

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“LEONARDITA Y EXTRACTOS HÚMICOS COMO FUENTES
ORGÁNICAS PARA LA AGRICULTURA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

FIDEL TOBIAS EUSTAQUIO SALVATIERRA

LIMA – PERÚ

2024

TSP Fidel Eustaquio Salvatierra revisado por Sady García

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%	13%	1%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.fao.org Fuente de Internet	2%
2	repositorio.uaaan.mx Fuente de Internet	1%
3	cideteq.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet	1%
4	geologiaweb.com Fuente de Internet	1%
5	core.ac.uk Fuente de Internet	1%
6	www.ctv.es Fuente de Internet	1%
7	www.quatya.com Fuente de Internet	1%
8	www.sqm-vitas.com Fuente de Internet	1%
9	ciqa.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet	1%

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“LEONARDITA Y EXTRACTOS HÚMICOS COMO FUENTES
ORGÁNICAS PARA LA AGRICULTURA”**

FIDEL TOBIAS EUSTAQUIO SALVATIERRA

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

.....
Dr. Juan Waldir Mendoza Cortez
PRESIDENTE

.....
Dr. Sady Javier García Bendezú
ASESOR

.....
Ing. Mg. Sc. Pedro Pablo Gutiérrez Vílchez
MIEMBRO

.....
Ing. Mg. Sc. Braulio La Torre Martínez
MIEMBRO

LIMA – PERÚ

2024

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Problemática.....	3
1.2.	Objetivos	4
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1.	Leonardita.....	5
2.2.	Lignito	5
2.3.	Formación de carbón	6
2.4.	Materia orgánica del suelo, naturaleza y función.....	8
2.5.	Sustancias húmicas.....	9
2.5.1.	Ácido húmico	9
2.5.2.	Ácido fúlvico.....	10
2.5.3.	Humina.....	10
2.5.4.	Estructuras químicas de los ácidos húmicos y fúlvicos	11
2.5.5.	Humificación.....	12
2.6.	Extracción de ácidos húmicos y fúlvicos	14
2.7.	Reservas de leonardita.....	16
2.8.	Beneficios generales de los compuestos húmicos	17
2.8.1.	Efecto de los ácidos húmico y fúlvico en el crecimiento de <i>Passiflora ligularis</i> cultivada en condiciones de invernadero	18
2.8.2.	3.8.2 Efecto del ácido húmico en la productividad de las pantas de tomate bajo condiciones de estrés térmico	19
III.	DESARROLLO DEL TRABAJO	20
3.1.	Antecedentes para el ensayo.....	22
3.2.	Elaboración y desarrollo del protocolo	22
3.2.1.	Unidad técnica responsable del trabajo.....	22
3.2.2.	Objetivos del ensayo	23
3.2.3.	Justificación.....	23
3.2.4.	Características del área experimental.....	23
3.2.5.	Ubicación	23
3.2.6.	Materiales	23
3.2.7.	Procedimiento	24

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1. Evaluación de raíces	27
4.2. Evaluación de brotes	28
4.3. Conclusiones del ensayo	29
V. CONCLUSIONES	30
VI. RECOMENDACIONES	31
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Concentración de carbono, humedad y calor en tipos de carbones.....	6
Tabla 2: Composición media de sustancias húmicas y algunas moléculas vegetales	11
Tabla 3: Contenido de ácidos húmicos y fúlvicos de diferentes fuentes.....	14
Tabla 4: Extractantes para los constituyentes orgánicos del suelo.....	15
Tabla 5: Algunos fabricantes y proveedores de productos con ácido húmico y fúlvico para los mercados internacionales	17
Tabla 6: Descripción técnica del producto Fertiactyl gz	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Secuencia de formación de carbón.....	7
Figura 2: Esquema de los componentes de la materia orgánica del suelo.....	9
Figura 3: Indicadores por color de los ácidos húmicos y fúlvicos	11
Figura 4: Estructura química – Modelo de los ácidos húmicos.....	12
Figura 5: Estructura química – Modelo de los ácidos fúlvicos	12
Figura 6: Producto Fertiactyl GZ – SQM Vitas Perú SAC	21
Figura 7: Imagen tomada para la observación de las plantas bajo condiciones de estrés ...	22
Figura 8: Inyección del producto con el uso de una jeringa en la línea de riego o lateral de riego	24
Figura 9: Inyección del producto con el uso de una jeringa en la línea de riego o lateral de riego	25
Figura 10: Observación del producto disuelto en el agua y aplicado por la línea de riego .	25
Figura 11: Aparición de raicillas blancas (nuevas), fue una diferencia bastante marcada frente al testigo	27
Figura 12: Baja actividad radicular por parte del testigo.....	28
Figura 13: Aparición de brotes axilares en la planta con Fertiactyl gz	28
Figura 14: Inactividad de brotes por parte del testigo	29

RESUMEN

Esta investigación se realizó en un campo experimental en el centro poblado de Luvio, Irrigación Santa rosa, Huaura – Huacho. La Textura del sustrato fue determinada por el uso principalmente de turba, fibra de coco y cascarilla de arroz en bolsas negras con agujeros para una mejor aireación. Los objetivos fueron: aportar conocimiento sobre el origen de los ácidos húmicos y fúlvicos derivados de Leonardita, sus procesos de extracción y su uso en la agricultura. Así como también evaluar la aplicación de los ácidos húmicos como alternativa a las fuentes tradicionales de materia orgánica aplicado a suelo en base a nuestra experiencia. Para explicar el procedimiento seleccionaron dos líneas de 280 plantas cada una, se marcaron dichas hileras y se realizó la aplicación del producto en evaluación. La dosis recomendada por la compañía fue de 5 L/ha, y la dosis para el ensayo se obtuvo de manera proporcional a la cantidad de plantas considerando un total de 10000 plantas/ha. El número de plantas a tratar fue de 280, por lo que se utilizó un volumen de 140 ml de producto para esa cantidad. Debido a la distancia del tanque de fertilización a la zona de ensayo, se realizó la inyección vía jeringas y directamente a la línea de riego. Así se observó el efecto favorable de los ácidos húmicos en la generación de nuevas raíces, y en cuanto al testigo, se pudo notar que la actividad radicular aún seguía sin mayores diferencias; de la misma forma observamos el desarrollo de brotes axilares en la planta tratada con Fertiactyl gz, así como en el testigo se pudo apreciar la dormancia de estos brotes a causa de la baja actividad de la planta. La fecha de instalación fue el día 23/07/2015, fecha de aplicación el día 23/07/2015 y la fecha de evaluación el día 30/07/2015.

Palabras claves: Extractos Húmicos, Leonardita, Arándano, Huacho.

ABSTRACT

This research was carried out in an experimental field in the town center of Luvio, Santa Rosa Irrigation, Huaura – Huacho. The Texture of the substrate was determined by the use mainly of peat, coconut fiber and rice husk in black bags with holes for better aeration. The objectives were: to provide knowledge about the origin of humic and fulvic acids derived from Leonardite, their extraction processes and their use in agriculture. As well as evaluate the application of humic acids as an alternative to traditional sources of organic matter applied to soil based on our experience. To explain the procedure, two lines of 280 plants each were selected, these rows were marked and the application of the product under evaluation was carried out. The dose recommended by the company was 5 L/ha, and the dose for the trial was obtained in proportion to the number of plants considering a total of 10,000 plants/ha. The number of plants to be treated was 280, so a volume of 140 ml of product was used for that quantity. Due to the distance of the fertilization tank from the test area, the injection was carried out via syringes and directly into the irrigation line. Thus, the favorable effect of humic acids on the generation of new roots was observed, and as for the control, it was noted that root activity still continued without major differences; In the same way we observed the development of axillary shoots in the plant treated with Fertiactyl gz, as well as in the control the dormancy of these shoots could be seen due to the low activity of the plant. The installation date was 07/23/2015, the application date was 07/23/2015 and the evaluation date was 07/30/2015.

Keywords: Humic Extracts, Leonardite, Blueberry, Huacho

I. INTRODUCCIÓN

El suelo es un componente central de los sistemas productivos y la base del desarrollo agrícola y la sostenibilidad ecológica, actuando como un sistema vivo complejo y dinámico, esencial para la producción de alimentos, forraje, etc.; así como para proporcionar una serie de servicios ecológicos vitales. A pesar de su importancia, el área total de suelo productivo es limitada y es sometida a una creciente presión debido al incremento de la actividad agrícola y otros usos competidores, como la silvicultura y el pastoreo como resultado del incremento de necesidad de recursos por parte de una población en constante aumento (FAO, 2015).

