

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



Ácido fúlvico en la producción de *Allium cepa* var. Cojumatlán

Por:

MISAEEL ZARATE FLORES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2024

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

Ácido fúlvico en la producción de *Allium cepa* var. Cojumatlán

Por:

MISAEL ZARATE FLORES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por el Jurado Examinador:



M. C. Fidel Maximiano Peña Ramos
Presidente



Dr. Dino Ulises González Uribe
Vocal



Dra. Adriana Antonio Bautista
Vocal



M. C. Sergio Sánchez Martínez
Coordinador de la División de Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2024

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

Ácido fúlvico en la producción de *Allium cepa* var. Cojumatlán

Por:

MISAEEL ZARATE FLORES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Dino Ulises González Uribe
Asesor Principal



M. C. Fidel Maximiano Peña Ramos
Coasesor



Dra. Adriana Antonio Bautista
Coasesor

Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2024

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

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'M' and 'Z' followed by a flourish, positioned above a horizontal line.

Misael Zarate Flores

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios, por darme la oportunidad de vivir y de llegar hasta el día de hoy, ya que con su ayuda estoy cada vez más cerca de concluir esta meta profesional.

Gracias a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por permitirme ser un buitre y darme las herramientas para poder abrir las alas, y poder ir en busca de mí camino.

Gracias a mis profesores, que hicieron lo posible porque yo lograra terminar este proyecto, ya que día con día me brindaron sus conocimientos tanto profesionalmente, como personales.

Al Dr. Emilio Rascón Alvarado, le agradezco que me permitió realizar el presente trabajo de investigación, ya que me facilitó utilizar el invernadero que estuvo a su cargo en el periodo que estuvo laborando en la institución.

Agradezco a mi asesor el M. C. Fidel Maximiano Peña Ramos, por su asesoramiento y apoyo, para la culminación del presente trabajo.

Agradezco al Dr. Dino Ulises González Uribe, por su paciencia, asesoramiento, exigencia y apoyo para poder culminar la presente investigación, así como sus consejos en el ámbito personal.

Por último y no menos importante a mis amigos José Iván Vera Romero, Brayan Velasco Rivera, Rhodart Herrera Ramírez, Diana Jaqueline Valle Morales, Mario Regino Dávila y Teresa Cardoso Oliver, ya que fueron ellos quienes, en los días difíciles y buenos, estuvieron conmigo haciendo la vida más llevadera.

DEDICATORIA

En especial quiero dedicar este trabajo a mis padres la Sra. Carmina Flores Vázquez y el Sr. Celedonio Zarate Ramírez, ya que, sin ellos, no hubiera sido posible terminar este proyecto, siempre estaré orgulloso de ellos, como algún día espero que ellos lo estén de mí. Gracias también por darme la oportunidad y la confianza para culminar mi vida como estudiante.

A mi señora, María José Flores Campos que se esmeró día con día, apoyándome a terminar esta meta, así como el amor que me brinda.

A mi niña María José Zarate Flores, ya que es mi motor para seguir luchando, es por ello que espero ser algún día un ejemplo a seguir como los fueron mis padres para mí.

A mis hermanos Cesar Giovanni Zarate Flores y Abraham Zarate Flores que también pusieron su granito de arena, ya que de ellos han sido mis compañeros de aventuras y ejemplo de superación frente a las adversidades.

Por último, para cerrar con broche de oro esta sección, quiero dedicarlo a mi sobrina Alondra Sarahí Zarate Flores, quien llevo a dar alegría al hogar y a mi cuñada María Carmen Flores Frías ya que sin ella no fuera posible conocer a esa niña traviesa.

RESUMEN

Ácido fúlvico en la producción de *Allium cepa* var. Cojumatlán

Por:

Misael Zarate Flores

Dr. Dino Ulises González Uribe –Asesor Principal

Palabras clave: cebolla, diámetro ecuatorial, número de capas del bulbo, peso del bulbo fresco, perlita.

En México *Allium cepa* var. Cojumatlán (cebolla), tiene un papel importante en el área gastronómica, de la salud y en la económica, su impacto llega a nivel internacional. Para aumentar el rendimiento del cultivo, se puede utilizar el ácido fúlvico (AF) para optimizar su crecimiento y desarrollo. El objetivo del presente trabajo fue analizar el efecto del AF en la producción de *A. cepa* en combinación con el sustrato perlita. Se evaluaron las variables, largo del follaje (LFO, cm), peso fresco (PFE, g), diámetro polar (DPO, cm), largo de raíz (LRA, cm), peso del bulbo en fresco (PFB, cm), diámetro ecuatorial (DEC, cm), número de hojas (NHO, conteo), peso de follaje (PFO, g) y número de capas del bulbo (NCB, conteo). Se aplicaron cinco tratamientos de 0-8 ml de AF + 1 l de agua, cada uno con cuatro repeticiones. Los resultados para LFO fueron de 46.30 cm en T2 y de 43.88 cm en T1, en PFE el mayor fue para T2 con 3.92 g seguido de T1 con 2.69 g, en DPO el mayor valor fue para T2 con 4.894 cm, seguido de T1 con 4.736 cm; para LRA el mayor valor fue en T1 12.97 cm, seguido de T5 con 10.51 cm; en PFB el mayor fue en T2 con 110.14 g, seguido de T1 78.48 g; en DEC el mayor se obtuvo en T2 con 5.706 cm y en T1 5.529 cm; para NHO en T1 6.37 hojas y en T3 6.25 hojas; en PFO se tuvo T1 22.27 g con T2 21.50 g, en NCB el mayor valor fue en T3 con 9.0 capas y en T1 8.81 capas. Las mejores respuestas fueron en el orden T2-T1, indicando un área de oportunidad para futuros experimentos.

