

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



Comportamiento productivo del cilantro (*Coriandrum sativum*) con ácidos
fúlvicos a partir de Leonardita

Por:

ABIGAIL RUBET VELÁZQUEZ NAVARRETE

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio del 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO
Comportamiento productivo del cilantro (*Coriandrum sativum*) con ácidos
fúlvicos a partir de Leonardita

TESIS

Presentada por:

ABIGAIL RUBET VELÁZQUEZ NAVARRETE

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para
obtener el título profesional de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por:



Dr. Emilio Rascón Alvarado

Presidente



M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos

Vocal



Dr. José Antonio González Fuentes

Vocal



Dra. Daniela Alvarado Carrillo

Vocal suplente



M.C. Sergio Sánchez Martínez
Coordinador de la división de ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio del 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO
Comportamiento productivo del cilantro (*Coriandrum sativum*) con ácidos
fúlvicos a partir de Leonardita

TESIS

Presentada por:

ABIGAIL RUBET VELÁZQUEZ NAVARRETE

Como requisito parcial para obtener el título profesional de

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por el comité de asesoría:



Dr. Emilio Rascón Alvarado

Asesor principal



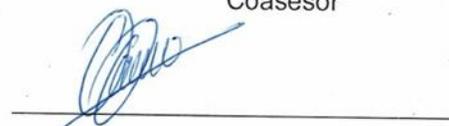
M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos

Coasesor



Dr. José Antonio Gonzáles Fuentes

Coasesor



M.C. José Antonio Morales de la Cruz

Coasesor



M.C. Sergio Sánchez Martínez

Coordinador de la división de ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio del 2022

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



ABIGAIL RUBET VELAZQUEZ NAVARRETE

DEDICATORIAS

A mis padres

Sr. Rubén Velázquez Tranquilino (+)

Sra. Martha Abigail Navarrete Reyes (+)

Por ser el motor y mi inspiración para seguir superándome tanto en el ámbito profesional como personal.

A mi abuelita la Sra. Rafaela Reyes Parra a quien adoro desde lo más profundo de mi corazón por ser pionera en la culminación de mis estudios superiores quien con su amor, esfuerzo, tiempo me dio el impulso para salir adelante, por haberme formado como una mujer de bien, no hay palabras en el mundo que puedan expresar el amor ni el agradecimiento que siento.

A mis tías Arely, Mariana, Natividad y Teresa por ser más que mis tías, mis hermanas, por compartir bonitos momentos de mi vida, recuerdos, risas, por alentarme para seguir adelante y por los momentos gratos que me hacían pasar cuando llegaba de vacaciones.

A mis tíos Gerardo, Juan, Mario y Silverio por su amor, motivación y sobre todo por ser una figura paterna y amarme como si fuera su hija.

A mis primas, Griselda, Monserrat, Samanta por ser parte de mi vida, por compartir risa, sueños, momentos especiales desde pequeñas.

A mi hermano Bryan por hacerme sentir que estabas aquí, por brindarme tu amor y cariño, las risas y lágrimas que compartimos a distancia. Gracias a mi sobrino **William** por ser la luz de la casa y mi corazón.

A mi pareja José Antonio Morales de la Cruz Por estar conmigo, por quererme y amarme en todas mis etapas, te agradezco por tu apoyo incondicional en todos los sentidos ya que fuiste el ingrediente perfecto para poder lograr esta dichosa y muy

merecida victoria en la vida, ser grato con esa persona que se preocupó por mí en cada momento y que siempre quiso lo mejor para mi porvenir.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, una familia llena de amor, salud, fuerza y voluntad para alcanzar este sueño que en principio se encontraba distante y que ahora con grandes esfuerzos veo culminado.

A mi “ALMA TERRA MATER” gracias por haberme permitido formarme en ella, por medio de todas las personas que fueron participes de este desarrollo, gracias a todos ustedes por hacer su aporte, que este preciso día se vería reflejado en la culminación de mi paso por la universidad.

Al Dr. Emilio Rascón Alvarado por haberme brindado su apoyo, conocimientos, su tiempo en las asesorías, revisión y sugerencias en el desarrollo de este proyecto de investigación, pero sobre todo por la oportunidad que me dio para poder llevar a cabo dicho proyecto.

Al M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos por su disponibilidad, accesibilidad, paciencia, apoyo y sobre todo por asesorarme en la culminación de este proyecto.

Al Dr. Antonio Gonzales Fuentes por su colaboración y disponibilidad para apoyar en la revisión de este proyecto.

Al M.C. José Antonio Morales de la cruz Gracias por la oportunidad ser mi asesor externo por su tiempo su dedicación y disponibilidad para apoyar en la revisión de este proyecto.

A todos los profesores que me transmitieron sus conocimientos para mi formación profesional durante mi estancia en esta universidad, por sus buenos consejos, su paciencia, y por estar ahí cuando lo necesitaba.

A mi departamento de suelos porque ahí pase buenos momentos, llenos de risas y preocupación que me vieron avanzar cada día con ello agradezco a las secretarías, las laboratoristas y al bello personal de limpieza que siempre mostró muy buena actitud y apoyo cuando se le necesitaba.

A mis compañeros de la carrera de Ingeniero Agrícola y Ambiental, gracias por el tiempo que tuvimos la oportunidad de convivir y tener buenos recuerdos como generación.

La amistad puede ser considerada como uno de los mayores y más grandes tesoros que un individuo puede hallar a lo largo de su historia en la universidad encontré ese tesoro. Agradezco infinitamente a los amigos locales que tuve dentro de la universidad ya que me hicieron sentir como en casa y los foráneos a no sentirme sola y que el pesar de estar lejos de mi familia fuera menos.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIAS	I
AGRADECIMIENTOS	II
INDICE DE CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE CUADROS	VII
RESUMEN	VIII
INTRODUCCION.....	1
OBJETIVO	2
HIPOTESIS.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Origen	3
2.2 Historia	3
2.3 Taxonomía y morfología.....	4
2.3.1 Clasificación taxonómica del cilantro.....	4
Morfología.....	5
2.3.2 Raíz.....	5
2.3.3 Tallo.....	5
2.3.4 Hojas	5
2.3.5 Flores	5
2.3.6 Semilla.....	6
2.4 Usos del cultivo	6
2.5 Composición, usos y aplicaciones.....	6
2.6 Genética.....	7
2.7 Importancia de la materia orgánica en el suelo.....	8
2.8 Formación de la leonardita.....	8
2.9 Importancia de la Leonardita.....	10
2.10 Impacto de leonardita en componentes del rendimiento	10
2.10.1 Índice de área foliar	10
2.10.2 Altura final de la planta	11

2.10.3 Longitud de raíz.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1 Localización del experimento.....	13
3.2 Análís de suelo.....	14
3.3 Labores culturales.....	15
3.3.1 Siembra.....	15
3.3.2 Tratamientos.....	16
3.4 Variables evaluadas.....	17
3.4.1 Longitud de raíz (LR).....	17
3.4.2 Peso fresco de follaje (PFF).....	17
3.4.3 Numero de hojas (NH).....	17
3.4.4 Peso fresco de raíz (PFR).....	17
3.4.5 Altura final de la planta (ALT).....	18
3.4.6 Peso seco de raíz (PSR).....	18
3.4.7 Peso seco de follaje (PSF).....	18
3.5 Diseño experimental.....	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	19
RESUMEN GENERAL.....	19
COMPORTAMIENTO POR VARIABLE EVALUADA.....	20
4.1 Longitud de raíz (LR).....	20
4.2 Peso fresco del follaje (PFF).....	21
4.3 Número de hojas (NH).....	23
4.4: Altura final de planta (ALT).....	24
4.5 Peso fresco de raíz (PFR).....	25
4.6 Peso seco de raíz (PSR).....	26
4.7 Peso seco del follaje (PSF).....	27
V. CONCLUSIÓN.....	29
VI. LITERATURA CITADA.....	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del sitio experimental.....	13
Figura 2. Suelo removido para el experimento.....	15
Figura 3. Colocación de semilla a una profundidad de 1 cm.....	16
Figura 4. Valores promedio de longitud de raíz.....	20
Figura 5. Valores promedio de peso fresco de follaje	22
Figura 6. Valores promedio de numero de hojas	23
Figura 7. Valores promedio de altura final de la planta	24
Figura 8. Valores promedio de peso fresco de raíz	25
Figura 9. Valores promedio de peso seco de raíz.....	26
Figura 10. Valores promedio de peso seco de follaje	27