Antiguamente, los fisiólogos mantuvieron la teoría húmica, esta consideraba que las plantas se nutrían directamente del humus, el cual condicionaba el nivel de fertilidad del suelo. Como resultado, se observó la incorporación de diferentes tipos de materias orgánicas a los suelos agrícolas (Navarro *et al.*, 1995). Posteriormente, la revolución agrícola liderada por Justus Von Liebig (1843) cuestionó esta idea al demostrar que las plantas requieren agua y sustancias inorgánicas para su nutrición, impulsando luego el desarrollo de fertilizantes inorgánicos con mayor concentración (20-100 veces más) de los elementos esenciales como Nitrógeno, Fósforo y Potasio que los abonos orgánicos (Arens, 1983). Este avance tuvo un impacto muy marcado en la agricultura al incrementar los rendimientos, remplazando a algunas técnicas de cultivo tradicionales, entre las cuales se incluía la práctica de utilizar residuos orgánicos como fertilizante para los cultivos (Navarro *et al.*, 1995).

De acuerdo con Mustin (1987), la materia orgánica representa entre el 95 y el 99 % del peso seco total de los organismos vivos, mientras que a nivel de suelo alcanza valores mínimos que en excepcionales casos supera el 2 % (Navarro *et al.*, 1995). Este bajo porcentaje de materia orgánica presente en el suelo sirve como fuente de elementos esenciales para las plantas y por otro lado contribuye a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

De este modo, la incorporación de materia orgánica en suelo determinados como los de la costa, podría traducirse en una serie de beneficios positivos, como el aumento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el incremento de fuentes de nitrógeno (un elemento escaso en estos suelos), el aumento de la actividad microbiana (una característica de suelos fértiles) y la creación de condiciones más favorables en el suelo para una mayor diversidad de cultivos. De este modo, se estaría contribuyendo en mantener la salud del suelo asegurando su funcionamiento constante como un sistema vivo dentro de los sistemas y límites de uso del suelo, con ello aseguramos la productividad biológica, promoviendo la calidad del aire y el agua y manteniendo el desarrollo de los diferentes seres vivos (Doran *et al.*, 2002).

En los últimos 20 años, la investigación sobre sustancias húmicas como componentes del humus del suelo se ha incrementado notablemente, reportando que la presencia de estas conlleva propiedades beneficiosas para los suelos con bajos niveles de material orgánico. Lo cual conlleva a un mayor interés del estudio de su origen, métodos de extracción y propiedades físicas y químicas para la producción de enmiendas húmicas, las cuales son utilizadas para la recuperación de estos suelos (Camargo y Cruz, 1999).

Los ácidos húmicos y fúlvicos son considerados por como una “fuente de materia orgánica líquida” para los cultivos, cuyas características en su composición y propiedades físicas y químicas en su contenido han sido bien aceptados por el usuario, esto debido a varios factores, como son la escasez de materia orgánica o falta de disponibilidad en el momento oportuno, riesgos de salinidad para el cultivo, malas aplicaciones y finalmente el alza constante en los precios de este insumo agrícola.

En este trabajo se busca brindar mayor aporte en el conocimiento de la leonardita como fuente principal de extracción de los ácidos húmicos y fúlvicos, así mismo, sentaremos algunos conceptos básicos de la materia orgánica, su uso y experiencias donde podamos explicar y argumentar de manera objetiva si el uso de estas sustancias en la agricultura justifica o no el costo de su aplicación para la misma.

El contexto de análisis tiene como referencia los suelos de costa central del Perú (norte medio), de texturas arenosas básicamente, donde se tienen suelos con bajo contenido de materia orgánica y salinidad considerable de efectos negativos para el crecimiento de los cultivos; respecto a estos últimos, los principales cultivos de agroexportación en la zona en mención son: arándano, palto, cítricos y granado, para los cuales se hace importante la aplicación de estos ácidos (húmicos y fúlvicos) ya que tienen a la materia orgánica cruda restringida para su uso precisamente por el destino comercial de la fruta.

1.1. Problemática

En los últimos 20 años, la investigación sobre sustancias húmicas como componentes del humus del suelo se ha incrementado notablemente, reportando que la presencia de estas conlleva propiedades beneficiosas para los suelos con bajos niveles de material orgánico. Lo cual conlleva a un mayor interés del estudio de su origen, métodos de extracción y propiedades físicas y químicas para la producción de enmiendas húmicas, las cuales son utilizadas para la recuperación de estos suelos (Camargo y Cruz, 1999)

Los ácidos húmicos y fúlvicos son considerados por como una “fuente de materia orgánica líquida” para los cultivos, cuyas características en su composición y propiedades físicas y químicas en su contenido han sido bien aceptados por el usuario, esto debido a varios factores, como son la escasez de materia orgánica o falta de disponibilidad en el momento oportuno, riesgos de salinidad para el cultivo, malas aplicaciones y finalmente el alza constante en los precios de este insumo agrícola.

En este trabajo se busca evaluar la capacidad que tienen los ácidos húmicos de actuar como alternativa al uso de la materia orgánica y aprovechar las propiedades que ofrecen estas sustancias en el suelo y corregir ciertas condiciones adversas para este cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) var. Biloxy

1.2. Objetivos

1. Aportar conocimiento sobre el origen de los ácidos húmicos y fúlvicos derivados de leonardita, sus procesos de extracción y su uso en la agricultura.
2. Evaluar la aplicación de los ácidos húmicos como alternativa a las fuentes tradicionales de materia orgánica aplicado a suelo en base a nuestra experiencia.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Leonardita

La leonardita lleva este nombre en honor a Arthur Gray Leonard, quien fue el primero en estudiar sus propiedades (Oikos Solution, 2012). Se desarrolla como un material intermedio entre la turba y el lignito, siendo muy rico en materia orgánica, su formación se desarrolla a partir de la transformación (diagénesis) de restos vegetales enterrados a profundidades cercanas a los 10 metros. Durante este proceso, la percolación del agua de lluvia y la presencia de oxígeno atmosférico contribuyen al enriquecimiento gradual en sustancias húmicas en el material.

Otra definición define a la leonardita como un carbón inmaduro, altamente oxidado con un contenido elevado de sustancias húmicas (principalmente ácidos húmicos). Los ácidos húmicos son macromoléculas de elevado peso molecular y estructura compleja que presentan 184 grupos funcionales diversos (carboxilo, hidroxilo, etc.). Debido a la presencia de estos grupos funcionales, los ácidos húmicos son capaces de formar complejos estables con iones metálicos (Livens, 1991).

2.2. Lignito

El lignito es una roca sedimentaria de naturaleza orgánica, siendo un tipo de carbón formado producto de la descomposición de la turba, la cual no suele tener una variedad significativa de aplicaciones debido a sus propiedades físicas y químicas.

Esta roca orgánica contiene entre un 65 y un 70 % de carbono y un 40 % de humedad, liberando de 17 a 18 MJ/kg de poder calorífico durante su proceso de combustión. Además, incluye elementos como azufre y mercurio, lo cual lo clasifica como un tipo de carbón de baja calidad para la agricultura debido a la presencia de este último metal pesado. En la Tabla 1 se pueden ver las características de algunos tipos de carbones.

Su origen se basa en la acumulación, compactación, diagénesis y litificación de restos vegetales orgánicos en un entorno pantanoso, considerándose la segunda etapa de formación del carbón industrial, que avanza hasta llegar a la antracita. A medida que estos restos vegetales son enterrados, experimentan un aumento en la presión y temperatura, dando lugar a la formación de una roca sedimentaria orgánica compacta con un contenido moderadamente alto de carbono.

Tabla 1: Concentración de carbono, humedad y calor en tipos de carbones

Tipo de carbón	Carbono	Humedad	Calor
		(%)	(MJ/kg)
Antracita	86-92	7-10	32-33
Carbón bituminoso	76-86	8 -18	23-33
Carbón sub bituminoso	70-76	18-38	18-23
Lignito	65-70	35-55	17-18
Turba	< 60	75	15

FUENTE: Geología (2021)

2.3. Formación de carbón

El carbono orgánico del suelo (COS) incorporado al suelo en forma de material orgánico gracias a la actividad de la fauna y la flora del suelo, puede liberarse a la atmósfera como CO₂ o CH₄, perderse por erosión del suelo o como carbono orgánico disuelto que fluye hacia ríos y océanos. Estos flujos de carbono y la persistencia del carbono en el suelo durante períodos que van desde décadas hasta milenios, resaltan la importancia de su cuantificación para garantizar los máximos beneficios del carbono orgánico del suelo (COS) en términos de bienestar humano, producción de alimentos y regulación climática.