ÍNDICE GENERAL

	Página
AGRADECIMIENTOS	<i>i</i>
DEDICATORIA	<i>ii</i>
RESUMEN	<i>iii</i>
ÍNDICE GENERAL	<i>iv</i>
ÍNDICE DE TABLAS	<i>vii</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>ix</i>
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	2
Hipótesis	2
Justificación	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
Generalidades de cultivo	3
Descripción morfológica de la cebolla	3
Disco caulinar	3
Hojas	3
Bulbo	4
Floración	4
Semilla	4
Origen y zona donde se cultiva	5
Requerimientos para su cultivo	5
Suelo	5
Riego	6
Fertilización	6
Plagas y enfermedades	7
Siembra y cosecha	7
Post-cosecha	8

	Página
Importancia del cultivo de <i>A. cepa</i>	8
Económica	8
Nutricional	8
Ácido fúlvico en la producción de <i>A. cepa</i>	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS	11
Localización del sitio experimental	11
Materiales	11
Metodología. Adaptación del área de cultivo	11
Análisis de agua de pozo	11
Germinación de la semilla	12
Trasplante de la plántula	12
Tratamientos	12
Podas	13
Cosecha	13
Medición de variables	13
Unidad experimental	14
Análisis estadístico y diseño experimental	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
Análisis de las variables evaluadas	15
Largo del follaje (LFO, cm)	15
Peso Fresco (PFE, g)	16
Diámetro Polar (DPO, cm)	16
Largo de raíz (LRA, cm)	17
Peso del Bulbo en Fresco (PFB, g)	18
Diámetro Ecuatorial (DEC, cm)	19
Número de hojas (NHO, conteo)	19
Peso de Follaje (PFO, g)	20
Número de capas del bulbo (NCB, conteo)	21

	Página
V. CONCLUSIONES	23
VI. LITERATURA CITADA	24

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Guía para el análisis foliar de <i>Allium cepa</i> . Fuente: Lorenz y Maynard (1988)	7
Tabla 2. Defectos por toxicidad por exceso de nutrientes. Fuente: Vass (1979)	7
Tabla 3. Composición de <i>Allium cepa</i> , por cada 100 g de la parte comestible. Fuente: Moreiras <i>et al.</i> (2019)	9
Tabla 4. Materiales y reactivos utilizados en trabajo experimental	11
Tabla 5. Análisis de agua del pozo UAAAN.	12
Tabla 6. Tratamientos aplicados utilizando ácido fúlvico	13
Tabla 7. Fechas de aplicación de los tratamientos	13
Tabla 8. Medias para los tratamientos de la variable Largo del follaje (LFO, cm)	15
Tabla 9. Medias para los tratamientos de la variable Peso Fresco (PFE, g)	16
Tabla 10. Medias para los tratamientos de la variable Diámetro Polar (DPO, cm)	16
Tabla 11. Medias para los tratamientos de la variable Largo de raíz (LRA, cm)	17
Tabla 12. Medias para los tratamientos de la variable Peso del Bulbo en Fresco (PFB, g)	18
Tabla 13. Medias para los tratamientos de la variable Diámetro Ecuatorial (DEC, cm)	19

	Página
Tabla 14. Medias para los tratamientos de la variable Número de hojas (NHO, conteo)	20
Tabla 15. Medias para los tratamientos de la variable Peso de Follaje (PFO, g)	20
Tabla 16. Medias para los tratamientos de la variable Número de capas del bulbo (NCB, conteo)	21

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Tipos de bulbos del cultivo de cebolla.	4
Fuente: (Cristancho <i>et al.</i> , 1990)	
Figura 2. Gráfico de medias para las variables evaluadas en <i>Allium cepa</i> . Dónde: LFO (cm), PFE (g), DPO (cm), LRA (cm), PFB (cm), DEC (cm), NHO (conteo), PFO (g) y NCB (conteo). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$)	22

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo *Allium cepa* var. Cojumatlán tiene una participación fundamental en la dieta humana debido a su alto contenido nutrimental, es clave importante en la gastronomía en diversas partes del mundo. Las plantas pertenecientes al género se caracterizan por aportar sabor, aroma y pungencia a los alimentos, por ello, se han incorporado en la industria alimenticia, en muchos casos en forma deshidratada; así se hace necesario investigar sobre el aumento del rendimiento en el cultivo por el interés de la industria en el producto (Gurrola, 2016).

El cultivo de *A. cepa*, tiene un aporte económico importante tanto a nivel mundial (5.8 % del total) como a nivel nacional, sin embargo, se ha identificado que, después de no tener un buen manejo dentro de la selección de la semilla, siembra, y cosecha, se pueden presentar deficiencias morfológicas que impactarán en su rendimiento, condicionando la presencia de algunas plagas y enfermedades (Mata *et al.*, 2011). Los efectos directos sobre el rendimiento en el cultivo recaen en pérdidas monetarias importantes para el productor y consumidor. En la actualidad se ha abierto paso a la búsqueda de alternativas para la mejora del rendimiento de las cosechas, incrementos recientes se han obtenido de variedades mejoradas, esto se ha logrado aplicando programas para el control de plagas, enfermedades y labores de cultivo; las mejores alternativas han surgido a partir del uso de fertilizantes y a su vez la corrección de deficiencias nutrimentales del suelo (Gregory, 1992).

