



Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero Agrónomo.

Título: Efectos de la aplicación de diferentes fuentes de abono orgánico sobre el sistema suelo-planta en un suelo pardo bajo diferentes formas de manejo.

Autor: Robin David González Hernández.

Tutor: MSc. Yoandris Socarrás Armenteros.

Curso: 2019 - 2020

Pensamiento.



Si el hombre sirve, la tierra sirve

José Martí

Dedicatoria.



A mi madre y mi padrastro porque gracias a su educación, amor y sacrificio he llegado hasta aquí.

Agradecimientos.



A mi tutor MSc. Yoandris Socarrás Armenteros por haberme guiado en todo momento durante la realización de este trabajo.

A mi mamá, mi padrastro, mi hermana y a toda mi familia por su apoyo incondicional y amor que me han brindado.

A los estudiantes Iván Dueñas Garrido y a Carlos Rafael Sánchez Cabrera por estar siempre a mi lado durante el desarrollo del trabajo y al turbinero de la Universidad de Cienfuegos.

A mis compañeros de aula, Vanie, Camilo, Yanser, Juan Miguel, Leobel por su apoyo en todo momento.

Al licenciado Fernando Villazón González por haberme ayudado en la conformación de la tesis.

Quiero agradecer a todas aquellas personas que de una forma u otra formaron parte de esta investigación y que me brindaron su ayuda los 5 años.

Resumen.



Re
su

men

La investigación se desarrolló en la Finca "El Aeropuerto", en la localidad de Caonao, Cienfuegos, en el año 2017 – 2019. Con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de abono orgánico sobre el sistema suelo-planta en suelo Pardo Sialítico bajo diferentes formas de manejo. Se diagnosticaron las propiedades químicas más lábiles en el suelo de los manejos de bosque, pasto y cultivo. Los métodos analíticos utilizados fueron: materia orgánica, pH, cationes intercambiables, fósforo asimilable, carbono orgánico y la reserva de carbono orgánico. Se realizó un experimento con un diseño completamente aleatorizado con 12 tratamientos y 15 repeticiones en condiciones semicontroladas, para estudiar las variables morfofisiologías del cultivo. Como resultado de las variables químicas en los tres manejos se apreció que el pH va ligeramente alcalino a alcalino, siendo más alcalino en profundidad por la presencia de los carbonatos. La suma de bases cambiables es alta, sobre todo en la parte superior del perfil de pasto y cultivos intensivos. En el perfil de bosque, hay mayor presencia de materia orgánica en el horizonte superior, también se demuestran una extensa reserva de carbono en un espesor de 0 -25 cm en el perfil bosque (61 Mg ha⁻¹) y menor contenido el perfil de cultivo. Mostraron diferencias significativas el tratamiento bosque mezclado con humus de lombriz y estiércol atenuando resultados superiores en el número de hoja, altura, en el diámetro del tallo con los demás tratamientos estudiados.

Palabras clave: humus de lombriz, cachaza, estiércol vacuno, materia orgánica, humedad, Maíz

ABSTRACT

The research was carried out at the Finca "El Aeropuerto", in the town of Caonao, Cienfuegos, in the period from February to July 2019. With the objective of evaluating the effect of the application of different sources of organic fertilizer on the soil-plant system in a Sialitic Brown soil under different forms of management. The morphological, physical - chemical properties of the soil were analyzed under three different managements: 1: forest, 2: conserved, 3: agrogenic. The analytical methods used were: texture, apparent and real density, total porosity, humidity, organic matter, pH, exchangeable cations, assimilable phosphorus and organic carbon. A completely randomized design was used with 12 treatments and 15 repetitions in semi-controlled conditions, for the study of the morphophysiological variables of the crop. As a result, the reference area presented a granular nuciform structure, greater carbon stock in the upper thickness, reached a higher value of total porosity, humidity and bulk density, while the grass and crop soil presented prismatic block structure and critical values in the Other variables They showed significant differences, the forest treatment mixed with earthworm humus led to superior results in terms of the number of leaf, height, fresh and dry weight of the foliage and the root of the plant, highlighting with significant values in the stem diameter the forest treatment mixed with cachazas, in relation to the other treatments studied. The favorable values in the physical - chemical properties were reached by the soil with forest management and the forest treatment mixed with earthworm humus, with lousy grass and crop management values.

Keywords: Earthworm humus, organic matter, moisture, root, repetitions.

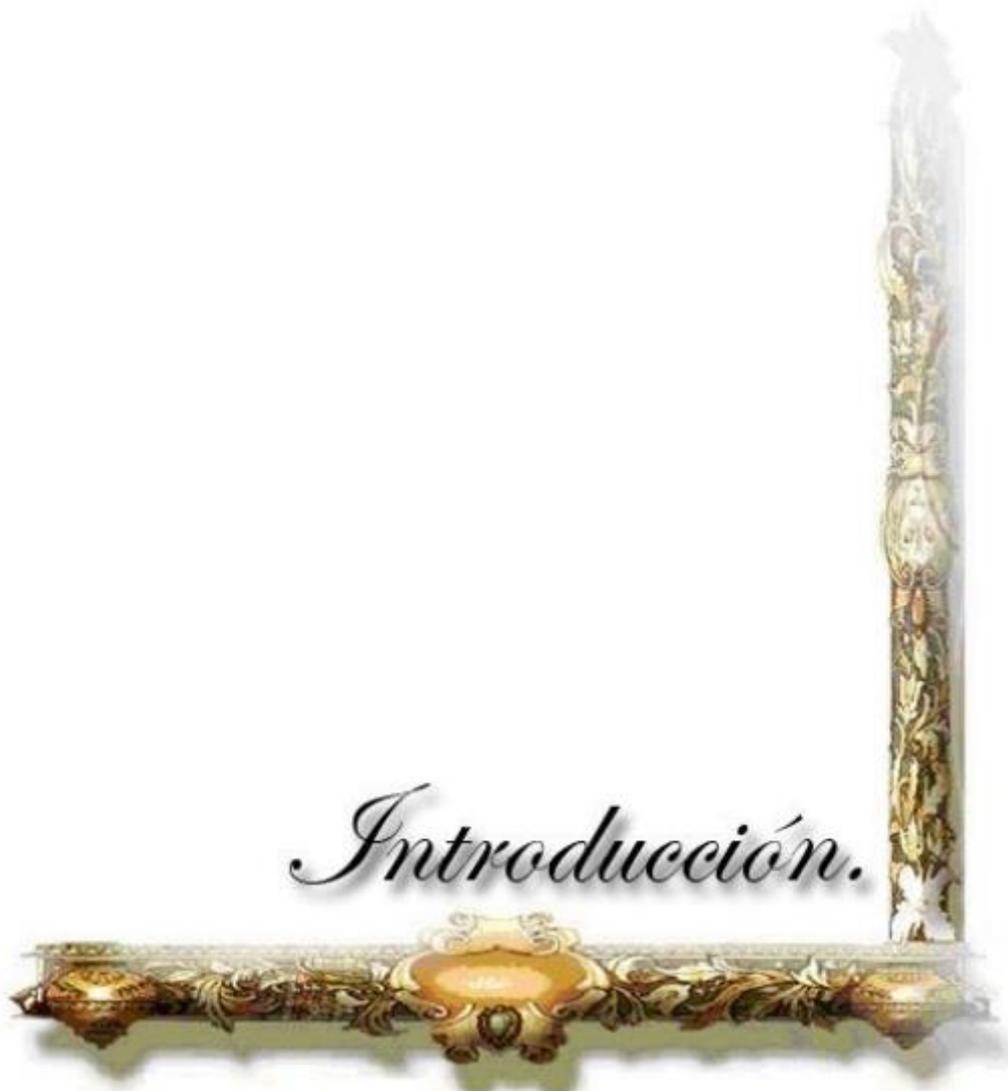
Índice.



1. Revisión bibliográfica.....	1
1.1. Importancia de los suelos.....	1
1.2. Génesis tropicales de los suelos.....	1
1.3. Características de los suelos Pardos Sialíticos en Cuba.....	1
1.4. Cambios Globales en los Suelos.....	2
1.4.1. Cambios de las propiedades suelos por factor natural y antrópico....	2
1.4.2. Cambios en el suelo por las transformaciones de los ecosistemas a los agroecosistemas.....	3
1.5. Incremento de los gases de efecto invernadero	4
1.6. Características del Maíz (<i>Zea mays</i>).....	5
1.6.1. Morfología del cultivo del maíz	6
1.6.2. Variedad "MAIG-5461"	7
1.7. Materia Orgánica.....	8
1.7.1. Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades biológicas.....	8
1.7.2. Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo	8
1.7.3. Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades químicas del suelo.....	9
1.8. Conceptos de abonos orgánicos	10
1.8.1. Principales características de los abonos orgánicos.	10
1.9. Efectos de los abonos orgánicos sobre el mejoramiento de las respuestas agroproductiva del suelo.....	11
1.9.1. Efectos de los abonos orgánicos sobre el mejoramiento de las propiedades químicas del suelo.....	12
1.10. Efectos del estiércol vacuno sobre las propiedades químicas del suelo	13
1.11. Efectos la cachaza sobre las propiedades químicas del suelo.....	14
1.12. Efectos del humus de lombriz sobre las propiedades químicas del suelo	14
1.13. Beneficios de la aplicación del humus de lombriz.....	15
1.14. Efectos de los abonos orgánicos sobre el rendimiento del cultivo de maíz	17
2. Materiales y métodos.....	18
2.1. Diagnóstico de las propiedades químicas de un suelo Pardo Sialítico sometido a diferentes manejos.....	19
2.2. Determinar la respuesta agroproductiva de los suelos Pardos Sialíticos bajo diferentes formas de manejo, al mejoramiento por la aplicación de diferentes fuentes de materia orgánica.....	20

2.2.1. Análisis de laboratorio de la composición química de los abonos orgánicos en estudios.	20
2.3. Procedimiento estadístico.	21
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
3.1. Diagnóstico de las propiedades químicas de un suelo Pardo Sialítico sometido a diferentes manejos agrícolas.	24
CONCLUSIONES	31
RECOMENDACIONES.....	33
BIBLIOGRAFÍA	35

Introducción.



Introducción.

La educación constituye una premisa significativa para lograr la concientización del ser humano a los cambios que se producen en el desarrollo de la sociedad, en el análisis de la relación medio-hombre, hacia un sistema de relaciones más armónicas entre la sociedad y la naturaleza, que facilite el tránsito hacia un desarrollo sostenible y equilibrado, que permita una vida socialmente justa y viable (Goyes & Monserrate, 2018). La agricultura orgánica, no implica solo el hecho de fertilizar con abonos orgánicos (composta, fermento, lombricomposta, entre otros) el suelo, sino conlleva un cambio de conciencia, un camino con muchos pasos; el primero está en el creer y cambiar.

