

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Crecimiento y Desarrollo de Plantas de Papaya en Condiciones de Sustrato e Hidroponia con Aplicaciones de Leonardita en Forma Líquida

Por:

IMANOL RODRIGUEZ PEREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Crecimiento y Desarrollo de Plantas de Papaya en Condiciones de Sustrato e Hidroponía con Aplicaciones de Leonardita en Forma Líquida

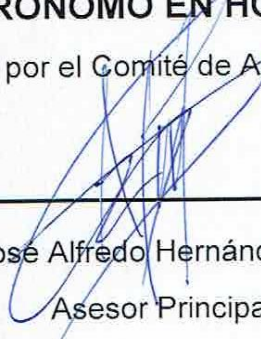
Por:

IMANOL RODRIGUEZ PEREZ

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:




Dr. José Alfredo Hernández Maruri

Asesor Principal




Dr. Juan Manuel Covarrubias Ramírez

Coasesor



Dr. Juan José Galván Luna

Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Junio 2024

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El presente trabajo de investigación titulado "Crecimiento y Desarrollo de Plantas de Papaya en Condiciones de Sustrato e Hidroponia con Aplicaciones de Leonardita en Forma Líquida" es una producción personal y original, donde no se ha copiado fragmentos o textos, utilizado ideas, material digital como imágenes, graficas, mapas o datos, obtenidas de cualquier tesis, obra intelectual, artículo, memoria, sin mencionar de forma clara y exacta al autor original y/o fuente.

Por lo anterior acepto toda la responsabilidad de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir.



Imanol Rodriguez Perez

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme salud a mí y a mi familia, por regalarme un día más de vida y permitirme vivir esta etapa de mi vida.

A mis padres Daniel Rodriguez Espinosa y Neli Perez Vázquez, quienes siempre me apoyaron y brindaron su compañía incondicional en todo momento.

A mi hermana Daniela Rodriguez Perez quien siempre me motivo a seguir adelante durante todos estos años.

A mi novia Bonny Ayelen Calvo quien siempre me apoyo y me motivo.

A la UAAAN por haberme abierto sus puertas y dado las facilidades de superación en el transcurso de esta importante etapa de mi vida.

A mi asesor de la presente investigación el Dr. José Alfredo Hernández Maruri.

A todos mis compañeros de la carrera que llegaron a ser mis amigos.

DEDICATORIA

A mis padres, abuelos, tíos, primos, sobrinos y mi hermana quienes son lo más importante de mi vida, este trabajo va dedicado a todos ustedes.

A mis amigos: Alfredo, Luis, Diego López, Diego, Francisco y Maximiliano, quienes han sido mis mejores amigos de toda la vida y mis confidentes, a quienes agradezco infinitamente por su apoyo y por estar siempre cuando los necesito, con mucho amor y cariño, este trabajo va dedicado a ese gran grupo de amigos.

A mi novia quien siempre ha estado para mí con mucho amor y cariño, este trabajo va dedicado a ti mi amor.

INDICE

ÍNDICE DE CUADRO	I
ÍNDICE DE FIGURAS	II
RESUMEN.....	III
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.2 HIPÓTESIS	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Origen y distribución del cultivo.....	4
2.1.1. Clasificación taxonómica	4
2.1.2. Descripción de la planta	4
2.1.2.1. Sistema radicular.....	4
2.1.2.2. Tallo.....	5
2.1.2.3. Hojas	5
2.1.2.4. Flores	5
2.1.2.5. Fruto	6
2.1.2.6. Semilla.....	6
2.2. Importancia del cultivo de papaya en México.....	7
2.2.1. Producción de papaya en México	7
2.2.2. Contenido nutricional del fruto de papaya	7
2.2.3. Parámetros de calidad del fruto de papaya.....	8
2.3. Requerimientos del cultivo de papaya.....	9
2.4. Cultivo de frutales en invernadero.....	10
2.5. Cultivo de papaya bajo invernadero	11
2.6. Uso de bioestimulantes en los cultivos.....	11
2.6.1. Sustancias húmicas	12
2.6.1.1. Ácidos húmicos	13
2.6.1.2. Ácidos fúlvicos.....	13

2.6.1.3 Acción de las sustancias húmicas en las plantas	14
2.6.1.4 Acción de sustancias húmicas en frutales tropicales.....	14
2.6.1.5 Leonardita como fuente de sustancia húmicas	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Localización del experimento	16
3.2. Características del material vegetal utilizado	16
3.3. Establecimiento del experimento.....	16
3.4. Descripción del experimento	17
3.5. Variables evaluadas	19
3.6. Análisis estadístico.....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
4.1. Efecto de la Leonardita en el crecimiento y desarrollo de la planta de papaya durante etapa vegetativa	21
4.2. Efecto de la Leonardita en el número de hojas de la planta de papaya	22
4.3. Efecto de la Leonardita en el número de flores de la planta de papaya	24
4.4. Efecto de la Leonardita en la altura de la planta de papaya.....	26
4.5. Efecto de la Leonardita en el diámetro del tallo de la planta de papaya	27
4.6. Efecto de la Leonardita en el crecimiento y desarrollo de la planta de papaya en etapa vegetativa (última evaluación)	28
4.7. Efecto de la Leonardita en el incremento del diámetro de tallo de la planta de papaya	30
4.8. Efecto de la Leonardita en el incremento en la altura de la planta de papaya	31
V. CONCLUSIÓN	33
VI. LITERATURA CITADA.....	34

ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro 1. Contenido nutricional del fruto de papaya.....	8
Cuadro 2. Clasificación de frutos de papaya por su calidad.	8
Cuadro 3. Especificaciones y composición porcentual de la Leonardita en forma líquida.	17
Cuadro 4. Número y fechas de las aplicaciones.....	18
Cuadro 5. Registro de los datos el ambiente dentro del invernadero durante el ciclo del cultivo.....	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 6. Solución nutritiva establecida para el cultivo de papaya.	20
Cuadro 7. Dosis de Leonardita en forma líquida y su respuesta en el crecimiento y desarrollo del cultivo de papaya bajo condiciones de invernadero y sustrato.	22
Cuadro 8. Dosis de Loenardita en forma líquida y su respuesta en el crecimiento y desarrollo del cultivo de papaya (última evaluación).	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento del número de hojas en la planta de papaya con las aplicaciones de Leonardita en forma líquida en las primeras cinco semanas de evaluación.	23
Figura 2. Comportamiento del número de hojas en la planta de papaya con las aplicaciones de Leonardita en forma líquida en las últimas cinco semanas de evaluación.	24
Figura 3. Comportamiento del número de flores en la planta de papaya con las aplicaciones de Leonardita en forma líquida en las primeras cinco semanas de evaluación.	25
Figura 4. Comportamiento del número de flores en la planta de papaya con las aplicaciones de Leonardita en forma líquida en las últimas cinco semanas de evaluación.	26
Figura 5. Comportamiento de la altura de la planta de papaya con las aplicaciones de Leonardita en forma líquida en todo el ciclo de evaluación.	27
Figura 6. Comportamiento del diámetro en el tallo de la planta de papaya con las aplicaciones de Leonardita en forma líquida en todo el ciclo de evaluación.	28
Figura 7. Efecto de Leonardita en forma líquida en el incremento del diámetro de tallo de la planta de papaya.....	31
Figura 8. Efecto de Leonardita en forma líquida en el incremento de la altura del tallo en la planta de papaya.....	32

RESUMEN

En México, el cultivo de papaya ocupa el quinto lugar de los frutales tropicales con mayor producción, su importancia radica en su alto contenido nutricional; Sin embargo, existen diversos problemas que pueden afectar al cultivo de papaya como el estrés ambiental, que se puede ver reflejado en la inhibición del crecimiento de la planta, malformación de flores, reducción de la fertilidad, cambios en general en los tipos de flores que resulta en una baja productividad. Esto es provocado en algunos lugares por veranos más largos y calurosos. A causa de esto, se ha hecho el uso de bioestimulantes que ayudan a tolerar el estrés como es el caso de los ácidos fúlvicos y ácidos húmicos que mejoran el crecimiento y desarrollo de las plantas, una fuente de estos es la Leonardita. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de las aplicaciones de Leonardita en forma líquida sobre el cultivo de papaya (*Carica papaya*). Este fue establecido en condiciones de invernadero con sustrato e hidroponía. Los tratamientos (T) fueron T1= 2mL⁻¹, T2= 4 mL⁻¹, T3= 6 mL⁻¹, T4= 8 mL⁻¹ y un testigo (sin aplicación), aunado a esto se aplicó solución nutritiva Steiner. Se utilizó un diseño estadístico de bloques completamente al azar donde la unidad experimental fue una planta con cinco repeticiones. Las variables evaluadas fueron: número de hojas, número de flores, diámetro del tallo, altura del tallo, incremento de diámetro y de altura del tallo. Finalmente, No se encontraron diferencias estadísticas en el efecto de las dosis utilizadas en este experimento, por lo tanto, no se encontró una dosis adecuada de la Leonardita que influya en el crecimiento y desarrollo de la papaya, después de 10 semanas de aplicación de Leonardita presentaron poco crecimiento y un bajo desarrollo con una altura de 68-70 cm, un diámetro del tallo de aproximadamente 4 cm, numero de flores de 2 a 3, numero de hojas de 12 a 13, en cuanto a incremento de diámetro la dosis de 8 ml/L sobresalió al resto y presento un incremento de 48.7 % y de altura un 84 %.

Palabras claves: Leonardita, Sustancias húmicas, papaya.

I. INTRODUCCIÓN

La producción mundial del cultivo de papaya (*Carica papaya*) en el año 2022 fue de 4, 720,587 toneladas, donde en América los principales países productores son México, Brasil y República Dominicana (FAOSAT 2022). En México, en el 2022, la superficie sembrada de papaya fue de aproximadamente 21 mil ha con una producción total de 1, 196,300 toneladas, posicionándose la papaya en el quinto lugar de los frutales tropicales producidos en nuestro país. Asimismo, en ese mismo año fueron Oaxaca, Colima y Chiapas los principales estados productores (SIACON, 2022).

Cabe mencionar que la importancia de la fruta de papaya radica en el consumo en fresco, esto por su calidad nutritiva ya que aporta vitaminas, ácido fólico y fibra, además de que esta fruta ayuda a combatir problemas gastrointestinales, es benéfico para los problemas de hipertensión arterial gracias a que es una fruta con alta cantidad de potasio y baja en sodio (Salido *et al*, 2017).

Sin embargo, esta especie es muy sensible a los cambios de temperatura, cuando este cultivo se expone a temperaturas bajas detiene su crecimiento, se genera aborto floral que hace que disminuya la producción. Por otra parte, temperaturas altas en el día afecta la fertilidad y la calidad de frutos, además estas en conjunto con lluvias frecuentes y prolongadas causan agrietamiento en las partes subterráneas y aéreas de la planta. Una de las muchas consecuencias de los veranos largos en los lugares cálidos, es que tienen un fuerte impacto generando altas temperaturas durante el día mayores a 37 °C y noches relativamente frías, lo que ocasiona que haya una producción de flores masculinas (Pineda-López *et al*. 2008).

En contraste, se ha visto que las aplicaciones foliares de sustancias húmicas como los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos mejoran características de las plantas, estos aumentan la división celular, ayudan al crecimiento y desarrollo de la planta, eleva la resistencia al ataque por insectos y enfermedades, induce a tolerancia por altas y bajas temperaturas (Husein *et al*. 2015). Como prueba de esto se ha visto su efecto en algunos cultivos como el haba donde la aplicación foliar con dosis de 9 g/L de ácidos fúlvicos obtuvo un mejor

crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo (Abdel-Baky *et al*, 2019), esto mismo se ha probado en las flores de damasco las cuales obtuvieron mejor crecimiento, mayor producción de flores y aceite con la aplicación de 3 y 5 g/L de ácidos fúlvicos (Ali *et al*, 2022). De igual manera se ha visto que 1 kg de ácidos fúlvicos en suelo junto dosis de fosforo en el cultivo de chícharo (*Pisum sativum* L.), ha mejorado la eficiencia de la fertilización fosfatada y la cosecha (El-Batran *et al*, 2020).

Aunado a esto, se ha probado que la Leonardita, un tipo de carbono que se encuentra en sus primeras etapas de carbonificación, que necesita millones de años para su formación y además es una fuente rica en sustancias húmicas, que puede contener de un 40 a 80% de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, lo que la hace la fuente con mayor porcentaje de sustancias húmicas (Meléndez y Molina, 2002; Eady, 2012; O'donnell, 1973).