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de suelo del sitio experimental	14
Cuadro 2. Dosis de las soluciones nutritivas durante el ciclo fenológico de cultivo de cilantro variedad marroquín	16
Cuadro 3. Valores de las medias de las variables, LR, PFF, NH, PFR, ALT,	19
Cuadro 4. Valores promedios de las variables, LR, PFF, NH, PFR, ALT, PSR, PSF con la evaluación de cuatro tratamientos.....	28

RESUMEN

El uso de químicos en la fertilización de cultivos genera que el suelo sufra de un agotamiento acelerado de materia orgánica y de un desbalance nutrimental y que al transcurrir el tiempo pierda su fertilidad, capacidad productiva y más grave aún la contaminación toxica de los alimentos que se producen, causando graves problemas de salud a los consumidores. Los ácidos húmicos son moléculas complejas orgánicas que se forman por la descomposición de materia orgánica. El ácido húmico es influyente en la fertilidad del suelo por su efecto de aumentar su capacidad de retención de agua. La Leonardita es una sustancia vegetal humificada muy rica en materia orgánica, la procedencia puede ser diversa por ejemplo la turba y restos vegetales, la mayor parte de los ácidos húmicos del mercado se obtienen de la Leonardita, que por sus características son considerados los de mejor calidad. El objetivo de la investigación fue evaluar el comportamiento productivo del cilantro con fertilización orgánica a base de leonardita en tres presentaciones: T1(Testigo) solución nutritiva, T2 Leonardita cristalizada, T3 Leonardita Pellet y T4 Leonardita polvo la dosis de aplicación fueron T1, T2 1 g/L, T3 1.028 g/L, y T4 1.04 g/L. Se sembró el 30 de septiembre del 2019 en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, bajo un Diseño Experimental Completamente al Azar con 3 repeticiones, la evaluación de los tratamientos fue: Longitud de raíz (LR), Peso fresco de follaje (PFF), Número de hojas (NH), Peso fresco de raíz (PFR), Altura final de la planta (ALT), Peso seco de raíz (PSR) y peso seco de follaje (PSF). Los análisis estadísticos mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos. El mayor en las variables fue: LR (T3= 65.10%) y PFF (T2= 74%) Estos resultados muestran que el nutriente orgánico Leonardita se incorpora satisfactoriamente para dar viabilidad y nutrir el cultivo de cilantro.

INTRODUCCION

El deterioro de los recursos naturales es resultado de prácticas de producción agrícolas extensivas e intensivas en las regiones de nuestro país.

El uso de químicos en la fertilización de cultivos genera que el suelo sufra de un agotamiento acelerado de materia orgánica y de un desbalance nutrimental, y que al transcurrir el tiempo pierda su fertilidad, capacidad productiva y más grave aún la contaminación toxica de los alimentos que se producen, causando graves problemas de salud a los consumidores. Ante este problema es necesario implementar nuevas alternativas de manejo de los recursos naturales para un mejor uso sustentable. La integración de abonos orgánicos en la agricultura puede ser un complemento esencial, para solucionar problemas físicos, químicos y biológicos del suelo. Las nuevas tecnologías aplicadas en la agricultura orgánica pretenden disminuir la dependencia de los productores sobre el uso de abonos químicos, a sí mismos contribuir a la protección del medio ambiente y la salud de los consumidores. Las sustancias húmicas (SH) son compuestos orgánicos derivados de humus proveniente de diferentes fuentes: turbas de pantano, aguas de los ríos y humus producidos en pantanos artificiales. A nivel mundial los países como EEUU, España, Rusia, Rumania, Bulgaria y Polonia son productores mayores de SH, la materia prima usada por estos países por lo general proviene de Leonardita, este mineral es de origen sedimentario que se ha formado a partir de la evolución geológica de residuos de plantas y animales a condiciones de presión y temperatura variables. El interés agronómico en la Leonardita radica en su composición, cuya riqueza son los ácidos húmicos y fúlvicos. Son compuestos que los suelos necesitan para tener las propiedades necesarias para el crecimiento vegetal. En este contexto el interés de esta investigación es utilizar la Leonardita para mejorar el rendimiento en cultivo de cilantro y determinar la respuesta del cultivo a diferentes dosis en base a la Leonardita con la finalidad de integrar este mineral a superficies mayores.

OBJETIVO

Evaluar el comportamiento productivo del cilantro con fertilización orgánica a base de leonardita en tres presentaciones

HIPOTESIS

Al menos un tratamiento orgánico tiene efecto positivo al aumentar el comportamiento productivo del cultivo del cilantro.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen

El cilantro deriva del griego "Koris" que significa chinche en referencia al olor que despide el fruto inmaduro de la planta joven. De acuerdo con Tayler, 1978 es nativo de Europa Meridional, Asia Menor y el Caucaso en donde se encuentra en forma silvestre y cultivado.

2.2 Historia

Rodale (1961) menciona que el cilantro fue uno de los primeros miembros cultivados de la familia Umbelífera. Los judíos y los romanos usaron la raíz y semilla 5,000 a.C. para dar inmortalidad. La semilla fue encontrada en una tumba egipcia siendo usada por los antiguos hebreos como una de las hierbas más amargas, ordenadas para preparar sus comidas en la Pascua Judía.

De acuerdo con Font (1978) es bien notable que, en el famoso Papiro de Ebers, el más viejo documento médico, que conocieron también los grandes médicos, farmacólogos y naturistas de la antigüedad, tales como: Teofrasto, Galeno, Plinio, Discórides.

Los griegos lo usaban antes de la época dorada de Atenas, las legiones de César lo llevaron a Europa Septentrional y fue usado en Inglaterra antes de la conquista de los Normandos.

Hedrich, (1972), menciona que el cilantro fue introducido en América en los años de 1670, se dice que las semillas son aromáticas y son utilizadas como saborizante o condimento y en la destilería. De acuerdo con Furcal (1989), en México la producción de cilantro es importante en varios estados del país como: Coahuila, Zacatecas, Sonora, Jalisco, Baja California Norte, Aguascalientes, Guanajuato, Morelos y el Estado de México.

2.3 Taxonomía y morfología

2.3.1 Clasificación taxonómica del cilantro

División Angiospermae

Clase Dicotyledoneae

Subclase Archichlamideae

Orden Umbelliflorae

Familia Umbelliferae

Género Coriandrum

Especie sativum, L.

Tamaro (1987), menciona que el cilantro tiene varias denominaciones; en español: cilantro, culantro, coleandro, colendro, coreandro; en italiano: coriandolo; en francés: coriandre; en alemán: Koriander; en portugués: centro; en inglés: coriander.

De acuerdo con Bailey (1978), citado por Barboza, (1994) el género *Coriandrum* L. tiene dos subespecies de hierbas anuales, el cilantro cultivado por sus semillas y el perejil chino

Morfología

2.3.2 Raíz

El sistema radical es sencillo y fino, la raíz primaria es delgada y presenta una cantidad variable de pelos absorbentes.