El calentamiento global, debido al aumento en la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, como el dióxido de carbono (CO₂), constituye una gran preocupación en la actualidad. Se ha estimado que las prácticas agrícolas contribuyen con alrededor del 25 % del total de CO₂ emitido por la acción del hombre. En este sentido, el suelo puede actuar como fuente de emisión o como reservorio del CO₂ atmosférico. El CO₂ fijado en la biomasa vegetal, a través del proceso de fotosíntesis, puede ser almacenado en el suelo como carbono orgánico (CO) cuando los restos de plantas y animales son incorporados al suelo. Por el contrario, algunas prácticas de manejo, como la labranza, pueden aumentar la emisión de CO₂ desde el suelo debido a la ruptura de los agregados del suelo y a la oxidación de su CO. o. (Kießling, 2015)

La desertización, la erosión y la salinización son las principales amenazas de la fertilidad de los suelos en áreas tropicales; la salinización, por ejemplo, causa efectos negativos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Las áreas de suelo degradadas por problemas de sales y sodio están ampliamente distribuidas en el mundo, pero son más frecuentes en zonas áridas y semiáridas que han sido sometidas a la agricultura intensiva. (Sandoval, Martínez & Torres, 2015)

El uso de materiales orgánicos como fertilizantes ha estado unido a la actividad agrícola desde sus orígenes, y su empleo está relacionado directamente, desde una perspectiva histórica, con el mantenimiento de la productividad de

los suelos de cultivo, además de los enormes beneficios que trae su aplicación en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, las cuales se reflejan en un considerable aumento del rendimiento de los cultivos. (Antomarchi, Fabre & Hernández, 2015)

Los abonos orgánicos son dispensables para aumentar y/o mantener la fertilidad de los suelos y su actividad biológica con la finalidad de nutrir a la planta. El proceso que la planta absorbe los abonos orgánicos es más lento que los fertilizantes sintéticos, por tanto, los resultados se presentan a largo plazo, por lo que ciertos agricultores lo aplican antes de empezar el proceso de siembra para que el abono pueda descomponerse y nutrir el suelo antes de la germinación de las plantas. Cabe destacar que antes de aplicar los abonos orgánicos al suelo, es necesario determinar el pH, para con este registro valorar las características y suplir los nutrientes que requiera el suelo sin exceder de otros. (Vera & Alexander, 2019)

Los abonos orgánicos es una de las herramientas imprescindible para poder aportar nutrientes a la tierra para que ésta sea lo suficientemente fértil, y aumentar la actividad de los microorganismos del suelo para que las plantas crezcan y se desarrollen correctamente. El aporte de materia orgánica forma parte de las técnicas que se incluyen en la agroecología. (Torres, 2017)

Los beneficios de los abonos orgánicos son muchos, entre ellos: mejora la actividad biológica del suelo, especialmente con aquellos organismos que convierten la materia orgánica en nutrientes disponibles para los cultivos; mejora la capacidad del suelo para la absorción y retención de la humedad; aumenta la porosidad de los suelos, lo que facilita el crecimiento radicular de los cultivos; mejora la capacidad de intercambio catiónico del suelo, ayudando a liberar nutrientes para las plantas; facilita la labranza del suelo; en su elaboración se aprovechan materiales locales, reduciendo su costo; sus nutrientes se mantienen por más tiempo en el suelo; se genera empleo rural durante su elaboración; son amigables con el medio ambiente porque sus ingredientes son naturales; aumenta el contenido de materia orgánica del suelo y lo mejor de todo, son más baratos. Ingredientes del abono orgánico como la cal, mejoran el nivel de pH del suelo, facilitando la liberación de nutrientes para las plantas. (Gómez & Vásquez, 2011).

La fertilización orgánica permite recuperar la fertilidad del suelo por que sus propiedades permiten retener los nutrientes y cederles a las plantas cuando estas lo requieran. Los abonos sólidos son preparados que se aplican al suelo; entre ellos existen los bioabonos, sus propiedades nutricionales y biológicas constituyen una fuente de energía para los microorganismos, por lo que se multiplican rápidamente, pueden ser aplicados al suelo en cantidades mayores, para favorecer el desarrollo radicular y sin causar daño al ambiente. (Barrios, 2016)

En la provincia de Cienfuegos, son escasos los estudios dirigidos a diagnosticar con precisión los niveles de la degradación de las propiedades en los suelos Pardos Sialíticos, desde el punto de vista químico, resultante del mal manejo, así como la respuesta de estos índices a la aplicación de diferentes enmiendas mejoradoras.

Problema Científico

¿Cuál será el efecto de diferentes fuentes de abono orgánico sobre la respuesta agroproductiva del suelo Pardo Sialítico con diferentes usos, las características morfofisiológicas de una planta indicadora bajo diferentes usos de suelo?

Hipótesis

La aplicación de humus de lombriz en suelos con diferentes usos incrementa en mayor cuantía la respuesta agroproductiva cuando se compara con la aplicación de los otros abonos orgánicos usados en un suelo Pardo Sialítico. También favorece de manera más notable, las características morfofisiológicas de la planta indicadora usada en el estudio.

Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de abono orgánico sobre el sistema suelo-planta en un suelo Pardo Sialítico bajo diferentes formas de manejo

Objetivos Específicos

- Diagnosticar las propiedades químicas de un suelo Pardo Sialítico sometido a diferentes manejos agrícolas.
- Evaluar en condiciones semicontroladas, el efecto de los abonos orgánicos sobre las variables morfofisiológicas de una planta indicadora.

Capítulo 1.



1. Revisión bibliográfica.

1.1. Importancia de los suelos.

El suelo es un conjunto organizado, de espesor variable; constituido por elementos minerales, orgánicos, seres vivos, agua y aire. Esta materia se encuentra sometida a constantes cambios por efecto de las variaciones del clima, la atmósfera y la acción del hombre. Consideran al suelo como un complejo regido por características físicas, químicas, físico – químicas y biológicas que determinan en gran medida la eficiencia en la producción agrícola (Fuentes & Águila, 2016).

1.2. Génesis tropicales de los suelos.

La génesis del suelo se desarrolla según las condiciones ambientales y de la litosfera. El perfil del suelo es un producto de factores, estos factores constituyen la “ecuación de estado” de los suelos (clima, tiempo, organismos, geomorfología y materiales parentales). El cambio climático puede tener efectos significativos en el ciclo biogeoquímico mundial al alterar el tipo y la velocidad de los procesos y factores formadores de suelos, la erosión y formación de minerales, o su transformación. Los suelos juegan un papel importante en el ciclo biogeoquímico, incluyendo el intemperismo, el almacenamiento de nutrientes y el carbono (Loaiza, Rubiano, & Gaviria, 2016)

La formación del suelo tiene lugar a partir de un sustrato geológico puesto al descubierto por la erosión o procedente de un depósito más o menos reciente, de tipo fluvial, eólico, etc. Sobre los materiales de partida actúan diversos factores ecológicos de la génesis y evolución del suelo, tales como clima, vegetación, topografía, etc., dando lugar a una serie de procesos que conducen a la diferenciación de distintos estratos, llamados horizontes. Como se sabe, los distintos horizontes muestran determinadas propiedades y definen diferentes tipos de perfiles de suelos (Salas, 1973).

1.3. Características de los suelos Pardos Sialíticos en Cuba

Los suelos Pardos sialíticos y especialmente los subtipos mullidos y vérticos, son suelos representativos de la región Central de Cuba, fundamentalmente en

la provincia de Villa Clara (López, Cairo, Colás & Rodríguez, 2016).

Son suelos que se caracterizan por presentar un horizonte B sílico y al igual que los Fersialíticos son medianamente profundos, formados sobre caliza suave, a pesar de su mediana profundidad permiten que las raíces de los cultivos no tengan una limitación para su desarrollo en profundidad. En el horizonte A son de color pardo, arcillosos y muy plásticos. En superficie la estructura del suelo no es fina, más bien prismática, posiblemente por influencia del cultivo de la caña de azúcar anteriormente. Tienen un pH entre 6-7, buen contenido actual de materia orgánica, siendo los suelos que tienen mayor capacidad de intercambio de nutrientes (Hernández, Rodríguez, & Mesa, 2014)

1.4. Cambios Globales en los Suelos

En el campo de la edafología, durante los últimos 20 años, se viene trabajando con el problema de la degradación de los suelos por la actividad antropogénica y específicamente en el tema del deterioro silencioso de las propiedades físico-químicas del suelo, lo que ha conllevado a la pérdida de la agroproductividad de los mismos (Cánepa, González, Abdón, González & Hernández, 2015).

Los sistemas agrícolas tradicionales a nivel mundial se han caracterizado por el manejo intensivo de la tierra. El deterioro de estos se manifiesta en problemas físicos y químicos, lo cual repercute sobre la actividad biológica ya que los microorganismos son sensibles a los cambios de calidad del suelo. Las variables biológicas son mejores que las variables químicas como indicadores de calidad del suelo, ya que son más sensibles en la identificación de cambios en diferentes manejos de cultivos (Jaurixje, Torres, Mendoza, Henríquez & Contreras, 2013).

1.4.1. Cambios de las propiedades suelos por factor natural y antrópico

El manejo inadecuado de los agroecosistemas con fines de producir alimentos y productos para la sociedad, ha originado en mayor o menor medida cambios y deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Entre los procesos físicos que causan el deterioro del suelo se encuentra la pérdida de la estructura, derivada del excesivo laboreo del suelo y el tránsito de maquinaria,

así como del pisoteo de los animales en pastizales y agostaderos sometidos al sobrepastoreo (Medina, Volke, González, Galvis, Santiago & Cortés, 2006).

La salinidad y sodicidad es un problema mundial que afecta a los suelos, especialmente en zonas con climas áridos o semiáridos. Este problema es originado por factores naturales y antrópicos; este último intensifica la salinidad, ya que se realizan inadecuadas prácticas de riego, afectando de forma directa las propiedades del suelo tanto físicas como químicas, y disminuyendo la producción de algunos cultivos, tales como el tomate, que se ven afectados en la etapa de germinación, no obstante, pocas plantas han logrado adaptarse a las condiciones salinas que presentan los suelos (Yupanqui & Milagros, 2019)

Debería darse más énfasis a la calidad del uso y manejo, para llegar en base a los atributos originales del suelo a una mejora sostenible de las funciones particulares de interés para cada caso. Para ello se recomendaría que los actuales recursos y esfuerzos hechos para el desarrollo de índices de calidad del suelo altamente subjetivos, se dedicaran más bien al desarrollo y uso de información técnica para motivar y educar a los usuarios del recurso suelo en el uso de prácticas de manejo que optimicen los objetivos combinados de alta producción de cultivos, baja degradación ambiental y uso sostenible del recurso suelo, esto debido a que los índices de calidad del suelo no pueden prever la contribución de nuevas tecnologías para mejorar el uso y manejo de las tierras (Pla, 2017).

1.4.2. Cambios en el suelo por las transformaciones de los ecosistemas a los agroecosistemas

La agroecología es la ciencia que integra ideas y métodos de hacer agricultura y tiene sus raíces en las ciencias agrícolas, el movimiento de protección del medio, la ecología, el análisis de agroecosistemas indígenas y en los estudios sobre desarrollo rural. Los ecosistemas agrícolas como las unidades fundamentales de estudio donde los ciclos minerales, las transformaciones de la energía, los procesos biológicos y las investigaciones socioeconómicas son consideradas y analizadas como un todo (Riverol & Aguilar, 2015).

En los ecosistemas de bosque, el suelo es un elemento fundamental por su

carácter dinámico, debido a que regula una gran cantidad de procesos, como por ejemplo los ciclos biogeoquímicos de elementos importantes como el carbono, nitrógeno, fósforo, el reciclado y almacenamiento de nutrientes, la fertilidad del suelo, la formación de materia orgánica (MO), y la fijación de nitrógeno, los cuales son procesos que contribuyen a la sustentabilidad del ecosistema (Mogollón, Chirino, Palencia, Muñoz, Rivas & Colina, 2017).

