en el mismo, como resultado de una formación con más influencia de exceso de humedad que en la actualidad. Esta situación va cambiando a medida que el relieve fue ascendiendo por los movimientos neotectónicos en el período Cuaternario y no tiene esa influencia tan marcada como ocurre en las partes bajas del relieve donde la gleyzación es actual.

El subtipo de suelo **Gleysol Húmico erogénico (GHer)**: Está representado por el perfil 3, se localiza en las partes más bajas del relieve. El lugar donde se caracterizó el perfil está sembrado de mango (*Mangifera indica* L.) de un año, en malas condiciones como resultado del mal drenaje. La topografía del terreno circundante es fuertemente ondulada, con pendientes donde se tomó el perfil 2 %. Presentan un drenaje superficial e interno imperfectamente drenado. Como se observa en la descripción estos suelos, son de perfil o de tipo (Aper-C₁g-C₂G) y ocupan una extensión de 13,69 ha.

Su formación está condicionada a dos factores determinantes; por una parte, tienen materiales transportados aluviales - deluviales, es decir, está sujeto a materiales sedimentarios y, por otra, presentan una marcada formación hidromórfica en el espesor superior del suelo a menos de 50 cm de profundidad. La hidromorfía se refleja por manchas de reducción, grises y verdosas y, sobre todo formaciones negras ferromangánicas que, en ocasiones, están un poco endurecidas y le dan el carácter de Nodular Ferruginoso. El suelo en condiciones naturales era un Gleysol Húmico háptico (con una buena humificación), que se ha cambiado como resultado de la antropogénesis en el desbrozamiento de *D. cinerea*, con pérdidas de suelo y de la materia orgánica, por lo que debe clasificarse como subtipo erogénico.

La presencia de las manchas ferromangánicas es el resultado de los procesos de oxidación y reducción que ocurre en el suelo debido al mal drenaje y caracteriza a los suelos que se clasifican como Gleysol cuando ellas se presentan por encima de los 50 cm de profundidad (16) y Gleysol flúvico, éutrico (12).

Está formado de los sedimentos de las partes altas, por lo que las diferencias en la textura por el perfil son debido a las sedimentaciones diferenciadas de las partículas de las partes más altas. Por esto, los contenidos en fósforo y potasio asimilables resultan muy bajos, al igual que los suelos de las partes altas (23, 24).

El pH es más ácido que en los otros suelos (23, 24) sobre todo, en la parte media y baja del perfil donde es manifiesta la hidromorfía. Esta acidez es provocada por los materiales sedimentarios de las partes altas que tienen cierta acidez y además por la reducción del hierro debido a la hidromorfía. El hierro cuando se reduce gana un electrón y provoca acidez (25).

A pesar de la acción erogénica en el desbroce de *D. cinerea*, este suelo no presenta un contenido en materia orgánica bajo, ya que es de 3,88 % en el horizonte A (23, 24), relativamente alto para un suelo del subtipo erogénico. Esto demuestra que su formación inicial era del subtipo húmico y se disminuye la materia orgánica por la acción del hombre (formación erogénica). Por lo anterior, las RCO resultan relativamente altas, con contenidos muy cercanos a los del subtipo húmico de los suelos Fersialíticos Rojos Lixiviados.

El suelo clasificado como **Gleysol Vértico crómico (GVc)**: fue identificado al final del paisaje II y, hacia la presa, tiene una vegetación de pastizales y arbustos y se caracteriza por una marcada gleyzación y en el horizonte superior tiene una textura muy arcillosa rica en minerales arcillosos del tipo 2:1, con una estructura de bloques prismáticos medianos con caras de deslizamiento, que se identifica como características vérticas. Presenta muchas grietas en superficie debido al carácter vértico. Ocupa una superficie de 2,78 ha.

Este suelo no debe utilizarse en la siembra de las plantas proteicas y medicinales debido a la manifestación del proceso de gleyzación, que resulta negativo a los cultivos por el exceso de humedad en condiciones de mal drenaje.

Resultaría muy adecuado para el cultivo del arroz inundado por la capacidad que poseen los mismos para retener agua.