Rodale (1961), menciona que a causa de su delicado sistema radical la planta no se adapta al trasplante.

2.3.3 Tallo

La planta tiene de 30 a 90 cm de altura y es lisa en toda su superficie. El tallo es vertical, foliáceo, ordinariamente ramoso de acuerdo con Pahlow (1981) y García (1975). Carballo (1998), cita que los tallos son cilíndricos, suaves, extendidos y que contienen una gran cantidad de agua. Por otra parte, García (1959), menciona que el cilantro tiene tallos dicotómicos y verticales ramosos, que miden de 30 a 70 centímetros.

2.3.4 Hojas

La forma de la hoja en la parte basal es generalmente sin división con tres lóbulos, mientras que las hojas en cada nudo son más grandes y semi divididas. Las hojas superiores tienen cortes profundos y forma lanceolada, mientras que las hojas bajas presentan tallos. El pecíolo de las hojas superiores es pequeño y al estar juntas parece una vaina. Las hojas son de color verde o verde claro con una ligera capa cerosa y son alternas. Las primeras se recolectan a menudo en una roseta y a veces se tornan rojas o violetas durante el período de floración.

2.3.5 Flores

Los pétalos de las flores son pequeños y de color rosado-blanco. Por lo general, hay cinco pétalos y sépalos en la flor con cinco estambres. La inflorescencia es una umbela compuesta y en algunas ocasiones puede presentar una o dos brácteas lineales. Además, la inflorescencia está desprovista de pubescencia y puede alcanzar altura de 0.2 a 1.4 m al inicio de la floración en la primera umbela y en umbelas periferales, que son las que producen las primeras flores. Estas flores son protandras mientras que las

flores centrales son estaminíferas o estériles en algunas ocasiones. El cilantro tiene un ovario inferior y cinco cálices juveniles alrededor del estilo pódium, permanecen visibles en el fruto (semilla). Los cinco cálices juveniles son de diferente longitud, como los pétalos en el pericarpio de las flores. Las flores tienen cinco pétalos y las flores periféricas de cada umbela son asimétricas. Las flores centrales son circulares con pequeños pétalos sin flexionar. El color de los pétalos es rosa pálido o blanco.

2.3.6 Semilla

Según Lerena (1975), las semillas se emplean en la industria confitera, en licorería y en la medicina. Por otra parte, Tamaro (1951), nos dice que las plantas nacidas antes del invierno proporcionan buenas semillas y que no conviene las semillas si no están perfectamente secas, porque pueden volverse negras y fermentarse, es por eso que se almacenan en sacos y en lugares cerrados, frescos y secos. El poder germinativo de la semilla varía de seis a ocho días. Es necesario dejar estas después de cosecharlas por lo menos tres meses en un lugar seco, puesto que si se siembra inmediatamente después de cosecharlas no germinan.

2.4 Usos del cultivo

Las semillas y las hojas son ampliamente utilizadas en las tradiciones culinarias de América Latina, la India y la cocina China. Es una fuente potencial de lípidos y su aceite esencial es rico

2.5 Composición, usos y aplicaciones

El cilantro es una planta medicinal y aromática, es una fuente potencial de lípidos (ricos en ácido petroselinico) y un aceite esencial (alto en linalol) aislado de las semillas y de las partes aéreas. Debido a ingredientes con actividad biológica, al aceite se le han atribuido una amplia gama de usos farmacológicos. Diversos estudios han demostrado que los aceites esenciales son antioxidantes naturales y pueden ser utilizados en la conservación de los alimentos. Sahib *et al.* (2013) concluyeron que las propiedades antimicrobianas, antioxidantes, antidiabéticas, ansiolíticas, antiepilépticas,

antidepresivas, antimutagénicas, antiinflamatorias, antidislipidémicas, antihipertensivas, neuroprotectoras y diuréticas del cilantro pueden atribuirse a los componentes bioactivos presentes en el aceite esencial. Del mismo modo, Ramadan *et al.* (2008), demostraron que el aceite esencial del cilantro tiene propiedades hipocolesterolemias en ratas alimentadas con una dieta rica en colesterol. Ramadan y Wahdan (2012), prepararon mezclas (10% y 20%, p/p) de aceite de semilla de comino negro, cilantro y maíz, y menciona que los resultados mostraron que la estabilidad oxidativa de las mezclas de aceite era mejor que la de cada uno por separado, debido a que los cambios consecuentes en los perfiles de ácidos grasos, tocoferoles y los lípidos bioactivos eran menores al encontrado en los aceites de comino negro y de cilantro. La actividad antioxidante de aceite esencial del cilantro (CEO) ha sido estudiada y comparada con otros aceites esenciales. Teixeira *et al.* (2013), demostraron que la actividad antioxidante medida en un ensayo de potencia reductora férrica reveló que los aceites de cilantro muestran un nivel antioxidante muy pequeño en comparación con otros aceites esenciales. Contrariamente a estos resultados, Chaudhary *et al.* (2013), encontraron que el CEO mostró una alta inhibición de la enzima de conversión de la angiotensina (ECA) con un valor IC₅₀ de 34.8 µg mL⁻¹ y poseen una fuerte actividad de eliminación del radical DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl). Su hallazgo sugiere que el CEO puede ser usado para el manejo de la hipertensión como un inhibidor de la ECA. En diversos estudios se ha determinado que el aceite de cilantro contiene aproximadamente 30% de hidrocarburos terpénicos y 70% de compuestos. Siendo el principal componente del aceite esencial de cilantro el linalol, también conocido como coriandrol (Anitescu *et al.*, 1997; Bandoni *et al.*, 1998). En otros, estudios se ha demostrado que el aceite de cilantro contiene linalol, geraniol, terpinen-4-ol, α-terpineol, c-terpinterpineno, limoneno, α-pineno, camfeno, alcanfor de mirceno, acetato de geraniol y acetato de linalilo.

2.6 Genética

Salvat (1968), menciona que el cilantro posee una dotación cromosómica de $n = 11$, donde: n , es el número haploide o cromosómico.

2.7 Importancia de la materia orgánica en el suelo

Los residuos de vegetales y animales constituyen la materia prima del cual se origina la materia orgánica del suelo, las diferentes transformaciones que sufren estos residuos orgánicos siguen diferentes caminos, dependiendo del tipo y cantidad de materia orgánica, del ambiente edáfico, del material parental, de actividad biológica y del clima; estos procesos denominados descomposición y mineralización son eminentemente biológicos (Bendeck, 2012).

El suelo es un sistema complejo de muchos componentes (organismos vivos, material orgánico e inorgánico) que interactúan entre sí y sus propiedades son el resultado de dicha Interacción; la materia orgánica del suelo (MOS) es una mezcla heterogénea que incluye tejidos de origen animal y vegetal, sus productos de descomposición parcial resultantes de las transformaciones microbiológicas y químicas del proceso de humificación, material orgánico de alto peso molecular (como por ejemplo polisacáridos y proteínas) y sustancias simples (como aminoácidos, lípidos y monosacáridos) (David — Gara, 2008).

La materia orgánica del suelo proviene, en parte, de la incorporación de residuos animales (cadáveres y deyecciones) y restos vegetales (raíces, órganos aéreos, excreciones a nivel rizosfera, sustancias solubles de los órganos aéreos transferidas al suelo por el agua de lluvia o rocío, etc.), en distintos estados de descomposición y la biomasa microbiana; los 11 restos vegetales son cuantitativamente más importantes que los residuos animales (Labrador *et al.*, 2001).

2.8 Formación de la leonardita

La Leonardito es una fase del carbón entre la turba y el lignito que se genera a una profundidad entre diez y quince metros, esta es la materia prima con mayor porcentaje de sustancia húmicas, se destaca por un alto contenido de bioactividad orgánica su pureza llega a alcanzar un promedio de 80% lo que favorece su aplicación directa a los suelos según Lequerica (2018).