Una de las alternativas para la mejora de la producción de los cultivos, es la incorporación de ácido fúlvico (AF). Se ha demostrado que tiene un acceso rápido a las raíces de las plantas, tallos y hojas, una vez aplicado transporta minerales directamente a lugares metabólicos, se mejora la calidad del cultivo, el valor que agrega a las plantas se traduce en una mayor resistencia al ataque de enfermedades y condiciones de estrés (Pedroso y Domínguez, 2006). En la evaluación de diversos cultivos donde se ha incorporado AF, se ha demostrado que no ha sido explotado en su totalidad su potencial. Sus aportaciones en los rendimientos de los cultivos traen beneficios en la metabolización de la planta y en consecuencia las cosechas aumentan (Magnifico, 1987). Comúnmente, se le aplica bajo distintas concentraciones en condiciones específicas según el cultivo, por ejemplo: cebolla, tomate, uva, maíz, café, entre otros (Pettit, 2004; Muñoz y Quispe 2019). Es importante tener conocimiento en las funciones biológicas de los elementos nutritivos de la planta, ya que si existe una deficiencia de algún elemento, se llegan a comprometer los resultados

productivos del cultivo, cuando se incorpora algún compuesto para su mejora. En cambio sí existe un exceso, se puede llegar a producir una agravante tanto en la planta como en la contaminación del ambiente (Hunt, 1982). Por estas razones es importante el aprovechamiento de los recursos que se adicionan para mejorar a los cultivos, si se hace de manera adecuada existe una alta probabilidad de tener un desarrollo superior en las características morfológicas (Hunt, 1982). Estas menciones muestran la importancia de aumentar la eficiencia de la producción y características en cultivos, mediante la incorporación de AF como una alternativa para su mejora, por ejemplo en el cultivo de *A. cepa* var Cojumatlán.

Objetivo

Analizar el efecto del ácido fúlvico en la producción de *Allium cepa* var, Cojumatlán en condiciones de invernadero.

Hipótesis

El ácido fúlvico mejora la producción y las características morfológicas de *Allium cepa* var. Cojumatlán.

Justificación

El cultivo de *Allium cepa* var. Cojumatlán (cebolla) es común en el país, al contrario de otras variedades, su semilla es fácil conseguir y su costo es bajo. La cebolla es la tercera hortaliza con mayor producción en México, tiene importancia en la dieta humana nacional y mundial, sus características de sabor, aroma y pungencia, la han incorporado en la industria alimenticia. Investigar los efectos de las concentraciones de ácido fúlvico en la morfología de la planta de cebolla es de interés para la mejora de su producción.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades de cultivo. *A. cepa* (cebolla) es un vegetal con alto contenido de antioxidantes donde se puede encontrar polifenoles y flavonoides, así como trazas de: Germanio (Ge), Calcio (Ca), Hierro (Fe), Zinc (Zn), Selenio (Se) y Azufre (S), compuestos relacionados con la salud humana debido a sus contenidos bioactivos. El consumo de *A. cepa* puede reducir el riesgo de distintas enfermedades de tipo cardiovasculares, diabetes y obesidad, principalmente debido a los flavonoides (Gurrola, 2016; Ricciardi *et al.*, 2020). Se destaca que la quercitina es un flavonol con propiedades antiinflamatorias y antioxidantes, además, de las antocianinas, le confieren el color característico, un aminoácido azufrado es el responsable del aroma y sabor característico de la cebolla (Ricciardi *et al.*, 2020).

Variaciones de cebolla. Se tiene registro de más de 300 especies, cada variedad tiene características diferentes que le permiten adaptarse a diferentes zonas (Cristancho *et al.*, 1990). En México se conocen la Crystal White Wax, Toro, Red Burgundy, Contessa, entre otras, las cuales son introducidas. La variedad Cojumatlán es común a nivel nacional, fue creada a partir de las introducidas para adaptarse a las condiciones nacionales (Herrera-Corredor *et al.* 2007). A nivel mundial *A. cepa* se clasifican en: tipo temprana, conocidas como blanca de invierno la cual se llega a cultivar hasta 6,500 ha, tipo medias, se refieren a la liria, o conocida como la amarilla, con un cultivo menor de 2,000 ha, tipo tardía, conocida como cebolla morada ocupando hasta 16,500 ha. Dentro del país en el estado de Tamaulipas predominan siembras de cebolla amarilla hasta con un 70 %, seguidas de las que presentan una coloración blanquecina con un 25 % y por último las de coloración morado o rojizo con un 5 %, (Cristancho *et al.*, 1990).

Descripción morfológica de la cebolla. Tiene un sistema radicular formado por raicillas fasciculadas de tono blanquecino, con una baja profundidad que se presenta a partir de un tallo que presenta forma de disco, conocido como disco caulinar (Mata *et al.*, 2011).

Disco caulinar. Se caracteriza por presentar numerosos nudos de longitud corta, donde da paso a la presencia de las hojas características del cultivo.

Hojas. Se conforman de dos partes, la basal que está formada por vainas foliares, son engrosadas debido a que en ella se acumulan las llamadas sustancias de reserva, las cuales contribuyen para su desarrollo; en la segunda parte se encuentra el filodio, se caracteriza por tener una coloración

verdosa y a su vez es fotosintéticamente activa, estas se visualizan lanceoladas y opuestas (Enciso, 2019).

