



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado de carácter
Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad,
como requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

“Influencia de los ácidos húmicos y fúlvicos como alternativa para el
manejo en suelos afectados por acidez en el cultivo de maíz, en el
Ecuador”.

AUTOR:

Jeferson Oliver León Aroca

TUTOR:

Ing. Agr. Xavier Gutiérrez Mora, MAE.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2021

RESUMEN

En el documento se detalló la información sobre la influencia de los ácidos húmicos y fúlvicos como alternativa para el manejo en suelos afectados por acidez en el cultivo de maíz, en el Ecuador. El cultivo de maíz es uno de los principales cultivos del país, por su demanda y volumen de producción; además la cantidad de productos que se generan de este cultivo sirven para la alimentación humana y animal e uso industrial. Los ácidos húmicos y fúlvicos son moléculas complejas orgánicas, formadas por la descomposición de materia orgánica, lo que influye directamente a la fertilidad del suelo, incidiendo en la absorción de nutrientes y por ende un crecimiento adecuado de las plantas. Las conclusiones determinan que los ácidos húmicos solucionan de los diferentes efectos que ocurren en los suelos tales como salinización, calcificación, disminución de la fertilidad y destrucción de los microorganismos útiles, incremento de la erosión y desertificación, presencia de enfermedades, acumulación de residuos tóxicos por la aplicación de productos químicos; los efectos que causan los ácidos húmicos en el suelo es que si el terreno es arcilloso se mejora su estructura y aireación, por lo que se aumenta su permeabilidad, lo que permite que las plantas mejore sus actividades metabólicas y el poder germinativo; en las raíces mejora su capacidad de absorción lo que junto con la fotosíntesis de las hojas aumenta el vigor y productividad y el bajo rendimiento del cultivo de maíz se debe a la falta de aplicación de ácidos húmicos con dosis adecuadas durante el ciclo del cultivo, lo que ha hecho imprescindible aplicar productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos para mejorar el desarrollo.

Palabras claves: acidez, húmicos, fúlvicos, maíz, rendimiento.

SUMMARY

The document detailed the information on the influence of humic and fulvic acids as an alternative for the management of soils affected by acidity in the corn crop, in Ecuador. The cultivation of corn is one of the main crops in the country, due to its demand and volume of production; In addition, the amount of products that are generated from this crop are used for human and animal nutrition and industrial use. Humic and fulvic acids are complex organic molecules, formed by the decomposition of organic matter, which directly influences soil fertility, influencing the absorption of nutrients and therefore adequate plant growth. The conclusions determine that humic acids solve the different effects that occur in soils such as salinization, calcification, decrease in fertility and destruction of useful microorganisms, increase in erosion and desertification, presence of diseases, accumulation of toxic residues due to the application of chemicals; The effects that humic acids cause in the soil is that if the soil is clayey, its structure and aeration are improved, thus its permeability is increased, which allows plants to improve their metabolic activities and germination power; In the roots, their absorption capacity improves, which together with the photosynthesis of the leaves increases the vigor and productivity and the low yield of the corn crop is due to the lack of application of humic acids with adequate doses during the crop cycle, which has made it essential to apply products based on humic and fulvic acids to improve development.

Keywords: acidity, humic, fulvic, corn, yield.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
MARCO METODOLÓGICO	3
1.1. Definición del tema caso de estudio	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. General.....	4
1.4.2. Específicos.....	4
1.5. Fundamentación teórica	5
1.6. Hipótesis	14
1.7. Metodología de la investigación	14
CAPÍTULO II.....	15
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	15
2.1. Desarrollo del caso.....	15
2.2. Situaciones detectadas	15
2.3. Soluciones planteadas	16
2.4. Conclusiones	16
2.5. Recomendaciones	17
BIBLIOGRAFÍA	18

INTRODUCCIÓN

La creciente población mundial, de manera acelerada, innova continuamente tecnologías para producir suficientes alimentos, siendo un gran reto para las generaciones presentes y futuras, en un planeta donde la degradación de los suelos y el calentamiento global de la atmósfera son prácticamente irreversibles. El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) está considerado como un cultivo tropical, donde constituye el rubro agrícola de mayor seguridad y soberanía alimentaria del país, ya que está considerado como producto de primer orden en la canasta básica de la población ecuatoriana (Pérez y Rodríguez 2018).