Existen yacimientos naturales de materia orgánica en avanzado estado de descomposición, ricos en materiales húmicos y que durante siglos la naturaleza misma ha transformado. El material que se encuentra en estos yacimientos recibe el nombre de leonardita, siendo ésta, una fuente natural para la extracción de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas como exponen Girardo y Sabogal (1999)

Este ácido húmico lignito se forma una fase de carbonización, la unificación es un proceso evolutivo por el cual la materia orgánica se va transformando, primero en humus joven a humus estable hasta llegar a mineralización formando el ácido húmico. Durante este proceso se filtran los jugos orgánicos de esta manera formándose lagunas de poca profundidad carbonizadas dando origen a la Leonardita. (Yescas *et al.*, 2008)

Entre los ácidos húmicos se destaca la leonardita, este mineral es el único material húmico en el mundo con un grado de pureza promedio del 80%, esto permite que el material pueda ser aplicado directamente al suelo sin contaminar el suelo con sustancias tóxicas. Gracias a su material de origen (vegetación jugosa del paleozoico) y su formación a través de millones de años. Este mineral se distingue por su excepcional actividad biológica que es superior a los ácidos húmicos provenientes de otras fuentes. (www.verditec.es)

La Leonardita es una sustancia vegetal humificada, muy rica en materia orgánica, en un estado intermedio de transformación entre la turba y el lignito. Tiene su origen en el enterramiento de materiales vegetales desde hace millones de años y suele encontrarse en las capas superiores de las minas a cielo abierto de lignito (carbón) (Jisa, 2017)

Los ácidos húmicos, tal y como los entendemos en la agricultura, engloban los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos. La procedencia puede ser diversa como por ejemplo la turba, restos vegetales, pero la mayor parte de los ácidos húmicos del mercado se obtienen de la Leonardita, que por sus características son considerados los de mejor calidad y mayores propiedades agronómicas (Jisa, 2017).

2.9 Importancia de la Leonardita

Los ácidos húmicos son coloides amorfos no cristalinos, poseen una gran capacidad de absorción, son altamente hidrofílicos y por imbibición en el agua sufren un gran hinchamiento (Anónimo., 2017).

Diferentes estudios han demostrado la capacidad adsorbente de metales pesados de la Leonardita (Lao *et al.*, 2005.; Zeledón *et al.*, 2005)

Mejora la estructura y textura del suelo. De particular importancia en el caso de suelos arcillosos pesados. El suelo se hace más “esponjoso”. Mejora la capacidad de manejar el agua del suelo. Aumenta el drenaje cuando hay exceso de agua, pero siempre retiene agua suficiente. Importante en caso de sequía.

Los ácidos húmicos son moléculas complejas orgánicas que se forman por la descomposición de materia orgánica. El ácido húmico es influyente en la fertilidad del suelo por su efecto de aumentar su capacidad de retención de agua. Contribuyen con significancia a la estabilidad y fertilidad del suelo, resultando en crecimiento de la planta e incrementando en la absorción de nutrientes (Manual de Lombricultura, 2007).

2.10 Impacto de leonardita en componentes del rendimiento

2.10.1 Índice de área foliar

La determinación del área foliar es fundamental en estudios de crecimiento vegetal, lo cual permite estimar la capacidad fotosintética y puede ayudar a entender la relación entre la acumulación de biomasa de las plantas, lo cual depende a su vez, de la tasa de absorción de nutrientes, edad de la planta, condiciones meteorológicas, así como del nivel de rendimiento Bugarín *et al.*, (2002)

Jenny *et al.*, (2017), menciona que el mejor nivel de ácidos húmicos de leonardita favorecer la producción del cultivo de orégano “Negro” fue 80 litros ha⁻¹ (H80) logrando un rendimiento de biomasa verde de 7150 kg. ha⁻¹ y un rendimiento de orégano seco de 1420 kg. ha⁻¹ siendo el 70% (994 kg. ha⁻¹) clasificado como orégano de primera.

Varas (2012), evaluó dos dosis de ácido Húmico granulado de leonardita y dos dosis de ácidos Húmicos y fúlvicos con macro y micro nutrientes en el cultivo de cebollita china (Roja Chiclayana), bajo condiciones agroclimáticas de la provincia de Lamas. Los resultados obtenidos nos ratifican que los tratamientos a los cuales se aplicó ácidos húmicos y fúlvicos de Leonardita con macro y micro elementos-líquido (T3 50 ton/ha-1 y T4 80 ton/ha-1), arrojaron mayores promedios de rendimiento kg.ha-1 en comparación con aquellos tratamientos a los que se aplicó los ácidos húmicos de leonardita granulado

2.10.2 Altura final de la planta

Nataly *et al.*, 2015. Evaluó el comportamiento agronómico de dos variedades de arroz (INIAP-11 e INIAP-14 en función de dos fuentes de fertilizante aúrea y sulfato de amonio, solas y combinadas con Leonardita. El diseño experimental con ocho tratamientos y dos testigos absolutos. Los resultados mostraron que las combinaciones de urea + Leonardita y de sulfato de Amonio + Leonardita presentaron mayor promedio en altura de planta en la variedad INIAP-14

Pinedo *et al.* (2012), en un estudio realizado en pepino reporta que los resultados obtenidos en el rendimiento promedio más alto fueron alcanzados por el Tratamiento T4 (50 tan.ha-1) con la dosis mencionada se obtuvo el mejor promedio de altura de planta

de esta manera logrando obtener el mayor peso promedio de planta, altura de planta, respectivamente los demás tratamientos resultaron ser estadísticamente iguales y los cuales superaron en sus promedios a los demás tratamientos. Los resultados de la evaluación del peso de la planta (g) y el rendimiento en kg/ha-1 establecieron en función al incremento de las dosis de aplicación de ácido húmico granulado y ácido húmico líquido y diferenciando que el incremento en peso de planta es mayor cuando la aplicación se hace con ácido húmico líquido.

2.10.3 Longitud de raíz

Ghabbour y Davies, 2001 El desarrollo radical de la planta con aporte de enmiendas húmicas es enorme, y esto hace que el desarrollo de la misma sea mucho más rápido, debido a que absorbe mayor cantidad de elementos nutritivos, y esto se traduce en mayor producción. Este abono orgánico al desarrollar más las raíces, equilibra también mejor la nutrición de las plantas, mejora el comportamiento de esta frente a las condiciones salinas y ayuda la eliminación de diversas toxicidades.

Vaughan y Linehan, (1976) menciona que los ácidos húmicos se acumularon en una mayor proporción en las raíces, proporcionando nutrientes, mayor retención de agua y buena aireación, acumulándose en una pequeña proporción en la parte aérea.

Vaughan et al. (1976), encontraron que los ácidos húmicos son absorbidos por raíces de trigo, y que aproximadamente un 5% es transportado hacia el tallo. Así mismo, Vaughan et al. (1981), demuestran que la proporción de absorción de ácidos fúlvicos/ácidos húmicos se incrementa con el tiempo de incubación, indicando una absorción preferente de sustancias de bajo peso molecular. También afirman que, las fracciones de ácidos húmicos de bajo peso molecular son absorbidas tanto activa como pasivamente, mientras ácidos húmicos de peso molecular superior a 50.0 son absorbidos sólo de forma pasiva.