El carbono orgánico constituye el elemento central de la materia orgánica del suelo (MOS), considerándose un indicador de la salud del suelo debido a su influencia en la producción de alimentos, en la mitigación y adaptación al cambio climático, así como en el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible. Un alto contenido en MOS proporciona nutrientes a las plantas y mejora la disponibilidad de agua, lo cual mejora la fertilidad del suelo y, en definitiva, mejora la productividad de los alimentos.

Por otro lado, niveles óptimos de carbono orgánico le brinda la capacidad de retención de agua en el suelo, pudiendo funcionar como una fuente de emisiones de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera. Además, fomenta la formación de agregados y porosidad mejorando la estructura del suelo, garantizando una adecuada aireación e infiltración de agua para favorecer el crecimiento de las plantas. Sin embargo, el cambio climático con el aumento de temperaturas, condujo a una gran pérdida de las reservas de COS en diferentes regiones y tipos de suelo.

A nivel global, las existencias de COS se estiman en 1417 g en el primer metro de suelo, aunque su distribución es espacial y temporalmente variable. De este modo, es posible encontrar zonas con un alto contenido de carbono orgánico en suelo negro o turberas y puntos críticos como extensas superficies de tierras secas, donde se han categorizado como puntos críticos por su bajo contenido de COS. Con el cambio climático y la gestión insostenible, estas áreas son susceptibles a convertirse en fuentes de emisión de GEI (gases de efecto invernadero). Sin embargo, si se gestionan adecuadamente, son suelos con potencial de secuestrar grandes cantidades de carbono, contribuyendo a la mitigación del y a la adaptación del cambio climático (FAO. 2017).

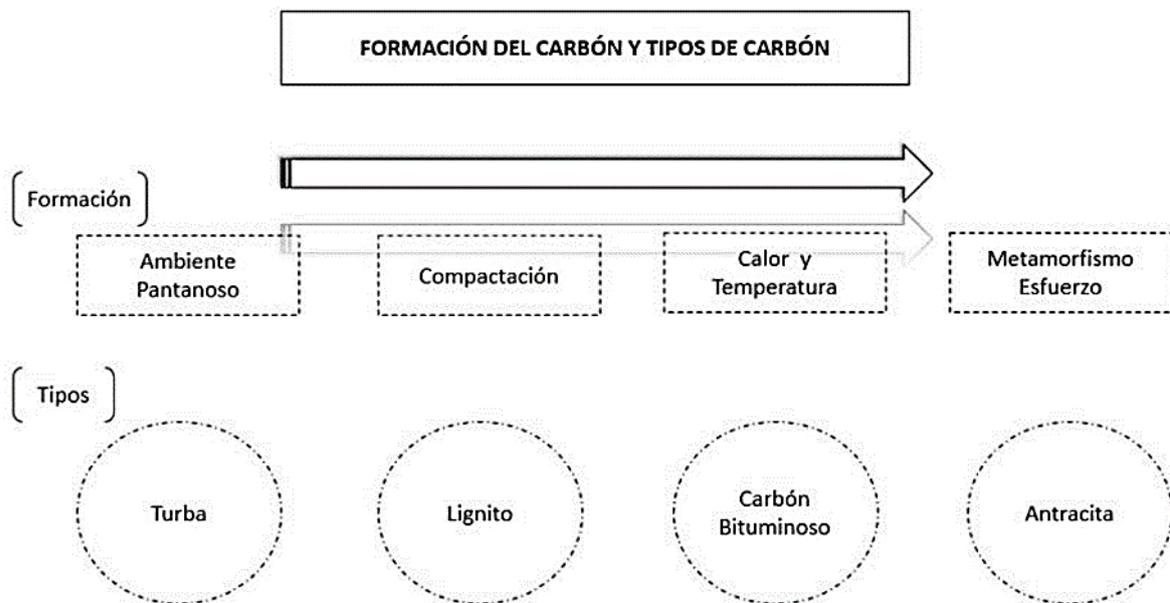


Figura 1: Secuencia de formación de carbón

FUENTE: Geología (2021)

Dada la importancia del contenido orgánico del suelo, es necesario tener claros algunos conceptos relacionados con el efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos del suelo.

2.4. Materia orgánica del suelo, naturaleza y función

La materia orgánica influye en las propiedades físicas, químicas, microbiológicas y bioquímicas del suelo, así como en el desarrollo fisiológico de las plantas. Por ello, un nivel adecuado de materia orgánica en el suelo, no solo tendrá efecto en el grado de fertilidad del suelo para poder cumplir con los requerimientos nutricionales del cultivo sino en una gran diversidad de características del suelo. En la Figura 2 se puede ver los componentes de la materia orgánica del suelo.

La fracción orgánica en el suelo está compuesta por organismos vivos y sus restos en distinto grado de descomposición, formando un sistema complejo de sustancias en constante cambio, que provienen de una variedad de fuentes. Principalmente, esta materia orgánica se genera a partir de la incorporación de residuos orgánicos de origen vegetal y animal, desarrollando un proceso de descomposición y evolución dentro del suelo (Moreno, 1997).

El término materia orgánica en el suelo aplica a los componentes no vivos del mismo (a excepción de la arena, arcilla y limo), constituidos por una mezcla heterogénea de un gran número de los productos resultantes de las transformaciones químicas y microbiológicas de diversos desechos orgánicos. Esta transformación, conocida en su conjunto como “proceso de humificación”, origina el humus, una mezcla de sustancias que posee resistencia a ataques posteriores de los microorganismos (Hayes & Swift, 1978). A pesar de constituir tan solo una pequeña fracción de suelo, el humus desempeña un papel importante en su fertilidad.

La materia orgánica en el suelo está formada por sustancias húmicas que se generan de animales y plantas muertas. Siempre contiene carbono (C), oxígeno (O) e hidrógeno (H) y además nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y otros más (Dalzell, 1991).

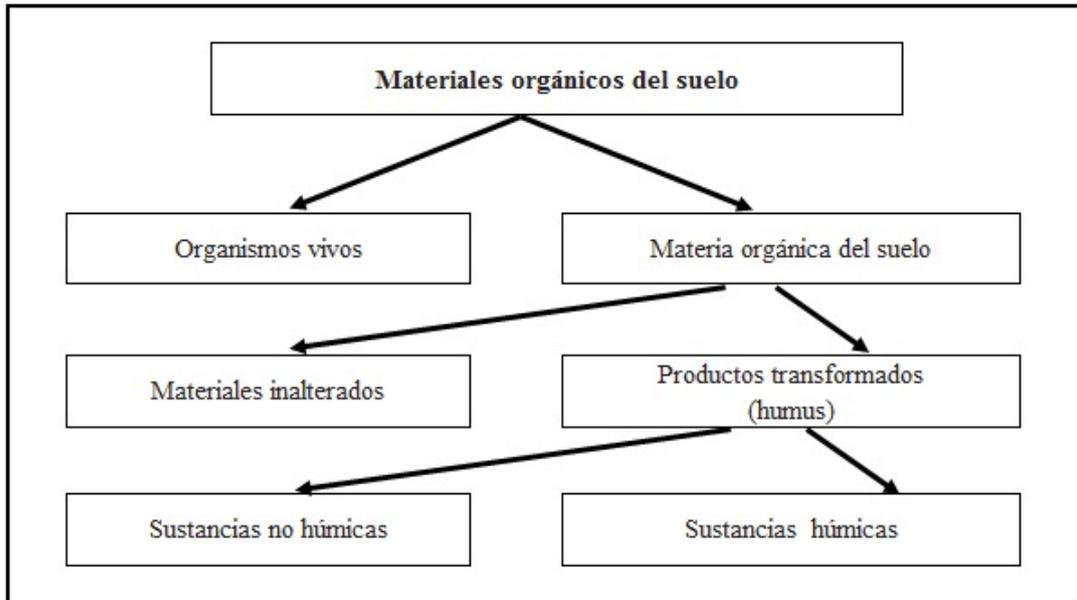


Figura 2: Esquema de los componentes de la materia orgánica del suelo

FUENTE: Drozd *et al.* (1996)

2.5. Sustancias húmicas

Las sustancias húmicas se consideran una serie de sustancias de color marrón a negro de peso molecular relativamente alto formadas por reacciones de síntesis secundarias. El término se utiliza como nombre genérico para describir el material coloreado o sus fracciones obtenidas sobre la base de las características de solubilidad: la fracción denominada ácidos húmicos no es soluble en agua en condiciones ácidas ($\text{pH} < 2$) pero es soluble a valores de pH más altos. Se pueden extraer del suelo mediante diversos reactivos. Los ácidos húmicos son el principal componente extraíble de las sustancias húmicas del suelo. Son de color marrón oscuro a negro; la fracción denominada ácidos fúlvicos es soluble en agua en todas las condiciones de pH . Permanecen en solución después de la eliminación del ácido húmico por acidificación. Los ácidos fúlvicos son de color amarillo claro a marrón amarillento.