Clasificación de los suelos en la región de estudio

En la [Tabla 2](#) se aprecia que en el área de estudio aparecen tres agrupamientos de suelos diferentes: Fersialítico, Pardo sialítico y Gleysols. De manera general, en todos los casos varía el nivel de erosión de los mismos, la cual va de suave a media, debido a que en toda la región, en su mayor parte ocupada anteriormente por *D. cinerea*, el desbroce de esa vegetación al parecer conllevó a la pérdida manifiesta de gran parte del horizonte A que estaba humificado. En condiciones de pendiente, se perdió parte de este horizonte por el desbroce y la erosión, por lo que se aplica el calificativo erogénico. Lo mismo sucede en llanuras en los suelos clasificados como Gleysols.

Se puede apreciar que el suelo predominante es del Agrupamiento Fersialítico y dentro del mismo el Tipo Genético de Fersialítico Rojo Lixiviado, que ocupa casi el 80 % del territorio cartografiado; en segundo lugar, está el Agrupamiento Gleysol, con los Tipos Genéticos Gleysol Húmico (17,25 %) y un área pequeña de suelo Gleysol Vértico (2,98 %).

En condiciones naturales, la interacción de los factores de formación de suelo da lugar a los procesos de formación de: fersialitización, lixiviación, gleyzación y humificación, dando lugar a cuatro tipos de suelo (Fersialítico Rojo lixiviado, Pardo, Gleysol Húmico y Gleysol Vértico); pero el desbrozamiento de la vegetación natural conllevó a la pérdida de gran parte del horizonte A, no solamente en condiciones de pendientes sino en relieves más estables. Es decir, el factor antropogénico origina los subtipos de suelos erogénicos según la clasificación de los suelos de Cuba de 2015 (16). Estos ocupan una superficie de 83,17 ha lo cual representa el 89,09 % del total.

Por lo anterior, al aplicar en este trabajo la versión de clasificación de suelos de Cuba 2015 ([Tabla 2](#)), aparecen subtipos de suelos erogénicos. No obstante, en este estudio se diagnostican suelos que no se encuentran en la nueva versión de clasificación de suelos de Cuba,

ni en las versiones anteriores, como son el Tipo de suelo Fersialítico Rojo Lixiviado (24). Además, se clasifica también el Gleysol Húmico erogénico que tampoco se encuentra en esta clasificación. Estos aspectos pueden enriquecer la clasificación de suelos de Cuba en la próxima actualización que se realice.

Impactos de la acción del hombre sobre las propiedades del suelo

En este estudio edafológico realizado en la UBP "El Pitirre" se pone de manifiesto que la acción del hombre es muy marcada en el cambio de las propiedades de los suelos debido, principalmente, a que en este agroecosistema, la vegetación inicial era de *D. cinerea*, una especie arbórea invasora no autóctona y que en el desbroce para establecer los cultivos se perdió gran parte del horizonte A, sobre todo por las condiciones del relieve ondulado alomado. En este sentido, hay autores que plantean que el hombre constituye un sexto factor en la formación del suelo, aunque realmente el hombre recibe el suelo formado en los diferentes ecosistemas terrestres (26-28).

En los estudios edafológicos hoy en día, se reconoce la influencia que ejerce el hombre sobre las propiedades de los suelos, sobre todo, cuando lo sobre explota para la producción agropecuaria (29-32).

En los estudios realizados en esta investigación, la pérdida del horizonte A pudiera provocar una alteración de la estabilidad de las poblaciones microbianas, disminuyendo la diversidad biológica que influye en la reducción de servicios ambientales como la retención de humedad, purificación de agua y captación de carbono, además de favorecer la degradación del suelo, la cual repercute en la baja fertilidad del mismo. Hay autores que hacen referencia al estado actual del conocimiento sobre la mineralización y el secuestro de carbono orgánico del suelo (COS) en sitios de erosión, así como los impactos de la descomposición y formación de agregados del suelo inducidos por la erosión. Además, proporcionan una visión general de las relaciones conceptuales entre las propiedades biológicas del suelo y la mineralización y el secuestro de COS en agroecosistemas erosionados (5).