Sladky (1959), aplicó ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, y un extracto alcohólico de materia orgánica en concentraciones de 50 y 10 mg L⁻¹, respectivamente, a plantas de tomate creciendo en disolución nutritiva. Las tres fracciones de materia orgánica estimularon significativamente la longitud y peso de la raíz en comparación con una disolución nutritiva pura.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento

La presente investigación se llevó a cabo en las camas ubicadas en las instalaciones del Departamento de Ciencias del Suelo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Saltillo Coahuila en las coordenadas $25^{\circ} 21'$ Latitud Norte y $101^{\circ} 02'$ Longitud Oeste, a la altitud de 1742 msnm. (Figura 1).

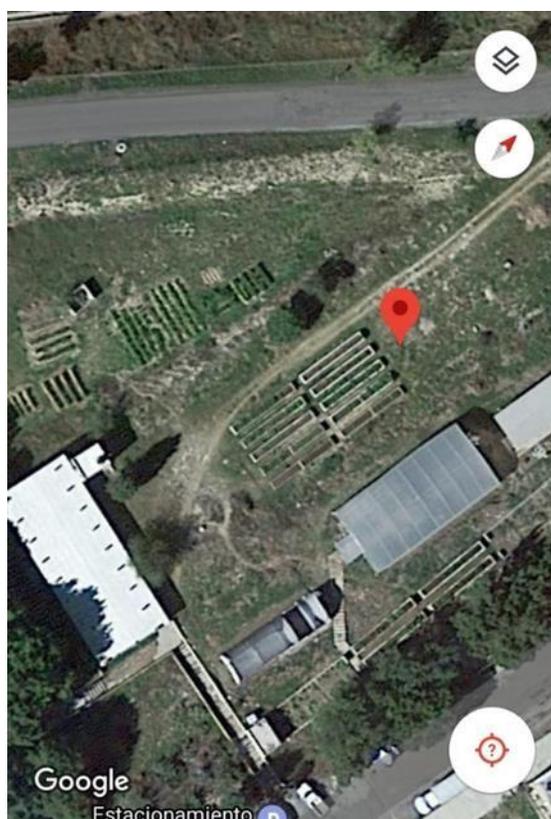


Figura 1. Ubicación del sitio experimental

3.2 Análisis de suelo

Se realizo un análisis de suelo sacando una muestra en forma de zig zac para obtener un kilo de suelo, para llevarlo al laboratorio donde (Cuadro 1)

Cuadro 1. Análisis de suelo del sitio experimental

Parámetro	Unidades	Valor
Textura	-	Franco
Arena (A)	%	46
Limo (L)	%	34
Arcilla (A)	%	20
Densidad Aparente (Da)	g/cm ³	1.090
Densidad de Solidos (Ds)	g/cm ³	N/D
	Tablas	
Color (Seco)	Munsell	10YR 3/2
	Tablas	
Color (Húmedo)	Munsell	5Y 2/1
PH	-	8.08
Saturación	%	41
Conductividad Eléctrica (Ce)	ms/cm	0.976
Solidos Totales Disueltos (STD)	ppm	488
Materia Orgánica (MO)	%	4.196
Carbono orgánico	%	2.433
Carbonatos Totales	%	N/D

3.3 Labores culturales

Días anterior de la siembra se removió el suelo con la finalidad de mejorar la textura del suelo, esta labor es muy importante porque provoca un ambiente agradable para la germinación de la semilla. (Figura 2)



Figura 2. Suelo removido para el experimento

3.3.1 Siembra

La siembra se realizó el 30 de septiembre del 2019 con una separación entre líneas de 15 cm y 10 cm de distancia entre planta. Previo a la siembra se efectuó la preparación del terreno se removió el suelo a una profundidad de 30 cm, se efectuó el riego de pre-siembra el 30 de septiembre de 2019 (Figura 3).



Figura 3. Colocación de semilla a una profundidad de 1 cm

3.3.2 Tratamientos

En el presente estudio se aplicaron de cuatro tratamientos, con el propósito de estudiar el rendimiento de los tratamientos durante el ciclo vegetativo. (Cuadro 2)

Cuadro 2. Dosis de las soluciones nutritivas durante el ciclo fenológico de cultivo de cilantro variedad marroquín

Tratamientos	Nombre	Dosis	
	Tratamientos	ml / L	g / L
T1	Micronutrientes	100	
	Macronutrientes	100	
	Ácidos	30	
	Mono	100	
T2	Leonardita Cristalizada		1.00
T3	Leonardita Pellet		1.028
T4	Leonardita Pura		1.04

3.4 Variables evaluadas

Las variables evaluadas del efecto de diferentes aplicaciones de Leonardita sobre el crecimiento del cultivo fueron: Longitud de raíz (LR), Peso fresco de follaje (PFF), Numero de hojas (NH), Peso fresco de raíz (PFR), Altura final (ALT), Peso seco de raíz (PSR) y peso seco de follaje (PSF).

Durante el desarrollo del cultivo se realizaron tres muestreos de planta, se cosecharon 3 plantas por tratamiento (una planta por repetición)

3.4.1 Longitud de raíz (LR)

De cada tratamiento se sacaron 3 repeticiones las cuales se llevaron al Laboratorio del departamento de ciencias del suelo, donde se separó el follaje de la raíz partiendo del tallo para medir la longitud de la raíz, se peso en una lanza analítica (ADN G-F200).

3.4.2 Peso fresco de follaje (PFF)

En los tratamientos evaluados se obtuvieron tres repeticiones por cada tratamiento donde se separó el tallo del follaje después, se procede a pesarlo en una balanza (ADN G-F200).

3.4.3 Numero de hojas (NH)

De cada tratamiento se sacaron 3 repeticiones las cuales se llevaron al Laboratorio del Departamento de Suelos donde se cuantifico el número de hojas de cada tratamiento con su respectiva repetición anotándola en la bitácora de datos

3.4.4 Peso fresco de raíz (PFR)

En los tratamientos evaluados se obtuvieron tres repeticiones por cada tratamiento donde se separó el tallo de la raíz después, se procede a pesarlo en una balanza (ADN G-F200).

3.4.5 Altura final de la planta (ALT)

Una vez obtenidas las muestras se llevaron al laboratorio donde se realizó un corte a partir del tallo para separar el follaje de la raíz y posteriormente pasarse a medir con una regla y anotar en la bitácora cuantos centímetros midió.

3.4.6 Peso seco de raíz (PSR)

Una vez pesado en fresco la raíz se pasó a colocar en bolsas de papel con sus respectivos orificios para obtener una buena ventilación, a la estufa de secado Model20 GC Lab Oven a una temperatura de 70° C por un periodo de tiempo de 24 horas. Para después sacar de las bolsas y pesarlas en la balanza analítica ADN G-F200.

3.4.7 Peso seco de follaje (PSF)

Una vez pesado en fresco el follaje se pasó a colocar en bolsas de papel con sus respectivos orificios para obtener una buena ventilación, a la estufa de secado Model20 GC Lab Oven a una temperatura de 70° C por un periodo de tiempo de 24 horas. Para después sacar de las bolsas y pesarlas en la balanza analítica ADN G-F200.

3.5 Diseño experimental

Los tratamientos se distribuyeron de acuerdo al Diseño Experimental Completamente al Azar y originó cuatro tratamientos con tres repeticiones. A los datos generados, se le efectuó un análisis estadístico, el que consistió en un análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de medias, mediante el método Tukey ($p < 0.05$); para este se empleó el paquete estadístico SAS versión 9.4.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

RESUMEN GENERAL

Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en las variables Longitud de raíz (LR) y Peso fresco de follaje (PFF). Sin embargo, no se presentó diferencia significativa ($p > 0.05$) para el resto de las variables (NH, PFR, PSF, PSR, ALT) según se aprecia en el Cuadro 3.

En este mismo Cuadro se nota que los coeficientes de variación resultaron bastante altos ($> 40\%$) para experimentos a campo abierto, lo cual se debe muy posiblemente a lo cambiante de las condiciones ambientales sin control.