2.5.1. Ácido húmico

El ácido húmico es la fracción de las sustancias húmicas que es soluble en álcalis e insoluble en ácidos minerales y solventes orgánicos.

Los ácidos húmicos son moléculas de alto peso molecular que tienen una alta capacidad de intercambio catiónico (300 – 500 cmol/kg la cual es proporcionada por los grupos

funcionales carboxilos, hidroxilos, metoxilos, etc., cuyo hidrógeno es susceptible a reacciones de sustitución y sus oxígenos forman puentes de hidrogeno no susceptibles. El contenido de sus grupos funcionales es determinante para definir la capacidad de intercambio catiónico (Proferfol, 2000).

2.5.2. Ácido fúlvico

Los ácidos fúlvicos (AF) son compuestos de bajo peso molecular (900-5000 Da) que contienen carbono orgánico (43-52 %), oxhidrilos y grupos fenólicos (Schnitzer, 2000; Fernández, 2003; Aimin *et al.*, 2008). Estos ácidos se obtienen durante el proceso de humificación de la materia orgánica (Meléndez, 2003) y también se han obtenido de materiales orgánicos fosilizados, como turbas y lignitos provenientes de minas de carbón (Rivero *et al.*, 2004).

Una forma oxidada de lignitos de carbón denominada ‘leonardita’ se ha utilizado para la extracción de AF en los últimos años (Sugier *et al.*, 2013). Los estudios desarrollados en este tema, muestran la importancia de los ácidos fúlvicos en el suelo relacionado al mantenimiento de la disponibilidad de los cationes en el suelo y su transporte hacia la raíz (Bongiovanni y Lobartini, 2009).

Por otro lado, se ha resaltado que los ácidos fúlvicos proporcionan estabilidad a los agregados del suelo (Lao *et al.*, 2005; López *et al.*, 2006; Abiven *et al.*, 2009; Boon, 2012), siendo esta capacidad dependiente de la naturaleza del material base (Zhang *et al.*, 2013), la composición química y los grupos funcionales que presentan (Zhang *et al.*, 2012) y el clima de la zona (Spaccini *et al.*, 2002). Sin embargo, el efecto particular de la adición de AF de leonardita en el suelo con un efecto en la estructuración y estabilidad de agregados, no han sido ampliamente estudiados (López *et al.*, 2006).

2.5.3. Humina

La humina, representa el 50 % o más de la materia orgánica del suelo y está compuesta por ácidos húmicos íntimamente unidos a la parte mineral del suelo, así como por sustancias húmicas de alta condensación con una concentración de carbono mayor al 60 %. Los ácidos húmicos y fúlvicos en comparación, son consideradas sustancias más activas tanto química como geológicamente (Ayuso y Hernández, 1996). En la Tabla 2 se puede observar la

composición de las diferentes sustancias, así como en la Figura 3 se detallan los indicadores por color de los ácidos húmicos y fúlvicos.

Tabla 2: Composición media de sustancias húmicas y algunas moléculas vegetales

Sustancias	C	H	O	N
Ácidos fúlvicos	44-49	3,5-5,0	44-49	2,0-4,0
Ácidos húmicos	52-62	3,0-5,5	30-33	3,5-5,0
Proteínas	50-55	6,5-7,3	19-24	15,0-19,0
Lignina	62-69	5,0-6,5	26-33	-

FUENTE: Sociedad Internacional de Sustancias Húmicas (2019)

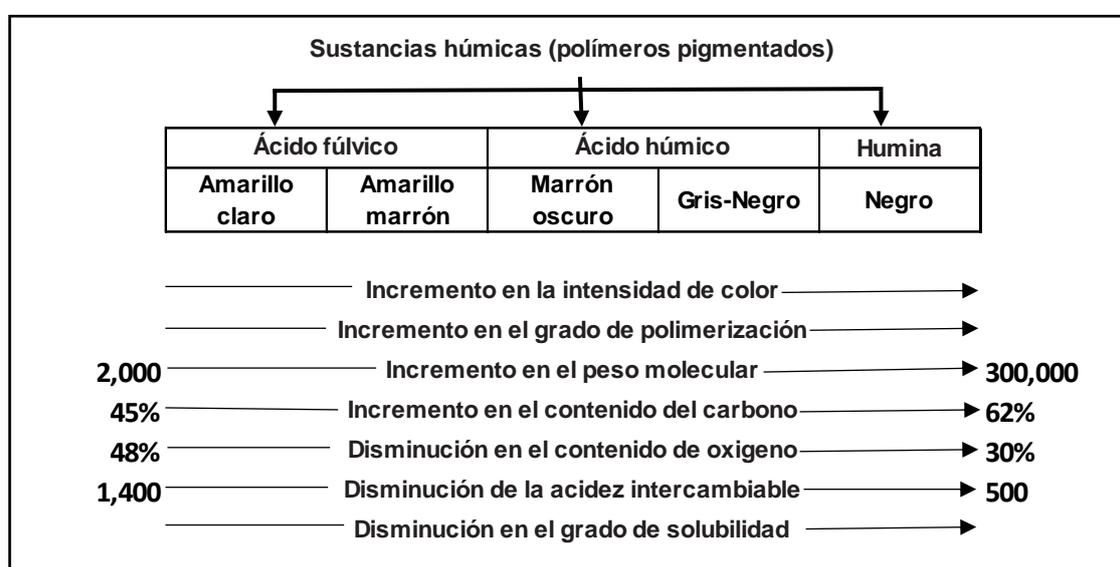


Figura 3: Indicadores por color de los ácidos húmicos y fúlvicos

FUENTE: Stevenson (1982)

2.5.4. Estructuras químicas de los ácidos húmicos y fúlvicos

Estas estructuras dan a conocer la estructura química de ambos ácidos, así como los grupos funcionales presentes en ellos, de los cuales se puede inferir qué tan reactivo puede ser uno a diferencia de otro. En la Figura 4 se muestra la estructura química del ácido húmico, mientras que en la Figura 5 se muestra la estructura química del ácido fúlvico.

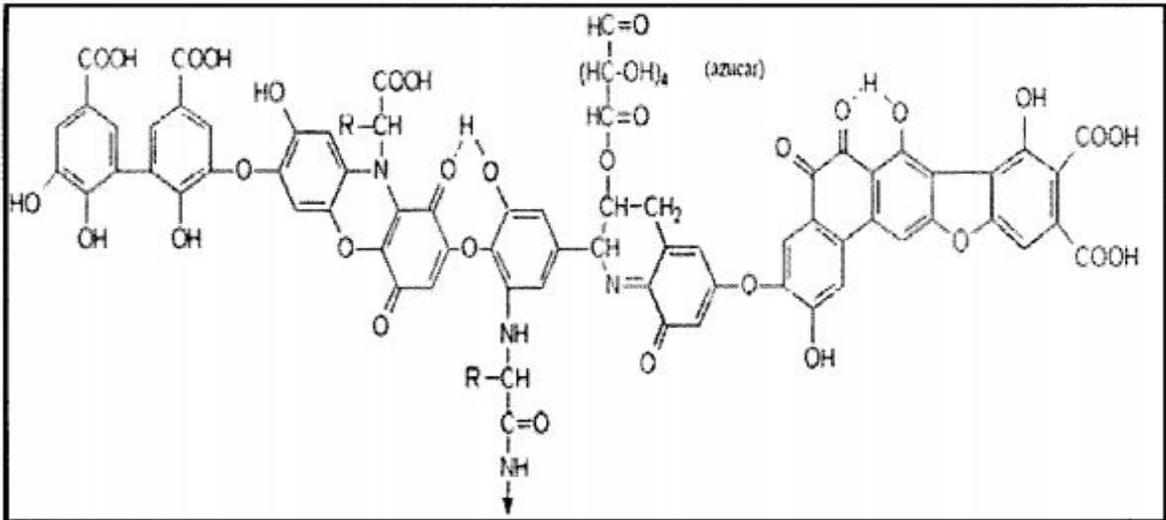


Figura 4: Estructura química modelo de los ácidos húmicos

FUENTE: Stevenson (1982)