La productividad de los suelos volcánicos se ve afectada principalmente por condiciones de baja fertilidad, especialmente por una generalizada deficiencia de fósforo y una acentuada acidez (factor que se manifiesta como toxicidad de aluminio), producto de las condiciones climáticas naturales y del manejo productivo al que han sido sometidos, afectando el crecimiento de las raíces de plantas sensibles y consecuentemente disminuyendo sus rendimientos (Bernier y Alfaro 2016).

Los suelos cultivados con maíz presentan una baja fertilidad evidenciada por su generalizada acidez y bajo contenido de MO. En 94% de los sitios debido a su bajo contenido de MO, la capacidad de almacenamiento de nutrientes (CIC) depende significativamente del contenido de arcilla (López *et al.* 2019).

La aplicación de las cantidades adecuadas de nutrientes es un aspecto clave en el incremento de la producción del maíz, particularmente cuando los agricultores usan maíces híbridos de alto potencial de rendimiento; sin embargo, en la actualidad, las recomendaciones de fertilización utilizadas por los agricultores en los suelos ácido son muy generales y en algunos casos no se relacionan con los requerimientos de nutrientes del cultivo y la disponibilidad en el suelo, dando lugar a un uso desequilibrado e ineficiente de los fertilizantes y a elevados costos de producción (Bernal *et al.* 2014)

La mayoría de los productores de maíz utilizan ácidos húmicos y fúlvicos como alternativa para el manejo en suelos afectados por acidez debido a que en los suelos

ácidos tienden a neutralizarlos. Con ello, los *ácidos húmicos* y fúlvicos fijan e inmovilizan en gran medida ciertos elementos tóxicos en medios ácidos como son el aluminio y metales pesados, reduciendo su toxicidad (JISA 2021).

El presente trabajo se desarrolló para mejorar conocimientos sobre los ácidos húmicos y fúlvicos como alternativa para el manejo en suelos afectados por acidez en el cultivo de maíz.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

Influencia de los ácidos húmicos y fúlvicos como alternativa para el manejo en suelos afectados por acidez en el cultivo de maíz, en el Ecuador.

Los suelos ácidos se refieren aquellos que contienen un pH de valor inferior a 5,5 durante la mayor parte del año. Están asociados con un número de toxicidades (Aluminio) y deficiencias (Molibdeno) y otras condiciones restringentes para las plantas. Una gran parte de los suelos ácidos pertenecen a Acrisoles, Alisoles, Podzoles y sub grupos Dísticos de otros suelos. Un caso extremo de un suelo ácido es un suelo con ácido sulfato (Fluvisoles Tiónicos y Cambisoles Tiónicos) (FAO 2018).

1.2. Planteamiento del problema

El maíz es uno de los productos de ciclo corto de mayor demanda a nivel nacional e internacional, lo que además de generar fuente de ingreso a los productores, genera fuentes de empleo a las personas que habitan en zonas aledañas donde se produce.

Uno de los principales problemas que afectan al cultivo es el bajo rendimiento, lo que se ve influenciado por el tipo de suelo donde se desarrollan las plantas, las cuales pueden estar afectadas por la falta de asimilación de macronutrientes, toxicidad a ciertos metales y reacción negativa de los microorganismos benéficos.

Los suelos ácidos son aquellos que tiene el pH inferior a 5,5; además concentraciones de Aluminio y Manganeso soluble, los cuales pueden alcanzar altos niveles de toxicidad en las plantas, repercutiendo en la alteración de microorganismos benéficos que intervienen en la mineralización de la materia orgánica y el aprovechamiento de los elementos indispensables en los cultivos como son nitrógeno, fósforo y potasio.

1.3. Justificación

El cultivo de maíz es un cultivo de suma importancia en el Ecuador debido al significativo rol que cumple en seguridad alimentaria de la población. El maíz amarillo duro, destinado en un 80% a la producción de alimento balanceado, se produce mayoritariamente en la región litoral y es el primer cultivo transitorio en importancia en relación con la superficie sembrada (300.000 ha) (Zambrano et al. 2019)

Es necesario que los agricultores maiceros realicen análisis de suelo para determinar las condiciones que presenta el suelo donde se desarrollará el cultivo, debido a que la aplicación de los principales fertilizantes como Urea, DAP y Muriato de potasio, de manera prolongada perjudican y acidifican los suelos a través del tiempo.

Si se identifican los suelos ácidos, se deben aplicar medidas correctivas para mejorar las condiciones, utilizando enmiendas orgánicas a base de ácidos húmicos y fúlvicos (en alguna de sus formas de uso agrícola), las cuales reaccionan “neutralizando el suelo”, en los procesos químicos de acidificación.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Analizar la influencia de los ácidos húmicos y fúlvicos como alternativa para el manejo en suelos afectados por acidez en el cultivo de maíz.