Bulbo. Se forma a partir de las vainas foliares engrosadas, la cual se conoce como las túnicas del bulbo, se ubican en el exterior con una forma apergaminada, la cual tiene una función el ser protectora, así mismo brinda la coloración característica del cultivo (Universidad Agrícola, 2019). Existen diferentes tipos de bulbo (Figura 1) presentan formas y colores distintos donde destacan las rojas, cafés, amarillas, moradas y blancas, se conocen como: globo aplanado, ligeramente aplanado, globo, globo alargado, torpeado, redondo, granex y puntiagudo. La variedad Cojumatlán es de bulbo blanco, puede presentar distintas formas siendo las frecuentes la aplanada o ligeramente aplanada (Herrera-Corredor *et al.* 2007).

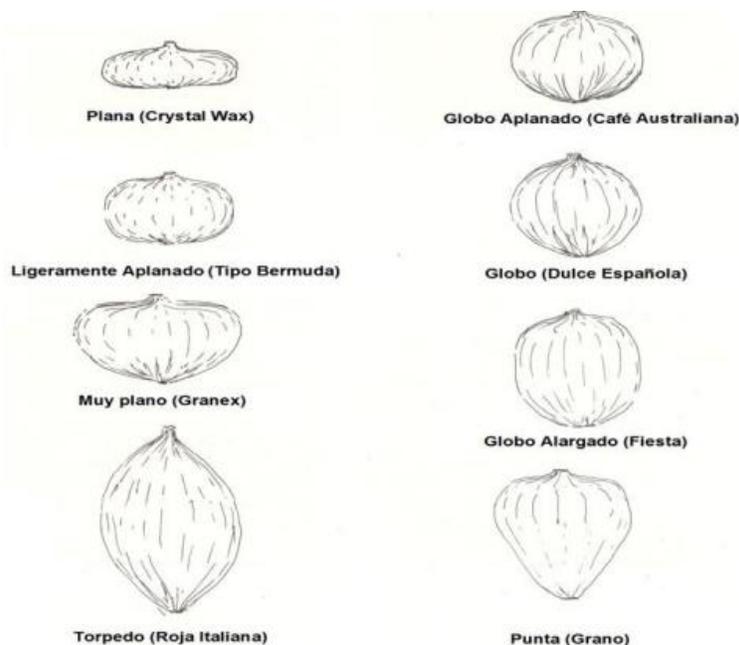


Figura 1. Tipos de bulbos del cultivo de cebolla. Fuente: Zamora (2016).

Floración. Tienden a ser de coloración lila o blanca, las cuales se encuentran unidas en una espiga del tipo umbela.

Semilla. Son de color negro y muy pequeñas, miden aproximadamente 3 a 4 mm, en laboratorio se ha estimado en la variedad Cojumatlán que 1 g puede llegar a contener aproximadamente 250 a 305 semillas, tiene un 66 % de germinación, una velocidad de germinación (T50) de 66 h, presenta 21 proteínas. *A. cepa* var, Cojumatlán esta cercanamente relacionada con la variedad Crystal White Wax (56 % germinación) aunque tiene menor peso de semilla. Si se considera como variable al

peso de la semilla, es una característica y criterio importante en la comercialización y manejo en la siembra, porque determina el número aproximado de semillas por unidad de peso, permitiendo calcular la cantidad requeridas para sembrar. El peso de la semilla como variable se relaciona con el vigor de la plántula considerando que los pesos máximos representan la máxima cantidad de reservas disponibles para el embrión, condición alcanzada en el estado de madurez fisiológica (Herrera-Corredor *et al.* 2007). La semilla tarda alrededor de dos semanas en brotar, la semilla de la variedad Cojumatlán se consigue en venta a granel a costos bajos, otras en envases al vacío, lo que encarece su costo y disponibilidad (Herrera-Corredor *et al.* 2007; Universidad Agrícola, 2019).

Origen y zona donde se cultiva. La variedad Cojumatlán de *A. cepa* es una planta bienal, pertenece a la clase monocotiledoneas, orden de las *Asparagales*, género *Allium*, de la familia *Alliaceae*, este género contiene más de 780 especies. El origen de la planta fue en Asia Central, aproximadamente hace 3,200 años, es una de las hortalizas más antiguas de las cuales se tiene evidencia de su utilización desde los romanos, griegos y egipcios (Gurrola, 2016). El cultivo ha tenido un papel importante a través del tiempo tanto a nivel mundial como nacional; en el 2005 se ha exportó un promedio de 5 millones de toneladas a otros países. Los principales estados dedicados a la producción de *A. cepa* son Tamaulipas, Veracruz, Chihuahua, San Luis Potosí, Sinaloa y Nuevo León (SIAP, 2024).

Requerimientos para su cultivo. Suelo: su desarrollo es a temperaturas entre los 13 y 24 °C, donde se prefiere un ambiente seco, en suelos que permitan el desarrollo de los bulbos, siendo los suelos ligeramente ácidos y con buen drenaje los recomendados, es decir, los migajones arenosos, migajones limosos y suelos orgánicos. Además, se sabe que el cultivo también se desarrolla en suelos con buena humedad y fertilidad, de preferencia en los que no se haya cultivado durante un largo periodo de tiempo (con un pH de 6), ya que las raíces son altamente sensibles a la falta de humedad (Cristancho *et al.*, 1990). Se recomienda que exista una rotación con cultivos no hospederos, frijol, cártamo o garbanzo, entre otros, además, de no establecer este cultivo después de haber sembrado cereales ya que tiende a aumentar la incidencia de enfermedades como la pudrición rosada (Cristancho *et al.*, 1990).