Con base en lo anterior, en el presente trabajo se planteó utilizar la aplicación de Leonardita en forma líquida como fuente de ácidos fúlvicos y húmicos, esto para identificar su efecto en el crecimiento y desarrollo del cultivo de papaya y determinar una dosis que puedan influir de manera positiva en los cambios ambientales en el cultivo.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar el efecto de la Leonardita en forma líquida en el crecimiento y desarrollo de plantas de papaya

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Conocer si existe efecto de las dosis utilizadas de Leonardita en la planta de papaya

Determinar una dosis adecuada para la aplicación de Leonardita en forma líquida en papaya

1.2 HIPÓTESIS

Que al menos una dosis de Leonardita influya de manera positiva en el crecimiento y desarrollo de la planta de papaya.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen y distribución del cultivo

La papaya pertenece a la familia de las Caricaceae, es una planta originaria de Mesoamérica, aunque no se sabe con exactitud su región de origen (Chávez, 2018). En el siglo XVI los españoles lograron distribuir esta especie fuera de Mesoamérica. Se tiene registros de que en el año 1521 se introdujo a España donde se le nombraba “papaia”, “papia”, “papeya” hasta que se nombró “papaya”. De España se distribuyó a Jamaica, Cuba, a zonas de Sudamérica. Ya fue hasta el año 1525 donde esta especie logro distribuir a Indonesia donde posteriormente esta tomaría importancia en Asia tropical y África (Núñez-Farfán *et. al*, 2017). Principalmente la planta de papaya se encuentra en lugares de clima tropical y subtropical (Valencia, 2011).

2.1.1. Clasificación taxonómica

De acuerdo con el sistema integrado de información taxonómica, la clasificación de la papaya es la siguiente:

Reino: plantae

División: traqueofita

Clase: magnoliopsida

Orden: Brassicales

Familia: caricáceae

Género: *Carica* L.

Especie: *Carica papaya* L.

(ITIS, 2024).

2.1.2. Descripción de la planta

2.1.2.1. Sistema radicular

Las raíces de papaya son fibrosas, son de un color entre blanco y crema, además está compuesta por una raíz principal que puede llegar a medir hasta un metro de longitud,

esta raíz da origen a raíces secundarias las cuales llegan a ser más profundas. Durante toda la vida de la planta su raíz se adapta fácilmente a los perfiles del suelo y a las diferentes condiciones de los suelos (Jiménez *et. al*, 2014).

2.1.2.2. Tallo

El tallo es recto y cilíndrico, su diámetro puede variar de 10 a 30 centímetros. Generalmente siempre cuenta con cicatrices que las hojas viejas van dejando cuando se caen y algo que caracteriza al tallo de la papaya es que es hueco por dentro (Lima, 2005).

2.1.2.3. Hojas

Esta planta cuenta con una corona en forma compacta y está conformada por hojas grandes en la parte final del tallo, las hojas son palmeadas lobulares, estas pueden tener de 7 a 11 lóbulos, son de color verde intenso en el haz y en el envés se puede observar un verde claro, con nervios prominentes. Sus peciolo son largos, pueden llegar a medir de 25 a 70 cm de longitud, son rectos o pueden estar curvados ligeramente en la parte cercana a la lámina foliar, son huecos por dentro, desarrolla hojas nuevas continuamente y las viejas se secan y se caen (Lima, 2005).

2.1.2.4. Flores

Flor femenina

Este tipo de flor se caracteriza por tener pistilo y no contar con anteras, tiene forma de cono, está conformada por cinco pétalos libres y un ovario, este tiene forma dentada y globosa que está compuesta por cinco sépalos, cinco carpelos y cinco estigmas. Tiene un color entre crema y amarillo, es la más grande de los tres tipos de flor, llegando a medir hasta 7 cm. se dan entre las axilas de las hojas y se pueden presentar solas o en racimos (Aguirre, 2018).

Flor hermafrodita

En este tipo de flor nos encontramos cuatro distintos tipos las cuales son: hermafrodita pentandria esta flor es idéntica a la flor femenina pero que a diferencia de esta tiene 5 estambres y son más cortos que el estigma. En su ovario se encuentran cinco surcos bien marcados que pertenecen hasta en la madures del ovario. La segunda es la flor

irregular o carpeloide en esta flor sus estambres pueden variar de seis a nueve, está formada por cinco pétalos que están unidas hasta tres cuartos de ellas. La tercera es la flor elongata o flor hermafrodita perfecta ya que si produce frutos y semillas gracias a su pistilo bien desarrollado y sus diez estambres que están divididos en dos series de cinco, los primeros son sésiles y opuestos a los pétalos, el segundo grupo de cinco son de filamento corto y están a la misma altura de los pétalos. Los frutos que produce son alargados. El cuarto tipo es la flor hermafrodita estéril o también conocida como cornetilla se asemeja a la masculina y se caracteriza por tener un pistilo pequeño que a veces produce frutos (Aguirre, 2018).

Flor masculina

Tiene dos grupos de cinco estambres, los pétalos de su corola están unidos totalmente (Gamopétala), cuenta con un pistilo pequeño que en ocasiones puede producir frutos y esta se da como inflorescencia (Aguirre, 2018).

2.1.2.5. Fruto

El fruto es de color verde amarillo y al madurar se torna de color anaranjado, es suave, jugoso y en su interior cuenta con numerosas semillas de color negro (CONABIO, 2020). El tamaño de esta fruta puede ser de 60 cm y su peso puede ser de 0.35 a 2.35 kg esto según la variedad de la papaya (Gil y Miranda, 2005).

2.1.2.6. Semilla

En el fruto de papaya se pueden encontrar de 0 a 800 semillas, esto varía según el sexo de la flor de la que proceden, ya que en frutos de flores femeninas se han encontrado de 1,00 hasta 1,400 semillas. Estas están cubiertas por una película mucilaginosa, que tiene la capacidad de retener un líquido amarillento en pequeñas cantidades, después de esto tenemos el pericarpio que tiene un color café oscuro, dentro de esta se encuentra una capa delgada de color café claro que está ligeramente unida a la almendra, que tiene un cuerpo de forma ovoide y normalmente tiene un diámetro de 4 mm en la parte mayor y 2 mm de diámetro en la parte menor (Salazar, 2021).

2.2. Importancia del cultivo de papaya en México

La papaya tiene una gran demanda internacional ya que es utilizada para el consumo en fresco y también para la industrial (SAGARPA, 2011). En el año 2019 México se colocó como tercer lugar en la exportación de papaya (SADER, 2021). Tres años más tarde históricamente en el 2022 México logro exportar 203 mil 170 toneladas, esta cantidad represento el 48 % del total de toda la exportación mundial (SADER, 2024).

2.2.1. Producción de papaya en México

En México, en el 2022, la superficie sembrada de papaya en temporal y con riego fue de aproximadamente 21 mil hectáreas de las cuales la superficie cosechada aproximadamente fue de 20 mil toneladas por hectárea, con una producción total de 1, 196,300 toneladas, cantidad producida por diecinueve estados, donde se destacan como principales productores los estados de Oaxaca, Colima, Chiapas, Veracruz y Michoacán quienes producen el 80 por ciento de la producción total del país. (SIACON, 2022). La variedad más demandada en el mercado es la papaya Maradol (CONAHCYT, 2020).

2.2.2. Contenido nutricional del fruto de papaya

La fruta está conformada de un 85 % de agua, 13 % de azúcar, es rico en vitamina A, B1, B2 y C es baja en calorías, al igual contiene una gran cantidad de fibra que funciona como un laxante suave para el estreñimiento (Ramírez 2016) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Contenido nutricional del fruto de papaya.

Elemento que contiene el fruto	Cantidad
Agua	88%
Proteínas	0.66%
Grasa	0.10%
Cenizas	0.60%
Fibra Dietética	0.8%
Carbohidratos	9.90%
Potasio	257.00 mg
Calcio	24.00 mg
Fósforo	5.00mg
Hierro	0.10 mg
Vitamina A	21.00 mg
B caroteno	595.0 mg
Tiamina	0.03 mg
Riboflavina	0.03 mg
Niacina	0.30 mg
Vitamina C	62.00 mg

Fuentes: (Arias y Toledo, 2000; Buevas, 2017).

2.2.3. Parámetros de calidad del fruto de papaya

El fruto de papaya deberá tener un buen desarrollo y madurez, el fruto se clasifica en tres categorías. La primera es la categoría extra en esta el fruto de papaya deberá ser de una excelente calidad, sin defectos, considerando a aquellos que afecten la estética del producto, calidad y su conservación. La segunda categoría es la “Categoría 1” en esta la fruta tiene que ser de buena calidad, permitiéndose pequeños deformaciones y pequeños defectos en la cascara sin superar el 10% del área total de la superficie del fruto, estos dos sin afectar la calidad de la pulpa. La tercera es la categoría 2, en esta se consideran todos los frutos que no pudieron entrar en las anteriores, tolerando deformaciones de forma, daños en la piel que no excedan el 15% de la superficie total, leves daños por plagas, siempre y cuando no afecten las características esenciales y la calidad de la pulpa (Codex Stan 183, 2011).

En la clasificación por calibres se toma en cuenta el peso del fruto que debe ser mayor a los 200g, teniendo diez calibres con códigos de las letras A-J, como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación de frutos de papaya por su calidad.

Código	Peso
A	200-300 g
B	301-400 g
C	401-500 g
D	501-600 g
E	601-700 g
F	701-800 g
G	801-1100 g
H	1101-1500 g
I	1501-2000 g
J	≥ 2001 g

Fuente: (Codex Stan 183, 2011)

2.3. Requerimientos del cultivo de papaya

El cultivo de papaya se desarrolla muy bien en suelos con textura franca o franco-arenoso, con buena porosidad, buena capacidad de drenaje, que sean suelos profundos ya que el cultivo de papaya no puede desarrollarse de manera adecuada en suelos pesados, suelos compactados o con baja porosidad. Con respecto al pH del suelo en este cultivo debe de estar en un rango de 5 a 6 y teniendo como rango óptimo de 5.5 a 6.5. (Duran *et. al*, 2018).

La temperatura del ambiente es muy importante para el buen desarrollo de esta planta, ya que al someterse a cambios bruscos de temperatura, luminosidad y radiación nos genera pérdidas en la etapa de formación. Como rango óptimo de temperatura para este cultivo se encuentra de 21 a 33 °C, teniendo como temperatura ideal los 25 °C. Los rangos críticos para este cultivo son debajo de los 20 °C o ya sea superior a los 35 °C, las plantas al exponerse a los rangos críticos las flores sufren de alteraciones, lo que afecta a la productividad y la calidad de los frutos. Este cultivo para su buen desarrollo requiere de cierta luminosidad que en promedio es de 12 horas al día, en esta el flujo de energía radiante puede llegar al flujo de densidad de 2.000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. El requerimiento hídrico promedio del cultivo debe de estar entre 1.500 a 2.000 mm anuales bien

distribuidos, sus rangos de humedad relativa tienen que estar dentro de un 60% a 85% para un desarrollo óptimo del cultivo, la falta de humedad afecta el cuajo de frutos y provoca caída prematura de las hojas. Es susceptible a vientos fuertes porque genera deflación disminuyendo así la capacidad fotosintética de la planta (Duran *et. al*, 2018).

2.4. Cultivo de frutales en invernadero

Para la producción de frutales en invernadero es recomendable que estos tengan un rápido crecimiento como en el caso de la papaya y el plátano, deben de tener variedades enanas, tener altos rendimientos. Los beneficios de la producción en invernadero son la alta calidad para exportación, disminución de ataque por insectos y puede evitar los daños que causan las heladas (Aman *et al*, 2018).

En las regiones del Egeo y el Mediterráneo de Turquía se cultiva en su mayoría el plátano, en el año 2009 su producción fue 204.517 toneladas de las cuales el 41.6% fue en invernadero. El principal problema de la producción del plátano son las épocas del año con bajas temperaturas ($> 8\text{ }^{\circ}\text{C}$) obliga la implementación de estufas sencillas dentro del invernadero para tener un clima más eficiente para el cultivo. Este país también produce uva en viñedos protegidos, de igual manera árboles frutales como albaricoque y aguacate, la implementación de cultivos protegidos se hace con la finalidad de aumentar la rentabilidad (Sahín y Kendirli, 2012).

La producción de Mango bajo invernadero ha despertado un gran interés en el mundo ya que en estas condiciones las cosechas son tempranas y durante todo su ciclo estas estructuras brindan protección contra plagas, enfermedades y condiciones climáticas desfavorables para el cultivo logrando así un mejor rendimiento y calidad de la producción (Sánchez, 2022). Este cultivo bajo cubierta mejora notablemente su crecimiento vegetativo en comparación a campo abierto, ya que dentro del invernadero hay mejores condiciones climáticas como mayor humedad relativa, menor temperatura e irradiación de luz y menor velocidad del viento (Guvvali *et al*, 2017).