El pensamiento ambiental en esencia plantea y reconoce que la humanidad construyó un sistema de adaptación al entorno ecosistémico, diferente al de los demás seres vivos y basado fundamentalmente en la cultura. La agricultura es la resultante de la modificación cultural de los ecosistemas, cuando esas transformaciones aplican para la satisfacción de las necesidades básicas de alimento, fibras y otros materiales y se amplifican en función de los condicionantes de la coevolución ecosistema- cultura (Cleves, Toro, Martínez & León, 2017).

1.5. Incremento de los gases de efecto invernadero

El aumento de la concentración de los gases conocidos como de efecto invernadero, tales como el dióxido de carbono, el metano y los óxidos de nitrógeno, entre otros, hace que la atmósfera retenga un porcentaje superior del calor emitido por la Tierra, produciéndose un calentamiento global. Este calentamiento podría, si alcanzara niveles críticos, fundir parte de los casquetes polares, lo que elevaría el nivel de los mares, provocando inundaciones de algunas zonas costeras donde se concentra una parte muy importante de la población humana en el planeta. Además de la desaparición de especies vegetales y animales susceptibles a cambios de temperatura (Vega, 2016).

La agricultura es el sustento para la alimentación de una población mundial creciente. La agricultura es la cuarta causa de emisiones de GEI, y emite grandes cantidades de los llamados “gases que no son CO₂” incluyendo al óxido de nitrógeno (N₂O) y el metano (CH₄) con un poder de calentamiento 265 y 28 veces, respectivamente, mayor en comparación con el CO₂. (Saynes, Etchevers, Paz, & Alvarado 2016).

Se prevé que el aumento en la temperatura media global pondrá en riesgo múltiples sistemas naturales, habrá cambios en el ciclo hidrológico y climático

que afectarían la disponibilidad del recurso hídrico y aumentarán los eventos de interés en salud pública. El apoyo político, la existencia y estímulo para el surgimiento y soporte de los empresarios innovadores; así como la participación activa de sociedad civil, quienes se vean a sí mismos, en un horizonte de largo plazo trabajando en la aplicación de medidas de mitigación en materia de gases de efecto invernadero (GEI) y disfrutando de los beneficios derivados. (Álvarez, Ordoñez, Nieto, Wills, Romero, Calderón, & Delgado, 2015).

1.6. Características del Maíz (*Zea mays*)

Origen.

El maíz se originó en una parte restringida de México y los tipos más desarrollados emigraron posteriormente hacia otros sitios de América. Hoy no hay dudas del origen americano del maíz, pero nunca fue mencionado en ningún tratado antiguo, ni en la Biblia, hasta el descubrimiento de América por Cristóbal Colón, quien lo vio por primera vez en la isla de Cuba en octubre de 1492. El maíz surgió aproximadamente entre los años 8 000 y 600 AC en Mesoamérica (México y Guatemala), probablemente a lo largo del acantilado occidental de México Central o del Sur, a 500 km de la Ciudad de México. El ecosistema que dio lugar al maíz era de invierno -seco estacional en alternancia con las lluvias de verano– y en una región montañosa, de cuevas empinadas y sobre roca caliza (Acosta, 2009).

Taxonomía del maíz

Reino:	Vegetal
División:	Espermatofitas o fanerógamas
Subdivisión:	Angiosperma
Clase:	Monocotiledoneae
Subclase:	Glumifloreae
Orden:	Poales
Familia:	Poaceas o gramíneas
Tribu:	Maydeae
Género:	Zea
Especie:	Zea mays L.

Fuente: (Ortega, 2014)

1.6.1. Morfología del cultivo del maíz

Clima.

El clima es el estado típico de la atmosfera en un lugar y periodo determinados; es la dinámica habitual de “tiempo” en una cierta región, entendido por la manifestación diaria de los elementos meteorológicos tales como temperatura, humedad, viento, radiación, entre otras (Buñay & Alexander, 2017).

Temperatura y humedad

La temperatura ideal para el desarrollo del cultivo esta entre 13 °C y 30 °C; temperaturas que se encuentran en la mayoría de las áreas de cultivo de maíz, este se desarrolla y rinde más con temperaturas moderadas de 20 – 30 °C, y con días soleados y noches frías. El cultivo de maíz es una especie exigente en humedad. Por otra parte, Reyes (1990) indica que las necesidades de agua del cultivo, van de 400 a 800 mm, variando el consumo de agua durante todos los periodos vegetativos, siendo más sensible a la falta de humedad en la formación de la panícula o floración (Apaza & Jesus, 2019).

Raíces

Son fasciculadas (raíces sin raíz principal) y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En unos casos resaltan unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias (Torres & Paúl, 2018).

Hojas

Las hojas del cultivo del maíz son largas y anchas y los bordes generalmente lisos. Es una vaina foliar (lígula) pronunciada, cilíndrica en su parte inferior y que sirve de cubierta de los entrenudos del tallo, abrazándolo (aurículas), pero con los extremos desnudos. Su color usual es verde, pero se pueden hallar rayadas en blanco y verde o verde y púrpura, presentándose en igual cantidad que los entrenudos. (Eugenio, Wilmer, Sánchez & Daniela, 2018).

Inflorescencia

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta, la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia

femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral (Torres et al., 2018).

Espiga

La panoja del maíz es una especie de ramillete formado de numerosas espigas. En cada uno de los dientes de las espigas se encuentran dos florecillas que polinizan el aparato floral femenino (Oñate, 2016).

Mazorca

La mazorca o fruto, está formado por una parte central llamado zuro, donde se adhieren los granos de maíz en número de varias decenas por cada mazorca. El 46% del peso total de la mazorca corresponde al peso de las brácteas y el 54% restante al raquis y a los granos, del cual el 29% es materia comestible. El fruto y la semilla forman un solo cuerpo que tienen la forma de una cariósida brillante, de color amarillo, rojo, morado, blanco y que se los denomina vulgarmente como granos dentro del fruto que es el ovario maduro, la semilla está compuesta de la cubierta o pericarpio, el endospermo amiláceo y el embrión o germen, pesa aproximadamente 0,3 gramos (Sánchez & Villamizar, 2003).

1.6.2. Variedad "MAIG-5461"

La variedad se caracteriza por tener un grano semi – dentado, amarillo con un espesor de 4 mm, ancho de 7 mm alcanzando una longitud de 12 mm y obteniendo como peso 240 g. La planta se caracteriza por presentar de 16 a 18 hojas, el 40% de color amarillo y el 60% de color rojo de sus estigmas, tomando una coloración morada de la panícula alcanzando una altura de 245cm y la mazorca 130 cm y su ciclo biológico es de aproximadamente 120 días. La floración masculina tiene lugar en 69 días y la femenina en 71 días, el rendimiento potencial es de 5t / ha su densidad de siembra obtiene un valor de 60000 planta / ha, teniendo un marco de plantación 70 x 25 cm, el consumo de semilla de 16 kg x ha. Su ciclo económico tiene una duración de 85 días para la mazorca tierna y 130 para el grano seco (López & Gil, 2011).

1.7. Materia Orgánica

Los residuos orgánicos sin descomponer están formados por: hidratos de carbono simples y complejos, compuestos nitrogenados, lípidos, ácidos orgánicos (cítrico, fumárico, málico, malónico, succínico); polímeros y compuestos fenólicos (ligninas, taninos, etc.) y elementos minerales. Todos estos componentes de la materia viva sufren una serie de transformaciones que originan lo que conocemos como materia orgánica del suelo (Meléndez & Soto, 2003).

La materia orgánica del suelo es el elemento de enlace de las propiedades biológicas, químicas y físicas del suelo, se asocia y cumple roles esenciales en numerosas funciones del mismo como el ciclo de los nutrientes, la retención del agua y el drenaje, el control de la erosión la supresión de enfermedades y la remediación de la contaminación (Docampo, 2014).

1.7.1. Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades biológicas

Las propiedades biológicas se refieren al gran número de actividades que desarrollan organismos vivos del suelo para impactar en el potencial productivo del mismo. El suelo es un espacio donde viven infinidad de organismos macro y microscópicos tanto plantas como animales. La población del suelo comprende bacterias, hongos, actinomicetos, protozoos, algas y muchos invertebrados pequeños. El grupo más importante en número son las bacterias, ya que puede haber hasta 95 millones de individuos por gramo de suelo (Marín, Bertsch & Castro, 2017).

Un agente constituyente del suelo el factor biótico, es decir, las plantas, los animales y en general la materia orgánica que cae en la superficie y entra en contacto con seres microscópicos (hongos y bacterias) se encarga de desintegrar la materia orgánica y revolverla con las partículas minerales. De esta forma, y en complicidad con el tiempo, es como se forma el suelo que todos conocemos (Acosta, 2018).

1.7.2. Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas son la textura y la estructura. La primera se define como las proporciones de partículas (arena, limo y arcilla) que se encuentran

en el suelo y la segunda es la forma en que están acomodadas esas partículas en agregados del suelo. Las diferentes combinaciones de los materiales dan origen a una gran cantidad de texturas y estructuras de suelo. El suelo ideal se conoce como franco y contiene 40% de arena, 40% de limo y 20% de arcilla. En un suelo franco pueden crecer la mayoría de las plantas en condiciones óptimas (Encina & Ibarra, 2016).

Los cambios en el contenido de la materia orgánica de los suelos modifican las propiedades físicas como la estructura y la densidad aparente, así como la porosidad total, infiltración y el límite superior de humedad productiva o capacidad de campo. Estos son cambios que pueden ser alterados por las labores de cultivo, mientras que la textura no cambia por las operaciones usuales de laboreo (Murray, Bojórquez & Hernández, 2011).

1.7.3. Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades químicas del suelo

Las principales propiedades químicas del suelo son el potencial hidrógeno (pH) y la capacidad de intercambio catiónico. El potencial hidrógeno define la cantidad de iones libres en la solución del suelo. Éste es el criterio más usado para determinar si un suelo es ácido o es alcalino. El pH se mide con una escala que va del 1 al 14 y donde el valor neutro es el 7. Los valores menores de 7 son ácidos y los mayores son alcalinos. El valor óptimo de pH para el crecimiento de las plantas es entre 6.0 y 7.5 (Orozco, Valverde, Martínez, Chávez & Benavides, 2016).

La degradación de tierras es un proceso que conlleva a un deterioro progresivo de la calidad del suelo. Los sistemas agrícolas han conducido a un deterioro continuo del recurso suelo, en especial, desde el punto de vista químico, lo que se traduce en una pérdida de la productividad agrícola reflejada en menores rendimientos y mayores problemas ambientales (Torres, Rodríguez, Yendis, Florentino & Zamora, 2006).

Las áreas de suelo degradadas por problemas de sales y sodio están ampliamente distribuidas en el mundo, pero son más frecuentes en zonas áridas y semiáridas que han sido sometidas a la agricultura intensiva. El manejo de la fertilización y el riego, así como el uso de vermicompost son algunas de las metodologías propuestas para la rehabilitación de suelos afectados por exceso de sales (Sandoval, Martínez & Torres, 2015).

En la actualidad, la estructura del suelo es el factor principal que condiciona la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas; someter el terreno a un intenso laboreo y compresión mecánica tiende a deteriorar la estructura. Los abonos orgánicos (estiércoles, compost y residuos de cosecha) se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (López, Díaz, Martínez & Valdez, 2001).