Riego. El cultivo de *A. cepa* exige humedad, debido a que sus raíces no son desarrolladas presentan alta absorción, esta depende de cada etapa de su desarrollo, es decir, durante la formación de bulbos requiere de 300 a 550 mm de agua; en cambio, se tienen reportes donde indican que desde la siembra hasta la cosecha se necesitan alrededor de 380 a 760 mm de agua (Mata *et al.*, 2011). En

la germinación de la semilla se puede utilizar el sistema *sprinklers*, sistema de riego fijo mediante aspersión, apto para la germinación (Dechmi, 2002). La germinación puede tardar de 10 a 20 días, incluso en noviembre, es importante que la semilla no permanezca sin humedad, en el caso de carecer de agua, se pueden estresar y presentar malformaciones en el bulbo, lo frecuente son las particiones y el aumento de pungencia (Minkenbergh *et al.*, 1993). En el caso de la plántula, el riego se realiza de manera diaria, se pueden aplicar algunos fertilizantes y fungicidas al mismo tiempo (Mata *et al.*, 2011), por ello, uno de los métodos de riego con mayor rendimiento es el realizado por goteo, garantiza un apropiado suministro de agua y a su vez de nutrientes, la cintilla debe estar a una profundidad de al menos 15 cm de la superficie del suelo; tradicionalmente se utilizaba riego por aspersión y por gravedad (Lipinski *et al.*, 2002).

Fertilización. La fecha de siembra de este cultivo influye en el rendimiento que tendrá ya que está basado en las horas de luz del día. Los factores que tienen mayor impacto son el riego y la fertilización, dependen de los requerimientos del cultivo, así como de las necesidades del suelo y el agua que se utilizará (Lorenz y Maynard, 1988). La fertilización comienza antes de la siembra, puede ser de manera directa o de trasplante, es decir, se recomienda aplicar nutrientes como el nitrógeno y fósforo en proporción de 1:2, el resto de nitrógeno se recomienda aplicar durante el aclareo. En el caso de que el substrato utilizado se encuentre deficiente de nutrimentos, se recomienda aplicar una solución de 65 g de fosfonitrato, 83 g de un agente activador, 83 g de nitrato de potasio, por cada 200 l de agua (Yamada y Xunt, 2000). Se tiene registro que aplicaciones tardías de nitrógeno tienden a causar un reverdecimiento, así como la presencia de bulbos partidos. Durante el desarrollo de la planta es necesario realizar muestreos foliares para conocer los niveles de la planta y poder tomar la decisión de su fertilización (Tabla 1). El Exceso de nitrógeno y cobre puede llegar a intoxicar el cultivo (Tabla 2).

Tabla 1. Guía para el análisis foliar de *Allium cepa*. Fuente: Lorenz y Maynard (1988).

Época de muestreo	Parte de la planta	Fuente	Nutriente	Nivel de nutriente	
				Deficiente	Suficiente
Temprano en temporada	La hoja más alta	PO ₃	Fósforo, (ppm)	1,000 3	2,000 4.5
			Potasio, (%)		
A mediados de temporada	La hoja más alta	PO ₃	Fósforo, (ppm)	1,000 2	2,000 4
			Potasio, (%)		
Tarde en temporada	La hoja más alta	PO ₃	Fósforo, (ppm)	1,000 2	2,000 3
			Potasio, (%)		

Tabla 2. Defectos por toxicidad por exceso de nutrientes. Fuente: Vass (1979).

Hortaliza	Estatus nutricional	Efectos
Verduras de bulbos	N+	Bulbos dobles, partidos, escamas delgadas y pálidas.
	Cu-	

Plagas y enfermedades. Las más frecuentes son los ácaros y thrips (*Thrips tabaco*), la oruga militar, mosquita minadora (*Liriomyza trifolii*), y la mosquita blanca (*Bemisia sp*). Por lo regular se combaten utilizando ingredientes activos como el Diazinón, además, se recomienda aplicar un dispersante-adherente (Dughetti, 1997). Las enfermedades comunes son la pudrición rosada debida al hongo (*Pyrenochaeta terrestris*), el cultivo presenta el defecto de que las raíces se marchitan, comienza tornándose con una primera tonalidad amarillenta lo cual es anormal, posteriormente, esta se tornará purpura, y si no se aplica algún tratamiento, la coloración se volverá rojiza y a su vez provocará una pudrición de raíz, llevando a la muerte de la planta. Otra de las enfermedades comunes son el mildiú vellosa (*Peronospora destructor*) y la mancha púrpura (*Alternaria porri*), para combatir estas enfermedades se recomienda el uso de sustancias preventivas como el Mancozeb, Maned o en su defecto el Clorotalonil, Ipiridiona, entre otros (Cristancho *et al.*, 1990).

Siembra y cosecha. Otro de los puntos esenciales en el cultivo es el tipo de siembra con el que se trabajara, siembra directa e indirecta. En la directa, las semillas deben sembrarse a 1.5 cm de

profundidades del suelo, el aclareo es más común y económico, la dosis recomendada es de 4 a 6 kg ha⁻¹, en el caso de almácigos se recomiendan 2 kg (Tello-Peramas, 1999). La distancia en que se siembra la semilla varía de 7.5 a 10 cm entre plantas, mientras que en hileras va de 15 a 20 cm de distancia, en el caso de tener un espacio menor a 10 cm se pueden producir bulbos con un mayor tamaño (Mata *et al.*, 2011). En el caso de la siembra de plántulas de trasplante, estas se producen en charolas, ya sea directamente en invernaderos o en casas sombra, estarán listas para el trasplante cuarenta días después, se recomienda hacerlo durante la mañana o la tarde, para evitar el estrés en la plántula. En cuanto al tiempo de siembra puede llegar a realizarse durante todo el año, sin embargo, la temporada más común abarca de septiembre a octubre o de octubre a mediados de noviembre, dependiendo de la región en la que se cultive (Tello-Peramas, 1999).