1.4.2. Específicos

- Recopilar información referente al manejo en suelos afectados por acidez.
- Identificar los beneficios de los ácidos húmicos y fúlvicos como alternativa para el manejo de suelos ácidos.

1.5. Fundamentación teórica

Zermeño-González *et al.* (2015) difunden que:

El maíz (*Zea mays L.*) es actualmente el segundo cultivo de importancia en el mundo después del trigo. Su importancia económica a nivel mundial se debe a que es un grano fundamental para la alimentación animal y, en muchos países, humana. Recientemente este grano se ha empleado para producir etanol, compitiendo con las funciones tradicionales, por lo que se requiere incrementar su productividad.

Rodríguez (2014) señala que:

Las sustancias húmicas contienen una variedad de grupos funcionales incluyendo COOH, OH fenólicos, OH enólicos, OH alcohólicos, quinonas, hidroxiquinonas, lactosas, entre otros. El estudio de la composición y estructura química de las sustancias húmicas, ha representado un problema que surge como consecuencia de la gran complejidad y heterogeneidad en la naturaleza; así como de gran diversidad molecular. En un intento por explicar o elucidar la composición y estructura de las sustancias húmicas, se han aplicado técnicas de resonancia magnética nuclear del estado sólido (NMR), espectroscopia de transformación Fourier de reflectancia infrarroja difusa (DRIFTS) y espectrometría de masas de ionización suave.

Zamboni *et al.* (2016) determina que “la extracción de las sustancias húmicas con álcalis ha sido objeto de gran controversia por ser un método relativamente fuerte; no obstante, es uno, de los más utilizados, debido a la cantidad apreciable de humus soluble que se extrae”.

Rosales *et al.* (2015) señala que:

El deterioro de los recursos naturales en regiones áridas y semiáridas, resultado de prácticas de producción agrícola intensiva, ha llevado a la implementación de alternativas de manejo para un uso sustentable del ecosistema. La utilización de invernaderos o casas sombras son algunas opciones que se utilizan para hacer un uso eficiente de los recursos, así como el uso de enmiendas orgánicas para optimizar las propiedades físicas y químicas del suelo para el desarrollo de los

cultivos, donde las sustancias húmicas juegan un papel preponderante.

Rodríguez (2014) manifiesta que:

Las sustancias húmicas tienen profundos efectos físicos, químicos y biológicos sobre el suelo, especialmente sobre aquellos que presentan malas condiciones físicas, que dificultan la producción de cultivos. Tienen un efecto estimulante para el crecimiento de las plantas; además, influyen en la movilidad de compuestos orgánicos no iónicos como pesticidas y contaminantes, removiéndolos de las soluciones acuosas.

Rodríguez (2014) indica que:

Son una reserva y a la vez fuente de N, P, S y micro nutrientes para las plantas, proporcionan energía a los microorganismos, liberan CO₂, forman y mantienen la estructura del suelo, reducen los efectos de compactación y costras superficiales, reducen la erosión, mejoran la percolación y retención de agua del suelo, amortiguan cambios de pH y salinidad en el suelo, retienen los nutrientes por sus propiedades de intercambio catiónico, incrementan la temperatura del suelo por optimizar los regímenes hídrico, eólico y térmico; incrementan la disponibilidad de algunos nutrientes que de otro modo formarían compuestos escasamente solubles, incrementan el almacén de nutrientes, protegen al ambiente de la acción de metales tóxicos y algunos pesticidas.

López-Salazar *et al.* (2014) explica que:

Las sustancias húmicas se componen de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas residuales, definidas como macromoléculas orgánicas, con una estructura química compleja, distinta y estable que provienen de la degradación de plantas y animales, por la actividad enzimática de microorganismos y metamorfismo orgánico, el término humus, se utilizó en la antigüedad para hacer referencia a la totalidad del suelo, posteriormente se ha empleado como sinónimo de MO, mientras que en la actualidad y como ya se ha mencionado, hace referencia a una fracción de dicha MO que engloba a un grupo de sustancias, son la fracción orgánica del suelo más importante por su actividad en procesos físicos, químicos y biológicos en el suelo, los ácidos húmicos son

solubles en medios alcalinos, aunque no las condiciones de ácidos fuertes, si el $\text{pH} < 2$.