Tabla 2. Clasificación y extensión de los suelos de la UBP "El Pitirre"

Agrupamiento	Tipo genético	Subtipo	Género	Especie	Área (%)	% del total
Suelo Fersialítico	Fersialítico Rojo Lixiviado	Húmico y mullido	Éutrico	Suave y medianamente erosionado	5,00	79,02
		Erogénico	Éutrico	Predominan las especies medianamente profundas	45,34	
		Erogénico y gléyico	Éutrico	Suavemente erosionado	23,43	
Suelo Pardo Sialítico	Pardo	Erogénico	Carbonatado	Fuertemente erosionado, poco profundo y pedregoso	0,71	0,76
Gleysol	Gleysol Húmico	Erogénico	Éutrico	Suavemente erosionado	13,69	17,25
		Háplico	Éutrico	Sin erosión, es humificado y profundo	2,41	
	Gleysol Vértico	Crómico	Éutrico	Predomina la especie profunda y arcillosa	2,78	2,98
Total					93,36	100,00

Al estudiar las pérdidas de suelo para el período de agricultura intensiva en las tierras cultivables de las zonas de estepa forestal y estepa de la Rusia europea y Siberia, los resultados obtenidos constituyen un ejemplo del deterioro de los suelos provocado por el hombre (33).

En el caso del área en estudio, ante la degradación por la pérdida del horizonte superficial, algunas técnicas pueden determinar el manejo adecuado del agroecosistema para asegurar la conservación del suelo, por ejemplo, la labranza apropiada, la fertilización, la rotación de cultivos y el manejo de los residuos; con estas alternativas, podría entonces atenuarse el efecto que el hombre ha provocado en aras de incrementar la producción de cultivos.

En la Tabla 3 se constata que los suelos poseen en general reacción ligeramente ácida, con el 51,43 % del área; el contenido en materia orgánica que predomina es el mediano, con el 57,68 % del área; y muy bajos valores de fósforo y potasio asimilables, con el 93,78 y 75,14 % del área, respectivamente. La deficiencia de estos elementos, así como, la tendencia a la acidez; son características propias de la formación natural del suelo. Sin embargo, los medianos contenidos de materia orgánica se le pudieran atribuir a que en la mayoría de las áreas cultivadas se ha perdido alrededor de 15-20 cm del espesor superior del suelo como resultado de la eliminación de *D. cinerea*, por lo que no se encuentran altos contenidos en materia orgánica.

De igual forma, en Cuba, se han obtenido resultados similares en suelos Fersialíticos sobre granitoides, donde el cambio de uso de los ecosistemas de *D. cinerea* a sistemas de cultivos es el responsable de la pérdida de más del 50 % del carbono orgánico, disminución de los contenidos de fósforo asimilable y porosidad total. Además, la evaluación del índice de calidad de los suelos mostró que se produjo una degradación en las propiedades del suelo debido al cambio de uso de los sistemas de *D. cinerea* para el uso agrícola (34).

CONCLUSIONES

En condiciones conservadas el suelo desarrolla un horizonte A mullido y húmico. Sin embargo, en condiciones de cultivo está ausente este tipo de horizonte, debido al proceso erosivo que ha tenido lugar por la pérdida parcial o total del horizonte A como resultado del desbroce de *D. cinerea*. Por lo anterior, tener cuidado en el proceso de eliminación del *D. cinerea* porque puede conllevar a la pérdida del horizonte superior (A) y, en consecuencia, pérdidas de materia orgánica y por tanto en reservas del carbono orgánico del suelo (COS). Debido a la pérdida

de suelo por causas antrópicas, se clasifican los subtipos FrsRL erogénico y FrsRL erogénico y gléyico. Para el suelo GH se encontró el subtipo GH háplico en las áreas conservadas y el Gleysol Húmico erogénico para las antropizadas. Los suelos poseen deficiencia en los contenidos de fósforo y potasio y reacción ligeramente ácida.

RECOMENDACIONES

Tomar en consideración los resultados obtenidos en esta investigación para evaluar la inclusión de un nuevo Agrupamiento de suelos Erosoles, así como el Tipo genético de Fersialítico Rojo Lixiviado y Gleysol Húmico erogénico en la próxima versión de la Clasificación de los Suelos de Cuba.