Cosecha. Se realiza cuando el cultivo presenta un follaje en etapa de secado, se extrae y se lleva a una engavilla, se recomienda una etapa de curado de bulbo la cual consiste en permanecer de dos a tres días en el terreno en el que se sembró, pasando el tiempo indicado se realiza el corte del follaje y a su vez de la raíz (Siliquini, 2022).

Post-cosecha. Las cebollas se resguardan en materiales que sean ventilados y secos, por ejemplo: en algunos ejidos se colocan dentro de sacos donde se impide el paso de luz, con una buena circulación de aire, esta forma de almacenamiento contribuye a reducir las pudriciones que se pudiera presentar debido a la humedad, la vida de anaquel llega a ser de 4 a 6 semanas, si se desea mantener por mayor tiempo se recomienda estar en refrigeración a una temperatura de 0 °C con una humedad relativa de 60 a 65 % (Ruíz, 2016).

Importancia del cultivo de *A. cepa*. Económica. La cebolla es la tercera hortaliza que más se produce en México, sólo detrás del jitomate y el chile verde, lo que ubica al país como el doceavo productor mundial, con más de un millón 499 mil toneladas (SIAP, 2024). El cultivo registró en el período de 2002 a 2004 ventas por más de \$2,167 millones de dólares en 6.7 millones de toneladas del producto (FAO, 2007). La producción nacional ha representado el 5.8 % de la internacional en el periodo de 2001 a 2005 (Mata *et al.*, 2011). Se ha buscado obtener un mayor rendimiento en el cultivo, utilizando alternativas como el método de riego, donde se ha establecido que el más eficiente es el de goteo. **Nutricional.** *A. cepa* es un ingrediente clave en la gastronomía, proporciona beneficios para el consumo humano, contiene hasta un 90 % de agua, tiene un aporte calórico muy bajo, 40 kcal por cada 100 g (Tabla 3).

Tabla 3. Composición de *Allium cepa*, por cada 100 g de la parte comestible. Fuente: Moreiras *et al.* (2019).

Cebolla	Composición
	100 g parte comestible
Agua	90 g
Energía	20-40 kcal
Proteína	0.9-1.6 g
Hidratos de Carbono	3.5-10 g
Fibra	1.8 g
Calcio	28 mg
Potasio	170 mg
Quercetina	20.3 mg

Las cantidades de hidratos de carbono en *A. cepa* son bajas, varían de un 3.5 a 10 g, en proteína de 0.9 a 1.6 g. Dentro de su composición se destaca la fibra dietética, ya que llega a tener hasta 1.8 g, la cual es soluble dentro de la salud humana (Tabla 3), se comporta como un prebiótico que favorece la flora bacteriana beneficiosa para la salud intestinal, otro de los elementos que tienen presencia son los minerales como el potasio, fósforo, magnesio, y trazas de hierro, entre otros elementos, el grupo de vitaminas que lo componen son las del grupo B1, B2, B6, niacina, ácido fólico y vitamina C (Moreiras *et al.*, 2019). Existen compuestos que le transfieren las características propias de *A. cepa* como lo son los compuestos azufrados, los cuales le confieren el olor y sabor característicos (Moreiras *et al.*, 2019), son sustancias muy volátiles, los cuales se desprenden provocando lagrimeos y una sensación de picor al estar en contacto. Los flavonoides son otro tipo de compuestos donde entra el antioxidante quercetina, la planta lo sintetiza como un tipo de defensa natural (Ricciardi *et al.*, 2020).

Ácido fúlvico en la producción de *A. cepa*. Dentro de las sustancias húmicas está el AF, se caracteriza por ser de un tamaño pequeño, lo que le permite llegar a las raíces de las plantas, tallos y hojas con mayor rapidez. Cuando se aplican se transportan minerales en forma de trazas directamente al sistema metabólico de la planta, dando refuerzo para mejorar la calidad y resistencia a enfermedades y condiciones de estrés, por ejemplo, falta de agua, temperaturas inadecuadas, entre otras (Pedroso y Domínguez, 2006). El AF también actúa de manera biológica,

estimula el crecimiento de flora y fauna microbiológica ya sea nativa o de forma inducida, por lo que se obtiene una biofertilización y mineralización de elementos presentes en el suelo del cultivo. Se recomienda aplicar AF en suelos alcalinos, suelos arenosos, suelos ácidos y suelos salinos, además, teniendo cuidado de no aplicar agentes nitrogenados en conjunto, ya que pueden causar controversias en la fijación de los nutrientes (Cibochem, SAS, 2020). Los beneficios de aplicar este tipo de compuestos han permitido a los agricultores obtener mayores rendimientos, sin provocar daños en el ambiente, por ello, existen diversos estudios en los cuales demuestran que utilizar AF aumenta el rendimiento del producto (Talavera *et al.*, 2013). Se ha observado en las plántulas aplicadas incrementos en las partes morfológicas y fisiológicas (Pettit, 2004). La mejora en la calidad de la planta como del rendimiento es uno de los factores más buscados en la actualidad, por ello, es necesario dar impulso a la aplicación de AF en el cultivo de *A. cepa*.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental. La investigación se realizó dentro de un invernadero, ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en conjunto con el Departamento de Ciencias del Suelo. El presente trabajo consistió en la aplicación de tratamientos de AF, desde la germinación de la semilla hasta la cosecha del cultivo *A. cepa* var, Cojumatlán.