Zamboni *et al.* (2016) expresa que “las características propias de las sustancias húmicas estabilizan los compuestos orgánicos y cumplen condiciones para establecer el horizonte mólico mediante la melanización, presentando mayores proporciones de ácidos húmicos y relaciones adecuadas de C/N”.

López-Salazar *et al.* (2014) mencionan que:

La alternativa eficiente de los nutrimentos a los cultivos consiste en la combinación con compuestos inorgánicos, la aplicación de ácidos húmicos como una enmienda orgánica del suelo en combinación con otros materiales, resulta en un aumento significativo en el crecimiento de la planta y rendimiento de los cultivos, mediante la mejora de las propiedades hidrofísicas y disponibilidad de nutrimentos de los suelos.

Rosales *et al.* (2015) aclara que:

El efecto de la adición de ácidos fúlvicos de leonardita en el suelo y por ende en su estructuración y estabilidad de agregados, ha sido escasamente estudiado. La importancia de los ácidos fúlvicos en el suelo radica en el mantenimiento de cationes en forma disponible para las plantas, además de favorecer su transporte hacia la raíz. Dan estabilidad a los agregados del suelo; sin embargo, su acción estabilizante depende de la naturaleza del material de origen, la composición química de los ácidos fúlvicos y los grupos funcionales que presenten en su estructura molecular, así como del clima.

López-Salazar *et al.* (2014) sostiene que:

Los ácidos fúlvicos solubles en condiciones alcalinas y ácidas a diferencia de las huminas que son insolubles. La clasificación de las tres fracciones no representa tres tipos distintos de moléculas orgánicas, esto es debido al hecho de que las sustancias húmicas contienen diversos tipos de grupos funcionales cuyas capacidades de agrupamiento de metal varían considerablemente, pues suelen incluir un esqueleto de moléculas aromáticas alquilo con grupos funcionales, como ácidos carboxílicos, hidroxilo fenólico y grupos quinona unidos a ellos. La evidencia sugiere que la agrupación del metal con inorgánicos y ligandos

orgánicos en el suelo puede tener una influencia en la movilidad y la biodisponibilidad de los metales para los organismos del suelo y plantas.

Zamboni *et al.* (2016) reporta que:

Tradicionalmente, en otras partes del mundo, los suelos aportan grandes contenidos de materiales orgánicos, formando un horizonte profundo. Dado que los ácidos húmicos y fúlvicos son componentes principales de los complejos órgano-minerales, es determinante conocer sus propiedades fisicoquímicas, para lo cual se han establecido técnicas de extracción, separación y purificación que permiten su caracterización.

Rosales *et al.* (2015) considera que:

Algunas de estas sustancias son los ácidos fúlvicos, compuestos de bajo peso molecular (900-5000Da) que contienen carbono orgánico (43-52%), oxhidrilos y grupos fenólicos. Estos ácidos se obtienen durante el proceso de humificación de la materia orgánica y también se han obtenido de materiales orgánicos fosilizados, como turbas y lignitos provenientes de minas de carbón. Una forma oxidada de lignitos de carbón denominada 'leonardita' en honor a Arthur Gray Leonard, quien fue el primero en estudiar sus propiedades, se ha utilizado para la extracción de ácidos fúlvicos en los últimos años.

Zamboni *et al.* (2016) indican que:

La extracción de las sustancias húmicas ha sido objeto de gran controversia por ser un método relativamente fuerte; no obstante, es uno, de los más utilizados, debido a la cantidad apreciable de humus soluble que se extrae. Según el objetivo de cada estudio se utilizan diferentes extractantes dentro de los cuales se encuentran sales neutras y bases como tetraborato, pirofosfato e hidróxido de sodio; de esta forma se minimizan las posibles transformaciones en la estructura de las sustancias húmicas por polimerización y la presencia de impurezas de carácter no húmico.

Huelva *et al.* (2013) informan que:

Se ha demostrado que los efectos de las sustancias húmicas sobre el crecimiento y desarrollo de los vegetales, señalan la influencia positiva sobre el transporte de

iones facilitando la absorción, la acción directa sobre procesos metabólicos tales como: respiración, fotosíntesis y síntesis de proteínas, mediante el aumento o disminución de la actividad de diversas enzimas, el contenido de metabolitos y la actividad tipo hormonal de estas sustancias.

De acuerdo a Guridi *et al.* (2017):

Las sustancias húmicas constituyen la fracción donde es retenido mayoritariamente el carbono de la materia orgánica del suelo e intervienen en múltiples propiedades del sistema suelo-planta. Actualmente no se cuenta con una explicación integral que pueda justificar la posible relación entre la estructura de estas sustancias y los efectos directos que provocan en las plantas.