BIBLIOGRAFÍA

- Oldeman, I.R., Van Egelen, V.W. y Pulles, J.R. *The extent of human induced soil degradation* [en línea], ISRIC, Wageningen. The Netherlands, 1990, Disponible en: <https://isric.org/projects/global-assessment-human-induced-soil-degradation-glasod>.
- Nations, U. *Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Río de Janeiro, Brasil, 3-14 de junio de 1992* | Naciones Unidas [en línea], United Nations, edit. United Nations, 6 de julio de 2022, [Consultado: 6 de julio de 2022], Available from: <https://www.un.org/es/conferences/environment/rio1992>.
- Ingram, J. y Gregory, P. "The effects of Global Change on Soils", *Bulletin of the ISSS*, vol. 90, no. 2, 1996, pp. 63-65.
- Armenteros, Y.S. ; Vicedo, D.O. ; Alfonso, E.T. ; Jiménez, A.H. ; Fundora, A.B. y Cañizares, P.J.G. "Efectos de diferentes sistemas de manejo sobre las propiedades físicas de un Cambisol tropical, Cuba", *Universidad y Sociedad*, vol. 14, no. S1, 22 de febrero de 2022, pp. 565-571. Available from: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2667&ved=2ahUKEwjO04W84ZCJAxXemYQIHQJWCrQQFnoECBsQAQ&usg=AOvVaw3yIAhC_LI8P12fBMWzdo63
- Tilahun, E. ; Haile, M. ; Gebresamuel, G. y Zeleke, G. "Spatial and temporal dynamics of soil organic carbon stock and carbon sequestration affected by major land-use conversions in Northwestern highlands of Ethiopia", *Geoderma*, vol. 406, 15 de enero de 2022, p. 115506, ISSN 0016-7061, DOI <http://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115506>.

Tabla 3. Características químicas generales de los suelos en la Finca "El Pitirre"

Propiedad	Contenido	Categoría	Cantidad de parcelas	Valores promedio	Hectáreas (ha)	% del área
pH (H ₂ O)	6,1 - 6,5	Ligeramente ácido	21	6,3	48,01	51,43
MO (%)	3,0 - 3,9	Mediano	24	3,4	53,85	57,68
P ₂ O ₅ (mg 100g ⁻¹)	< 15	Muy bajo	35	8,1	87,56	93,78
K ₂ O (mg 100g ⁻¹)	< 10	Muy bajo	27	6,6	70,15	75,14
Total			39		93,36	100,00