2.5. Cultivo de papaya bajo invernadero

La producción de papaya bajo cubierta en el sureste de España se da principalmente con invernaderos de baja tecnología tipo parral elaborados con tubos galvanizados o perfiles laminados y alambre que sostiene la parte alta conocida como “raspa” y la parte de abajo conocida como “amagado” se une con horquillas de hierro sujetadas a la estructura del invernadero, se utiliza plástico de polietileno con alta densidad de 200 micras de espesor. Se pueden construir con una altura de 3.5 a 4 m, aunque lo adecuado es incrementar la altura de los invernaderos para producir papaya, ya que estas en durante todo el ciclo superan rápidamente los 5 m de altura. Para controlar la ventilación la estructura cuenta con ventanas laterales, se utiliza la técnica de blanqueo para reducir la temperatura y la radiación dentro del invernadero, también la elaboración de pequeñas balsas con agua que aumentan la humedad relativa gracias a la evaporación del agua que contienen. También se produce papaya en invernaderos multicapilla que son más altos y herméticos y mejoran el control de las condiciones climáticas dentro del invernadero, pero es más costoso. Se produce bajo cubierta ya que en el sureste de España que se caracteriza por tener un clima mediterráneo subtropical semiárido que tiene veranos con temperaturas superiores a 40 °C e inviernos fríos con temperatura menores a 10 °C, ya que el cultivo de papaya es muy sensible a estas temperaturas (Hueso *et al*, 2020).

2.6. Uso de bioestimulantes en los cultivos

Sustancia o microorganismo que, cuando se aplica a las semillas, plantas o en la rizosfera, estimula procesos naturales que aumentan o benefician la absorción de nutrientes, la eficiencia de los nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico o calidad y rendimiento de los cultivos (Panetta, 2023).

Producto formulado de origen biológico que mejora la productividad de las plantas como consecuencia de las propiedades nuevas o emergentes del complejo de constituyentes, y no como única consecuencia de la presencia de nutrientes vegetales esenciales conocidos, reguladores del crecimiento de las plantas o compuestos protectores de las plantas (Yakhin *et al*, 2017).

Un bioestimulante es un insumo que al aplicarlo a la planta nos induce a un mejor rendimiento y calidad, mejor absorción de nutrientes, mayor retención y aumento de clorofila y carotenoides, mejora el sistema radicular y ayuda al metabolismo de la planta a tolerar estrés abiótico y biótico (Izquierdo *et al*, 2020).

En la agricultura un bioestimulante puede ser una sustancia o microorganismos que podemos aplicar directamente al follaje o por el riego (Morales-Meléndez *et. al*, 2024). Que nos favorece en tener mejores rendimientos en el ámbito de producción de los cultivos, ya que nos ayuda a tener menores pérdidas y así generando más rentabilidad (Lamilla, 2020). Estos nos generan respuestas positivas de la fisiología de la planta sobre factores de estrés, mejora la estructura del sistema radicular, mejora la absorción de los nutrientes, inducen a un mejor crecimiento y desarrollo de las plantas (Valero *et. al*, 2023).

Un bioestimulante es cualquier sustancia o microorganismo que, al aplicarse a las plantas, es capaz de mejorar la eficacia de éstas en la absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés biótico o abiótico o mejorar alguna de sus características agronómicas, independientemente del contenido en nutrientes de la sustancia (Du Jardin, 2015).

A pesar de que existen muchas definiciones de bioestimulantes todavía no hay una definición legal en todo el mundo, pero incluso así existen categorías de bioestimulantes que son reconocidas por científicos, reguladores y partes interesadas. En estas categorías encontramos a los ácidos húmicos y fúlvicos, hidrolizados de proteínas y otros compuestos que contienen N, extractos de algas y de plantas, quitosano y otros biopolímeros, elementos benéficos (Co, Na, Se y Si), hongos y bacterias benéficos. Las sustancias húmicas son compuestos heterogéneos que se clasifican en humus, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, esto en base a su peso molecular y su solubilidad (Du Jardin, 2015).

2.6.1. Sustancias húmicas

Los suelos están conformados por diversos componentes entre ellos la materia orgánica, la cual está compuesta por una combinación de tejidos de origen vegetal y animal, la

materia orgánica se clasifica en sustancias no húmicas en las que encontramos carbohidratos, lípidos, péptidos, aminoácidos, y en las sustancias húmicas contienen todo el resto de la materia orgánica. Las sustancias húmicas son el resultado de los procesos bioquímicos que sufren los residuos vegetales y animales, estas sustancias cuentan con un alto peso molecular. Estas no cuentan con una composición definida de sus propiedades físicas y químicas (Vázquez, 2013).

2.6.1.1. Ácidos húmicos

Los ácidos húmicos son una fracción de las sustancias húmicas, estas son solubles en soluciones alcalinas e insoluble en medios ácidos, en su composición los elementos que más predominan es el Carbono con una concentración de 59% y el oxígeno que su concentración puede variar de una 33 a 38%, en comparación con los ácidos fúlvicos tendremos un 10% más en la concentración del carbono y un 10% menos en la concentración del oxígeno (Vázquez, 2013).

2.6.1.2. Ácidos fúlvicos

Los ácidos fúlvicos son otra fracción de las sustancias húmicas, que si son soluble en agua y tiene la capacidad de obtener varias cargas en las diferentes partes gracias a su estructura que cuenta con grupos funcionales (carboxilo). Los ácidos fúlvicos cuentan con partículas que tienen a la afinidad con el agua y partículas que tienen la capacidad de repeler el agua y puede crear agregados poliméricos si se encuentra en altas concentraciones. Los ácidos fúlvicos normalmente cuentan con esta formula $C_{135}H_{182}O_{95}N_5S_2$, en comparación con los ácidos húmicos tienen menor cantidad de carbono y con una mayor cantidad de oxígeno, al igual también tiene un menor peso molecular. Generalmente la composición elemental de los ácidos fúlvicos es de 44 a 49 % de C, 44 a 49 % de H, 3 a 5 % de O y 2 a 4 % N. La mayor parte del contenido del Oxígeno es gracias a la presencia de los grupos carboxilo, gracias a estos tienen una capacidad antioxidante y complejante de algunos metales como el Fe, Al y Cu (Benavides, 2022).

2.6.1.3 Acción de las sustancias húmicas en las plantas

El efecto que genera usar sustancias húmicas como bioestimulante para mejorar el crecimiento de la planta ya está comprobado, en promedio se dice que la aplicación de sustancias húmicas de manera exógena puede ayudar a tener un 22% más de peso en la materia seca en diferentes especies de plantas, los resultados que se obtienen estarán relacionados con la especie vegetal con la que se trabaje, en el estado de desarrollo y estado nutricional en el que se encuentre el cultivo, las dosis aplicadas y la forma en las que se aplican, tipo de suelo, y las condiciones ambientales (Benavides, 2022).

Las sustancias húmicas cuentan con niveles suficientes de nitrógeno y azufre, pero no son consideradas una fuente de nutrientes minerales, esto se debe a que presenta una baja tasa de mineralización. En los suelos y las raíces las sustancias húmicas nos ayudan a tener una mejor absorción y retención de agua en el suelo, tiene efectos positivos en la flora microbiana del suelo, lo cual favorece a tener una mayor mineralización y fijación del nitrógeno, tiene la capacidad de mantener los fertilizantes inorgánicos en la zona radicular de la planta, genera una mejor capacidad de intercambio catiónico. Por otro lado, las sustancias húmicas en la planta tienen un efecto positivo sobre la permeabilidad de las membranas celulares, favorece a tener un mayor contenido de vitaminas, induce el crecimiento radicular y es un activador enzimático (Vázquez, 2013).

2.6.1.4 Acción de sustancias húmicas en frutales tropicales

La aplicación de estas sustancias en los cultivos generan un efecto positivo en su crecimiento y desarrollo, esto se logra gracias a que induce a una mayor extracción de macroelementos y microelementos, así mismo favorece a la permeabilidad de las membranas, genera un incremento en la fotosíntesis, lo que significa que se tendrá una mayor producción de azúcares para la planta, mejora la distribución de los nutrientes en los órganos donde la planta los requiere, induce a una mayor síntesis de proteínas y ácidos nucleicos, favorece a una mayor absorción de nutrientes (Rodríguez, 2015).

La aplicación de ácidos húmicos de Leonardita al cultivo de plantas de piña tiene un efecto positivo sobre su desarrollo vegetativo, mejorando así la altura de la planta, número de hojas por planta, número de raíces, longitud de la raíz, peso fresco de la parte

aérea de la planta y la raíz (Julio, 2020). De igual manera La aplicación de sustancias húmicas a las plantas de papaya reduce notablemente los problemas causados por salinidad en el suelo lo que induce a un buen crecimiento y desarrollo de la plántula, esto debido a que favorece a mayor disponibilidad de nutrientes en la zona radicular y mejor capacidad de intercambio catiónico en el suelo (De Oliveira, 2022).

2.6.1.5 Leonardita como fuente de sustancia húmicas

La Leonardita se forma a partir de la oxidación de lignitos, el cual ocurre por la entrada de aire a la superficie del suelo y por la acción del agua subterránea. Es un tipo de carbono que se encuentra en sus primeras etapas de carbonificación, se necesitan millones de años para la formación de Leonardita por lo cual el tiempo es crucial para su formación. Su degradación se verá influenciada por el grado de oxidación. La Leonardita es una fuente rica de sustancias húmicas ya que es una mezcla compleja de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, mayormente de ácidos húmicos (Broughton, 1973).

La Leonardita es una fuente donde se puede obtener los ácidos húmicos comerciales que se utilizan en la agricultura, esto se logra por procesos industriales que contienen homogenización y tratamientos con agua y soluciones alcalinas (Rivero *et al*, 2004). Puede contener de 30% a 80% de ácidos húmicos por lo cual se puede utilizar como fertilizante orgánico o enmienda para el suelo (Ayuso *et al*, 1996).

La aplicación de ácidos húmicos en forma de Leonardita tuvo un efecto positivo en la planta de árnica ya que se observó un efecto significativo en el número de tallos florales e inflorescencias (Sugier y Bielińska, 2013). La aplicación de ácidos húmicos de Leonardita a arboles de aguacate mejora la absorción de nutrientes (N) que induce a un mejor crecimiento (Rengrudkij y Partida, 2003). De igual manera se ha comprobado que la Leonardita funciona como una enmienda para aumentar los niveles de materia orgánica en las zonas cercanas de las raíces de las viñas en suelos calcáreos, además también evita la precipitación de las formas disponibles de hierro en este tipo de suelos, manteniendo este nutriente disponible para la planta y evitar problemas de clorosis férrica (Olego *et al*, 2015).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del experimento

El presente trabajo se realizó en el área de invernaderos del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en el municipio de Saltillo, Coahuila, México a los 25° 21' 10" latitud norte y 101° 1' 52" latitud oeste y a una altitud de 1,786 m.s.n.m.

3.2. Características del material vegetal utilizado

La semilla utilizada fue de la variedad Maradol red, esta alcanza la madurez de 7 a 9 meses, es una planta de crecimiento rápido, tiene una copa densa, presenta un porcentaje de sexo de flores del 66% hermafrodita y 34% hembra, puede llegar a medir de 1.20 a 1.70 m de altura. El fruto tiene la cascara color amarillo-naranja, la pulpa de color rojo, tiene buena vida de anaquel, puede contener hasta 12° brix, con un peso de entre 1.5 a 2.6 kg y puede llegar a producir 110 ton por ha.

3.3. Establecimiento del experimento

Después de un tratamiento pregerminativo (método de lixiviación) donde se colocó las semillas en un recipiente con agua durante 3 días, con cambio de la misma cada 8 horas; después en un recipiente con papel húmedo se colocaron las semillas, hasta que emergió la radícula (aproximadamente 4 días); posteriormente la semilla de papaya Maradol se sembró en vasos de unicel que contenían una mezcla de sustrato de 70% peat moss y 30% de perlita, el día 13 de mayo del 2022.

Después de 45 días hizo un primer trasplante de los vasos de unicel a bolsas negras de 15 litros, donde también contenían una mezcla de 70% de peat moss y 30% de perlita. A partir de que las plantas alcanzaron aproximadamente una altura de 20 cm y trascurrieron 41 días.

Se llevó a cabo el último trasplante, esto a macetas de 78 litros donde la mezcla del sustrato fue con 70% fibra de coco, 20 % peat moss y 10 % de perlita. En este sustrato es donde se estableció el cultivo para empezar a aplicar los tratamientos y finalizar el experimento.