Anillo *et al.* (2013) divulgan que:

Los ácidos húmicos están conformados por la unión de estructuras inalteradas de segmentos poliméricos de plantas y de fragmentos orgánicos con grupos del tipo carboxílico, fenólico, aldehído, cetónico, amido y amino. Esta composición estructural le confiere a los ácidos húmicos propiedades tales como su anfifilicidad y su capacidad de intercambio catiónico.

Zamboni *et al.* (2016) publican que:

Las sustancias húmicas tienen un gran número de sitios ionizables con propiedades ácido-base de gran interés para comprender la dinámica de estas sustancias húmicas, ya que se relacionan con el tiempo de mineralización de los componentes del suelo, el aprovechamiento de nutrientes, la interacción con iones contaminantes y su capacidad buffer.

Huelva *et al.* (2013) señalan que:

El conocimiento de la estructura de las sustancias húmicas, a pesar de su gran heterogeneidad, es totalmente necesaria para poder describir su reactividad química y su participación en los procesos biológicos que tienen lugar en las plantas pues esta interacción aún no queda clara hoy en día.

Para Zamboni *et al.* (2016):

Los estudios de acidez de las sustancias húmicas realizados a nivel internacional,

generalmente se han realizado mediante titulaciones potenciométricas que permiten cuantificar diferentes funciones ácidas, calcular los valores de pKa aparentes y favorecer el entendimiento de la naturaleza polielectrolítica de los ácidos húmicos.

Huelva *et al.* (2013) acota que:

Las sustancias húmicas son macromoléculas muy complejas donde se encuentran diferentes grupos funcionales que le permiten actuar como polielectrolitos de ácidos débiles y ser sitios de reacción con diferentes agentes químicos; es aceptado que esta consideración es válida para cada una de sus fracciones donde también se incluyen a los Ácidos Húmicos como uno de sus componentes. La mayor parte de estos sitios de reacción son atribuidos a la presencia de oxígeno en los grupos funcionales OH de alcoholes, fenoles, carboxilos y otros, siendo los de grupos carboxilos y fenólicos los de mayor interacción y cantidad.

Guridi *et al.* (2017) consideran que:

Las características estructurales y las propiedades de las sustancias húmicas solubles que se obtienen de materiales compostados o vermicompostados, dependen de la fuente orgánica original, de las condiciones empleadas para su procesamiento (principalmente la temperatura, el tiempo y el agente biológico transformador), así como del procedimiento utilizado en la extracción.

Rivera *et al.* (2016) sostienen que:

Los ácidos húmicos son macromoléculas polielectrolíticas que desempeñan un papel importante en el ciclo global de carbono y nitrógeno y en la regulación de la movilidad de nutrientes y contaminantes ambientales. Su uso en la agricultura se ha extendido al producir efectos positivos a nivel morfológico, fisiológico y bioquímico en las plantas. Se encuentran en carbones marrones como carbón de bajo rango tipo lignito, el cual presenta bajo grado de carbonificación.

Espinosa-Loréns *et al.* (2014) sostienen que:

Las características de la materia orgánica disuelta en los lixiviados correlacionan estrechamente con el comportamiento de los tratamientos, considerando estudios

realizados con tratamientos como coagulación-floculación, sedimentación, ósmosis inversa y oxidación avanzada. Cuando se aplican tratamientos biológicos a estos lixiviados se incrementa notablemente la concentración de la fracción coloidal de alto peso molecular, con propiedades de solubilidad equivalentes a las de los ácidos húmicos. El procedimiento más frecuentemente usado para la separación de las fracciones húmicas y no húmicas de la materia orgánica disuelta involucra el aislamiento y extracción de sustancias húmicas por adsorción sobre resinas iónicas y no iónicas.

Rivera *et al.* (2016) manifiestan que:

Se ha reportado que los ácidos húmicos pueden actuar como fitohormonas, debido a que presentan sustancias que estimulan el crecimiento celular y que su bioactividad está relacionada con un mayor contenido de grupos nitrogenados en su estructura, muy parecida a la actividad de promoción de crecimiento del ácido indol acético.