Cuadro 3 Valores de las medias de las variables, LR, PFF, NH, PFR, ALT, PSR, PSF con la evaluación de cuatro tratamientos.

FV	GL	LR	PFF	NH	PFR	ALT	PSR	PSF
		Cm	g		g	cm	G	g
Tratamiento	3	106.38*	53.46**	16.08 ^{NS}	1.21 ^{NS}	41.95 ^{NS}	0.03 ^{NS}	0.55 ^{NS}
EE	8	31.75	11.46	11.25	1.35	89.01	0.02	0.50
CV (%)		26.62	8.39	23.53	-----	35.08	-----	-----

*=Nivel de significancia 0.05 **=Nivel de significancia 0.01 NS=No significativo

COMPORTAMIENTO POR VARIABLE EVALUADA

4.1 Longitud de raíz (LR)

La longitud de raíz (LR) del cilantro, fue de 18.17 cm con la dosis: micronutrientes 100 ml/L, macronutrientes 100 ml/L, ácidos 30 ml/L y mononutrientes 100 ml/L del T1. (solución nutritiva).

El valor superior de esta variable se presentó con 1.028 g/L del T3 (Leonardita pellet) con un 65.10% con este tratamiento se superó al T (Solución nutritiva). En lo que respecta al T4 (Leonardita pura) con una dosis 1.04 g/L aventajo la longitud de raíz en un 6.38% al T1(Solución nutritiva) y T2 (Leonardita cristalizada) con una dosis 1.00 g/L con un 5.5% fue superado por el T1(SN).

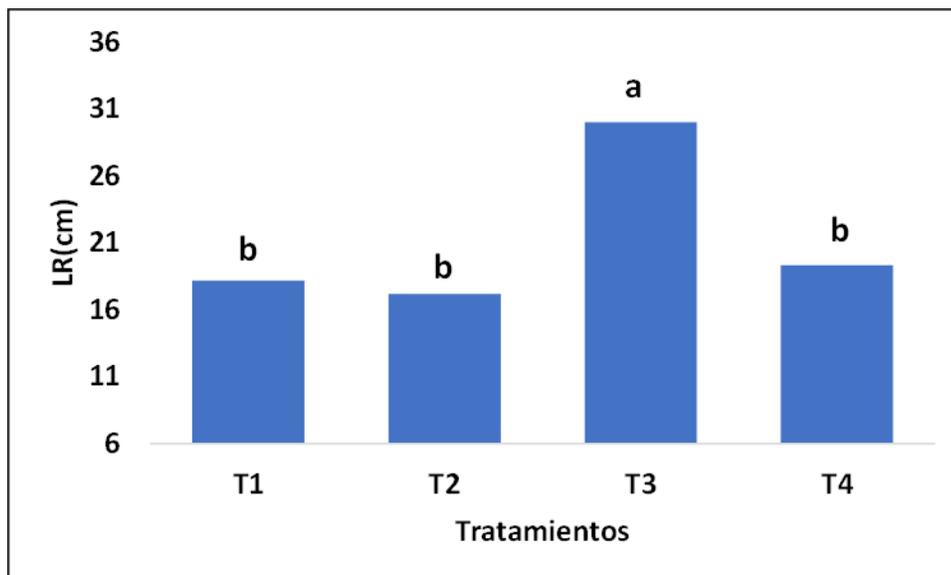


Figura 4. Valores promedio de longitud de raíz

Pedro *et al.* (2012), menciona que a diferentes dosis de ácidos húmicos de Leonardita favorece la longitud radicular del melón. En el estudio realizado se encontró que a una

dosis de 2 ml.lts de Organic field planta (OFP2) Se obtuvo un 122% superior al testigo (TA).

Jorge *et al.* (2010) menciona que, a diferentes dosis de ácidos húmicos y fúlvicos, favorece la longitud radicular del cultivo de piña. En el presente estudio se observó el efecto en los tratamientos E2F2 Lonnite (aplicación cada 15 días) con una dosis de 1L/200L E2F1 Lonnite (aplicación cada 6 días) con una dosis de 1L /200 L, E1F2 Rhizum (aplicación cada 15 días) con una dosis de 1.5L /200L.

En el estudio realizado se encontró diferencia entre tratamientos E2F2 con 27.33 cm, E2F1 con 25.65 cm y E1F2 con 25.33 cm aventajando al testigo con 21 cm de longitud de raíz.

4.2 Peso fresco del follaje (PFF)

El peso fresco del follaje del cilantro, fue de 10.31 g con la dosis: micronutrientes 100 ml/L, macronutrientes 100 ml/L, ácidos 30 ml/L y mononutrientes 100 ml/L del T1 (solución nutritiva). El valor de esta variable se presentó con una dosis 1 g/L del T2(Leonardita cristalizada) con un 74.00% a favor del T1 (Solución nutritiva)

En lo que respecta a la dosis 1.028 g/L del T3 (Leonardita pellet) con un 82.34% a favor del T1 (Solución nutritiva) y T4 (Leonardita pura) con una dosis 1.04 g/L con un 87.29% en ventaja al T1(Solución nutritiva).

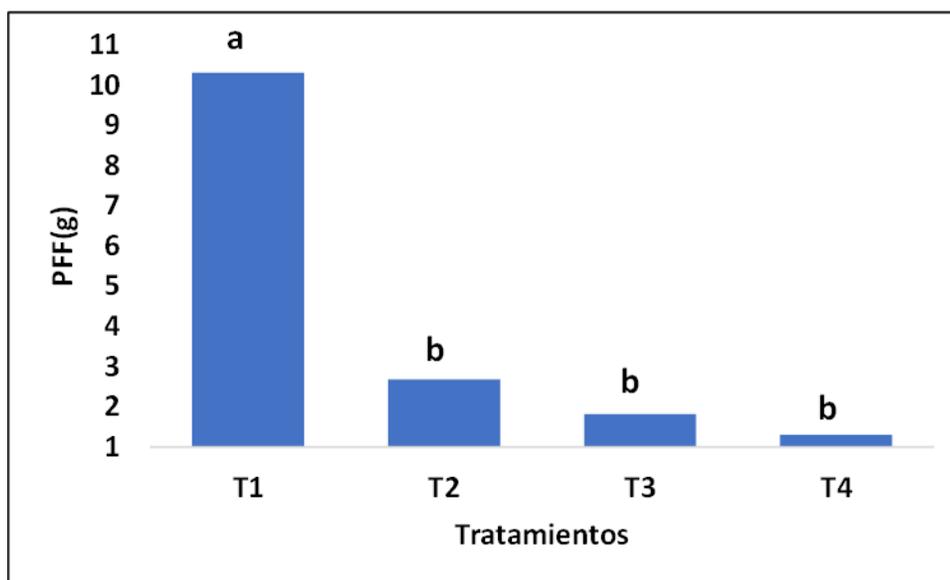


Figura 5. Valores promedio de peso fresco de follaje

Guzmán *et al.* (2013), menciona en un estudio realizado a diferentes dosis de Leonardita se obtienen resultados positivos en la variable, el análisis estadístico mostro efecto altamente significativo en el Ácidos húmicos (AH) con una dosis 2 ml+Formula química (FQ) al 100% de concentración y con un 39.99% aventajando al testigo.