3.4. Descripción del experimento

Se probó la Leonardita que es una fuente rica de sustancias húmicas (Cuadro 3), y se establecieron tratamientos (T) que a continuación se describen: T1= 2 mL⁻¹, T2= 4 mL⁻¹, T3= 6 mL⁻¹ y T4= 8 mL⁻¹ y el testigo (sin aplicación). Estos tratamientos fueron aplicados en forma foliar, se iniciaron a aplicar semanalmente a partir del 10 septiembre del 2022 hasta el 19 de noviembre del mismo año, antes de cada aplicación se hacia la toma de datos de cada variable a estudiar, numero de hojas, numero de flores, altura del tallo y diámetro del tallo (Cuadro 4).

Cuadro 3. Especificaciones y composición porcentual de la Leonardita en forma líquida.

Características de la Leonardita líquida	
pH	8-9
Color	Negro
Apariencia	líquido
Residual	no es residual
Tipo	mejorador de suelo
Categoría toxicológica	no aplica
Familia química	No aplica ácidos húmicos
Principales compuestos de la formulación	sustancias húmicas
Materia orgánica	46 % - 52 %
Ácidos húmicos	22 % - 26 %
Ácidos fúlvicos	11 % - 15 %
Nitrógeno (N)	1.20 % - 1.80 %
Potasio (k)	0.010 % - 0.012 %

Cuadro 4. Número y fecha de aplicación de las dosis de Leonardita y fechas de toma de datos de las variables evaluada.

Número de aplicaciones	Fecha de aplicaciones y de toma de datos
1	10/sep/2022
2	24/sep/2022
3	01/oct/2022
4	08/oct/2022
5	15/oct/2022
6	22/oct/2022
7	29/oct/2022
8	05/nov/2022
9	12/nov/2022
10	19/nov/2022

Cuadro 5. Registro de los datos el ambiente dentro del invernadero durante el ciclo del cultivo.

Temperatura Y humedad relativa												
Mes	Madrugada				Mañana				Tarde			
	Tem (C°)		HR		Tem (C°)		HR		Tem (C°)		HR	
	Min	Max	Max	Mín	Min	Max	Max	Mín	Min	Max	Max	Mín
Ago.	16	18	100	88	23	29	77	67	26	28	65	59
Sep.	9	18	100	90	16	27	94	68	17	30	88	65
Oct.	6	17	100	59	9	25	90	49	10	32	92	62
Nov.	4	16	96	61	5	29	59	35	8	29	63	65

El experimento se estableció en un arreglo de bloques completamente al azar, con 5 repeticiones donde la unidad experimental fue una planta de papaya en maceta. Se aplicaron los tratamientos a cada una de las plantas y se evaluaron las variables de número de hojas, número de flores, diámetro de tallo, altura de tallo, incremento de diámetro de tallo e incremento de altura de tallo. Estas variables se midieron cada

semana. También se dio seguimiento a la variación de temperaturas y humedad relativa durante todo el ciclo del experimento con un Data logger HOBO MX1105 (Cuadro 5).

3.5. Variables evaluadas

Las variables se determinaron de la siguiente manera:

Numero de hojas: se determinó al contar las hojas por planta dentro de cada bloque y cada tratamiento.

Numero de flores: se contabilizaron las flores de cada planta por tratamiento y bloque, de manera semanal se comenzó a medir dos semanas después que las demás variables.

Diámetro de tallo: se midió el diámetro a la altura de 5 cm de la base, utilizando un vernier.

Altura del tallo: se midió desde la base del tallo hasta el ápice con ayuda de un flexómetro.

Incremento del diámetro de tallo: esta variable se determinó sacando la diferencia de los valores de diámetro tomados al inicio y al final.

Incremento de la altura del tallo: esta variable se determinó sacando la diferencia de los valores de altura tomados al inicio y al final.

3.5.1. Manejo agronómico del cultivo.

Por otro lado, para el control de plagas (mosca blanca) se utilizó el jabón líquido a una dosis de 2.5 ml por litro de agua. Además, para la nutrición de las plantas se utilizó una solución Steiner al 100% Cuadro 6. El riego se hizo de manera manual con un recipiente de dos litros, el cual se realizaba todos los días y para determinar la cantidad de riego se

dreno en una maceta con una planta de papaya el agua de riego durante 15 minutos y se aplicó el 30% de lo drenado.

Cuadro 6. Solución nutritiva establecida para el cultivo de papaya.

Nombre	Formula química	Dosis por 100 L de agua
Nitrato de potasio	KNO_3	58 g
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	44g
Sulfato de potasio	K_2SO_4	18g
Sulfato de magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	23 g
Ácido nítrico	HNO_3	25 ml
Ácido fosfórico	H_3PO_4	10 ml

3.6. Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se realizó un análisis de varianza bajo el diseño experimental de bloques completamente al azar, donde la unidad experimental fue una planta de papaya con 5 repeticiones. Se realizaron las pruebas de medias por el método de Tukey. Los datos se analizaron con un paquete SAS versión 9.0.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de la Leonardita en el crecimiento y desarrollo de la planta de papaya durante etapa vegetativa

Al evaluar las variables de crecimiento y desarrollo de la planta de papaya durante etapa vegetativa (10 semanas), no se encontraron diferencias estadísticas entre las dosis de Leonardita líquida utilizadas en este experimento (Cuadro 7). De acuerdo a los resultados obtenidos se puede asimilar que las dosis utilizadas fueron bajas, ya que con respecto a esto Aguilar (2014) encontró que una dosis de 12 ml/L de ácidos húmicos tuvo efectos positivos en la altura de planta, flores y frutos del cultivo de calabacita, además Núñez (2020) encontró que la dosis de 1000 cc por 20 L de ácidos húmicos de Leonardita mejoró la altura de la planta y producción de forraje verde de pasto (*Brachiaria decumbens*). Otro dato importante que podemos considerar de que no hubo efecto de las dosis utilizadas además del poco desarrollo y crecimiento de la planta de papaya, es que en el periodo de evaluación se reportaron temperaturas y humedades relativa bajas como se muestra en el Cuadro 5, esto lo indicaron Pradhan *et al*, (2019) quienes evaluaron las alteraciones fisiológicas y bioquímicas de seis genotipos de papaya (Red Lady, Pusa Nanha, P-7-15, P-7-9 y P-9-5) y un genotipo silvestre tolerante al frío, *Vasconcellea cundinamarcensis* bajo condiciones de temperaturas bajas de día y de noche (T=28/18, T1=26/16, T2=24/14, T3= 22/12 Y T4= 20/10) encontraron efectos negativos en la actividad del agua de la planta lo que causo estrés osmótico y aumento el contenido de prolina, también disminuyo el equilibrio de la membrana y aumento el contenido del biomarcador MDA, aunado a esto los mismos autores, Pradhan *et al*, (2018) que compararon los mismos genotipos de papaya y las mismas temperaturas anterior mente mencionados, evaluando el crecimiento, adquisición de nutrientes y respuestas fisiológicas de la planta de papaya, en donde encontraron un menor crecimiento en altura obteniendo un 18.19% de crecimiento en el testigo y un 10.49 % de crecimiento en T4, mientras que el diámetro del tallo el crecimiento porcentual mayor fue en el testigo encontrado en el genotipo Red Lady (4.29 %) y para el T4 fue en el genotipo P-9-5 con un porcentaje de crecimiento (2.00%). También Singh *et al*, (2008) menciona que los cambios bruscos de temperatura en el invierno ocasionan fuertes daños en follaje, copa y flores en la planta de papaya, lo que

al final genera una mala productividad. Con base en lo anterior se determina que el efecto del clima supero a las dosis de Leonardita utilizadas.

Cuadro 7. Dosis de Leonardita en forma líquida y su respuesta en el crecimiento y desarrollo del cultivo de papaya bajo condiciones de invernadero y sustrato.

ETAPAS 1-10*				
VARIABLES EVALUDAS				
T	NH	NFL	ALT (cm)	DT (cm)
Testigo	11.18	6.97	68.93	4.19
2 mL ⁻¹	11.23	7.09	67.69	4.28
4 mL ⁻¹	11.58	7.16	67.18	4.25
6 mL ⁻¹	11.30	7.09	68.43	4.25
8 mL ⁻¹	11.45	7.13	67.58	4.24
Significancia	N.S	N.S	N.S	N.S

T: Tratamiento, NH: Número de hojas, NFL: Número de flores, ALT: Altura del tallo, DT: Diámetro de tallo, N.S: no significativo.

4.2. Efecto de la Leonardita en el número de hojas de la planta de papaya

Durante las primeras cinco semanas de evaluación se observó que la dosis de Leonardita líquida con 8 mL⁻¹ fue la que supero al resto, a partir de la semana 3 a la 5 con valores de 11.5 a 11.8; sin embargo, también la dosis con 4 mL⁻¹ tuvo valores cercanos a esta, con 11.0 a 11.5, esta dosis presento mejores valores a partir de la semana 2 y se mantuvo constante hasta la semana 5 (Figura 1). Posteriormente, en las siguientes cinco semanas de evaluación (Figura 2) esta misma dosis se mantuvo con mejores resultados (12 a 12.3) hasta la semana 8 y de ahí presento valores de 12.3 de manera constante hasta el final de la evaluación. Finalmente, se encontró que la dosis con 6 mL⁻¹ fue mejor al final de la evaluación con 13.0 hojas, mientras que el testigo no estuvo tan alejado con 12.0 hojas y el resto de las dosis probadas con valores entre 12.3 y 12.5 hojas, esto corrobora que los resultados obtenidos no presentan diferencias estadísticas lo cual podría deberse a la utilización de dosis bajas en el experimento y nuestros resultados pueden compararse con lo que obtuvo Villalba (2013) quien uso la dosis de 1 L/20 L del producto “VigorTop” (AF y AH al 95%, extracto de brasicas al 4% y extracto de Marat al 1%) que obtuvo un mayor número de hojas en el cultivo de acelga con la aplicación foliar y la combinación

de aplicación foliar y en el cuello de tallo con un promedio de 8.9 hojas superando a la aplicación al cuello del tallo y el testigo(sin aplicación). De igual manera se puede comprobar con lo que cita Baca (2015) quien no encontró un efecto significativo en el número de hojas, peso seco de la hoja, largo de la hoja, diámetro de la raíz y largo de la raíz en las plantas de remolacha (*Beta vulgaris L. Cv. Early Wonder*) al aplicar ácidos húmicos y ácidos fúlvicos en dos diferentes dosis 2.5 ml y 5 ml/ 5L de agua siendo dosis similares a las nuestras.

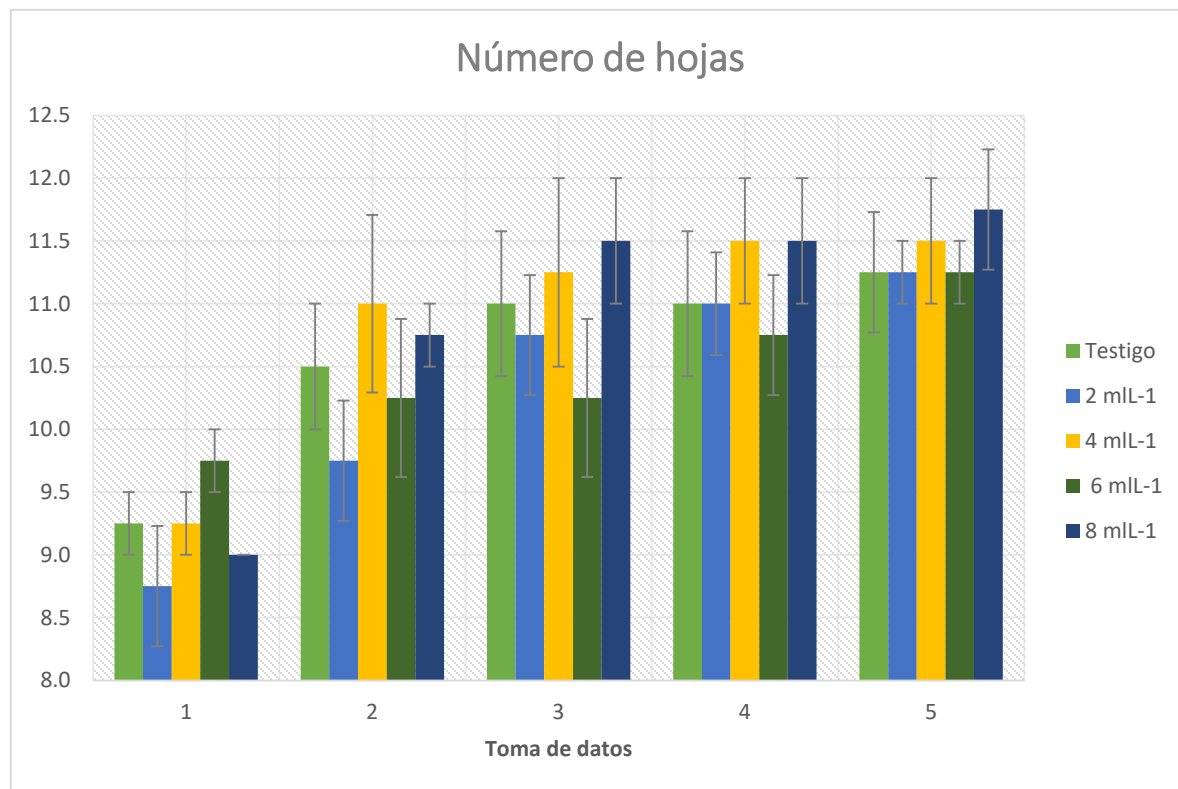


Figura 1. Comportamiento del número de hojas en la planta de papaya con las aplicaciones de Leonardita en forma líquida en las primeras cinco semanas de evaluación.