Félix *et al.* (2018) aseguran que:

La aplicación de materia orgánica humificada aporta nutrientes y funciona como base para la formación de múltiples compuestos que mantienen la actividad microbiana, como son: las sustancias húmicas (ácidos húmicos, fúlvicos, y huminas). Que al incorporarla ejercerá distintas reacciones en el suelo como son: mejora la estructura del suelo, facilitando la formación de agregados estables con lo que mejora la permeabilidad de éstos, aumenta la fuerza de cohesión a suelos arenosos y disminuye esta en suelos arcillosos, mejora la retención de humedad del suelo y la capacidad de retención de agua estimula el desarrollo de plantas mejora y regula la velocidad de infiltración del agua, disminuyendo la erosión producida por el escurrimiento superficial, eleva la capacidad tampón de los suelos, su acción quelante contribuye a disminuir los riesgos carenciales y favorece la disponibilidad de algunos micronutrientes (Fe, Cu y Zn) para la planta, el humus aporta elementos minerales en bajas cantidades, y es una importante fuente de carbono para los microorganismos del suelo.

Rosales *et al.* (2015) estiman que:

Algunas de estas sustancias son los ácidos fúlvicos, compuestos de bajo peso molecular que contienen carbono orgánico (43-52%), oxhidrilos y grupos

fenólicos. Estos ácidos se obtienen durante el proceso de humificación de la materia orgánica y también se han obtenido de materiales orgánicos fosilizados, como turbas y lignitos provenientes de minas de carbón.

Rivera *et al.* (2017) aseguran que:

Los ácidos húmicos y fúlvicos son considerados como el “alimento del futuro” por su alta versatilidad nutricional y su participación en el incremento de los niveles de energía, mejorar el apetito y ofrecer protección antioxidante, también se le conoce por su aplicación en la acuicultura como alimento para moluscos, biorremediación de aguas residuales y como indicadoras y/o depuradoras de aguas contaminadas.

Rosales *et al.* (2015) estiman que:

La importancia de los ácidos fúlvicos en el suelo radica en el mantenimiento de cationes en forma disponible para las plantas, además de favorecer su transporte hacia la raíz. Dan estabilidad a los agregados del suelo; sin embargo, su acción estabilizante depende de la naturaleza del material de origen, la composición química de los ácidos fúlvicos y los grupos funcionales que presenten en su estructura molecular, así como del clima. Los agregados o peds son unidades secundarias de diferentes tamaños, productos del ordenamiento de los granos minerales individuales (arena, limo y arcilla) y la materia orgánica, definidos como estructura del suelo.

Félix *et al.* (2018) argumentan que:

Dos de los componentes importantes en la materia orgánica son los ácidos húmicos y fúlvicos los cuales son los responsables de muchas de las mejoras que ejerce el humus, las sustancias húmicas elevan la capacidad de intercambio catiónico de los suelos al formar complejos arcilla-húmicos, forman complejos fosfo-húmicos manteniendo el fósforo en un estado asimilable por la planta. También es importante reconocer que el humus favorece el desarrollo normal de cadenas tróficas en el suelo.

López *et al.* (2014) apuntan que:

Las sustancias húmicas se componen de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y

huminas residuales, definidas como macromoléculas orgánicas, con una estructura química compleja, distinta y estable que provienen de la degradación de plantas y animales, por la actividad enzimática de microorganismos y metamorfismo orgánico.

Félix *et al.* (2018) refieren que:

Otro beneficio de la materia orgánica humificada es su potencial para controlar poblaciones de patógenos del suelo. Las bacterias y hongos aislados con actividad antagónica sobre patógenos del suelo. La naturaleza de la materia orgánica utilizada y la densidad de inóculo del patógeno existente en el suelo, son factores que pueden influir sobre el nivel de control de la enfermedad alcanzable por la composta. Por otro lado, los agentes de biocontrol inhiben o matan a los patógenos en la composta madura y por lo tanto inducen la supresión de la enfermedad. Los agentes de biocontrol en la composta pueden inducir la resistencia sistémica adquirida a los patógenos foliares.

López *et al.* (2014) manifiestan que:

Los ácidos fúlvicos solubles en condiciones alcalinas y ácidas a diferencia de las huminas que son insolubles. La clasificación de las tres fracciones no representa tres tipos distintos de moléculas orgánicas, esto es debido al hecho de que las sustancias húmicas contienen diversos tipos de grupos funcionales cuyas capacidades de agrupamiento de metal varían considerablemente, pues suelen incluir un esqueleto de moléculas aromáticas alquilo con grupos funcionales, como ácidos carboxílicos, hidroxilo fenólico y grupos quinona unidos a ellos.