1.8. Conceptos de abonos orgánicos

Se considera un abono orgánico todo material de origen animal o vegetal que se utilice principalmente para mejorar las características del suelo, como fuente de vida y nutrientes al suelo. Entre los abonos orgánicos, los más conocidos son el compost, el bocashi y el lombricompost o lombrihumus, pero también son comúnmente utilizados las aplicaciones de gallinaza y otros desechos vegetales frescos, como la pulpa del café (Ramos & Terry 2014).

Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos. El suelo, con el suministro de estos abonos se ve enriquecido no solo con nutrimentos, sino que también se mejoran sus cualidades físicas, químicas y biológicas (Torres, 2017).

1.8.1. Principales características de los abonos orgánicos.

El abono orgánico es el material resultante de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, los cuales digieren los materiales, transformándolos en otros benéficos que aportan nutrimentos al suelo y, por tanto, a las plantas que crecen en él. Es un proceso controlado y acelerado de descomposición de los residuos, que puede ser aeróbico o anaerobio, dando lugar a un producto estable de alto valor como mejorador del suelo (Ramos et al., 2014)

En Cuba se ha usado cachaza para formar los sustratos de los organopónicos e invernadero. También el compost y el humus de lombriz, en cuyo proceso de elaboración mueren patógenos y semillas de plantas indeseables y se mejoran las características de manipulación de los abonos orgánicos mediante la

reducción de su volumen y peso y de olores ofensivos; su aplicación se presenta como una práctica agronómica que disminuye el impacto ambiental negativo (Vega, Rodríguez, de Cárdenas, Almaguer & Serrano, 2006).

1.9. Efectos de los abonos orgánicos sobre el mejoramiento de las respuestas agroproductiva del suelo

La aplicación de compuestos orgánicos es la alternativa para el mejoramiento del suelo, estos aumentan a lo largo del tiempo la capa orgánica del suelo y con su aplicación frecuente se mejoran características importantes para el manejo productivo: compactación, permeabilidad, aireación, pH, absorción de nutrientes y humedad, entre otros. Sin embargo, su uso no es muy generalizado en virtud del tiempo de respuesta que genera sobre el suelo; normalmente más lentas, que las generadas por compuestos químicos (Arango, 2017).

El abonamiento orgánico, es una práctica que no aporta nutrientes inmediatamente hecha su aplicación, sino que existe una liberación paulatina de los nutrientes, si se realiza una buena aplicación de abono a un cultivo habrá una provisión de elementos durante todo el ciclo de desarrollo del vegetal (contraria al aporte inmediato y fugaz de los fertilizantes químicos) y aquellos nutrientes que no hayan sido aportados, quedaran como reserva para la próxima campaña agrícola (Herrera, 2009).

La inclinación de los productores a aplicar grandes cantidades de fertilizantes químicos, especialmente nitrogenados, para asegurar altos rendimientos de productos hortícolas de buena calidad es una iniciativa que puede ser sana desde la expectativa económica, pero no deseable desde el punto de vista ambiental, pues a menudo, cantidades de nitrógeno y fósforo permanecen en el suelo después de las cosechas, pudiendo afectar la calidad del agua mediante la percolación y escorrentía de nitratos y fosfatos y la calidad del aire por emisión de óxido nítrico (Hernández, Ojeda, López & Arras, 2010).

Los abonos orgánicos tienen ventajas socioeconómicas ya que, disminuye la necesidad de fertilizantes sintéticos. Pueden utilizarse tanto en la agricultura orgánica como en la convencional. La productividad puede mantenerse o incrementarse en el transcurso del tiempo, debido a que los abonos orgánicos son mejoradores del suelo. Parte de los ingredientes se obtienen en la propia

finca. El abono podría venderse, generando un ingreso adicional. Al remplazar fertilizantes sintéticos por abonos orgánicos, hay un ahorro en los costos de producción (Burbano, 2016).

Una de las características más importantes de las enmiendas orgánicas del suelo es su habilidad para estimular el complejo de microorganismos beneficiosos que ayudan a mantener controladas las plagas potenciales y patógenas. Los abonos provenientes de los animales y de los residuos de cultivos constituyen un elemento clave en los sistemas de agricultura ecológica (Cairo & Álvarez, 2017).

Los constituyentes orgánicos pueden actuar como agentes cementantes, en conjunto con los minerales arcillosos y contribuyen a la formación de agregados estables, lo que evita la formación de costras y el escurrimiento superficial. Favorecen, además, la formación de ácidos orgánicos, que intervienen en la solubilización de minerales, disminuyen los tenores de Al cambiante e incrementan la capacidad de reciclaje y movilización de nutrientes lavados o pocos solubles, que están en las capas más profundas del perfil de suelo (Alonso, 2017).

1.9.1. Efectos de los abonos orgánicos sobre el mejoramiento de las propiedades químicas del suelo.

Los abonos orgánicos aumentan el poder tampón del suelo, y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH de éste. Aumentan también la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que aumentamos la fertilidad (Vera et al., 2019).

La fertilización orgánica tiene un efecto directo sobre la Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo, reflejada en una mayor capacidad para retener y aportar nutrientes a las plantas elevando su estado nutricional; los fertilizantes orgánicos contribuyen a incrementar la fertilidad del suelo mediante la liberación de varios nutrientes importantes para el crecimiento de las plantas: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Azufre (S) y algunos elementos menores, como Cobre (Cu) y Boro (B) (Arango, 2017)

Los abonos orgánicos alteran favorablemente las características químicas de los suelos que cambian por la aplicación de abonos orgánicos son obviamente el contenido de materia orgánica; derivado de esto aumenta el porcentaje de

nitrógeno total, la capacidad de intercambio de cationes, el pH y la concentración de sales, por lo tanto, obsérvese que la parte química de los suelos también se beneficia de la aplicación de los abonos orgánicos, por ejemplo el pH, el cual de forma imperante debe ser neutro en los suelos al momento del establecimiento de los cultivos (Torres, 2017)

Los abonos orgánicos tienen altos contenidos de nitrógeno mineral y cantidades significativas de otros elementos nutritivos para las plantas. Dependiendo del nivel aplicado, originan un aumento en los contenidos de materia orgánica del suelo, en la capacidad de retención de humedad y en el pH, también aumentan el potasio disponible, y el calcio y el magnesio (Ramos & Terry, 2014)

1.10. Efectos del estiércol vacuno sobre las propiedades químicas del suelo

El estiércol es un recurso valioso que permite completar el ciclo de nutrientes y que hace que gran parte del nitrógeno fijado por las leguminosas y cosechado en forma de forraje pueda volver al suelo, donde estará nuevamente disponible para los subsiguientes cultivos. Su aplicación en los sistemas ecológicos tiene como objetivo mejorar las propiedades biológicas y físico-químicas del suelo, además resulta importante como fuente de energía y nutrientes para el ecosistema edáfico (Cairo et al., 2017)

Actualmente, hay interés por el uso de los estiércoles como fuente de materia orgánica (MO), sin embargo, en las últimas décadas poca tecnología se ha generado para la utilización de este desecho de la ganadería. La aplicación de estiércol incrementa la actividad y cantidad de biomasa microbiana del suelo y, es una alternativa para reducir el uso de agroquímicos, entre ellos los fertilizantes (Salazar, Trejo, López, Vázquez, Serrato, Orona & Flores, 2010).

El estiércol de bovino proporciona una mayor cohesión a los suelos en exceso ligeros. En el primer año su efecto nutritivo aporta hasta un 30% de N al suelo. El efecto residual tiene importancia relevante después de varios años del cese de los aportes, en función del tipo de suelo, del clima, de las labores de otros abonados y de los cultivos que se siembren (Martínez & Rodríguez, 2010).

El estiércol bovino, mejora la estructura, porosidad, e incrementa la velocidad de infiltración, conductividad hidráulica, retención de agua y se reduce la densidad aparente. No obstante, en ocasiones, no es posible demostrar su beneficio en uno o dos ciclos de cultivo, esto es especialmente cierto en suelos tratados con pequeñas o moderadas cantidades de estos desechos orgánicos (Osuna, Arias, Núñez & González, 2015).

1.11. Efectos la cachaza sobre las propiedades químicas del suelo

La cachaza representa un abono orgánico con alto contenido nutrimental, dependiendo de la zona cañera y del proceso industrial. Se han encontrado que posee en base seca de 46 a 70% de materia orgánica (MO), 2.29% de nitrógeno (N), 2.07% de fósforo (P), 0.56% de potasio (K), 13% de silicio (Si), 0.68% de sulfito (SO_3), 0.11% de cloro (Cl), 5.63% de óxido de calcio (CaO), 0.07% de óxido de sodio (Na_2O), 0.25% de óxido de hierro III (Fe_2O_3), 0.47% de óxido de magnesio (MgO) y 6.24% de óxido de aluminio (Al_2O_3). La cachaza se ha utilizado en la fertilización de varios cultivos, con resultados prometedores y los incrementos en el rendimiento en los mismos son debidos a los cambios favorables en las propiedades físicas y químicas del suelo. (Arreola, Palma, Salgado, Camacho, Obrador, Juárez & Pastrana 2004)

La dosis y el aporte de nutrimento de la cachaza al suelo depende de su composición, que varía con las condiciones agroecológicas de la zona donde se produce la caña, con el cultivar sembrado y método de clarificación de jugos utilizado, entre otros (Forero, Fernández & Álvarez, 2018).

1.12. Efectos del humus de lombriz sobre las propiedades químicas del suelo

El humus de lombriz es una mezcla de compuestos químicos como producto de la acción digestiva y enzimática en el tracto digestivo de la lombriz, además del proceso metabólico de microorganismos sobre la materia orgánica. Está a sido degradada hasta su ultimo estado de descomposición y se encuentra estabilizada como coloide (Ancasi & Avelino, 2018).

El humus es una materia orgánica en estado avanzado de descomposición, la cual adquiere la consistencia de una masa amorfa, homogénea y de color

oscuro. Por medio del trabajo directo de la lombriz de tierra, que es una técnica empleada para la transformación de residuos sólidos orgánicos, se obtiene el humus de lombriz, que es uno de los abonos de mejor calidad debido a su efecto en las propiedades biológicas del suelo (Milanés, Rodríguez, Ramos & Rivera, 2005).

Es un producto orgánico de textura granulosa, húmedo, que no fermenta ni presenta olor. Su incorporación a los suelos aumenta el nivel de nutrientes y materia orgánica; facilita la absorción de agua para los vegetales; acelera la germinación y el desarrollo de raíces, hojas, flores y frutos de las plantas de interior y exterior y las torna más resistentes a plagas y enfermedades (Charles & Martín, 2015).

1.13. Beneficios de la aplicación del humus de lombriz

Según (Vitorino, 2010) se refiere que el humus de lombriz aporta los elementos nutritivos al suelo, mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo como:

- Retiene y mantiene la humedad contra las sequías. La materia orgánica tiene la propiedad de absorber agua hasta 300 veces su peso.
- Impide el lavaje de nutrientes porque aligera los suelos arcillosos y agrega los arenosos.
- Aumenta y mantiene la temperatura del suelo favoreciendo la germinación y los procesos bioquímicos, mejorando la nutrición.
- El humus le da al suelo un color oscuro y el calor es absorbido y retenido, siendo difícil su erradicación y en función con la humedad puede atenuar el efecto de las heladas.
- Regula el pH debido a su poder de tampón y evita los cambios de pH.
- Suministra al suelo N, P, K y todos los elementos esenciales para la nutrición de las plantas.
- Aumenta la capacidad total de cambio del suelo (CTC), siendo esta capacidad de 70 a 100 meq/100 g de humus, por esta propiedad el humus se comporta como un almacén, es decir, absorbe (acumula) los nutrientes del suelo en forma iónica (macroelementos y microelementos) evitando su pérdida por lavaje.