Materiales. Para llevar a cabo la presente investigación, se necesitaron materiales para la siembra, trasplante, cosecha, así como para la medición de las variables a evaluar (Tabla 4).

Tabla 4. Materiales y reactivos utilizados en trabajo experimental.

Materiales para tratamiento en invernadero	Materiales para medición	Reactivos
Cajones de cultivo, de material polietileno, con salida de agua.	Pipeta 10 ml	Solución Steiner
Aspersor con capacidad de 1 l	Balanza analítica con capacidad de 500 g	AF
Sustrato peat moss	Vernier electrónico	Agua
Sustrato perlita	Regla numérica	Cloro
Charolas de germinación		

Dónde: AF = Ácido Fúlvico.

Metodología. Adaptación del área de cultivo: Se llevó a cabo la limpieza total del invernadero, despejando el área a utilizar, se desinfectaron los distintos materiales con una solución de cloro en una concentración de 2 ml l⁻¹, la cual fue aplicada mediante un aspersor, la solución se dejó en la superficie del material hasta su evaporación.

Análisis de agua de pozo. Se consideraron los análisis del pozo de la UAAAN del 2021. De esa fuente se regó el experimento (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de agua del pozo UAAAN.

Compuesto	Resultados kg ha ⁻¹
NO ₃ ⁻	0.39
H ₂ PO ₄ ⁻	0.0
SO ₄ ⁻	1.67
Cl ⁻	1.22
NH ₄ ⁺	1.67
K ⁺	0.15
Ca ⁺⁺	3.88
Mg ⁺⁺	1.95
Na ⁺	3.71
Alcalinidad total	6.06
pH	7.15

Germinación de la semilla. Este proceso comenzó desde la selección del sustrato perlita y peat most, humedeciéndolo de manera suficiente. Posteriormente, se aseguró que la semilla de *A. cepa* estuviera seca y apta para su siembra. En charolas para germinación se colocaron tres semillas por cada cavidad para asegurar plántulas germinadas. En este proceso hubo un monitoreo constante hasta la obtención de las plántulas para su trasplante.

Trasplante de la plántula. Se prosiguió con el trasplante a los cajones de polietileno. Para evitar el estrés de las plántulas, se realizó durante la tarde en la puesta del sol. El riego se llevó a cabo aplicando 400 ml de agua, junto con la solución Steiner, llevándose a cabo dos veces por día, con ello, se cumplió con tener una humedad constante en el cultivo, requisito para su correcto desarrollo.

Tratamientos. Los tratamientos aplicados fueron una solución de agua más AF, mediante el método de aspersión (Tabla 6). Se aplicaron 15 días después de haber realizado el trasplante de la plántula una vez por semana al finalizar el día, (Tabla 7).

Tabla 6. Tratamientos aplicados utilizando ácido fúlvico.

Tratamiento	Aplicación	
	Ácido fúlvico (ml)	Agua (l)
1	Testigo	1
2	2	1
3	4	1
4	6	1
5	8	1

Tabla 7. Fechas de aplicación de los tratamientos.

Aplicación	Fecha
1	25 de febrero de 2022
2	4 de marzo de 2022
3	11 de marzo de 2022
4	18 de marzo de 2022
5	1 de abril de 2022
6	25 de abril de 2022
7	29 de abril de 2022
8	6 de mayo de 2022
9	20 de mayo de 2022

Podas. Durante la aplicación de los tratamientos se realizaron podas del cultivo cada tercer día, durante un mes. Se comenzó a los 15 días posteriores al trasplante de las plántulas. Se dejó de realizar la poda 15 días antes de la cosecha.

Cosecha. Se realizó el 27 de mayo de 2022, no hubo presencia de plagas, enfermedades, ni muerte de la planta durante todo el periodo de siembra hasta su término. La cosecha se llevó a cabo extrayendo la cebolla de raíz, donde se prosiguió a las mediciones de las variables a evaluar.

Medición de variables. En la planta en fresco y con vernier electrónico, báscula analítica y regla se midieron las variables, largo del follaje (LFO, cm), peso fresco (PFE, g), diámetro polar (DPO, cm), largo de raíz (LRA, cm), peso del bulbo en fresco (PFB, cm), diámetro ecuatorial (DEC, cm),

número de hojas (NHO, conteo), peso de follaje (PFO, g) y número de capas del bulbo (NCB, conteo).

Unidad experimental. Una vez llegada la cosecha, en cada uno de los tratamientos, se seleccionó al azar cuatro plantas de *A. cepa*, se midieron las nueve variables, LFO (cm), PFE (g), DPO (cm), LRA (cm), PFB (cm), DEC (cm), NHO (conteo), PFO (g) y NCB (conteo).