6. Uddin, M.J. ; Hooda, P.S. ; Mohiuddin, A.S.M. ; Haque, M.E. ; Smith, M. ; Waller, M. y Biswas, J.K. "Soil organic carbon dynamics in the agricultural soils of Bangladesh following more than 20 years of land use intensification", *Journal of Environmental Management*, vol. 305, 1 de marzo de 2022, p. 114427, DOI <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114427>.
7. Jat, M.L. ; Chakraborty, D. ; Ladha, J.K. ; Parihar, C.M. ; Datta, A. ; Mandal, B. ; Nayak, H.S. ; Maity, P. ; Rana, D.S. ; Chaudhari, S.K. y Gerard, B. "Carbon sequestration potential, challenges, and strategies towards climate action in smallholder agricultural systems of South Asia", *Crop and Environment*, vol. 1, no. 1, 1 de marzo de 2022, pp. 86-101, DOI <http://doi.org/10.1016/j.crope.2022.03.005>.
8. Zhou, Y. ; Chartin, C. ; Van Oost, K. y van Wesemael, B. "High-resolution soil organic carbon mapping at the field scale in Southern Belgium (Wallonia)", *Geoderma*, vol. 422, 15 de septiembre de 2022, p. 115929, DOI <http://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115929>.
9. Tonkonogov, V.D. Evolución de la Clasificación Genética de los Suelos (en ruso), edit. Pochvovedenie, 2001, (ser. No. 6), p. 653-659.
10. Shishov, L.L., Tonkonogov, V.D., Lebedeva, I.I., Guerasimova, M.I. *Diagnóstico y Clasificación de los Suelos de Rusia (en ruso)*, Instituto de Suelos Dokuchaev, Moscú, 2004, p. 341, ISBN 5-93520-044-9. Available from: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://ediciones.inca.edu.cu/files/libros/libro_clasificacionsuelos.pdf&ved=2ahUKEwi-lfz4ZCJAXUQmYQIHUTEGEMQFnoECBYQAQ&usg=AOvVaw2VBFmE-wxn6QvXfUxMfhyq
11. Guerasimova, M.I., Stroganova, M.N., Mozharova, N.V. y Prokofieva, T.B. *Suelos Antropogénicos: Génesis, geografía y recultivación (en ruso)*, Smolensk, Oikumena, 2003, p. 268.
12. IUSS Working Group WRB *World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. [en línea], 4th edition, International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria, 2022, p. 236, [Consultado: 22 de abril de 2024], Available from: https://wrb.isric.org/files/WRB_fourth_edition_2022-12-18.pdf.
13. Hao, S.; Wu, K.; Li, L.; Li, X.; Wei, H.; Wu, X.; Liu, B. "Revised Proposed Classifications for Typical Anthropogenic Soils in China", *Land*, vol. 12, no. 11, 2023, p. 1974. Available from: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://econpapers.repec.org/article/gamjlands/v_3a12_3ay_3a2023_3ai_3a11_3ap_3a1974-3ad_3a1267853.htm&ved=2ahUKEWj6jJWf4pCJAXVYgoQIHZ5RGDMQFnoECBgQAQ&usg=AOvVaw3MAOuz_Q_w2C0phtoMo9ra
14. Association Française pour L'Etude du Sol (AFES) Référentiel Pédologique Français. 2^{ème} Proposition, Institute National de la Recherche Agronomique (INRA). France, 1988, p. 251. Available from: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://hal.inrae.fr/hal-02854852&ved=2ahUKEWjvuxO4pCJAXUpRzABHSS9AdUQFnoECBUQAQ&usg=AOvVaw11x1YydnwVyBPG1POqWOfJ>
15. Khitrov, N.B.; Gerasimova, M.I. "Diagnostic Horizons in the Classification System of Russian Soils: Version 2021", *Eurasian Soil Science*, vol. 54, no. 8, 1 de agosto de 2021, pp. 1131-1140, DOI <http://doi.org/10.1134/S1064229321080093>.
16. Hernández Jiménez Alberto; Pérez Jiménez, J.M.; Bosch Infante, D.; Castro Speck, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015* [en línea], 1.a ed., edit. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, Cuba, p. 91, ISBN 978-959-7023-77-7, [Consultado: 21 de marzo de 2024], Available from: <https://isbn.cloud/9789597023777/clasificacion-de-los-suelos-de-cuba-2015/>.
17. Hernández, A.; Pérez J.M.; Morales, M.; Carnero, G.; Bosch, D.; Cabrera, J.A.; González P.J.; Bernal, A.; Luis R.; López D.; Vargas D. *Manual para la descripción de perfiles de suelos de Cuba* [en línea], 2023, p. 82, Available from: <http://ediciones.inca.edu.cu/>.
18. Paneque V.M.; Calaña J.M.; Calderón M.; Borges Y.; Hernández T.C.; Caruncho M. *Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos*, edit. Ediciones INCA, La Habana, Cuba, 2010, p. 160. Available from: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=http://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/folle&ved=2ahUKEwjs7eHh4pCJAXVTRDABHXqbAN0QFnoECBYQAQ&usg=AOvVaw1QGb9WJhvCCaK8IO082xG->
19. Instituto de Suelos. *Mapa Genético de los Suelos de Cuba*. [en línea], (ser. 19 hojas a color), [1:250 000], edit. Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, 1971, [Consultado: 20 de marzo de 2024], Available from: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/republic-de-cuba-mapa-genetico-de-suelos-escala-1-250000-19-maps-17-15>.
20. Loba, A.; Waroszewski, J.; Tikhomirov, D.; Calitri, F.; Christl, M.; Sykuła, M. y Egli, M. "Tracing erosion rates in loess landscape of the Trzebnica Hills (Poland) over time using fallout and cosmogenic nuclides", *Journal of Soils and Sediments*, vol. 21, no. 8, 1 de agosto de 2021, pp. 2952-2968, DOI <http://doi.org/10.1007/s11368-021-02996-x>.
21. Radziuk, H. y Świtoniak, M. "Soil erodibility factor (K) in soils under varying stages of truncation", *Soil Science Annual*, vol. 72, no. 1, 12 de abril de 2021, pp. 1-8, DOI <http://doi.org/10.37501/soilsa/134621>.
22. Hernández Jiménez, A.; Borges Benítez, Y.; Martínez Cruz, M.; Rodríguez Cabello, J. y Marentes Amaya, F.L. "Presencia de propiedades vérticas en los suelos fersialíticos de la antigua provincia La Habana", *Cultivos Tropicales*, vol. 32, no. 1, 2011, pp. 63-74. Available from: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/download/60/pdf/166&ved=2ahUKEWjG1aiF45CJAXVQmYQIHxU5E-gQFnoECBoQAQ&usg=AOvVaw1xIG7eqW6BGXUMnb2octVt>