- Incorpora bacterias al suelo, como los nitrificantes quienes contribuyen a la mineralización del N orgánico del suelo, incrementando la asimilación de este N, a ello puede deberse el hecho de que se ha producido 78 toneladas de tomate/ha, aplicando solo 1,5 toneladas de humus de lombriz, que solo contiene en mejor de los casos 30 Kg de N, 22 de P, 20 de K, ya que esa cosecha de tomate extrae aproximadamente 120 Kg de N/ha.
- El humus de lombriz se comporta como una hormona estimulante de crecimiento vegetal ya que 1 mg/1 de humus es equivalente en actividad a 0.01 mg/1 de ácido indo acético.
- El humus influye en la disminución del ataque de las plagas y enfermedades a las plantas y por consiguiente el uso de pesticidas, comprobado en Cusco a nivel de invernadero, donde antes se usaba fungicidas o insecticidas ahora ha disminuido su uso, esto hace suponer que las bacterias y hongos que el humus aporta al suelo, por acción de masas crean resistencia al ataque de las plagas y enfermedades.

Según Peña (2009) este abono ejerce efectos fisiológicos muy significativos sobre las plantas a través del suministro de nutrientes, mejoramiento de las propiedades físicas e incremento de la microbiota del suelo donde se incluyen los microorganismos beneficiosos. Además, aumenta la capacidad de intercambio catiónico y capacidad buffer, aporta determinados compuestos bioquímicos a las raíces de las plantas como acetamida, ácidos nucleicos y sustancias húmicas. El humus de lombriz facilita el desarrollo radical de las plantas, el crecimiento del tallo y hojas, así como una mayor floración con fructificación. Estos fenómenos que provocan, dan por resultados plantas más saludables y vigorosas que aumentan la producción y el rendimiento por área de cultivo.

El humus de lombriz que es uno de los pocos fertilizantes orgánicos y es el único abono orgánico con fibra, capaz de enriquecer y generar las tierras. Su aplicación baja hasta un 40 % los costos de fertilización. Su elevada solubilización, debido a la composición enzimática y bacteriana, proporciona una rápida asimilación por las raíces de las plantas, produce un aumento del porte de las plantas, árboles y arbustos y protege de enfermedades y cambios bruscos de humedad y temperatura durante el trasplante de los mismos (Sánchez, 2004)

1.14. Efectos de los abonos orgánicos sobre el rendimiento del cultivo de maíz

Los fertilizantes foliares y edáficos con enmiendas orgánicas están compuestos por residuos de origen animal y vegetal, que adicionados al suelo mejoran las características físicas, químicas y biológicas, por acción de los microorganismos, los que ayudan al desarrollo radicular de las raíces, aumenta las características agronómicas de las plantas como altura, número de semillas/plantas, frutos dependiendo el tipo de cultivar lo que conlleva a aumentar los rendimientos (Vera et al., 2018).

La baja fertilidad de los suelos es uno de los factores más limitantes para la producción de maíz y una de las tareas más importantes, es la de buscar medios para aumentar la producción de alimentos de manera consistente con la conservación de los recursos naturales y que implique un bajo costo económico y cultural como son los abonos orgánicos. Al mismo tiempo reducen la dependencia de insumos externos de alto costo económico y ambiental, con una agricultura sostenible, donde se disminuye y elimina el empleo de agroquímicos a fin de proteger el ambiente, la salud animal y humana (Sánchez & Vila, 2019).

2.
Mater
iales
y
méto
dos

Capítulo 2.



Ubicación del área de estudio.

La investigación fue realizada en la finca “El Aeropuerto” perteneciente a la CCS Manuel Ascunce Domenech, ubicada en la provincia y municipio Cienfuegos, durante el año 2017 – 2020.

2.1. Diagnóstico de las propiedades químicas de un suelo Pardo Sialítico sometido a diferentes manejos.

Para el diagnóstico se tuvo en cuenta tres perfiles de suelos Pardos Sialíticos según la clasificación de Hernández et al, (2015); Correlacionado con la clasificación de la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2010) un Eutrudept y Haplustept, Cambisoles según la World Reference Base (IUSS Working Group WRB, 2014). Los perfiles que se estudiaron en relación con el uso del suelo se presentan a continuación:

Perfil 1: Tomado bajo bosque (> 50 años) (suelo patrón o de referencia)

Perfil 2: Tomado en un área de cultivo continuado (suelo agrogénico)

Perfil 3: Tomada en un área de Pasto (10 – 15 años) (suelo conservado)

Para determinar el estado actual de los suelos en estudio teniendo en cuenta sus propiedades, se caracterizará por los siguientes parámetros:

Estudios de los cambios en las propiedades químicas del suelo bajo los diferentes manejos.

Las muestras se tomaron en los perfiles de suelos en diferentes condiciones de manejo, y se trasladaron al laboratorio del Instituto Nacional Ciencias Agrícolas (INCA). La caracterización de los métodos analíticos, se realizaron por el manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, abonos orgánicos y fertilizantes químicos (Paneque et al., 2002).

- Materia Orgánica (%) por el método Walkley – Black (Combustión Humedad)
- pH, por potenciometría relación suelo:agua 2,5:1
- Cationes intercambiables por el método con AcNH₄

- Fósforo asimilable por Oniani
- Carbono orgánico calculado por el método del cálculo de la masa de suelo según Eller y Bettany (1995)

2.2. Determinar la respuesta agroproductiva de los suelos Pardos Sialíticos bajo diferentes formas de manejo, al mejoramiento por la aplicación de diferentes fuentes de materia orgánica.

Se evaluó la respuesta agroproductiva de las variantes de suelos Pardos el período poco lluvioso de noviembre de 2019 – enero de 2020. Se realizó un experimento en condiciones de macetas de 2,5 kg de capacidad de las variantes de suelos encontrados al mejoramiento con fuente orgánica, se tomaron suelos de 0-20 cm de profundidad bajo diferentes formas de manejo y fueron pasado por un tamiz de 5 mm y mezclado con tres cuartas partes de suelo y una cuarta parte de enmiendas orgánicas, para cada condición de suelo.

Se utilizó como planta indicadora el cultivo del maíz (*Zea Mays.L*) variedad MAIG - 5461, procedente de la Empresa provincial de semilla Cienfuegos, Se depositaron dos semillas por macetas, con una frecuencia de riego de días alternos para lograr un 80% de la capacidad de campo.

Se realizó muestreo semanal a las variables con el fin de obtener una respuesta agroproductiva de las variantes de suelo estudiadas son: número de hojas por planta, altura de la planta y diámetro del tallo (cm). Se seleccionaron 15 plantas para su evaluación, se realizó el peso fresco del área foliar y de la raíz a cada planta utilizando una pesa de precisión digital.

2.2.1. Análisis de laboratorio de la composición química de los abonos orgánicos en estudios.

Se recolectó muestras del estercolero, lugar donde se deposita el estiércol vacuno en la finca “El Aeropuerto”. La cachaza proviene de subproductos derivados del proceso de molienda de tallos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) de la agroindustria 14 de Julio, municipio Rodas, Cienfuegos y el humus de Lombriz fue producido por productores agropecuarios de la provincia de Mayabeque. Se le hicieron el análisis químico de los abonos orgánicos (Tabla 2.2.1) en el departamento Biofertilizante y Agroquímica

perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).

Tabla.2.2.1. Composición química de la cachaza, estiércol vacuno y el humus de lombriz.

Abonos orgánicos	Na	K	Ca	Mg	P	N	MO	pH
Cachaza	traza	0,10	4.0	1.82	0.76	3.13	34.8	5.8
Estiércol Vacuno	traza	0,15	5.0	1.21	0.44	1.57	40.2	8.0
Humus Lombriz	0.08	0.38	9.0	2.43	1.00	1.13	18.4	7.6

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 12 tratamientos y 18 repeticiones, los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

Tratamientos:

1. Suelo bajo bosque (referencia)
2. Suelo bajo bosque + humus de lombriz
3. Suelo bajo bosque + estiércol vacuno
4. Suelo bajo bosque + cachaza
5. Suelo cultivado (agrogénico)
6. Suelo cultivado (agrogénico) + humus de lombriz
7. Suelo cultivado (agrogénico) + estiércol vacuno
8. Suelo cultivado (agrogénico) + cachaza
9. Suelo de pastos (conservado)
10. Suelo de pastos (conservado) + humus de lombriz
11. Suelo de pastos (conservado) + estiércol vacuno
12. Suelo de pastos (conservado) + cachaza

2.3. Procedimiento estadístico.

Para probar el cumplimiento de los supuestos se utilizó la prueba de Kolmogórov-Smirnov con la corrección de Lilliefort para el supuesto de normalidad y la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene. En los casos que no cumplieran los supuestos del análisis de varianza, se emplearon las transformaciones raíz (x) para las variables continuas. Con posterioridad se realizó un análisis de varianza a los datos obtenidos, en función del diseño experimental empleado. En los casos en que se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, las medias fueron comparadas por la prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0.05$).



Capítulo 3.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Diagnóstico de las propiedades químicas de un suelo Pardo Sialítico sometido a diferentes manejos agrícolas.

En la Tabla 3.1.1, se muestran las características químicas del suelo de cada perfil. Como se puede apreciar en los tres perfiles estudiados el pH va de ligeramente alcalino a alcalino, siendo más alcalino en profundidad por la presencia de los carbonatos.

La suma de bases cambiables es alta, sobre todo en la parte superior del perfil de pasto y cultivos intensivos, y muy alto en el horizonte superior del perfil de bosque. Este resultado puede incidir la alta presencia de cationes de calcio y magnesio, y, al mismo tiempo por la presencia de arcillas de tipo de la montmorillonita; lo que demuestra el proceso de sialitización, dando lugar a la formación de suelos Pardos Sialíticos, con el tipo de suelo Pardo.

Tabla.3.1.1. Propiedades químicas de un suelo Pardo bajo diferentes formas de manejo.

Horizonte	Profundidad (cm)	pH (H ₂ O)	MO (%)	P (ppm)	Ca	Mg	Na	K	Suma
Perfil de Bosque									
A _{11m}	0 - 13	7,6	5,31	490,6	33,0	10,0	0,25	1,01	44,26
A _{12m}	13 - 25	8,0	3,23	158,0	28,5	10,5	0,22	0,59	39,81
B	25 - 40	8,0	1,93	31,87	28,5	7,00	0,17	0,41	36,08
BC	40 - 60	8,1	1,67	1,95	23,5	11,0	0,15	0,41	35,06
C _k	60+	8,2	1,38	21,70	17,5	4,50	0,15	0,28	22,43
Perfil de Cultivos									
A ₁₁ SL	0 - 18	7,8	2,62	48,4	26,5	9,00	0,46	0,50	36,46
A ₁₂ SL	18 - 42	7,9	2,55	33,7	23,0	12,0	0,57	0,38	35,95
B ₁	42 - 60	8,4	1,97	8,83	23,5	5,00	0,84	0,36	29,70
B ₂ (g)	60 - 90	8,4	1,06	22,60	24,0	1,00	1,36	0,37	26,73
Perfil de Pasto									
A ₁₁	0 - 25	7,6	3,00	32,60	44,5	10,0	0,13	0,62	55,25
B	25 - 45	7,9	2,78	30,90	51,0	2,00	0,24	0,56	53,80
BC	45 - 60	8,2	1,71	traza	39,5	9,00	0,63	0,45	49,58
C	60	8,2	0,96	20,00	27,5	9,00	0,90	0,36	37,76

El contenido de materia orgánica (MO) varía para cada perfil de suelo, demostrando un alto contenido de MO en el horizonte superior y muy bajo en los horizontes inferiores para el perfil bosque. En los perfiles de cultivo y pastos, existe poca presencia de materia orgánica en los horizontes evaluados. Una de las principales causas del bajo contenido de materia orgánica en el suelo en los perfiles de cultivo y pastos, es atribuible al sistema de monocultivo con caña de azúcar por más de 60 años, y a partir de 1997 esos suelos

cambiaron su forma de manejo para pastos y cultivos varios, para el caso del área de cultivos varios, diez años atrás se le hicieron varias aplicaciones de abonos orgánico (compost).