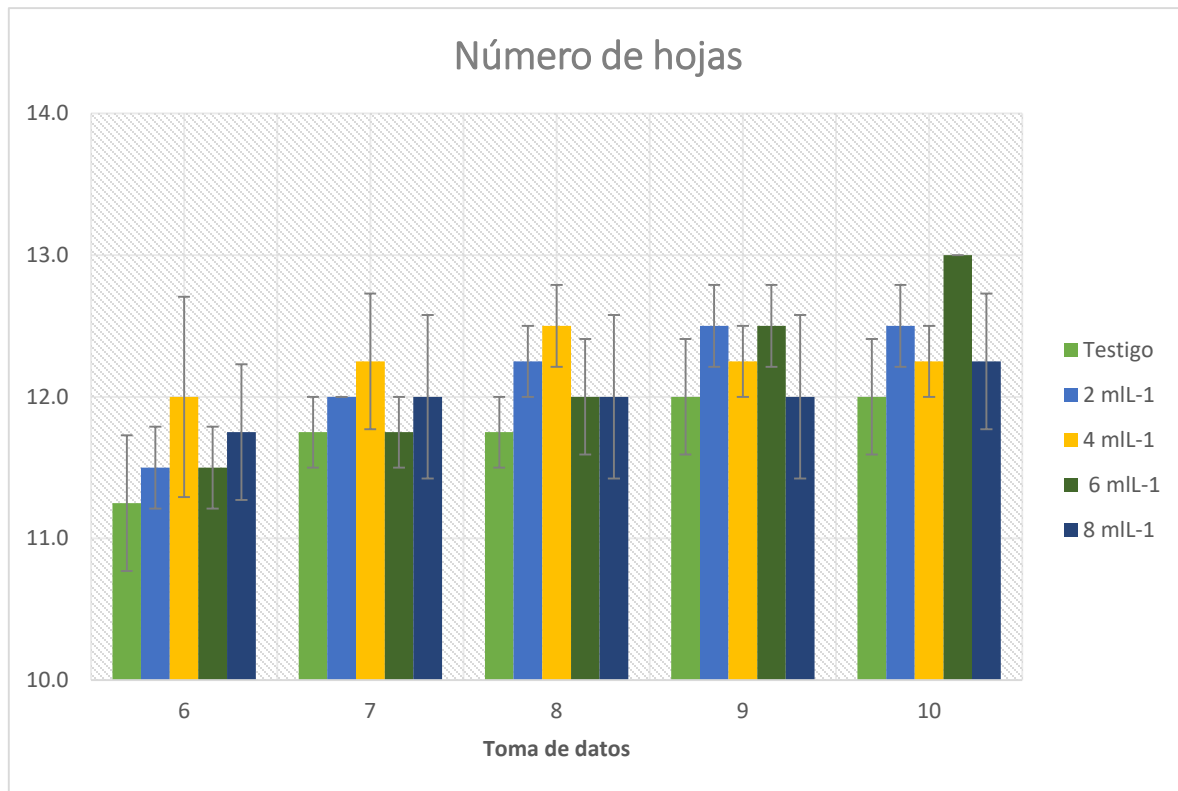


Figura 2. Comportamiento del número de hojas en la planta de papaya con las aplicaciones de Leonardita en forma líquida en las últimas cinco semanas de evaluación.

4.3. Efecto de la Leonardita en el número de flores de la planta de papaya

El comportamiento con el número de flores en la planta de papaya fue diferente al de las hojas, ya que esta variable fue descendiendo, conforme avanzaban el tiempo de evaluación. En la Figura 3, durante las primeras cinco semanas de evaluación, se observa como en la primera semana tenemos un promedio de 9.5 a 10.8 de flores por planta, desde el testigo hasta la dosis de 8 mL⁻¹ y en la semana 5 las flores empezaron a caer encontrando valores de 7.8 a 8.5 flores por planta. Este descenso continuo hasta el final del experimento, que hasta en la última semana hubo valores de 2.8 a 3.3 flores por planta, sobresaliendo la dosis de 4 mL⁻¹ (Figura 4). Esto podría deberse a que las dosis utilizadas en este experimento no hayan sido las adecuadas, las cuales no tuvieron un efecto directo sobre el número de flores y esto se puede comparar con lo que obtuvo Morales (2019) quien al comparar la aplicación de ácidos fúlvicos, ácidos húmicos artesanal, ácidos húmicos comerciales y solución nutritiva (testigo) estos a dosis de 4 ml/

1,000 ml, al cuello de las plantas de fresa, no encontró un efecto significativo en el número de flores, número de hojas y número de frutos, de igual manera podemos compararlo con lo que cita Ramírez (2001) quien al aplicar dos diferentes fuentes de ácidos húmicos (estiércol de bobino y Leonardita) al cultivo de tomate con tres dosis diferentes (0.2, 0.4 y 0.6 ml/L) en conjunto con dos porcentajes de solución nutritiva Douglas (50 y 100%) y comparadas con estas mismas sin la aplicación de ácidos húmicos, obtuvo que la solución nutritiva al 100 % fue la mejor con un promedio de 4 flores por planta siendo superior que las demás tratamientos ya que utilizaron dosis similares a las nuestras.

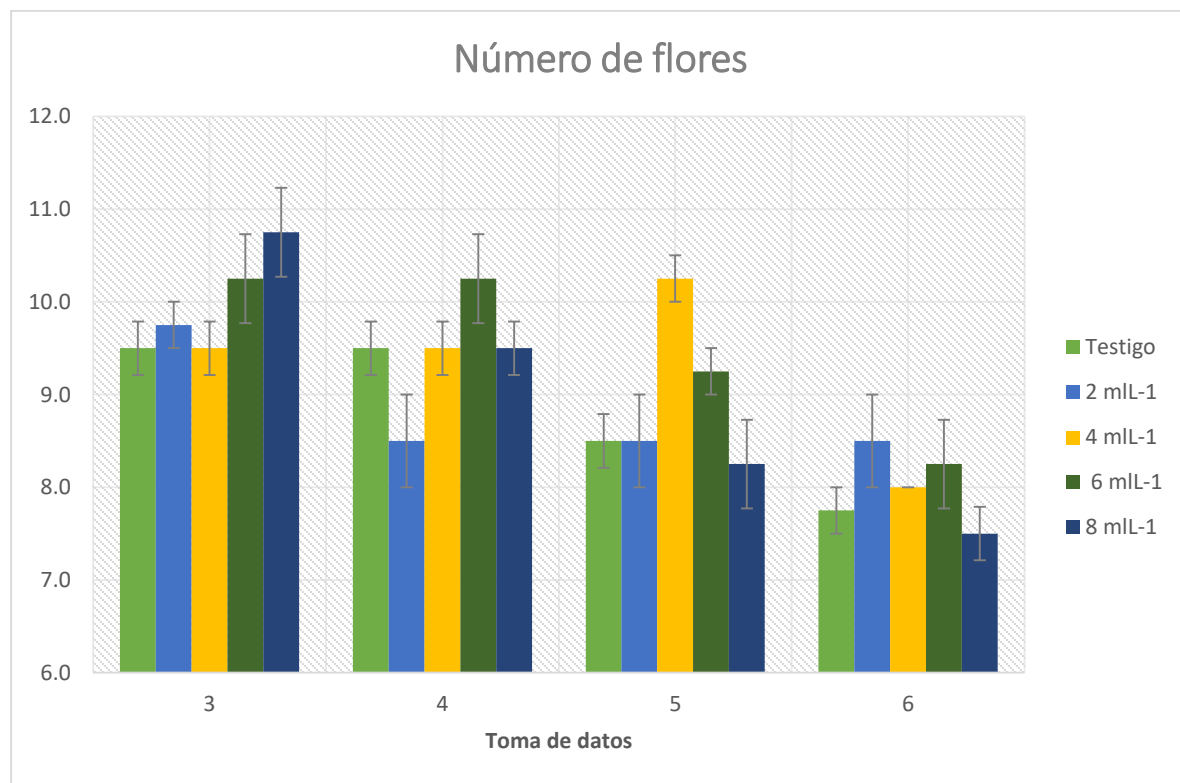


Figura 3. Comportamiento del número de flores en la planta de papaya con las aplicaciones de Leonardita en forma líquida en las primeras cinco semanas de evaluación.

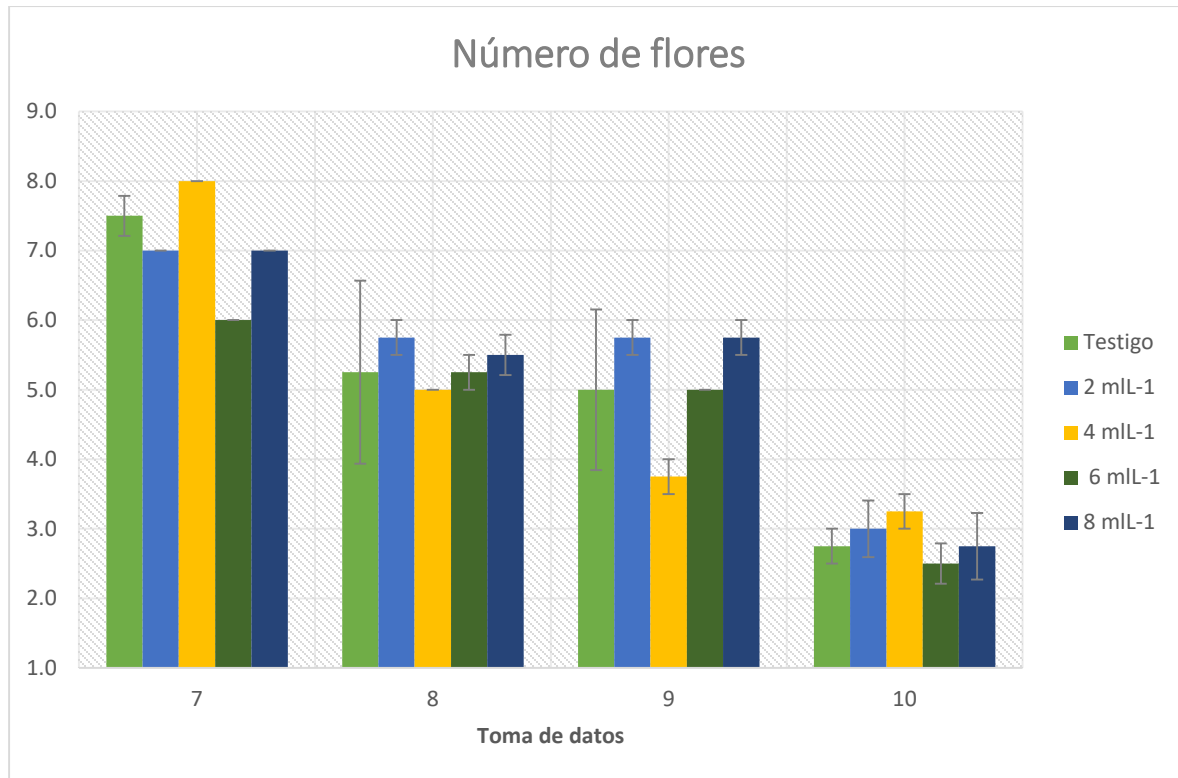


Figura 4. Comportamiento del número de flores en la planta de papaya con las aplicaciones de Leonardita en forma líquida en las últimas cinco semanas de evaluación.