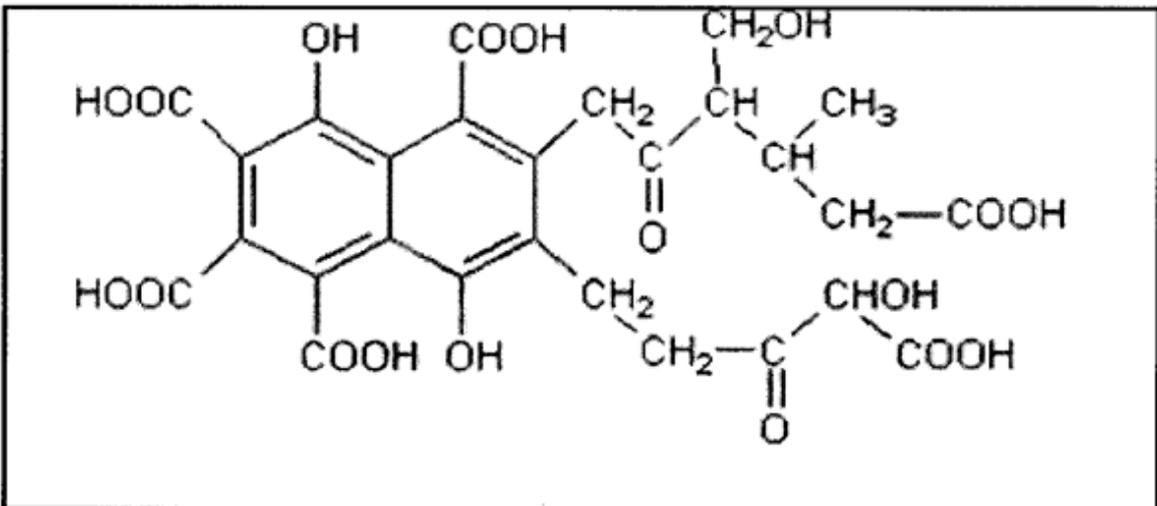


Figura 5: Estructura química modelo de los ácidos fúlvicos

FUENTE: Buffle (1977)

2.5.5. Humificación

La materia orgánica está compuesta por residuos orgánicos de origen animal o vegetal en diversos estados de descomposición o transformación y es uno de los componentes básicos del suelo, al igual que el aire, agua y minerales. Frente a esto, los microorganismos del suelo, como bacterias, actinomicetos, hongos, algas e incluso lombrices, son los encargados del proceso de transformación de los residuos orgánicos generando finalmente nuevos complejos orgánicos.

Este proceso natural permite la formación de compuestos estables de color oscuro o negrozco, de característica coloidal, conocidos como humus. El cual tiene un efecto sobre las propiedades físicas del suelo, mediante la formación de agregados y brindando estabilidad estructural al unirse a las arcillas y formar el complejo de cambio.

Por otro lado, también muestran un efecto sobre las propiedades químicas del suelo, donde se observó el aumento de la capacidad de cambio del suelo lo cual logra un incremento de la reserva de nutrientes y por otro lado le confiere una capacidad tampón al suelo, favoreciendo la acción de los fertilizantes minerales y facilita su absorción de nutrientes por parte de las raicillas.

Del mismo modo, el humus presenta un efecto en las propiedades biológicas del suelo, facilitando los procesos de mineralización y actuando como fuente de alimento a una multitud de microorganismos, quienes finalmente estimulan el crecimiento de la planta. Todos estos efectos de la materia orgánica también han sido sugeridos por otros autores (Anónimo, 1988; Graetz, 1997).

La cantidad de humus presente en el suelo está determinada por diversos factores, como la incorporación de residuos orgánicos al suelo y su velocidad de oxidación química y biológica, el ritmo de descomposición de la materia orgánica existente en el suelo. Además, de propiedades propias del suelo como la textura, aireación, humedad o factores externos como el clima (Jhonstom, 1991).

Por otro lado, las prácticas de manejo agrícola también pueden tener un efecto sobre la cantidad de humus en el suelo, como se ve en el caso del uso de abonos minerales y la aceleración de descomposición de la materia orgánica mediante esta combinación. Esto refleja un aumento en la actividad biológica, lo que a su vez se traduce en una mejora de la fertilidad y, por ende, en mayores rendimientos en los cultivos (Gros y Domínguez, 1992). En la Tabla 3 se pueden observar los contenidos de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos por cada fuente natural.

Tabla 3: Contenido de ácidos húmicos y fúlvicos de diferentes fuentes

Fuentes naturales		Ácidos húmicos	Ácidos fúlvicos
Leonardita	(%)	40	85
Turba negra	(%)	10	40
Turba de Sapropel	(%)	10	20
Carbón marrón	(%)	10	30
Estiércol	(%)	5	15

FUENTE: Sociedad Internacional de Sustancias Húmicas (2019)

2.6. Extracción de ácidos húmicos y fúlvicos

La cantidad y el tipo de funcionalidades químicas de las sustancias húmicas dependen de las condiciones de génesis: clima, tiempo de formación, el material de partida y las condiciones biológicas (Stevenson, 1994). La estructura de los ácidos húmicos obtenidos a partir de los carbones depende notablemente del proceso de formación geológica y de la región del depósito de carbón. Las propiedades químicas de los ácidos húmicos dependen principalmente de los grupos carboxílicos y fenólicos, que se desprotonan en medio alcalino. Esta desprotonación genera cargas negativas que aumentan la repulsión entre los grupos cargados, estiran los agregados moleculares y aumentan la solubilidad de los ácidos húmicos debido al aumento de su carácter polar, lo que también mejora la capacidad de intercambio de los grupos en la superficie de las macromoléculas con cationes del medio (Gomes *et al.*, 2016).

Como se mencionó anteriormente, la mayor proporción de la materia orgánica del suelo o sedimentos esta presente en formas insolubles, ya sea como complejos macromoleculares aislados o complejos unidos mediante cationes di y trivalentes (Ca^{2+} , Fe^{3+} y Al^{3+}). Estos complejos pueden combinarse con componentes inorgánicos, como las arcillas, para formar lo que se conoce como complejo arcillo húmico, o pueden quedar atrapados entre las láminas de arcillas expandidas.

Estos complejos generados que contienen las sustancias húmicas, no permiten su fácil liberación, por lo que no son extraíbles mediante métodos convencionales, pero pueden ser liberadas mediante un tratamiento de destrucción del complejo con HF. Dado que las sustancias húmicas son polielectrolitos, como ya se ha dicho, permanecen insolubles en el agua del suelo cuando sus cargas están saturadas por cationes di y trivalentes, o por iones

hidrógeno. Sin embargo, se logra la solvatación de los polianiones y su disolución en agua cuando estas cargas son remplazados por cationes monovalentes como Na^+ o K^+ en el suelo (Ayuso y Hernández, 1996).

Un método de extracción de ácidos húmicos debe cumplir los siguientes requisitos:

1. Obtener las sustancias húmicas sin modificar su composición en el proceso.
2. Asegurar que las sustancias húmicas extraídas estén libres de contaminantes inorgánicos como arcillas o cationes polivalentes.
3. Garantizar una extracción completa que sea representativa de todas las fracciones.
4. Ser un método de extracción aplicable a una gran variedad de tipos de suelo.

No existe ningún método que cumpla todos estos requisitos, los más empleados se encuentran en la Tabla 4 (Stevenson, 1994) donde destacan las bases fuertes como el hidróxido de sodio y las sales neutras como el pirofosfato de sodio ($\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$) como los extractantes más utilizados.