23. Carnero-Lazo, G.; Hernández-Jiménez, A.; González, O.R.; Fundora, A.B. Alfonso, E.T. "Cartografía agroquímica y distribución de los suelos de la finca "El Pitirre", Pinar del Río", *Cultivos Tropicales*, vol. 44, no. 3, 2023, p. cu-id. Available from: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1738>
24. Carnero-Lazo, G.; Hernández-Jiménez, A.; Bernal-Fundora, A. y Terry-Alfonso, E. "Características de los suelos Fersialíticos Rojos Lixiviados de la llanura meridional alta de Pinar del Río", *Cultivos Tropicales*, vol. 43, no. 3, 2022, pp. 1-9. Available from: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1673>
25. Moreno Ramón, H. y Ibañez Asensio, S. "Procesos formadores: La Gleyficación", 26 de junio de 2019, [Consultado: 1 de diciembre de 2021], Available from: <https://riunet.upv.es/handle/10251/122718>, [Accepted: 2019-06-26T07:09:07Z].
26. Dudal, R. "The sixth factor of soil formation", *Eurasian Soil Science*, vol. 38, 1 de enero de 2005, Available from: https://www.proprights.org/PDFs/workshop_2011/References/BAS/Soil%20References/Human%20Created%20Soils.pdf.
27. Amundson, R. "Factors of soil formation in the 21st century", *Geoderma*, vol. 391, 1 de junio de 2021, p. 114960, DOI <http://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.114960>.
28. Dror, I. ; Yaron, B. y Berkowitz, B. "The Human Impact on All Soil-Forming Factors during the Anthropocene", *ACS Environmental Au*, vol. 2, no. 1, 19 de enero de 2022, pp. 11-19, DOI <http://doi.org/10.1021/acsenvironau.1c00010>.
29. Febles-González, J.M. ; Febles-Díaz, J.M. ; Amaral-Sobrinho, N.M. ; Zonta, E. y Maura-Santiago, A.V. "Mitos, realidades e incertidumbres sobre la degradación de los suelos Ferralíticos Rojos en Cuba", *Cultivos Tropicales*, vol. 41, no. 3, septiembre de 2020, ISSN 0258-5936, [Consultado: 21 de octubre de 2021], Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362020000300010&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- [30] y Hasanuzzaman, M. "Agricultural Land Degradation: Processes and Problems Undermining Future Food Security" [en línea], eds. Fahad, S., Hasanuzzaman, M., Alam, M., Ullah, H., Saeed, M., Ali Khan, I., y Adnan, M., *Environment, Climate, Plant and Vegetation Growth*, edit. Springer International Publishing, Cham, 2020, pp. 17-61, [Consultado: 23 de abril de 2024], Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-030-49732-3_2.
31. Santos, R.S. ; Wiesmeier, M. ; Cherubin, M.R. ; Oliveira, D.M.S. ; Locatelli, J.L. ; Holzschuh, M. y Cerri, C.E.P. "Consequences of land-use change in Brazil's new agricultural frontier: A soil physical health assessment", *Geoderma*, vol. 400, 15 de octubre de 2021, p. 115149, DOI <http://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115149>.
32. Barahona-Amores, L.A.; Samaniego-Sánchez, R. ; Villarreal-Núñez, J. y Cruz-Lombardo, A.D.L. "Modificación de propiedades del suelo por la continua siembra de tomate industrial en Azuero, Panamá", *Ciencia Agropecuaria*, no. 35, 1 de julio de 2022, pp. 53-77. Available from: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/596&ved=2ahUKEwjA7pKJ5JCJAXW0STABHTKIAJIQFnoECBMQAQ&usq=AOvVaw27E714I7AJicwN-UyuuvdX>
33. Golosov, V.N. ; Collins, A.L. ; Dobrovolskaya, N.G. ; Bazhenova, O.I. ; Ryzhov, Yu.V. y Sidorchuk, A.Y. "Soil loss on the arable lands of the forest-steppe and steppe zones of European Russia and Siberia during the period of intensive agriculture", *Geoderma*, vol. 381, 1 de enero de 2021, p. 114678, DOI <http://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114678>.
34. Pérez Pompa N. y Leyva Rodríguez S. L. "Impacto del marabú (*dichrostachys cinerea* (L.) wigth et arm sobre la calidad de los suelos | Sinergia Académica", 23 de enero de 2022, [Consultado: 23 de abril de 2024], Available from: <http://sinergiaacademica.com/index.php/sa/article/view/9>.