4.4. Efecto de la Leonardita en la altura de la planta de papaya

En la Figura 5 podemos observar que las dosis probadas (2, 4, 6 y 8 mL⁻¹ de Leonardita líquida) tuvieron comportamiento similar con las plantas que no se les aplicó Leonardita (testigo) inclusive los promedios sobresalieron al final del experimento junto con la dosis de 8 mL⁻¹ alcanzando valores cercanos a 70 cm, el resto de los tratamientos fueron valores debajo de los 70 cm. con esto se determinó que no existe un efecto significativo por lo cual se deduce que las dosis utilizadas en experimento fueron bajas y esto lo podemos comparar con lo que menciona Túqueres (2013) quien encontró que dosis altas de ácidos húmicos y fúlvicos de 60 L/Ha aplicadas vía drench obtuvo efectos positivos sobre la altura de la planta de cultivo de alstroemerias (*alstroemeria aurantiaca*). Por otro lado esto también se puede comprobar con lo que cita Yupanqui (2018) quien observó que la aplicación de diferentes productos (Humic acid, Humifarm, Pow humis y Golden blak) a base de sustancias húmicas a dosis de 2 L/200 L y 2 kg/200L (Pow humus) afectaron positivamente la altura de la planta de cebolla, siendo el mejor tratamiento el

producto Humic acid quien supero a los demás tratamientos y al testigo(sin aplicación), obteniendo el promedio de altura más alto con 56,42 cm. quien al utilizar dosis más altas si encontró efecto positivo.

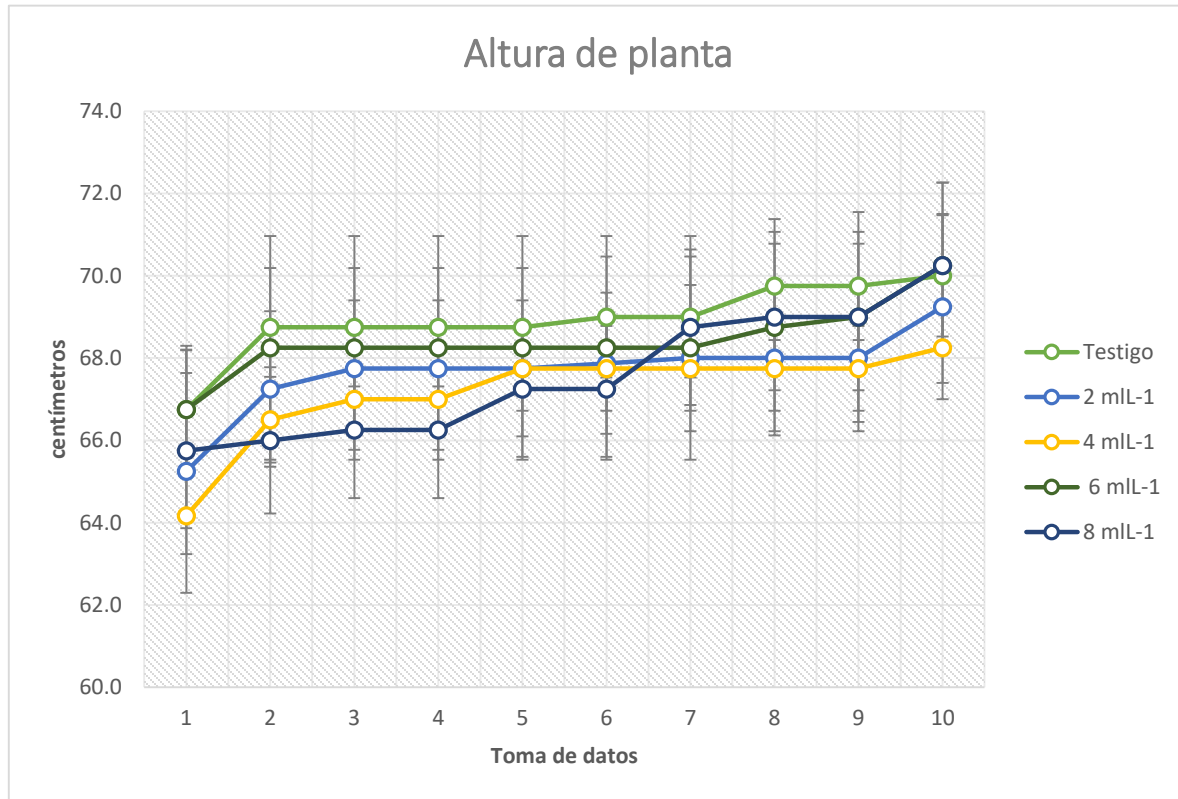


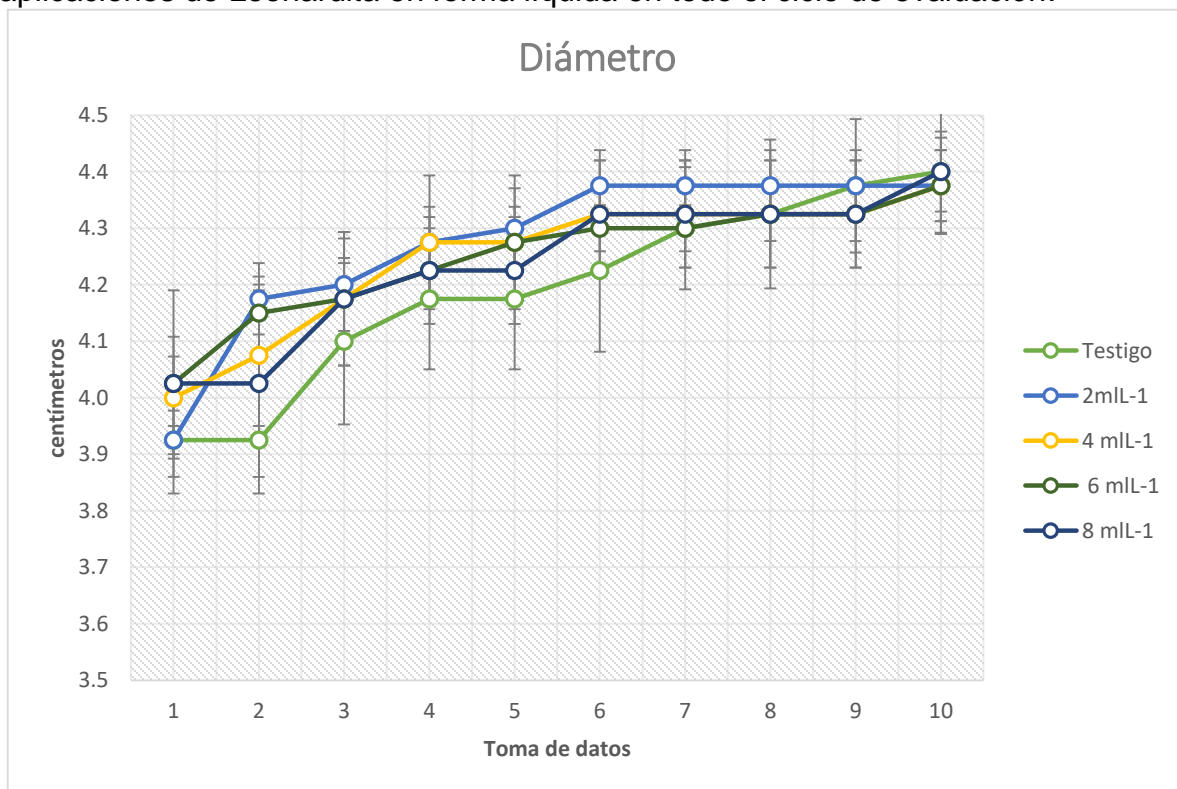
Figura 5. Comportamiento de la altura de la planta de papaya con las aplicaciones de Leonardita en forma líquida en todo el ciclo de evaluación.

4.5. Efecto de la Leonardita en el diámetro del tallo de la planta de papaya

En la Figura 6 se puede observar que al igual que la variable de altura todas las dosis de Leonardita tuvieron un comportamiento similar al de las plantas donde no se aplicó Leonardita (testigo) se alcanzaron valores de 4.4 cm de ancho en promedio. Esto se puede deber a que las dosis utilizadas en el trabajo sean bajas y los resultados pueden compararse con lo que cita Reyes-Pérez *et al*, (2021) utilizaron dosis más altas de ácidos húmicos (1:30 v/v) las cuales mejoro el diámetro de tallo, altura y peso seco en dos fechas diferentes (25 y 45 ddt) de dos variedades de pimiento (Magaly y Lycal) siendo

estadísticamente diferente al testigo (Sin aplicación). De igual manera Reyes et al, (2015) evaluaron la aplicación de humatos de vermicompost en el cultivo de tomate con tres dosis (1/40 v/v, 1/50 v/v y 1/60 v/v) y el testigo (sin aplicación) el cual muestra un efecto positivo en las variables altura de la plántula, diámetro del tallo, largo de la raíz, número de hojas, biomasa fresca y seca de la raíz y área foliar, la mejor disolución fue de 1/60 v/v superando a las otras y al testigo.

Figura 6. Comportamiento del diámetro en el tallo de la planta de papaya con las aplicaciones de Leonardita en forma líquida en todo el ciclo de evaluación.



4.6. Efecto de la Leonardita en el crecimiento y desarrollo de la planta de papaya en etapa vegetativa (última evaluación)

Al analizar los datos finales de la última semana de evaluación en la etapa vegetativa no se encontraron diferencias estadísticas en las variables evaluadas (Cuadro 8). Se encontró que las plantas de papaya evaluadas en estas condiciones obtuvieron un promedio de 12 a 13 hojas, un promedio 2 a 3 flores provocado por la caída de las mismas, una altura en promedio de 68 a 70 cm, diámetro de tallo de 4 cm en promedio,

el incremento de diámetro de tallo en promedio fue de 1.30 cm mientras que para el incremento de altura de tallo fue de 28 a 32 cm. los resultados obtenidos se podría deber a que las dosis aplicadas no fueron las adecuadas para que tuvieran un efecto sobre las variables evaluadas, ya que con respecto a esto López (2018) encontró que la aplicación de ácidos fúlvicos de Leonardita en el cultivo de calabacita (*Gray Zuccini*) con la dosis de 6 L/ ha ayudo a aumentar los valores de las variables diámetro de tallo y fruto, altura de planta, firmeza del fruto. Mientras que las dosis de 8 L/ha tuvieron efectos positivos en las variables número de flores femeninas y contenido de clorofila y para la dosis de 10 L/ ha mejoro los promedios de rendimiento total, °brix, longitud del fruto, peso de fruto, número de frutos y flores masculinas. Por otra parte, Velázquez (2012) no encontró efectos significativos en la aplicación de ácidos fúlvicos de Leonardita en plántulas de chile habanero a dosis de 2, 4 y 6 ml/L para las variables longitud de vástago, peso fresco y seco de la raíz, peso fresco y seco del vástago y el contenido de Fe en el follaje. Además de que no hubo efecto de las dosis utilizadas, el poco desarrollo y crecimiento de la planta de papaya se puede relacionar que en el periodo de evaluación se reportaron temperaturas y humedades relativas bajas, en especial en la última medición (10) como se muestra en el Cuadro 5, por lo que podemos relacionarlo con lo que menciona Allan (2000) que las temperaturas bajas menores a 11 °C afectan negativamente el crecimiento del cultivo de papaya, disminuyendo su producción de hojas, también afecta la viabilidad del polen y la producción de frutos. Por otra parte, Collavino *et al*, (2016) observaron que las condiciones del cultivo de papaya en invernadero favorecieron el desarrollo vegetativo, principalmente en la altura de planta y volumen de copa esto relacionado a que a las temperaturas más altas se registraron en el invernadero (mínima de 24 °C y máxima de 31 °C) y las más bajas en el cultivo al aire libre (mínima de 20 °C y máxima de 28 °C).

Cuadro 8. Dosis de Leonardita en forma líquida y su respuesta en el crecimiento y desarrollo del cultivo de papaya (última evaluación).

ETAPA 10						
VARIABLES EVALUADAS						
T	NH	NF	ALT	DT	INDT (cm)	INALT (cm)
Testigo	12.00	2.75	70.00	4.40	1.30	28.90
2 mL ⁻¹	12.50	3.00	69.25	4.38	1.28	29.33
4 mL ⁻¹	12.25	3.25	68.25	4.38	1.40	31.05
6 mL ⁻¹	13.00	2.50	70.25	4.38	1.13	26.00
8 mL ⁻¹	12.25	2.75	70.25	4.40	1.43	32.10
Significancia	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S

T: Tratamiento, NH: Número de hijas, NFL: Número de flores, ALT: Altura del tallo, DT: Diámetro de tallo, INDT: incremento de diámetro de tallo. INALT: Incremento de altura de tallo. N.S: no significativo.