Tabla 4: Extractantes para los constituyentes orgánicos del suelo

Tipo de material	Extractante	Materia orgánica extraída %
Sustancias húmicas	KOH	Hasta 80%
	NaOH	Hasta 80%
	Na_2CO_3	Hasta 30%
	Sales neutras	Hasta 30%
	$\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$	
	Sales orgánicas	Hasta 30%
	Quelatos	Hasta 30%
	Acetilacetona	
	Ácido fórmico	Hasta 55%
Compuestos hidrolizables	Acetona/ H_2O /HCl	Hasta 20%
Aminoácidos	HCl 6N caliente	25-45%
Azúcares	H_2SO_4 1N caliente	5-25%
Polisacáridos	NaOH HCOOH	Menor al 5%

FUENTE: Stevenson (1994)

2.7. Reservas de leonardita

A menudo se ha afirmado que la leonardita es el estándar de referencia para los ácidos húmicos, eso fue hasta que se descubrieron algunos carbones oxidados únicos en Australia (dentro de la cuenca Gippsland de Victoria).

Este humato orgánico australiano, que bien podría llamarse leonardita australiana; es muy similar a la leonardita norteamericana se encuentra en Nuevo México, Dakota del Norte, Wyoming, etc., aunque es más joven y más oxidada, por lo que es más rica en humato. Algunos depósitos son tan ricos que contienen un 98 % de humato soluble.

La determinación del contenido de humato y fulvato soluble de los materiales es relativamente sencillo mediante la extracción a pH alto. La determinación de ácidos húmicos no es tan sencilla y los métodos empleados pueden influir significativamente en el resultado obtenido. Por lo tanto, es difícil comparar las afirmaciones de diferentes empresas (particularmente en los EE. UU., China y Rusia, donde se encuentran los mayores fabricantes de productos de tipo humato), con respecto al contenido de ácido húmico de sus productos.

En la Tabla 5 se muestran a las empresas de diferentes países con sus respectivos productos comerciales.

Tabla 5: Algunos fabricantes y proveedores de productos con ácido húmico y fúlvico para los mercados internacionales

Compañía	País	Marcas registradas seleccionadas
Aglukon	Alemania	Plantosam®
Agrachem/ brandt	EUA / Francia	Uptake®, Leonardite Plus®
Agrium	EUA	Duration CR line
Agrofill	Italia	NA
Agxplore International	EUA	HA-12
Biolchim	Italia	Take Up, Humidrip, Humic up
Borregard Lignotech/ Lobel	EUA	Borregro Line
CIFO	Italia	Biotron Line, Cifoumic
Cosmocel	México	Humicel, Humicrop, H-85
Double Dragons Humic Acid Co	China	NA
Fine- Humate Industry Co	China	Fine- Humate®
Futureco	España	Humistrong, Humipoquer
Gofar Agro Specialities	China	NA
Greenworks Technology	China	Huminova
Helena Chemicals	EUA	Hydra- Hume, Trefix
Humintech	Alemania	Liqhumus, Powhumus
Iteco	España	Humid´OR Line
Jiloca Industrial	España	Humilig, Fulvin
Live Earth	EUA	LM-32, Crop Thruster
Omnia Specialities	Australia / Sudáfrica	K-Humate, Oxyhumate
Química Foliar	México	Fúlvicos, Fulvigran, QF Activator
Roullier Group / Inabonos	Francia / España	Fertiactyl GZ®
SPA- Ret	Rusia	NA
Tradecorp	España	Humical, Humistar
Valagro	Italia	Leonarpower

FUENTE: Sociedad Internacional de Sustancias Húmicas (2019)

2.8. Beneficios generales de los compuestos húmicos

La capacidad de intercambio catiónico del suelo está determinada por la cantidad de arcillas y humus presentes. De esta manera un suelo de textura arenosa y bajo contenido de humus tendrá una baja CIC y por lo tanto, una capacidad limitada para aportar nutrimentos a la planta. Se estima que de un 25 a 90 % de la CIC de un suelo en su horizonte superficial se debe al humus, por lo cual se relaciona el nivel de fertilidad del suelo con la cantidad de humus presente.

El humus, con su capacidad adherente, facilita la formación de agregados en el suelo, lo que crea un entorno propicio para el desarrollo de las raíces y la actividad orgánica en general. Esto es especialmente relevante en suelos arcillosos, donde mejora la aireación y el drenaje, y en suelos arenosos, donde ayuda a prevenir la lixiviación de arcillas hacia capas más profundas, donde las raíces absorben menos nutrientes. Además, el humus actúa como un regulador natural al reducir los posibles daños a las raíces causados por niveles extremos de acidez, alcalinidad o concentraciones elevadas de sales, ya sean naturales o añadidas mediante fertilizantes.

En términos generales, se estima que el humus puede retener agua en una proporción aproximada de veinte veces su peso, lo que contribuye a incrementar la capacidad de retención de humedad del suelo.

En general, el humus promueve la actividad microbiana responsable de diversos procesos, como la mineralización de la materia orgánica, amonificación, nitrificación, fijación de nitrógeno, entre otros. Todos los organismos heterótrofos del suelo dependen de la materia orgánica como fuente de carbono, y el humus es una de las formas más accesibles para ellos.

2.8.1. Efecto de los ácidos húmico y fúlvico en el crecimiento de *Passiflora ligularis* cultivada en condiciones de invernadero

Con relación a este experimento, los resultados de la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos a los diferentes tratamientos fueron diferenciados para cada parámetro evaluado de la planta (longitud y diámetro de tallo, peso seco y área foliar). El tratamiento más contundente con relación al testigo fue con la aplicación del 3 % de ácidos húmicos y fúlvicos, esto basado en los análisis estadísticos realizados. Las bases de explicación para tales diferencias las enfocamos objetivamente en todas las bondades que pueden ofrecer los ácidos húmicos y fúlvicos, por lo que se pudo concluir que esta variación de resultados se debió a la formación de quelatos con los minerales del suelo por acción de los ácidos húmico y fúlvico, favoreciendo la absorción de los minerales por las plantas, de esta manera se incorporan a los tejidos vegetales, en especial a los meristemos apicales, así mismo favorece un crecimiento en espesor de las plantas. Así mismo, el beneficio del incremento de la absorción de nutrientes y el mejoramiento del transporte de los mismos pudieron incrementar la relación C/N para favorecer el crecimiento del área foliar de la planta.

2.8.2. Efecto del ácido húmico en la productividad de las pantas de tomate bajo condiciones de estrés térmico

Este ensayo se hizo teniendo como antecedentes el aumento de la temperatura y la disminución del rendimiento de la producción del cultivo de tomate debido a esta causa. El experimento consistió en la aplicación de 3 dosis de ácido húmico en concentraciones de 4.8, 9.6 y 14.4 kg/ha. y los parámetros a evaluar fueron: altura de planta, peso fresco, número de racimos y número de flores por planta y finalmente el rendimiento total por ha. Para lo que, en el caso del peso fresco, la mayor relevancia se tuvo cuando se aplicó 14.4 kg/ha respecto al testigo mientras que para el número de flores y el número de racimos resultó más beneficioso la aplicación de 9.6 y 14.4 kg/ha. En el caso del rendimiento absolutamente todos los tratamientos y los niveles de aplicación de ácido húmico tuvieron un efecto positivo en el ensayo. Respecto al número de frutos sí tuvimos variación con la aplicación de 14.4 kg/ha en la variedad Nema, mientras que en la Platinum no. Así mismo, con referencia al peso de los frutos, el híbrido Nema se vio afectado favorablemente en el segundo año, mientras que en la variedad este efecto se dio en ambos años con los niveles 9.6 kg/ha y 14.4 kg/ha.

Estos resultados muestran los beneficios de los ácidos húmicos y su capacidad de influenciar en la disminución del estrés térmico generando aún en condiciones adversas efectos positivos para la productividad de un cultivo.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

En el área de desarrollo técnico de una empresa comercializadora de productos de uso agrícola se busca el establecimiento de ensayos demostrativos en diversos campos de cultivos, con objetivos distintos, los cuales pueden ser científicos, comerciales o simplemente comparativos de forma práctica.

En la empresa SQM VITAS SAC. se tuvieron diferentes ensayos, cada uno con una con una determinada justificación para su realización, como fueron: Caída fisiológica de frutos en el cultivo de palto, enraizamiento en trasplantes en el cultivo de arándano, incremento de brotación en el cultivo de Fresa, entre otros; sin embargo, para los fines de este estudio se expone de manera más resaltante los resultados que se tuvo en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) var. Biloxy en un estado de trasplante, para el cual con el establecimiento de un protocolo adecuado permitió de manera clara y contundente poder alcanzar los objetivos planteados.