4.3 Número de hojas (NH)

El análisis de resultados en número de hojas no mostro diferencia significativa ($p>0.05$). En la Figura 6 y Cuadro 4 se establece que no se mostró efecto en los tratamientos

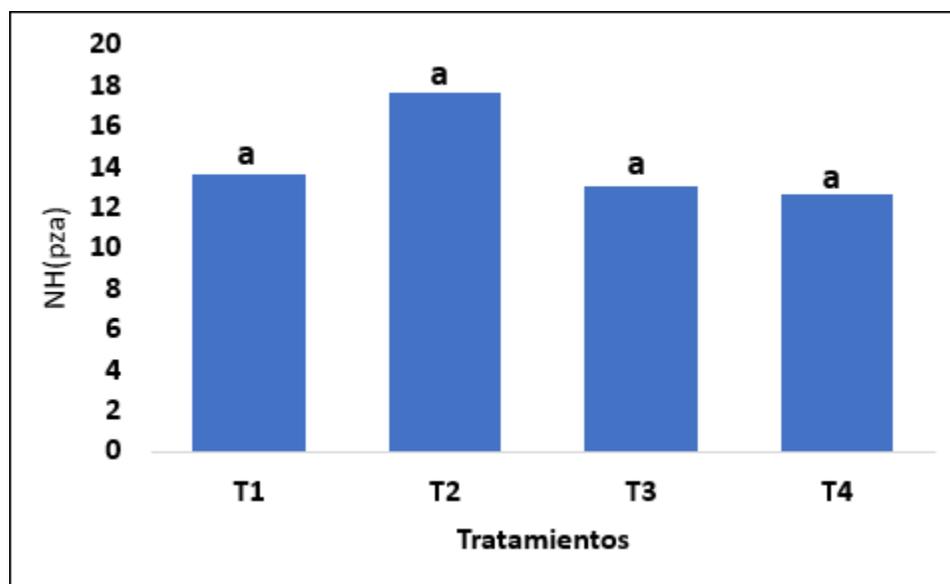


Figura 6. Valores promedio de numero de hojas

4.4: Altura final de planta (ALT)

El análisis de resultados en altura de la planta no mostro diferencia significativa ($p>0.05$). Lo anterior establece que no se mostró efecto de tratamiento (Figura 7 y Cuadro 4).

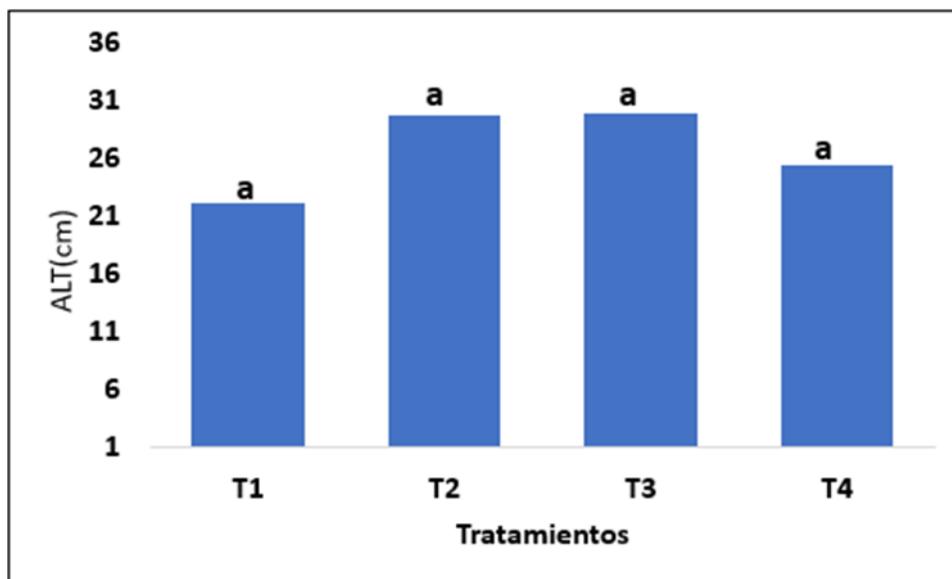


Figura 7. Valores promedio de altura final de la planta

4.5 Peso fresco de raíz (PFR)

El análisis de resultados en peso fresco de raíz no mostro diferencia significativa ($p>0.05$). Lo anterior establece que no se mostró efecto de tratamiento (Figura 8 y Cuadro 4)

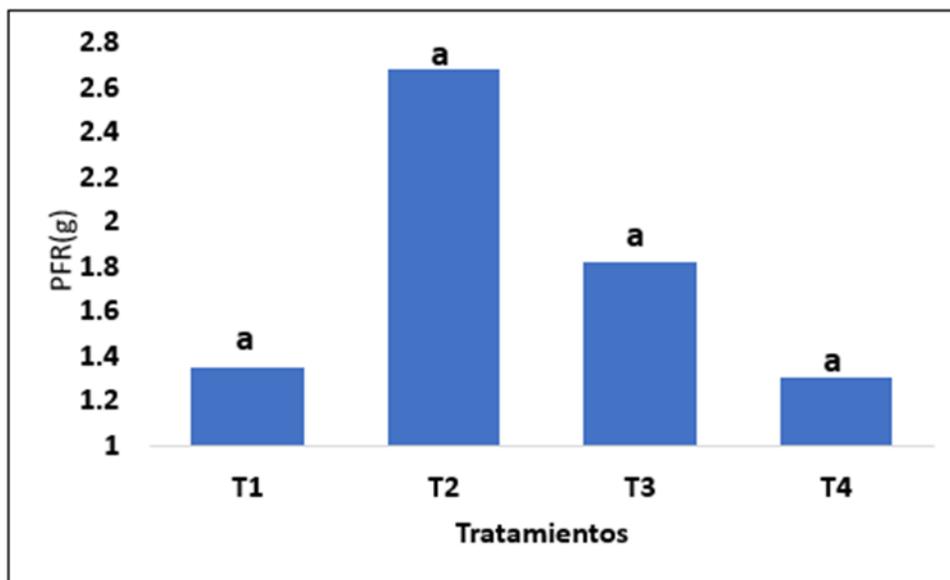


Figura 8. Valores promedio de peso fresco de raíz

4.6 Peso seco de raíz (PSR)

El análisis de resultados en peso seco de raíz no mostro diferencia significativa ($p>0.05$). Lo anterior establece que no se mostró efecto de tratamiento (Figura 9 y Cuadro 4)

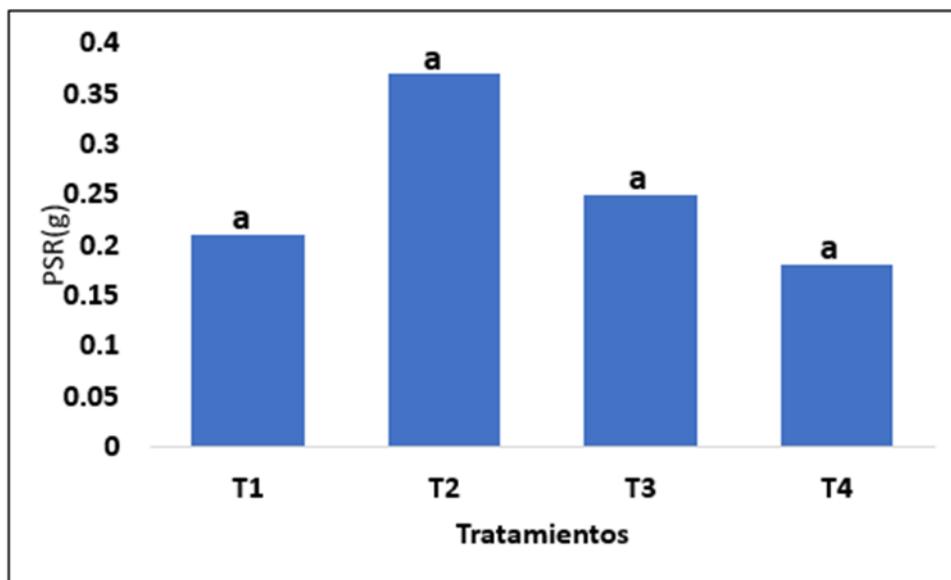


Figura 9. Valores promedio de peso seco de raíz

4.7 Peso seco del follaje (PSF)

El análisis de resultados en peso fresco de follaje no mostro diferencia significativa ($p>0.05$). Lo anterior establece que no se mostró efecto de tratamiento (Figura 10 y Cuadro 4)