4.7. Efecto de la Leonardita en el incremento del diámetro de tallo de la planta de papaya

En cuanto al incremento del diámetro de tallo todos son estadísticamente iguales, aunque la dosis de 8 mL⁻¹ fue el que obtuvo un mayor porcentaje con respecto a los demás (Figura 7). Con los resultados obtenidos en esta variable se puede decir que las dosis utilizadas no fueron las adecuadas y esto se puede comparar con lo que menciona Sánchez (2017) que la aplicación del producto HUMEGA (ácidos húmicos y fúlvicos) obtuvo mayor índice de diámetro de tallo (134.39 mm) en el cultivo de apio (*Apium graveolens L*) con la dosis de (15 L/Ha) superando a los demás tratamientos (20, 25 L/Ha) y el testigo (sin aplicación). De igual manera pueden relacionarse con las dosis bajas que utilizó Bautista (2002) quien evaluó la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos para el cultivo de crisantemo con dos manejos (Standard y spray), dos productos diferentes Humiplex Std (0.56, 1.10 y 1.66 g/L) y K-tionic (1,2 y 4 cc/L) con tres diferentes dosis y dos formas de aplicación (suelo y foliar). En donde no encontró efecto significativo en el diámetro de vara para los factores dosis obteniendo un promedio de diámetro de 0.39 cm para las diferentes dosis 3.7 para el testigo y para la forma de aplicación se obtuvo lo mismo 3.9 para los factores (foliar y suelo) y 3.7 cm para el testigo, mientras que para los

productos en el manejo spray mostro como mejor al producto K-tionic, con valores de 0.34 cm y el testigo con 0.33 cm.

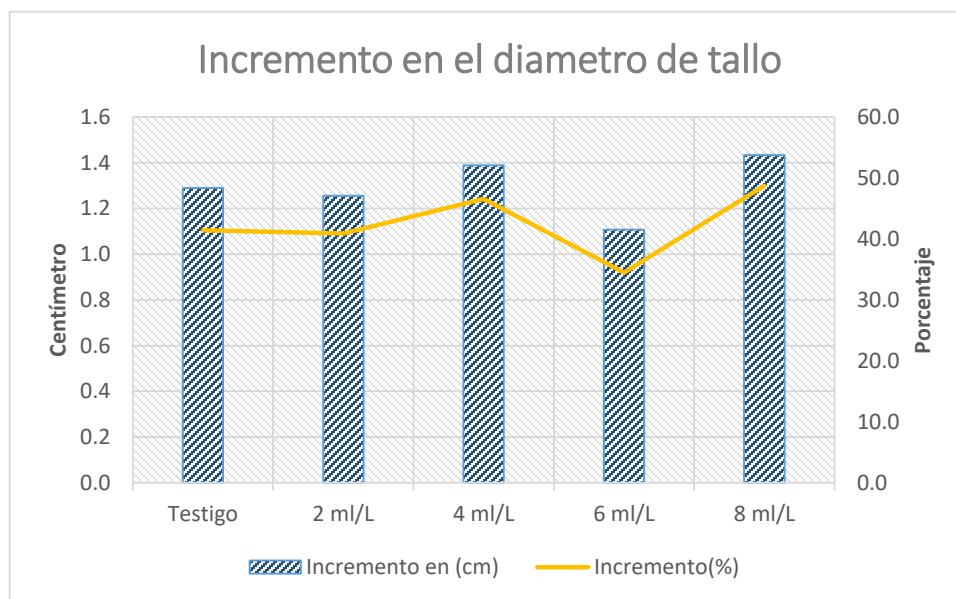


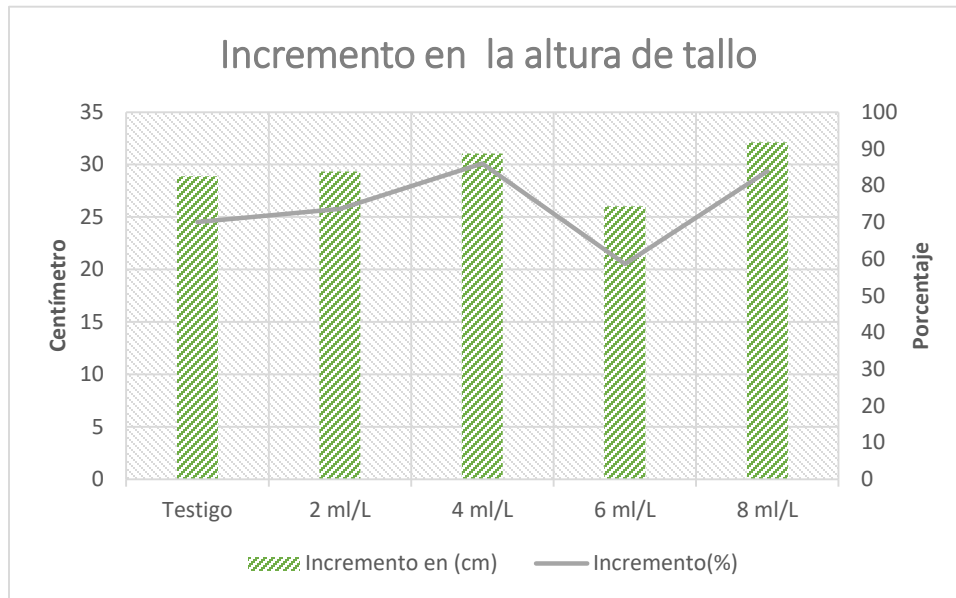
Figura 7. Efecto de Leonardita en forma líquida en el incremento del diámetro de tallo de la planta de papaya.

4.8. Efecto de la Leonardita en el incremento en la altura de la planta de papaya

Para esta variable de igual manera todos los tratamientos son estadísticamente iguales, ya que al igual que en el incremento de diámetro la dosis de 8 mlL⁻¹ es quien obtuvo el mayor porcentaje de incremento en la altura de tallo en comparación con los demás tratamientos y el testigo (Figura 8). Como ya se ha venido mencionando anteriormente esto puede deberse a que las aplicaciones fueron bajas y podemos compararlo con los resultados que obtuvo Ayala (2020) quien al utilizar ácidos húmicos en el cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum L*) a dosis de 1 L/ 19 L obtuvo efectos significativos con promedios de altura (12.67, 42.03, 75.38 y 83.60 cm) en las diferentes fechas de medición (15, 30, 45 y 60 ddt) y siendo mayor que el otro producto Biol. Por otro lado, Herrera y Lozano (2022) aplicaron dosis más bajas que en la de nuestro trabajo, aplicando dosis de ácidos húmicos (0.7 g y 0.525 g/planta) y ácidos fúlvicos (0.084 y 0.063 cc/planta) al cultivo de papa en el cual no se encontró un efecto positivo sobresaliente con esto se

puede decir que las dosis altas pueden influir directamente en el crecimiento de la altura de la planta.

Figura 8. Efecto de Leonardita en forma líquida en el incremento de la altura del tallo en la planta de papaya.



V. CONCLUSIÓN

No existió diferencia en el efecto de las dosis utilizadas en este experimento en la planta de papaya, por lo tanto, no se determinó una dosis adecuada de la Leonardita que influya en el crecimiento y desarrollo de la papaya. El crecimiento y desarrollo de las plantas en este experimento fue bajo comparado con el de una planta normal de papaya.

Se concluye que las plantas de papaya en este experimento se vieron afectadas por los cambios de temperatura y humedad, por lo que no se observó un efecto significativo de las diferentes dosis de Leonardita en forma líquida sobre las variables evaluadas.

Por el efecto de la Leonardita que se ha visto en otros trabajos, se recomienda hacer pruebas con dosis más altas a las probadas en este experimento.

VI. LITERATURA CITADA

- Pradhan, S., Goswami, A., Singh, S., Prakash, J., Goswami, S., Chinnusamy, V., . . . Maurya, N. (2019). Low temperature stress induced physiological and biochemical alterations in papaya genotypes. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629918317332#bb0105>.
- Abdel-Baky, Y., Abouziena, H., Amin, A., El-Sh, M., y El-Sttar , A. (2019). Improve quality and productivity of some faba bean cultivars with foliar application of fulvic acid. <https://link.springer.com/article/10.1186/s42269-018-0040-3#Sec1>.
- Aguilar, R. A. (2014). Efectividad de sustancias húmicas de leonardita en la calidad de calabacita variedad "Grey zucchini". <http://www.repositorio.uaaan.mx:8080/handle/123456789/5819>.
- AGUIRRE HERNÁNDEZ , R. (2018). *CRECIMIENTO, MORFOLOGÍA FLORAL Y EXPRESIÓN SEXUAL DE GENOTIPOS NO COMERCIALES Y COMERCIALES DE PAPAYO (Carica papaya L)*. Obtenido de http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/2996/Aguirre_Hernandez_RL_MC_Agroecosistemas_Tropicales_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ali, E., Al-Yasi, H., Issa, A., Hessini, K., y Hassan, F. (2022). Ginger Extract and Fulvic Acid Foliar Applications as Novel Practical Approaches to Improve the Growth and Productivity of Damask Rose. <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/3/412>.
- Allan, P. (2000). Carica papaya responses under cool subtropical growth conditions. 10.17660/ActaHortic.2002.575.89.
- Aman, A., Sinha, S., y Rajan, R. (2018). Potentiality of protected cultivation in fruit crops: An overview. <https://www.phytojournal.com/archives?year=2018&vol=7&issue=2&ArticleId=4103>.
- Arias Velázquez, C., y Toledo Hevia , J. (2000). *MANUAL DE MANEJO POSTCOSECHA DE FRUTAS TROPICALES*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/ac304s/ac304s.pdf>
- Ayala Sigcha, C. A. (2020). Producción del chile jalapeño (*Capsocum annum L Cv. Jalapeño*) con la aplicación de diferente dosis de biofertilizantes orgánicos foliares en la comunidad de Chipe Hamburgo 2. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6926>.
- Ayuso, M., Hernandez, T., García , C., y Pascual , J. (1996). A Comparative Study of the Effect on Barley Growth of Humic Substances Extracted from Municipal Wastes and from Traditional Organic Materials. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199612\)72:4<493::AID-JSFA687>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199612)72:4<493::AID-JSFA687>3.0.CO;2-4).

- Baca, L. E. (2017). Influencia de los ácidos húmicos y fúlvicos en el crecimiento y desarrollo en betarraga (*Beta vulgaris* L.) en condiciones de invernadero. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/3063>.
- Bautista, P. G. (2002). Respuesta del crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) a la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos, en suelos no aptos agrónomicamente. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/3494>.
- Benavides Mendoza, A. (2022). *BIOESTIMULANTES: SUSTANCIAS HÚMICAS*.
Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/364340316_BIOESTIMULANTES_SUS_TANCIAS_HUMICAS
- Broughton, P. L. (1973). Humic acid complexes from naturally oxidized lignite: their genesis, chemistry and utilization. <https://www.researchgate.net/publication/267923648>.
- BUELVAS MUÑOZ, Y. (2017). *ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISIOLÓGICAS, FÍSICOQUÍMICAS Y NUTRACEÚTICAS EN EL PERIODO POSTCOSECHA DE LA PAPAYA (Carica papaya L.) TAINUNG F1 TIPO EXPORTACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA*. Obtenido de <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/d4eb4288-c773-44c0-9f6e-d0b9f55d3fba/content>
- CHÁVEZ PESQUERIA, M. (2018). *La papaya silvestre, el reservorio natural de una especie de gran valor*. Obtenido de https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2018/2018-26-04-MChavez-La-papaya-silvestre.pdf
- CODEX STAN 183-1993. (2011). *NORMA DEL CODEX PARA LA PAPAYA*. Obtenido de <https://www.fao.org/common-pages/search/en/?q=NORMA+DEL+CODEX+PARA+LA+PAPAYA+>
- Collavino, A., Florentin, J., Gaiad, J., y Alayón Luaces, P. (2016). Desarrollo vegetativo y fenología del mamón (*Carica papaya* L.) bajo dos condiciones de cultivo. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/37566>.
- CONABIO. (2020). *La papaya y sus beneficios, ¡conócelos!* Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/veracruz/articulos/hoy-es-un-buen-tiempo-para-consumir-papaya-248175?idiom=es>
- CONAHCYT. (2020). *LOS RETOS DE LA PRODUCCIÓN DE PAPAYA EN MÉXICO. CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO*, <https://www.ciad.mx/los-retos-de-la-produccion-de-papaya-en-mexico/#:~:text=La%20papaya%20es%20un%20fruto,la%20funci%C3%B3n%20del%20sistema%20digestivo>.