Anillo *et al.* (2013) publican que:

Las sustancias húmicas se clasifican dependiendo del proceso de separación utilizado; los mayores componentes del humus son los ácidos fúlvicos los cuales son solubles en medio ácido y los ácidos húmicos que son insolubles en medio ácido.

1.6. Hipótesis

Ho= no existe influencia de los ácidos húmicos y fúlvicos como alternativa para el manejo en suelos afectados por acidez en el cultivo de maíz, en el Ecuador.

Ha= existe influencia de los ácidos húmicos y fúlvicos como alternativa para el manejo en suelos afectados por acidez en el cultivo de maíz, en el Ecuador.

1.7. Metodología de la investigación

El presente documento se elaborará de la información actualizada obtenida de libros, páginas web, bibliotecas virtuales y artículos de revistas de alto impacto, la misma que será resumida y puntualizará material referente a la influencia de los ácidos húmicos y fúlvicos como alternativa para el manejo en suelos afectados por acidez en el cultivo de maíz.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

En el documento se detalló la información sobre la influencia de los ácidos húmicos y fúlvicos como alternativa para el manejo en suelos afectados por acidez en el cultivo de maíz, en el Ecuador.

El cultivo de maíz es uno de los principales cultivos del país, por su demanda y volumen de producción; además la cantidad de productos que se generan de este cultivo sirven para la alimentación humana y animal e uso industrial.

Los ácidos húmicos y fúlvicos son moléculas complejas orgánicas, formadas por la descomposición de materia orgánica, lo que influye directamente a la fertilidad del suelo, incidiendo en la absorción de nutrientes y por ende un crecimiento adecuado de las plantas.

2.2. Situaciones detectadas

Entre las situaciones detectadas se presentan:

Los suelos que tiene pH menor a 5,5 poseen acidez lo que causa efecto perjudicial en las plantas.

Los suelos ácidos poseen elementos contaminantes como Aluminio y Manganeso que provocan toxicidad en los cultivos y efectos perjudiciales a los organismos benéficos presentes en los suelos.

La aplicación de las diferentes dosis de nitrógeno, fósforo y potasio, previo a la

realización del análisis de suelo, promueven la acidez de los suelos.

Los cultivos de maíz sembrados en suelos ácidos poseen raíces débiles y características agronómicas deficientes, lo que permitirá obtener bajos rendimientos por unidad de superficie.

2.3. Soluciones planteadas

Las soluciones planteadas son las siguientes:

Aplicar correctores de suelos a base de ácidos húmicos y fúlvicos, porque promueven el desarrollo y crecimiento de las plantaciones maiceras del Ecuador, ayudando a obtener mayor altura de planta e inserción de la mazorca, número de mazorcas, granos por mazorca, longitud y diámetro de mazorca, peso de granos y rendimiento.

Antes de realizar la respectiva fertilización del cultivo de maíz se debe efectuar el análisis de suelo.

2.4. Conclusiones

Las conclusiones planteadas son:

Los ácidos húmicos solucionan de los diferentes efectos que ocurren en los suelos tales como salinización, calcificación, disminución de la fertilidad y destrucción de los microorganismos útiles, incremento de la erosión y desertificación, presencia de enfermedades, acumulación de residuos tóxicos por la aplicación de productos químicos.

Los efectos que causan los ácidos húmicos en el suelo es que si el terreno es arcilloso se mejora su estructura y aireación, por lo que se aumenta su permeabilidad, lo que permite que las plantas mejoren sus actividades metabólicas y el poder germinativo; en las raíces mejora su capacidad de absorción lo que junto con la fotosíntesis de las hojas aumenta el vigor y productividad.

El bajo rendimiento del cultivo de maíz se debe a la falta de aplicación de ácidos

húmicos con dosis adecuadas durante el ciclo del cultivo, lo que ha hecho imprescindibles aplicar productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos para mejorar el desarrollo.

2.5. Recomendaciones

Por lo expuesto se recomienda:

Aplicar sobre el desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.), productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos por obtener mayor beneficio neto en la presente investigación.

Realizar investigaciones con otros productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de maíz.