Estos resultados se relacionan con los obtenidos por Domínguez *et al.*, (2006) los cuales identificaron como causas, la no aplicación sistemática de enmendantes orgánicos y la poca protección y aplicación de medidas para la conservación del suelo.

Méndez (2015) demostró que los sistemas de labranzas de conservación cero, presentan un efecto positivo sobre el contenido de materia orgánica en el suelo a través del tiempo.

La calidad y fertilidad del suelo, se verán beneficiadas por la captura de carbono y el aumento de la materia orgánica, lo que se reflejará en el ambiente, la resiliencia y la sostenibilidad de la agricultura. Los resultados muestran mayor contenido de reserva de carbono en el perfil bosque y menor contenido el perfil de cultivo. Comparando los tres perfiles, se puede observar que existen diferencias de 18 Mg ha⁻¹ (cultivo intensivo) y 15 Mg ha⁻¹ (pastos) de reserva de carbono con respecto al perfil de área de bosque (61 Mg ha⁻¹) en el espesor superior de 0 – 25 cm de profundidad, como se presenta en la Tabla 3.1.2.

Las diferencias respecto al suelo bajo bosque pueden deberse a que estos juegan un papel muy importante en la captura del carbono ya que, las hojarascas, las raíces de los árboles y la acción de la macrofauna, mesofauna y microfauna del suelo, ejercen el aumento del carbono en los mismos Fujisaki *et al.*, (2017). Por otra parte, estos autores plantean que los bosques cubren una tercera parte del sistema terrestre y, por lo tanto, el carbono que se almacena en los suelos representa una tercera parte del total de carbono del suelo a un metro de profundidad, que aproximadamente es de 1500 Gt; lo anterior, ha llevado a la conclusión de que los ecosistemas de arboledas contienen más carbono por unidad de superficie que cualquier otro tipo de uso del suelo, por lo que es importante considerar el manejo de los bosques para la fijación del carbono (Yuan *et al.*, 2018).

Tabla.3.1.2. Reservas de carbono orgánico en suelos Pardos bajo diferentes formas de manejo.

Uso del suelo	Profundidad (cm)	MO (%)	CO (%)	Dv (Mg m ⁻³)	Masa del suelo (Mg ha ⁻¹)	Reserva CO
Bosque	0 – 13	5,31	3,08	0,88	1144	61
	13 – 25	3,23	1,57	1,15	1330	
Pasto	0 – 25	3,00	1,74	1,19	2975	46
Cultivo	0 – 18	2,62	1,52	1,47	2646	43
	18 – 25	2,55	1,48	1,50	1050	

El protocolo de Kyoto incluye a los suelos de pastoreo para captura de carbono debido a que ocupan grandes extensiones (Loket al.,2013) plantearon que la acumulación de carbono orgánico en el suelo con pastos tropicales se estima, aproximadamente, en 48 t ha⁻¹. Por otra parte, los suelos de cultivo también son tomados en cuenta, aunque la agricultura implica una gran pérdida de materia orgánica del suelo; no obstante, se pueden llegar a aplicar técnicas conservacionistas para incrementarla y así contribuir a la captura del carbono. Es conocido que la materia orgánica es un indicador clave de la calidad del suelo, ya que en ella ocurren procesos microbiológicos que pueden aportar nutrientes para las plantas, gracias al contenido de materia orgánica, los suelos presentan estabilidad en su estructura y se incrementa su capacidad de infiltración y la disponibilidad de agua para las plantas.

Por otra parte, Hernández *et al.*, (2008), recomiendan utilizar medidas de manejo agroecológicas, con vistas a una política futura de captura y secuestro de carbono a la atmósfera, que resulte beneficiosa en la reducción de CO₂ a la atmósfera y también demostraron que, mediante el establecimiento de una arboleda de (*Leucaena leucocephala* y *Albizia julibrissin*), se pudo obtener un incremento de 6,1 t ha⁻¹ de carbono en la capa superior del suelo (0-20 cm).

Las prácticas de mejoramiento y conservación de suelos disminuyen la pérdida de suelos en 62 t ha⁻¹, ocasionando cambios positivos en los índices físicos como densidad aparente, velocidad de infiltración y compactación, además de incrementar el contenido de nutrientes y la reserva de carbono en el suelo en un 20.67 % (Blanco *et al.*, 2017).

El manejo agrícola convencional de suelos, con uso intensivo del arado, promueve la liberación de CO₂ hacia la atmósfera, mientras que el uso

conservacionista favorece la acumulación de carbono en formas orgánicas dentro del suelo (Reicosky, 2002). En cero labranzas, se promueve la acumulación de MOS (Martínez *et al.*, 2004; Sandoval *et al.*, 2008), principalmente en los primeros centímetros del perfil de suelo. La perturbación del suelo por la labranza es una de las mayores causas de la disminución de la materia orgánica del suelo.

Según García *et al.* (2011) las rotaciones de cultivos hortícolas incluyendo la siembra de un abono verde anual e incorporaciones de estiércol permitirían mejorar en forma importante el contenido de carbono orgánico de los suelos más degradados bajo horticultura. Sin embargo, Taghizadeh y Olesen (2016) plantean que las estimaciones realizadas en campos daneses muestran un potencial bastante pequeño para aumentar el carbono orgánico del suelo en los sistemas de cultivo, incluso cuando se produce una conversión a rotaciones con más pastizales o se incrementa el uso de cultivos de cobertura.

3.2. Evaluación de la respuesta agroproductiva de los suelos Pardos bajo diferentes formas de manejo, al mejoramiento con la aplicación de diferentes fuentes de abonos orgánicos sobre las variables morfofisiológicas del cultivo maíz

La Tabla. 3.2.1, muestra el efecto del manejo con diferentes fuentes de enmiendas orgánicas sobre los parámetros del crecimiento del cultivo maíz, como se puede apreciar la mayor cantidad de hoja en la planta de maíz fue para el tratamiento bosque + humus de lombriz con 1,950 hojas como promedio, mientras con valores inferiores el tratamiento cultivo testigo con 1,659 hojas respectivamente, presentándose diferencias estadísticamente significativas.

Se observó que el tratamiento bosque + estiércol vacuno las plantas alcanzaron una altura de 1,38 cm siendo la de mejor resultados con diferencias altamente significativas, relacionada con el tratamiento cultivo testigo. Se evidenció una respuesta significativa del diámetro del tallo de la planta de maíz en los tratamientos analizados, alcanzando mayor resultado los tratamientos pasto + cachaza, pasto + humus de lombriz, bosque + cachaza, bosque +

humus de lombriz obtuvieron valores en un mismo rango y con resultados mínimos los tratamientos bosque y pasto testigo con resultados respectivamente iguales.

Tabla 3.2.1. Efecto del manejo con diferentes fuentes orgánicas sobre los parámetros del crecimiento del cultivo de maíz.

Manejo - Abono	NH	AP	DT
		(cm)	
Bosque-Testigo	1,712 ^{ab}	1,126 ^b	1,139 ^a
Bosque-Estírcol	1,911 ^{cd}	1,383 ^e	1,365 ^{de}
Bosque-Cachaza	1,940 ^d	1,315 ^{de}	1,384 ^e
Bosque-H. Lombriz	1,950 ^d	1,319 ^{de}	1,385 ^e
Cultivado-Testigo	1,659 ^a	1,003 ^a	1,135 ^a
Cultivado-Estírcol	1,803 ^{bc}	1,159 ^{bc}	1,290 ^{bc}
Cultivado-Cachaza	1,835 ^{cd}	1,161 ^{bc}	1,261 ^{bc}
Cultivado-H. Lombriz	1,863 ^{cd}	1,231 ^{cd}	1,309 ^{cd}
Pasto - testigo	1,947 ^d	1,264 ^d	1,224 ^b
Pasto -Estírcol	1,857 ^{cd}	1,282 ^{de}	1,357 ^{de}
Pasto -Cachaza	1,942 ^d	1,295 ^{de}	1,414 ^e
Pasto – H. Lombriz	1,946 ^d	1,297 ^{de}	1,384 ^e
<i>C.V. (%)</i>	13,40	16,05	10.68
<i>Error</i>	0,022798836	0,018121341	0.012726368

Prueba de Tukey de comparación de múltiples medias. Valores con letras diferentes difieren significativamente con un nivel de significación de 0,05. Para NH=número de hojas; AP= Altura de la planta; DT= Diámetro del tallo; H= humus.

La respuesta obtenida evidencia que la respuesta agroproductiva de los suelos ante la presencia del cultivo de maíz va a presentar estrecha relación con el estado actual de conservación en que se encuentren los mismos. Por lo que se demuestra la necesidad de conocer en primera instancia las condiciones en que se encuentren los suelos con los que se van a trabajar, ya que en dependencia del estado que presente dicho suelo así será su respuesta ante la acción de una enmienda determinada. En tal sentido, Andrés (2013) refiere que el humus de lombriz y el estiércol vacuno son los abonos orgánicos que abastece al suelo de nutrimentos como el N y los demás elementos esenciales que contienen los mismos.

Los resultados anteriormente mencionados se relacionan con los de González (2002), quien logro los mayores rendimientos de semilla pura de maíz en los tratamientos abonados con el humus y el estiércol más el 50 y el 25%. Otros resultados similares logrado por Gómez et al. (2017) aplicando dosis 6 y 8 t. ha⁻¹

¹ de humus lombriz en el cultivo de la soya, logro incremento de 65,4 legumbres por planta y 15,8 g por cada 100 semillas.

Autores como Menéndez et al. (2012) en sus resultados alcanzados no coinciden con los antes expuesto, ellos obtuvieron como resultado que el número de hojas lo alcanzo el tratamiento testigo. Asimismo, Luna et al. (2015) refieren que el humus de lombriz facilita el desarrollo radical de las plantas, el crecimiento del tallo y hojas, así como una mayor floración con fructificación. Sin embargo, uno de los nutrientes más importantes para el crecimiento de las plantas es el nitrógeno, en especial el maíz que requiere cantidades grandes de este material (Andrade et al. 1996).



Conclusiones.

CONCLUSIONES

1. En diagnóstico de las propiedades químicas del suelo, el manejo bosque alcanzó valores favorables en las variables estudiadas, mientras, que los manejos pasto y cultivo presentaron problemas de degradación.
2. Los tratamientos que propiciaron respuesta superable en cuanto a las variables morfofisiología del cultivo fueron bosque – humus lombriz en el número de hojas, biomasa fresca del follaje, también el suelo bosque mezclado con estiércol vacuno logro mayor influencia en las variables de crecimientos (altura, diámetro del tallo) en relación con los demás tratamientos estudiados.