El producto a base de ácidos húmicos y fúlvicos que se tuvo como parte de esta experiencia es el producto llamado FERTIACTYL GZ, cuya procedencia pertenecía al Grupo Roullier con sede en Francia, cuyo enfoque por la información brindada es la de ser un bioestimulante con acción anti estresante dirigido a suelo; un ácido húmico enriquecido con aminoácidos y algunos elementos.

FERTIACTYL GZ

FERTIACTYL GZ es un bioestimulante líquido radicular con efecto antiestrés específicamente diseñado para optimizar el comportamiento de las plantas sometidas a condiciones de estrés (hídrico, térmico, salino, etc.).

FERTIACYL GZ® está potenciado por el complejo FERTIACYL® (Patente Europea 945000107 y P9001813), la cual contiene un complejo de sustancias húmicas-fúlvicas seleccionadas específicamente. Su mecanismo de acción incluye efectos a nivel molecular (expresión genética y actividad enzimática), a nivel fisiológico (aumento funcionalidad de la raíz, y actividad fotosintética), y a nivel productivo (incremento del rendimiento, calidad final y una mayor tolerancia a condiciones de estrés). En la Tabla 6 se puede ver la descripción del producto ensayado, así como en la Figura 6 la presentación del producto.

Tabla 6: Descripción técnica del producto Fertiactyl GZ

Información técnica	
pH:	11
Nitrógeno (%p/p)	13
K ₂ O (%p/p)	5
Extracto húmico (%p/p)	15
Densidad (kg/L)	1.21

FUENTE: SQM (2020)



Figura 6: Producto Fertiactyl GZ – SQM Vitas Perú SAC

FUENTE: SQM (2020)

3.1. Antecedentes para el ensayo

El precedente para este ensayo fue la deficiencia en el crecimiento y desarrollo de los nuevos sectores sembrados del campo, condiciones de estrés que se expresaban en general con una baja actividad fisiológica del cultivo, para lo cual las propiedades de los ácidos húmicos resultan ser una buena opción para implementar un ensayo en el predio. La Figura 7 muestra las plantas de arándano para el ensayo bajo condiciones de estrés en el campo.



Figura 7: Imagen tomada para la observación de las plantas bajo condiciones de estrés

3.2. Elaboración y desarrollo del protocolo

Una vez identificado el factor o los factores a tratar en el ensayo se procedió a la elaboración y al establecimiento del protocolo, el cual para esta ocasión tuvo consideraciones básicas para su desarrollo.

3.2.1. Unidad técnica responsable del trabajo

La unidad técnica representativa del experimento estaba dirigida por la empresa y la persona responsable del ensayo.

SQM VITAS PERU SAC Víctor Arenas Barrantes (Gerente técnico)

Fidel Tobías Eustaquio Salvatierra (Asesor técnico comercial)

3.2.2. Objetivos del ensayo

El experimento tuvo como objetivo principal disminuir las condiciones del estrés causado por los efectos del trasplante y de manera colateral incrementar la generación de raíces nuevas en la planta, trayendo como consecuencia el desarrollo normal del cultivo.

3.2.3. Justificación

El siguiente ensayo tuvo como justificación la búsqueda de nuevos productos que puedan ser utilizados para una rápida recuperación de plantas con baja actividad fisiológica (condiciones de estrés), superar condiciones adversas y favorecer de manera eficiente su correcto crecimiento y desarrollo.

3.2.4. Características del área experimental

El ensayo se realizó en un campo de arándano variedad Biloxi y con una edad de trasplante de 15 días. El estado fenológico se puede definir como etapa de trasplante y con una densidad de siembra de 10 mil plantas por hectárea. Así mismo, la profundidad de raíces fue de 10 a 15 cm trabajados con una hilera de manguera de riego y con característica de la solución del agua de riego de pH 6 y CE de 1 dS/m.

3.2.5. Ubicación

El ensayo tuvo lugar en el fundo del Señor Miguel Arsentales, en el centro poblado de Luvio, Irrigación Santa Rosa (Huaura – Huacho). El sustrato de plantación estuvo conformado por una mezcla de materiales orgánicos, principalmente turba, fibra de coco y cascarilla de arroz en bolsas negras con agujeros para una mejor aireación.

3.2.6. Materiales

Los materiales utilizados para la realización del ensayo fueron: muestras del producto (140 ml), jeringa de inyección, cintas de gutapercha y cuaderno y lápiz de apunte.

3.2.7. Procedimiento

Se seleccionaron dos líneas de 280 plantas cada una, se marcaron dichas hileras y se realizó la aplicación del producto en evaluación. La dosis recomendada por la compañía fue de 5 L/ha, y la dosis para el ensayo se obtuvo de manera proporcional a la cantidad de plantas considerando un total de 10000 plantas/ha. El número de plantas a tratar fue de 280 plantas, por lo que se utilizó un volumen de 140 ml de producto para esa cantidad. Debido a la distancia del tanque de fertilización a la zona de ensayo, se realizó la inyección vía jeringas y directamente a la línea de riego. En la Figura 8 se observa la aplicación del producto en la línea de riego, del mismo modo en la Figura 9 con más cercanía. Así mismo, en la Figura 10 se muestra el producto disuelto en el agua cayendo en el sustrato.



Figura 8: Inyección del producto con el uso de una jeringa en la línea de riego o lateral de riego



Figura 9: Inyección del producto con el uso de una jeringa en la línea de riego o lateral de riego

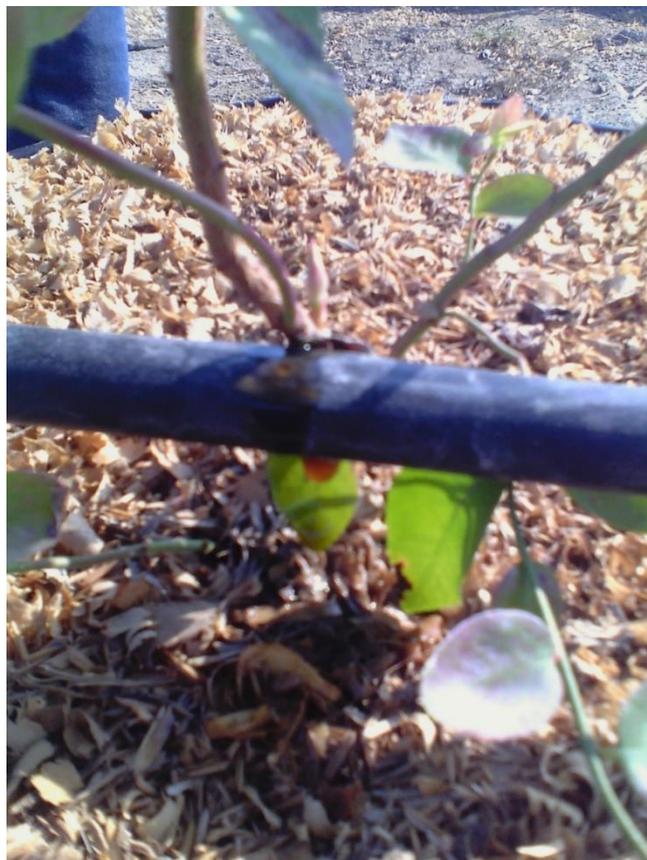


Figura 10: Observación del producto disuelto en el agua y aplicado por la línea de riego

a. Parámetros evaluados

La evaluación se llevó a cabo de manera visual respecto a la expresión de la planta, tomando como base las diferencias significativas de los cambios en las estructuras a evaluar en la planta comparándolos al mismo tiempo con el testigo, como fueron: actividad vegetativa (brotación), coloración de hoja, postura de la planta, en los cuales se observaron diferencias notorias en cada parámetro de evaluación. Respecto a la actividad radicular se pudo medir con una regla la diferencia de crecimiento del tratamiento vs el testigo (5 cm más aproximadamente de raíces nuevas para el tratamiento); además, se tomaron fotografías de cada parte para la comparación ilustrativa de los resultados.

b. Cronograma de actividades

La evaluación se realizó al cabo de los siete primeros días de la aplicación, esto con el objetivo de observar los cambios que la planta pudiera tener por un efecto anti estresante del producto. Las fechas de instalación fue el día 23/07/2015, fecha de aplicación el día 23/07/2015 y la fecha de evaluación el día 30/07/2015. Cabe mencionar que dentro de los componentes del producto utilizado se encontraron también elementos diferentes a los ácidos húmicos y fúlvicos, los cuales pudieron tener o no un mayor efecto en los resultados.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de raíces

En la Figura 11 se puede ver el efecto de los ácidos húmicos en la generación nueva de raíces, así como en la Figura 12 del testigo, se puede notar que la actividad radicular aún sigue sin mayores diferencias.