BIBLIOGRAFÍA

- Anillo, R., Colpas, F., Meza, E. 2013. Aumento del contenido de ácidos húmicos en un carbón de bajo rango a través de la oxidación con aire y con peróxido de hidrogeno o ácido nítrico
- Bernal, J., Navas, G. E., Hernández, R. S. (2014). Requerimientos y respuestas a la fertilización del maíz en suelos de sabanas ácidas de Colombia. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 15, 6-10.
- Bernier, R., Alfaro, M. (2006). Acidez de los suelos y efectos del encalado. Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Osorno, Chile. Boletín INIA N° 151, 46 p.
- Espinosa-Loréns, M., Fernández, A., López, M., Ramos, Y., Correa, O., Álvarez, C. 2014. Determinación de sustancias húmicas en lixiviados de vertederos de residuos sólidos urbanos. Universidad de Oriente Santiago de Cuba, Cuba. *Revista Cubana de Química*, vol. XXIV, núm. 2, 2012, pp. 175-180
- FAO. 2018. Suelos Ácidos. Disponible en <http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-acidos/es/>
- Félix, J., Sañudo, R., Rojo, E., Martínez, R., Olalde, V. 2018. Importancia de los abonos orgánicos Universidad Autónoma Indígena de México El Fuerte, México. *Ra Ximhai*, vol. 4, núm. 1, pp. 57-67
- Guridi, F., Calderín, A., Louro, R., Martínez, D., Rosquete, M. 2017. Los ácidos húmicos de vermicompost protegen a plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) contra un estrés hídrico posterior. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba. *Cultivos Tropicales*, vol. 38, núm. 2, abril-junio, 2017, pp. 53-60
- Huelva, R., Martínez, D., Calderín, A., Hernández, O., Guridi, F. 2013. Propiedades químicas y química-físicas de derivados estructurales de ácidos húmicos obtenidos de vermicompost. *Actividad biológica*. Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez La Habana, Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 22, núm. 2, abril-junio, 2013, pp. 56-60
- JISA. 2021. Húmicos, Fertilizantes agrícolas. Disponible en <https://www.acidoshumicos.com/acidos-humicos/>
- López Báez, W., Reynoso Santos, R., López Martínez, J., Villar Sánchez, B., Camas Gómez, R., & García Santiago, J. O. (2019). Caracterización físico-química de

- suelos cultivados con maíz en Villaflores, Chiapas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(4), 897-910.
- López, R., González, G., Vázquez, R., Olivares, E., Vidales, J., Carranza, R., Ortega, M. 2014. Metodología para obtener ácidos húmicos y fulvicos y su caracterización mediante espectrofotometría infrarroja. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, núm. 8, pp. 1397-1407
- Pérez Iglesias, H., Rodríguez Delgado, I. (2018). Cultivos tropicales de importancia económica en Ecuador (arroz, yuca, caña de azúcar y maíz). Universidad Técnica de Machala. ISBN 978-9942-24-113-9
- Rivera, M., Gómez, L., Cubillos, J. 2017. Efecto de ácidos húmicos sobre el crecimiento y la composición bioquímica de *Arthrospira platensis*. Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia. *Revista Colombiana de Biotecnología*, vol. XIX, núm. 1, pp. 71-80
- Rodríguez, M., Venegas, J., Montañez, J. 2014. Extracción secuencial y caracterización fisicoquímica de ácidos húmicos en diferentes compost y el efecto sobre trigo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 1, núm. 2, pp. 132-146
- Rosales Serrano, Luis Antonio; Segura Castruita, Miguel Ángel; González Cervantes, Guillermo; Potisek Talavera, María del Carmen; Orozco Vidal, Jorge Arnaldo; Preciado Rangel, Pablo 2015. Influencia de los ácidos fúlvicos sobre la estabilidad de agregados y la raíz de melón en casa sombra. Asociación Interciencia Caracas, Venezuela. *Interciencia*, vol. 40, núm. 5, pp. 317-323
- Zamboni, I., Ballesteros, M., Zamudio, A. 2016. Caracterización de ácidos húmicos y fúlvicos de un mollisol bajo dos coberturas diferentes. Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia. *Revista Colombiana de Química*, vol. 35, núm. 2, pp. 191-203
- Zambrano, J. L., Yáñez, C., Sangoquiza, C., Limongi, R. Alarcón, D., Zambrano, E., Caicedo, M., Villavicencio, P., Cartagena, Y., Pinargote, L. (2019). Situación del cultivo de maíz en Ecuador: investigación y desarrollo de tecnologías en el Iniap [Resumen]. Ponencia presentada en XXIII Reunión Latinoamericana del Maíz y IV Congreso de Semillas (p. 30-31). Mosquera, Colombia: AGROSAVIA

Zermeño-González, A., Cárdenas-Palomo, J., Ramírez-Rodríguez, H., Benavides-Mendoza, A., Cadena-Zapata, M., Campos-Magaña, S. 2015. Fertilización biológica del cultivo de maíz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, núm. 12, pp. 2399- 2408