Recomendaciones.

RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de las propiedades biológicas en los diferentes sistemas de manejo de suelo.
2. Determinar la respuesta agroproductiva de un suelo Pardo Sialítico bajo diferentes formas de manejo después de la aplicación de los diferentes abonos orgánicos.



Bibliografia.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, C. (2018). El suelo agrícola, un ser vivo. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*, 3(5), 55-60.
- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 30(2) Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362009000200016&lng=es&tlng=es.
- Agafonov, A. (1981). Propiedades físicas de los principales tipos de suelos de Cuba en relación con su génesis y uso agrícola (en ruso). (Tesis Doctoral), Instituto de Invtstigacioens AGrofísicas de Leningrado.
- Alonso, N. (2017). Mejoramiento de las propiedades de un suelo Ferralítico rojo con el uso de la Canavalia ensiformis (L). *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(1), 42-47.
- Álvarez, A., Ordoñez, D., Nieto, A., Wills, W., Romero, G., Calderón, S., & Delgado, R. (2015). Compromiso de Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero: Consecuencias económicas. *Departamento Nacional de Planeación DNP. Documento*, 440.
- Andrade, J.L., Pérez, A.L. & A.T. Castro. (1996). Fisiología del cultivo de maíz. Limusa. D.F, México.
- Andres, M. (2013). Abonos orgánicos y su preparación. *Cultura Orgánica*. Recuperado de: <http://www.culturaorganica.com/htmlarticulo>.
- Antomarchi, A. B., Fabre, B., & Hernández, Y. M. (2015). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la respuesta agroproductiva del cultivo de habichuela (*Vigna unguiculata* L.). *Centro Agrícola*, 42(2), 11-16.
- Ancasi, P., & Avelino, E. (2018). Contribución de dolomita y humus de lombriz en la producción de repollo (*Brassica oleracea* L. variedad capitata) Centro Agronómico K'ayra–Cusco.

- Apaza, A., & Jesus, R. (2019). *Evaluación del desarrollo de maíz (Zea mays) asociado al cultivo de tarwi y haba en diferentes densidades de siembra en la localidad de Achocalla del departamento de La Paz* (Tesis Doctoral). Universidad Lasallista. Caldas, Antioquia, Colombia.
- Arango, M. (2017). *Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos* (Tesis Doctoral). Universidad Lasallista. Caldas, Antioquia, Colombia.
- Arias, E., Morales, A., Ramis, E., Fuentes, E., Pérez, M., Riverol, M., Hernández, O., Muñiz, O., & Aguilar, Y. (2010). Uso sostenible de los suelos en Cuba. La Habana, Cuba: Editorial Academia. Disponible Recuperado de: <http://www.catalogo.bnjm.cu/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumbe>
- Arreola-Enriquez, J., & Palma-López, D., & Salgado-García, S., & Camacho-Chiu, W., & Obrador-Olán, J., & Juárez-López, J., & Pastrana-Aponte, L. (2004). Evaluación de abono organo-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar. *Terra Latinoamericana*, 22 (3), 351-357.
- Barrios Sánchez, A. V. (2016). Evaluación del cultivo de maíz (*Zea mayz* L), a la aplicación de dosis de abonos orgánicos, bajo el sistema de labranzas mínima, en la zona de vinges, durante la época seca.
- Blanco, I., Fernández, B., Limeres, J., Cintra, A., Fuentes, Q., Sánchez, R., Barzaga, L. & Castillo, D. (2017). Utilización de prácticas agrícolas como estrategia efectiva para mitigar la degradación de los suelos e incrementar la captura de carbono. *Agrisost*, 23 (1), 28-36. Recuperado de: <http://www.agrisost.reduc.edu.cu/>
- Buñay, G., & Alexander, D. (2017). *Etapas fenológicas del maíz (Zea mays L.) VAR. Tusilla bajo las condiciones climáticas del cantón Cumandá, provincia de Chimborazo* (Bachelor's thesis).
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Rev. Cienc. Agr.* 33(2), 117 - 124. Recuperado de:

doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>

Cairo, P., & Álvarez, U. (2017). Efecto del estiércol en el suelo y en el cultivo de la soya *Glycine max* (L.) Merr.. *Pastos y Forrajes*, 40(1), 37-42.

Recuperado

de:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942017000100005&lng=es&tlng=es

Cánepa, Y., González, T., Abdón, J., González, A., y Hernández, A. (2015). Situación actual de los suelos tabacaleros de la empresa Lázaro Peña de la provincia Artemisa. *Cultivos Tropicales*, 36(1), 80-85.

Charles, N. & Martín, N. (2015). Management and use of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and earth worm humus in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under protected system. *Cultivos Tropicales*, 36(1), 55-64.

Recuperado

de:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000100007&lng=es&tlng=en.

Ciencia, Tecnología Y Medio Ambiente (CITMA). (2000). *Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía en la República de Cuba*. La Habana, Cuba.

Cleves, J. A., Toro, J., Martínez, L. F., & León, T. (2017). La Estructura Agroecológica Principal (EAP): novedosa herramienta para planeación del uso de la tierra en agroecosistemas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(2), 441-449.

Cruz, J., Nonato, S., Camacho, J., & Castro, R. (2012). Spatial analysis of Physical attributes and organic carbon from yellow – red alfisol with sugarcane crop. *Ciencias e Agrotecnología Lavras*, 34(2): 217- 278.

Cruz, E., Cruz, A., Aguilera, I.; Norman, M. H. T; Velázquez, R. A.; Nava, B. G; Dendooven, L., & Reyes, R. B. G. (2012). Efecto en las características edáficas de un bosque templado por el cambio de uso de suelo Terra Latinoamericana, 30(2).

Docampo, A. (2014). La importancia de la materia orgánica del suelo y su manejo en producción frutícola.

- Domínguez, P.D, Otero, M.A, Ruiz, S. M, Márquez, R.E & Morejón, M.Y. (2006). Causas y efectos de la degradación del suelo en un agrosistema dedicado al cultivo del tabaco. *Ciencia Tecnología y Medio Ambiente*, 8 (4). Recuperado de: <http://www.ciget.pinar.cu/Revista/No.2006-/articulos/suelo%20dunieski.pdf>
- Encina, A., & Ibarra, J. (2016). *La degradación del suelo y sus efectos sobre la población*. La Habana; Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Eugenio, D., Wilmer, J., Sánchez, F., & Daniela, F. (2018). *Efecto de dosis de lixiviado del raquis de plátano en el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.) Híbrido pm 213 en condiciones de Chanchamayo*.
- Forero, F., Fernández, J., & Álvarez, J. (2018). Efecto de diferentes dosis de cachaza en el cultivo de maíz (Zea mays). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 13(1), 77-86. Recuperado de: <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/711>
- Forero, F., Fernández, J., & Álvarez, J. (2015). Efecto de diferentes dosis de cachaza en el cultivo de maíz (Zea mays). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 13(1), 77-86.
- Fuentes, M., & Águila, M. (2016). Propuestas de manejo agroecológico en la finca ganadera "San Juan" del Municipio Cienfuegos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(1), 30-37. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.22201/fi.25940732e.2018.19n4.036>
- Fujisaki, K., Perrin, A., Garric, B., Balasdent, J. & Brossard, M. (2017). Soil organic carbon changes after deforestation and agrosystem establishment in Amazonia: An assessment by diachronic approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 245:63–73. Recuperado de: doi.org/10.1016/j.agee.2017.05.011.
- Gerasimova M.I., & Khitrov N.B.(2016). Morphological soil description for classifying soils and interpreting their genesis, *Byulleten Pochvennogo*

institutada im. V.V. *Dokuchaeva*, 86, 8-16. Recuperado de: doi: 10.19047/0136-1694-2016-86-8-16

González, C, O; Iglesias, C, E. & Herrera, S, M. (2009). Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(2).

González, C.J.P. (2002). *Fertilización orgánica y mineral para la producción de semillas de canavalia y maíz en una secuencia de cultivos* (Tesis de maestría), Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanza.

Gómez, D., & Vásquez, M. (2011). *Abonos orgánicos*.

Goyes, S., & Monserrate, P. (2018). El impacto de los abonos orgánicos en la agricultura. importancia para el estudiante de agronomía. *Opuntia Brava*, 9(2), 104-111. Recuperado de: <https://doi.org/https://doi.org/10.35195/ob.v9i2.152>

Herrera, E. (2009). *Efecto de la aplicación de abonos orgánicos y químicos en el cultivo de la papa (Solanum Tuberosum), y su comportamiento en las propiedades físicas del suelo* (Tesis de Grado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz – Bolivia.

Hernández, O., Ojeda, D., López, J., & Arras, A. (2010). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnocienc. Chihuahua*, 4, 1-6.

Hernández A., J.I. Bojórquez Serrano, F. Morell Planes, A. Cabrera Rodríguez, M. O. Ascanio García, J. D., García Paredes, A., Madueño Molina Y. O. & Nájera González. (2010). *Fundamentos de la estructura de suelos tropicales*. México: Universidad Autónoma de Nayarit.

Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Bosch, I. D. & CASTRO, S. N.(2015). *Clasificación de los suelos de Cuba*. Mayabeque, Cuba: Ed. Ediciones INCA.

Hernández, J., Tirado, T., Beltrán, H. (2014). *Captura de carbono en los suelos*. *Boletín Científico de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*.1 (2) Recuperado de: <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/6255/>

- Hernández, A., Rodríguez, O., & Mesa, M. (2014). *Características de los suelos y sus factores limitantes de la región de murgas, provincia La Habana*.
- Hernández, A., Vargas, D., Ríos, H., & Marentes, F. (2008). Características de los suelos y sus reservas de carbono en la finca la colmena de la Universidad de Cienfuegos, Cuba. *Cultivos Tropicales*, 29(2), 27-34. Recuperado de: 08 de marzo de 2018, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362008000200005&lng=es&tlng=es.
- Hernández, J. A., Cabrera R, A., Borges, B, Y., Vargas, B, D., Bernal, F, A., Morales D, M., & Ascanio, G, M, O. (2013). Degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados y sus indicadores de la Llanura Roja de La Habana. *Cultivos Tropicales*, 34(3), 45-51. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362013000300007&lng=es&tlng=es.
- Hernández, A., Paneque, J., Pérez, J. M., Mesa, A., Bosch, D. & Fuentes, E. (1995). *Metodología para la cartografía detallada y evaluación integral de los suelos*. Instituto de Suelos y Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes, La Habana, Cuba.
- Iuss Working Group Wrb.(2014). World Reference Base for soil resources. Ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Jaurixje, M., Torres, D., Mendoza, B., Henríquez, M., & Contreras, J. (2013). Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quíbor, estado Lara. *Revista Bioagro*, 25(1), 47-56. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85726736002>
- Kiessling, R. J. (2015). Cambios en algunas propiedades químicas y físicas del suelo en sistemas productivos del sudoeste bonaerense: efecto del sistema de labranza, nivel de fertilización nitrogenada y pastoreo directo.
- Loaiza , J. Ú., Rubiano, Y. S., & Gaviria , S. M. (2016). *Mineralogía y génesis de los suelos desarrollados sobre materiales no consolidados en el abanico diluvial de Fusagasugá, Colombia*.