- Consulta, S. d. (2022). <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430> (Consultado: 18/04/2024).
- De Oliveira, S. V. (2022). Growth and physiology of 'Sunrise' papaya seedlings in response to salinity and humic acid. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n5p352-358>.
- du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>.
- El-Batran, H., El-Damarawy, Y., Zaghoul, S., y Yassen, A. (2020). GROWTH, YIELD AND NUTRITIONAL STATE OF PEA PLANT AS AFFECTED BY. *Plant Archives* Vol. 20, Supplement 2, 2020 pp. 3346-3349.
- ELIAS, V. V. (2013). *USO EN LA AGRICULTURA DE SUSTANCIAS HÚMICAS*. Obtenido de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/416>
- Ernesto, R. M. (2015). *Efectos de ácidos fúlvicos en el desarrollo radicular del palto (Persea americana)*. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/4521>
- FAOSTAT. (FAOSAT). Valor de la Producción Agrícola. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QV> (Consultado: 18/04/2024).
- GIRÓN-RAMÍREZ, M., CHAN-LEÓN, A., BAUTISTA, Y., ARROYO-ÁLVAREZ, E., ESTRELLA-MALDONADO, H., FUENTES, G., y SANTAMARÍA, J. (2023). Domesticación de papaya: implicaciones en la tolerancia al cambio climático. https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2023/2023-09-07-AGiron-Domesticacion-de-papaya.pdf.
- Guvvali, T., Nirmala , A., y Rao , B. (2017). Protected Cultivation of Fruit Crops- A Review. <https://www.researchgate.net/publication/349119841>.
- HERNÁNDEZ PÉREZ, R., GARCÍA HERNÁNDEZ, I., CASANOVAS COSIO, E., y GUILLEN SÁNCHEZ, D. (2015). Nuevo Activador Fisiológico Potencializador De La Fructificación En Papaya (Carica Papaya L.). <https://doi.org/10.1590/0100-2945-203/14>.
- Herrera Gallo, K., y Lozano Mora, G. (2022). Respuesta agronómica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad chaucha a la aplicación de ácidos húmicos. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8644>.
- Hueso, J., Salinas, I., Pinillos, V., y Cuevas, J. (2020). El cultivo de papaya en el Sureste de España. <https://www.researchgate.net/publication/341269106>.
- Husein, M., El Hassan, S., y Shahein, M. (2015). Effect of humic, fulvic acid and calcium foliar application on. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=c8bcb71821cb54227f7bf4bbdf04a9ffbb5f3ac7>.

- ITIS. (s.f.). *Carica papaya* L. <https://doi.org/10.5066/f7kh0kbbk> , consultado a través de GBIF.org el 30 de mayo de 2024.
- Ivonne Gil, A., y Miranda, D. (2005). *Morfología de la flor y de la semilla de papaya (Carica papaya L.): variedad Maradol e híbrido Tainung-1*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v23n2/v23n2a04.pdf>
- Izquierdo, J., García Pintos , M., y García Pintos , G. (2020). *Efectos de seis sustancias bioestimulantes (SB) sobre el desarrollo y rendimiento de soja de segunda en Uruguay*. Obtenido de <https://doi.org/10.13140/rg.2.2.25062.45129>
- Jiménez, V. M., Mora-Newcomer, E., y Gutiérrez-Soto, M. V. (2014). *Biology of the Papaya Plant*. Obtenido de <https://extras.springer.com/?query=978-1-4614-8086-0>
- Julio, Junior, C. (2020). Ácidos húmicos de Leonardita en el crecimiento vegetativo de Ananas comosus L. var. Roja Trujillana en Poroto, La Libertad. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/18801>.
- Lamilla Burbano , E. A. (2020). *Importancia de los bioestimulantes en el cultivo de papaya (Carica papaya)*. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8367/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000250.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Leon Duran, R., Combatt Caballero, E., Villalba Arteaga, J., Polo Santos, J., y Valencia Agressoth, R. (2018). *Zonificación edafoclimática para el cultivo de la papaya en Valencia Córdoba - Colombia*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6587818>
- LIMA SIGÜINA, S. (2005). *ESTUDIO DE LA MORFOLOGIA DEL FRUTO DE PAPAYA (Carica papaya L.) SEGÚN EL TIPO DE FLOR EN CRUZAMIENTOS CONTROLADOS; EN EL MUNICIPIO DE CUILAPA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA*. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2163.pdf
- López Hernández, J. C. (2018). Uso de un ácido fúlvico de leonardita en la producción y calidad de gray zucchini. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/45192>.
- Meléndez , G., y Molina , E. (2002). *Fertilización foliar: principios y aplicaciones*. Obtenido de https://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Memoria_CursoFertilizacionFoliar.pdf#page=110
- Morales, M. R. (2019). Efecto de la fertilización orgánica a base de ácidos húmicos y fúlvicos sobre la calidad del cultivo de fresa (*Fragaria ananassa* var. Albion). <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/46155>.

- Morales-Meléndez, R., Arroyo-Ramírez, A., Camposeco-Montejo, N., Méndez-López, A., y López-Pérez, M. C. (2024). *Ascophyllum Nodosum* y *Nitrato de Calcio* como *Bioestimulantes en el Desarrollo y Rendimiento de Cultivo de Tomate*. Obtenido de Ciencia Latina: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9553
- Núñez Farfan , J., Chávez Pesqueira, M., Wegier Briuolo, A., Casas Fernández, A., Álvarez Gómez, V., Suárez Montes, M., y Rosas Plaza, S. (2017). *Análisis para la determinación de los centros de origen y diversidad genética de Carica papaya (Caricaceae)*. Obtenido de <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfWQ003.pdf>
- Núñez, G. D. (2020). Producción de pasto (*Brachiaria Decumbens*) con tres concentraciones de leonardita en diferentes estados de madurez. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6932>.
- Olego, M., Cordero, J., Quiroga, M., Sánchez-García, M., Álvarez, J., y Garzón-Jimeno, E. (2015). Efecto de la incorporación de leonardita en el nivel de materia orgánica y micronutrientes en un suelo inceptisol dedicado a viña (*Vitis vinifera* L.). <https://aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2015/111-3/210-226%20REVISTA%20ITEA%20111-3.pdf>.
- Panetta, J. (2023). To amend the Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act to provide for a consistent definition for plant biostimulants. <https://www.congress.gov/bill/115th-congress/house-bill/2>.
- Pineda-López , M., Lázaro Rafael , S.-V., Noa Carrazana, J., Norma , F., Díaz Fleischer, F., Lourdes , I., . . . Vásquez Morales, S. (2008). Adaptación de la biodiversidad y cambio climático. https://www.researchgate.net/publication/257528085_Adaptacion_de_la_biodiversidad_y_cambio_climatico.
- PRADHAN, S., GOSWAMI, A., SINGH, S., JAI , P., SUNEHA, G., VISWANATHAN, C., . . . SHARMA, V. (2018). Growth, nutrient acquisition and physiological responses of papaya (*Carica papaya*) plants to controlled low temperature stress. <https://epubs.icar.org.in/index.php/IJAgS/article/view/80063>.
- Ramírez, F. I. (2016). *PROPUESTA DE USO DE BIOESTIMULANTES EN LA PRODUCCION DE PAPAYA HIBRIDA RED LADY (Carica papaya L.) EN EL MUNICIPIO DE CARANAVI*. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/9293/TD-2285.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramírez, S. J. (2001). Estudio comparativo de ácidos húmicos provenientes de materia orgánica y de leonardita en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*). <http://www.repositorio.uaaan.mx:8080/handle/123456789/3473>.

- Rengrudkij, P., y Partida, G. (2003). THE EFFECTS OF HUMIC ACID AND PHOSPHORIC ACID ON GRAFTED HASS AVOCADO ON MEXICAN SEEDLING ROOTSTOCKS. Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate) 2003. pp. 395-400.
- Reyes Pérez, J., Torres Rodríguez, J., Murillo Amador, B., Herrera Herrera, M., Guridi Izquierdo, F., Luna Murillo, R., . . . Real Goya, G. (2015). HUMATOS DE VERMICOMPOST Y SU EFECTO EN EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.).
<http://www.repositorioinstitucional.uson.mx/handle/20.500.12984/3668>.
- Reyes-Pérez, J., Marisol, R.-H., Solórzano-Cedeño, A., Carballo-Méndez, F., Lucero-Vega, G., y Ruiz-Espinoza, F. (2021). Aplicación de ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrízicos como influyen.
<https://agris.fao.org/search/en/providers/123895/records/647470842d3f560f80a9c32b>.
- Rivero, C., Senesi, N., y D'Orazio, V. (2004). LOS ÁCIDOS HÚMICOS DE LEONARDITA SOBRE CARACTERÍSTICAS ESPECTROSCÓPICAS DE LA MATERIA ORGÁNICA DE UN SUELO EN LA CUENCA DEL LAGO DE VALENCIA. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2004000200001.
- SADER. (2021). *México, principal exportador de papaya en el mundo; crece producción 3.2 por ciento en 2020*. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/mexico-principal-exportador-de-papaya-en-el-mundo-crece-produccion-3-2-por-ciento-en-2020>
- SADER. (2024). *Crece 48.3 por ciento la producción nacional de papaya ante mayores rendimientos por hectárea*. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crece-48-3-por-ciento-la-produccion-nacional-de-papaya-ante-mayores-rendimientos-por-hectarea>
- SAGARPA. (2011). *Agenda de Innovación Tecnológica del Estado de Morelos*. Obtenido de <https://siiba.conadesuca.gob.mx/siica/consulta/verdoc.aspx?num=22>
- Sahin, G., y Kendirli, B. (2012). Protected fruit cultivation in Turkey.
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20123393272>.
- Salazar, D. J. (2021). *Utilización de semilla de papaya (*Carica papaya*) y paico (*Chenopodium ambrosoides*) como antiparasitario natural en perros de la ciudad de Latacunga*. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7896>
- Salido, M. J., Herrera, D., Garry, S., García, L., y Vélez, D. (2017). Incorporación de valor agregado en la cadena de valor de papaya en el Pacífico Central, Costa Rica. <https://hdl.handle.net/11362/42284>.

- Sanchez Moya, J. F. (2017). Efecto de aplicación del biofertilizante Humega en tres diferentes dosis en la producción del apio (*Aplium graveolens* L. var. Bonanza) en condiciones del Valle de Santa Catalina. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/3065>.
- Sánchez, M., Velásquez, Y., González, M., y Cuevas, J. (2022). Hoverfly pollination enhances yield and fruit quality in mango under protected cultivation. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423822004411>.
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. (2017). Papaya (*Carica papaya* L.). <https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/papaya-carica-papaya-l>.
- Singh, A., Deka, B., Prakash, J., Patel, R., y Ojah, H. (2008). Problems and prospects of papaya cultivation in northeastern states of India. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.851.6>.
- Sugier, D. K., y Bielińska, E. (2013). The effect of leonardite application on *Arnica montana* L. yielding and chosen chemical properties and enzymatic activity of the soil. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0375674212002130>.
- Túqueres, A. M. (2013). Respuesta del cultivo de alstroemerias (*alstroemeria aurantiaca*) a la aplicación de tres dosis de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, en el mejoramiento de la producción, en la zona de Cayambe, provincia de Pichincha. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/635>.
- Valencia, D. H. (2011). *ACAROFAUNA DE PAPAYA MARADOL (Carica papaya). EN EL ESTADO DE YUCATAN, MEXICO*. Obtenido de http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/382/Valencia_Dominguez_HM_MC_Entomologia_Acarologia_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- VALERO, V. N., CHIMA, M. K., y GÓMEZ, G. J. (2023). *Efecto bioestimulante de una chalcona sintética sobre frijol guajiro (Vigna unguiculata L. Walp)*. Obtenido de <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v21.n2.2023.2153>
- Vázquez García, E., Mata Vázquez, H., Ariza Flores, R., y Santamaría Basulto, F. (2010). PRODUCCIÓN Y MANEJO POSTCOSECHA DE PAPAYA MARADOL EN LA PLANICIE HUASTECA. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/855.pdf#page=29.15>.
- Vázquez, V. P. (2013). USO EN LA AGRICULTURA DE SUSTANCIAS HÚMICAS. <http://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/416>.
- Velázquez Pérez, C. D. (2012). Efectividad de Ácidos Fúlvicos de Leonardita en la Calidad de Plántula de Chile Habanero (*Capsicum Chinense*). <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/5417>.

Villalba, T. R. (2013). Rendimiento de cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L. var *cycla*) en relación a diferentes formas de aplicación de un bioinsumo, en base a ácidos húmicos y fúlvicos, bajo ambiente protegido. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/4151?show=full>.

Yupanqui, C. G. (2018). Determinación del efecto de la aplicación de sustancias húmicas en el rendimiento del cultivo de cebolla (*allium cepa* L.) var. Roja Ilabaya – Tacna 2017. <https://repositorio.unjbg.edu.pe/items/46c08b65-d909-4655-968a-1886b282e295>.