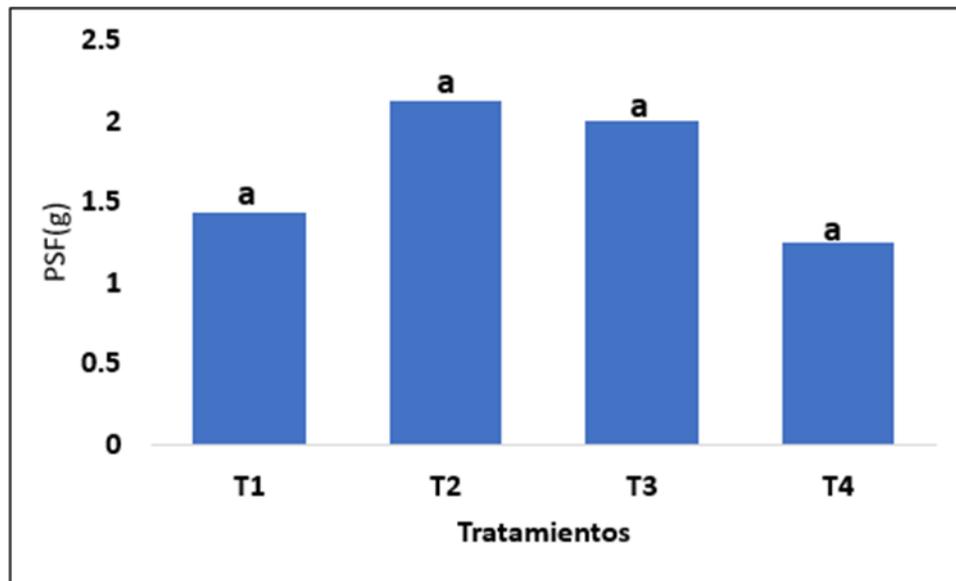


Figura 10. Valores promedio de peso seco de follaje

Tabla 4. Valores promedios de las variables, LR, PFF, NH, PFR, ALT, PSR, PSF con la evaluación de cuatro tratamientos

Tratamiento	LR	PFF	NH	PFR	ALT	PSR	PSF
	cm	g		G	cm	g	g
T1	18.17 b	10.31 a	13.66 a	1.35 a	22.23 a	0.21 a	1.44 a
T2	17.17 b	2.68 b	17.66 a	2.68 a	29.83 a	0.37 a	2.13 a
T3	30.00 a	1.82 b	13.00 a	1.82 a	30.00 a	0.25 a	2.00 a
T4	19.33 b	1.31 b	12.66 a	1.31 a	25.50 a	0.18 a	1.25 a

LR: Longitud de raíz; PFF: Peso fresco de follaje; NH: Número de hojas; ALT: Altura final deplanta; PFR: Peso fresco de raíz; PSR: Peso seco de raíz; PSF: Peso seco del follaje.

V. CONCLUSIÓN

Los resultados mostraron que el nutriente orgánico Leonardita se incorpora satisfactoriamente al suelo para dar viabilidad y nutrir el cultivo de cilantro, generando más alto rendimiento. Con base a estos resultados, Leonardita pellet 1.028 g/L y Leonardita cristalizada 1 g/L, produce el máximo crecimiento vegetativo del cilantro. La Leonardita es potencialmente prometedora para mejorar el rendimiento en cultivo de cilantro en condiciones como las de esta investigación.

VI. LITERATURA CITADA

- Amaya H; Peña F M; Peña C; Mandujano J E; Rascón E; Sánchez .2020. Evaluación del Crecimiento, Desarrollo y Producción de Trigo (*Triticum durum*) con Aplicación de Tres Presentaciones de Leonardit. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Anónimo. (2017). Leonardita. (Ingenierías). Tierras Diatomeas Iberia, España. Obtenido <https://diatomeasiberia.com/leonarditaaplicaciones/#:~:text=Los%20%C3%A1cidos%20h%C3%BAmicos%20y%20f%C3%BAlvicos,Materia%20Org%C3%A1nica%20f%C3%B3sil%20humificada%20de>
- Bendeck, M. 2012. Origen y formación del humus. (En línea). Consultado el 1 de marzo 2016. Disponible en: <http://www.microbiologiaybiomasas.com/media>
- Bugarín, M. R., Galvis, S. A., Sánchez, G. P., y García, P. D. (2002). Acumulación diaria de materia seca y de potasio en la biomasa aérea total de tomate. *Terra Latinoamericana*, 20(4).
- Carballo C., A. B. 1998. Determinación de la temperatura a base de seis genotipos de Cilantro (*Coriandrum sativum*, L.). Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
- Cerón, Y.L.; Yespe. R; 2020 Evaluación del efecto del acondicionador y mejorador de suelo “Germinaz” sobre el desarrollo vegetativo de fresa (*Fragaria X Anannassa* Var. Albión) en La Finca la Laguna Municipio de Sotará, Departamento del Cauca. Universidad Nacional Abierta Y A Distancia. Popayán, cauca, Colombia.
- Condemaita, J,E; Lopez, X. 2010. Evaluación de tres enraizantes en dos frecuencias de aplicación.

- Ghabbour, EA y Davies, G. (2001). Húmica substances: structures, models and functions. Based on proceedings, RSC, Cambridge, p. 401.
- Girardo, E y Sabogal, A. (1999). Una alternativa sostenible: La Guadua. Corporación Autónoma regional del Quindío C. R. Q. 192 p.
- Labrador, J.2001. La materia orgánica en los agro ecosistemas. Edic. Mundiprensa. España, 293 p.
- Natalyet al., 2015. "COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS VARIEDADES DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) SOMETIDAS A DOS FUENTES DE FERTILIZANTES NITROGENADAS SOLAS Y COMBINADAS CON LEONARDITA. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS, Ecuador.
- Pinedo, AD. (2012), Trabajo de tesis: "Dosis de ácido húmico granulado de Leonardita y ácidos húmicos y fulvicos con macro y micro elementos en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Variedad Great Lakes 659, bajo condiciones agroecológicas en la provincia de Lamas".-Perú. Pág. 39.
- Salvat. 1968. Enciclopedia de las ciencias. Tomo II. Vegetales Salvat, S.A. Pamplona Ediciones. Pamplona, España
- Sladky, Z. (1959). The effect of extracted humus substances on growth of tomato plants. Biol. Plant. 1, 142-150.under axenic conditions. Plant Soil. 44:445-449
- Varas, PL. (2012). Tesis: "Evaluación de dosis de ácido húmico granulado de leonardita y ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro nutrientes en el cultivo de cebollita china (var. Roja Chiclayana), bajo condiciones agroecológicas en la provincia de Lamas".
- Vaughan, D. y Linehan, D.J. (1976). The growth of wheat plants in humic acid solutions under axenic conditions. PlantSoil, 44, 445-449.

VAUGHAN, D. y ORD, B.G. 1981. Uptake and incorporation of ¹⁴C-labelled soil organic matter by roots of Pisumsativum L. J. Exp. Bot. 32, 679- 68

Vaughan, D., Linehan, DJ. (1976). The growth of wheat plants in humic acid solutions.

Vazquez P E; López R; Peña E; Nizaliturri A; 2012.Efectividad de sustancias húmicas de Leonardita en calidad de plántula de melón (Cucumis Melón L). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Yescas, H. T. (2008). FERTILIZANTES DE LEONARDITA. (Tesis de Ingeniería). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo-México.