- López, E., Cairo, P., Colás, A., & Rodríguez, A. (2016). Relaciones entre las propiedades indicadoras de calidad, en dos subtipos de suelo pardos, en la provincia de Villa Clara. *Centro Agrícola*, 43(1), 21-28.
- López, R., & Gil, V. (2011). *Generalidades del Cultivo del Maíz*. Villa Clara, Cuba.
- López, J., Díaz, A., Martínez, E., & Valdez, R. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra Latinoamericana*, 19 (4), 293-299.
- Luna, R., Reyes, J., López, R., Reyes, M., Murillo, G., & Samaniego, C. (2015). Abonos orgánicos y su efecto en el crecimiento y desarrollo del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Centro Agrícola*, 42 (4): 67-74,
- Maceo, Y., Lescay, E., Estrada, W., & Bazán, R. (2015) Evaluación de caracteres morfológicos en variedades de soya (*Glycine max*, (L) Merrill).
- Marín, S., Bertsch, F., & Castro, L. (2017). *Efecto del manejo orgánico y convencional sobre propiedades bioquímicas de un andisol y el cultivo*.
- Martínez, B. (2010). *Evaluar la aplicación de cuatro fuentes de materia orgánica en el cultivo de amaranto (amaranthus spp)* (Tesis de grado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.
- Martínez, E., Valle, S., Silva, P. y Acevedo, E. (2004). Evaluación de algunas propiedades físicas y químicas de un suelo Mollisol asociadas a manejo en cero labranzas. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=8284842&pid=S0718-2791200800010000600080&lng=es
- Medina, J., Volke, V., González, J., Galvis, A., Santiago, M., & Cortés, J. (2006). Cambios en las propiedades físicas del suelo a través del tiempo en los sistemas de maíz bajo temporal y mango bajo riego en luvisoles del Estado Campeche, 22(2), 175-189.

- Meléndez, G., & Soto, G. (2003). Taller de abonos orgánicos
- Melo, V.F., Orrutúa, A.G., Motta, A.C.V., & Testoni, S.A. (2017). Land use and changes in soil morphology and physical-chemical properties in Southern Amazon. *Rev Bras Cienc.* Recuperado de: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170034>
- Morell, F.; Hernández, A. (.2008). Degradación de las propiedades agrobiológicas de los suelos ferralíticos rojos lixiviados (nitisol ródico éutrico) por la influencia antrópica y su respuesta agroproductiva al mejoramiento. *Agronomía trop.*58 (4):335 – 343.
- Méndez, C. (2015). *Efecto de sistemas de labranzas, mejorador orgánico y Rotación de cultivo en las propiedades biológicas de un suelo Franco – arcilloso.* (Tesis de grado), Universidad Autónoma Agraria “Antonio Navarro”, Saltillo, México
- Milanés, M., Rodríguez, H., Ramos, R., & Rivera, M. (2005). Efectos del compost vegetal y humus de lombriz en la producción sostenible de capítulos florales en *Calendula officinalis* L. y *Matricaria recutita* L.. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 10(1) Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962005000100008&lng=es&tlng=ese papa en invernadero. *Agronomía Costarricense*, 41(2), 27-46.
- Mogollón, J. P., Chirino, L., Palencia, G., Muñoz, B., Rivas, W., & Colina, F. (2017). Efecto del fuego sobre las propiedades químicas del suelo en un ecosistema forestal de la Sierra de San Luis, estado Falcón, Venezuela. *Multiciencias*, 17(1), 9-18.
- Molinet, D., Santiesteban, R. y Fonseca, R. (2015). Evaluación de algunos componentes del rendimiento en variedades de soya (*Glycine max* (L.) Merrill) en suelo Fluvisol de la provincia Granma. *Granma Ciencia*, 19 (2)
- Murray, R., Bojórquez, J., & Hernández, A. (2011). Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal en la llanura costera al norte de Nayarit, *Revista Bio Ciencias*. 1(3), 27 a 35.

- Muñiz, O. (2017). Degradación de los Suelos. Recuperado de <http://foresightcuba.com/degradacion> de los suelos
- Munsell Soil Color Charts. (2009). Revised Washable. New Windsor, NY: Edition. Gretag Macbeth,
- Murray, R; Nájera, O; Orozco, B, María G; Bojórquez, S, I. (2015). Cambios en carbono orgánico en suelos cambisoles, solonetz y arenosoles. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 4(8)
- Oficina Nacional De Estadística E Información (ONEI). (2016). Anuario estadístico de Cienfuegos 2016. Recuperado de <http://www.one.cu/aed2015/27Cienfuegos/02%20MEDIO%20AMBIENTE.pdf>.
- Oñate, A. (2016). *Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de maíz (Zea mays) var. blanco harinoso criollo, bajo las condiciones climáticas del cantón Cevallos*. (Tesis de grado), Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.
- Orozco, A., Valverde, M., Martínez, R., Chávez, C., & Benavides, R. (2016). Propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo con biofertilización cultivado con manzano. *Terra Latinoamericana*, 34(4), 441-456. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000400441&lng=es&tlng=es.
- Ortega, I. (2014). Maíz. *Reduca (Biología)*. *Serie Botánica*, 7 (2): 151-171
- Osuna, E., Arias, L., Núñez, G., & González, F. (2015). Producción de forrajes de temporal con estiércol bovino y captación de agua en siembra a triple hilera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(8), 1743-1756. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000801743&lng=es&tlng=es
- Pastor, J., Martínez, A., & Torres, D. (2016). Efecto de la aplicación de vermicompost en las propiedades biológicas de un suelo salino-sódico

- del semiárido venezolano. *Bioagro*, 28(1), 029-038.
- Peña, E. (2009). La lombricultura como alternativa de nutrición y descontaminación ambiental. Primera Edición, La Habana, Cuba.
- Pla, I. (2017). Análisis crítico de la calidad de los suelos y de sus indicadores. *Suelos Ecuatoriales*, 43(1), 1-8
- Ramos, D, & Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas.
- Ricardo Gómez Machado, M., Travieso Torres, L. A., Tamayo López, Y. G. Blanco P.(2017). Aplicación de humus de lombriz y Bradyrhizobium japonicum en Glycine max (L.) Merrill .*Revista Centro Agrícola*,.44(3), 65-70.
- Ramírez, J., Fernández, Y., González, P., Salazar, X., Iglesias, J., & Olivera, Y. (2015). Influencia de la fertilización en las propiedades físico-químicas de un suelo dedicado a la producción de semilla de Megathyrsus maximus. *Pastos y Forrajes*, 38(4), 393-402. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942015000400002&lng=es&tlng=pt.
- Ramos, D, & Terry, Elein. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59.
- Reicosky, D. (2002). Agricultural Practices and Policies for Carbon Sequestration in Soil. Lewis Publishers. Papers from symposium held July 1999 at Ohio State University, Columbus, Ohio, 87-96 p. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=8289938&pid=S0718-2791200800010000600098&lng=pt

- Riverol, M., & Aguilar, Y. (2015). Alternativas para reducir la degradación de los suelos en Cuba y el enfrentamiento al cambio climático. *Sembrando en Tierra Viva. Manual de Agroecología. La Habana, Cuba: editorial: Iñaki.*
- Salas, L. (1973). *Propiedades, génesis y clasificación de suelos de terrazas del Guadalquivir* (Tesis doctoral.). Universidad de Sevilla, Sevilla, España. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/36133804>
- Salazar, E., Trejo, H., López, J., Vázquez, C., Serrato, J., Orona, I., & Flores, J. (2010). Efecto residual de estiércol bovino sobre el rendimiento de maíz forrajero y propiedades del suelo. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 381-390. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792010000400010&lng=es&tlng=pt
- Salazar, E, Trejo, E, & López, J. (2010). *Efecto residual de estiércol bovino sobre el rendimiento del maíz forrajero y propiedades del suelo.*
- Sánchez, A., & Vila, V. (2019). *Efecto de tres abonos orgánicos en el rendimiento de Zea mays L. var. Blanco Imperial en Quiruvilca, Santiago de Chuco, La Libertad.* Recuperado de: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11409>
- Sánchez, C. (2004). *Abonos orgánicos y lombricultura.*
- Sánchez, G. & Villamizar, H. (2003). Obtención de mote a partir de maíz (*Zea mays L.*) variedad Iniap-111 Guagal mejorado, mediante la utilización de diferentes niveles de hidróxido de calcio cal-p24 y control de tiempos de cocción, para la remoción de la cutícula. Recuperado de: [//www.biblioteca.ueb.edu.ec/bitstream/15001/9511/1/0.32%20AI.pdf](http://www.biblioteca.ueb.edu.ec/bitstream/15001/9511/1/0.32%20AI.pdf).
- Sandoval, J. P. M., Martínez, A. E., & Torres, D. G. (2015). Efecto de la aplicación de un vermicompost en las propiedades químicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. *Acta agronómica*, 64(4), 315-320.

- Saynes , V., Etchevers, J., Paz, F., & Alvarado, L. (2016). Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas agrícolas de México. *Terra Latinoamericana*, 34(1), 83-96.
- Soil survey staff. Keys to soil taxonomy. (2010). *Natural Resources Conservation Service y Agriculture Dept*, 11.a ed., Ed. *Natural Resources Conservation Service, Washington*, Recuperado de: <https://www.amazon.com/>
- Sotelo, G & Téllez, A. (2007). *Efecto de distintos porcentajes de humus de lombriz, compost y suelo, como sustrato en la producción de plántulas de café (Coffea arabica L) variedad caturra*. Managua.
- Torres, G., & Paúl, R. (2018). *Efecto de la aplicación de siete dosis de simplex sobre el rendimiento del híbrido de maíz Zea mays L. trueno NB-7443* (Bachelor's thesis. Guayaquil, Ecuador: Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil.
- Torres, A. (2017). Uso de Abonos Orgánicos para el Desarrollo Sustentable de la Escuela Técnica Agronómica Salesiana. *Revista Scientific*, 2(3), 99-117. Recuperado de: <https://doi.org/10.29394/scientific.issn.2542-2987.2017.2.3.5.99-117>
- Torres, D., Rodríguez, N., Yendis, H., Florentino, A., & Zamora, F. (2006). Cambios en algunas propiedades químicas del suelo según el uso de la tierra en el sector El Cebollal, Estado Falcón, Venezuela. *Bioagro*, 18(2), 123-128.
- Travieso, M., Lambert, T., Pupo, Y., & Tamayo, L. (2018). Respuesta productiva de Glycine max a diferentes dosis de abonos orgánicos en suelo Pardo Sialítico. *Revista Centro Agrícola*, 45(3), 37-43. Recuperado de: <http://cagricola.uclv.edu.cu>
- Vega, M. (2016). El efecto invernadero. *Biocenosis*, 21(1-2).
- Vega, E., Rodríguez, R., de Cárdenas, M., Almaguer, A., & Serrano-González, N. (2006). Abonos orgánicos procesados como alternativa de sustrato de cultivos organopónicos de invernadero. *Naturaleza y Desarrollo*, 4(1), 24-35.

Vera, G., & Alexander, G. (2019). *Influencia de los abonos organicos sobre las propiedades de los suelos en el cultivo de maiz (Zea mays L.)*.

Walkley, A. & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1), 29–38.

Yuan, Y., Zhao, Z., LI, X., Wang, & Ybai, Z. (2018). Characteristics of labile organic carbon fractions in reclaimed mine soils: Evidence from three reclaimed forests in the Pingshuo opencast coal mine, China. *Science of The Total Environment*. 613–614 (1), 1196-1206. Recuperado de: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.170.