FERTIACTYL GZ



Figura 11: Aparición de raicillas blancas (nuevas), fue una diferencia bastante marcada frente al testigo

TESTIGO (+ BACTHON SC)



Figura 12: Baja actividad radicular por parte del testigo

4.2. Evaluación de brotes

En la Figura 13 se puede ver claramente el desarrollo de brotes axilares en la planta tratada con el Fertiactyl GZ, así como en la figura 14 se puede apreciar la dormancia de estos brotes a causa de la baja actividad de la planta.

FERTIACYL GZ



Figura 13: Aparición de brotes axilares en la planta con Fertiactyl gz

TESTIGO (+ BACTHON SC)



Figura 14: Inactividad de brotes por parte del testigo

La aplicación del FERTIACTYL GZ provocó una inmediata respuesta en los tejidos de crecimiento de parte aérea de la planta, esto debido al incremento de la actividad radicular en el sustrato.

4.3. Conclusiones del ensayo

Existen evidencias muy notorias en el mayor incremento de la actividad radicular con la aplicación del FERTIACTYL GZ frente al testigo, lo cual era un resultado posible de la provisión de nutrientes, ya que una de las bondades de los ácidos húmicos y fúlvicos principalmente es la capacidad de formar quelatos para mejor asimilación de nutrientes, así como también el ayudar a la planta a superar las condiciones de estrés que esté afrontando.

A consecuencia de la actividad radicular, observamos la emergencia de nuevos brotes en las plantas tratadas con FERTIACTYL GZ y muy escasa o nula con el testigo. Este resultado fortalece la teoría del transporte de nutrientes en forma de quelatos, además del efecto tampón de estos ácidos que hace más eficiente el traslado y asimilación rápida de nutrientes en la planta.

V. CONCLUSIONES

1. La leonardita es la fuente principal para la extracción de ácidos húmicos y fúlvicos. Este material cuenta con mejores características cualitativas para su elaboración debido a la cantidad de ácido húmico y ácido fúlvico que se puede extraer de este material.
2. Con base en la experiencia y la bibliografía consultada, los beneficios más importantes de los ácidos húmicos y fúlvicos, son el incremento de la capacidad de intercambio catiónico, formación de quelatos, incremento de la disponibilidad de nutrientes y el efecto tampón en el suelo.
3. Según la experiencia realizada en la universidad de Minia – Egipto, se concluye que, para la disminución del efecto del estrés térmico en el cultivo de tomate, la aplicación de los ácidos húmicos y fúlvicos tienen efectos positivos en el desarrollo y producción del mismo, ya que los resultados han sido significativos y estos apoyan las bases teóricas sobre las propiedades de los ácidos húmicos y fúlvicos en el suelo.
4. El ensayo realizado en arándano indica que los ácidos húmicos y fúlvicos brindan beneficios en su aplicación al suelo, ya que puede disminuir los efectos negativos de un estrés del trasplante, debido a que en las mismas condiciones con el testigo se pudieron observar diferencias significativas no solo en la proliferación de raíces nuevas, sino también en los brotes aéreos, lo que nos indica que su accionar en el suelo tuvo una alta incidencia en la disminución del estado de estrés así como el incremento de la absorción y transporte de nutrientes del suelo.

VI. RECOMENDACIONES

1. Es importante continuar con las nuevas investigaciones respecto a los extractos húmicos obtenidos de la materia orgánica, ya que en ellos se encuentran las posibilidades de hacer un mejor uso de cada componente para un determinado manejo en un determinado cultivo y con condiciones más específicas cada día.
2. Debido a la importancia de una agricultura saludable, se debe impulsar más el uso de la agricultura con fuentes naturales para el desarrollo de una nueva agroindustria con alimentos de mejor calidad y con bajos riegos de residuos contaminantes y dañinos para la salud humana.
3. Antes de tomar la decisión de hacer el uso de alguna enmienda agrícola se deben tener las especificaciones claras del insumo, ya que con ello podemos obtener mejores resultados y con costos adecuados o moderadamente bajos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anónimo. (1988). *Manual de fertilidad de suelos*. Potash & Phosphate Institute. Georgia. USA, 85 p.
- Ayuso, M. y, Hernández, T. (1996). Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. *Bioresource Technology*, 57(3), 251-257
- Buffle J.A.E. (1977). Humic substances in water and their interaction with mineral ions. *Techniques et Sciences Municipal*, 72: 3 - 10.
- Camargo, M. y Cruz, L. (1999, diciembre). Sustancias húmicas en aguas para abastecimiento. *Ingeniería e investigación*. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingevin/article/view/21301/22270>
- Dalzell, H.W. (1991). *Manejo del suelo: producción y uso del compost en ambientes tropicales y subtropicales*. ONU-FAO-Roma.
- Doran, J.W., Stamatiadis, S. & Haberer, J. (2002). *Soil health as an indicator of sustainable management*. Publications from USDA-ARS / UNL Faculty. Also available at <https://digitalcommons.unl.edu/usdaarsfacpub/180>.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2015). *Tierra y Suelos*. Recuperado de <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/land-and-soils/es/>
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2017). *Carbono orgánico del suelo, el potencial oculto*. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=d6peDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=formaci%C3%B3n+del+carbono+%2B+pdf&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjSy7OliKbvAhXSD7kGHfPnBBwQ6wEwBXoECAIQAQ#v=onepage&q&f=false>
- Geología. (2021). *Lignito: propiedades, características y usos*. Recuperado de <https://geologiaweb.com/rocas-sedimentarias/lignito/>

- Gomes de Melo, B., Lopes, F. & Andrade, M. (2016). Humic acids: Structural properties and multiple functionalities for novel technological developments. *Materials Science & Engineering C*. (Holanda). 62(1):967-974.
<https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.12.001>
- Graetz, H.A. (1997). *Suelos y Fertilización*. (Ed.). F. Luna Orozco. México: Trillas. 80 p.
- Gros, A. y Domínguez, A. (1992). *Abonos guía práctica de la fertilización* (8va ed.). Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. 450 p.
- Jhonstom, A.E. (1991). *Soil fertility and soil organic matter*. In: Advances in soil organic matter research: the impact on agriculture and the environment. (Ed.). The Royal Society of Chemistry. Cambridge. UK. p. 299-314.
- Livens, F.R. (1991). Chemical reactions of metals with humic material. *Environmental Pollution* 70: 183 – 208.
- Moreno, J.L. (1997). Uso de composts de lodo de depuradora para la mejora de la calidad de suelos de zonas áridas. Efecto en su contaminación metálica (Tesis de Doctorado). Universidad de Murcia, España.
- Navarro Pedreño, J., Moral Herrero, R., Gómez Lucas, I. y Mataix Beneyto, J.J. (1995). *Residuos orgánicos y agricultura*. Alicante. España: Universidad de Alicante. Servicio de Publicaciones. 108 p.
- Oikos Solution. (2012). ¿Que es la leonardita?. Recuperado de www.soiglobal.net/oikossolutions/uploaded/mod_documentos/la_leonardita.pdf
- PROFERFOL. (2000). *Conceptos básicos sobre sustancias húmicas, ácidos húmicos beneficios*. España.
- Sociedad Internacional de Sustancias Húmicas. (2019). Ácidos húmicos y fúlvicos: El oro negro de la Agricultura. *New AG International*.
- Spaccini, R., Piccolo, A., Mbagwu J.S.C., Zena, T.A. & Igwe, C.A. (2002). Influence of the addition of organic residues on carbohydrates content and structural stability of some highlands soils in Ethiopia. *Soil Use and Management*, 18: 404-411.
- Stevenson, F. (1994). *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions* (2a ed.). New York, U.S.A.: Wiley & Sons, 495 p.
- Stevenson, F.J. (1982). *Humus Chemistry. Genesis, composition, Reactions*. New York: Wiley.