Análisis estadístico y diseño experimental. A las variables evaluadas, LFO (cm), PFE (g), DPO (cm), LRA (cm), PFB (cm), DEC (cm), NHO (conteo), PFO (g) y NCB (conteo), se les aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. El análisis de varianza (ANVA) para cada una de las variables, se realizó con el software Excel® (Gupta, 2002). A las variables con significación estadística en el ANVA ($P < 0.05$) se les aplicó una comparación de medias con la prueba Tukey ($P < 0.05$) y la asignación de la notación Duncan (Myers *et al.*, 2012; Gupta, 2002). El modelo estadístico lineal utilizado fue,

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, t; j = 1, 2, \dots, n$$

Dónde: y_{ij} es la observación del tratamiento i en la repetición j , μ es la media general, τ_i es el efecto del i -ésimo tratamiento, e_{ij} es el error experimental de la ij -ésima observación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de las variables evaluadas. Los análisis de varianza (ANVA) para cada una de las variables del experimento: largo del follaje (LFO, cm), peso fresco (PFE, g), diámetro polar (DPO, cm), largo de raíz (LRA, cm), peso del bulbo en fresco (PFB, cm), diámetro ecuatorial (DEC, cm), número de hojas (NHO, conteo), peso de follaje (PFO, g) y número de capas del bulbo (NCB, conteo), se presentan a continuación,

Largo del follaje (LFO, cm). Las medias de los tratamientos se muestran en la Tabla 8, Figura 2.

Tabla 8. Medias para los tratamientos de la variable Largo del follaje (LFO, cm).

Tratamiento	Media	Agrupación
1	43.881	a
2	46.300	a
3	40.206	a
4	38.144	a
5	41.563	a
CV (%)	11.94	

Dónde: CV = Coeficiente de Variación (%). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

El mayor valor de LFO (cm) se obtuvo en T2 con 46.30 cm, es decir, al aplicar una concentración de 2 ml de AF, el de menor valor fue en el T4 con 38.14 cm, por debajo de T1 que fue el Testigo con 43.881 cm. No hubo diferencias entre los tratamientos aplicados a un mismo nivel de significación ($P > 0.05$). Basados en los resultados y comparando con la literatura, se observó que no necesariamente se debe aplicar una mayor cantidad de AF para obtener mayores resultados de LFO (cm). Por el contrario, una menor concentración de AF podría dar resultados mayores (Cavero y Machahuay, 2019). Al aplicar AF se han obtenido respuestas favorables que superaron en resultados al Testigo, se aplicaron hasta 20 kg ha⁻¹, sin embargo, esto se obtuvo con T2 en la presente investigación. Comparando ambos estudios, en aquél se utilizó riego por goteo en la variedad amarilla dulce de *A. cepa* (Cavero y Machahuay, 2019).

Peso Fresco (PFE, g). Las medias de los tratamientos se muestran en la Tabla 9, Figura 2.

Tabla 9. Medias para los tratamientos de la variable Peso Fresco (PFE, g).

Tratamiento	Media	Agrupación
1	2.698	a
2	3.923	a
3	1.894	a
4	1.220	a
5	1.733	a
CV (%)	87.81	

Dónde: CV = Coeficiente de Variación (%). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

El mayor valor de PFE (g) se obtuvo en T2 con 3.923 g; el de menor valor fue en el T4 con 1.22 g, por debajo del Testigo T1 con 2.698 g. No hubo diferencias entre los tratamientos aplicados a un mismo nivel de significación ($P > 0.05$).

Se observó que al aplicar AF en *A. cepa* con menor concentración, se obtuvieron mayores resultados, la planta mostró una sobre estimulación con 6 l ha^{-1} (Burbano, 2022). Utilizar AF como bioestimulante, se promueve el crecimiento y desarrollo del cultivo, ya que les otorga la característica de un aumento superior en las partes morfológicas (Breña, 2023).

Diámetro Polar (DPO, cm). Las medias de los tratamientos se muestran en la Tabla 10, Figura 2.

Tabla 10. Medias para los tratamientos de la variable Diámetro Polar (DPO, cm).

Tratamiento	Media	Agrupación
1	4.736	a
2	4.895	a
3	4.446	a
4	4.599	a
5	4.551	a
CV (%)	7.28	

Dónde: CV = Coeficiente de Variación (%). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

El mayor valor de DPO (cm) se obtuvo en T2 con 4.895 cm, el de menor valor fue en el T3 4.446 cm, para T1 con 4.736 cm. No hubo diferencias entre los tratamientos aplicados a un mismo nivel de significación ($P > 0.05$).

El DPO (cm) representa una variable de importancia para la calidad del bulbo de *A. cepa*, más aún al tratarse de la variedad Cojumatlán, caracterizada por ser un bulbo aplanado o ligeramente aplanado (Figura 1) (Herrera-Corredor *et al.* 2007; SIAP, 2024). Para el caso de la presente investigación, no hubo diferencias que mostraran la ventaja de aplicar AF en el cultivo. La incorporación de AF en plantas, tiende a estimular el metabolismo provocando un aumento en las proteínas y la actividad enzimática, por lo tanto, se espera que las medidas morfológicas aumenten (Morales, 2023), situación no observada en el presente experimento.

Largo de raíz (LRA, cm). Las medias de los tratamientos se muestran en la Tabla 11, Figura 2.

Tabla 11. Medias para los tratamientos de la variable Largo de raíz (LRA, cm).

Tratamiento	Media	Agrupación
1	12.972	a
2	9.894	a
3	8.934	a
4	10.294	a
5	10.519	a
CV (%)	19.45	

Dónde: CV = Coeficiente de Variación (%). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

El mayor valor de LRA (cm) se obtuvo en el Testigo T1 con 12.972 cm, el de menor valor fue en el T3 8.934 cm. No hubo diferencias entre los tratamientos aplicados a un mismo nivel de significación ($P > 0.05$).

La variable LRA (cm) es de importancia, forma parte de la morfología de la cebolla, tiene relación directa con la absorción de agua y nutrientes, sin embargo, en la investigación no se encontraron diferencias estadísticas por la aplicación de AF.

Al aplicar AF en el cultivo del café, se observó a los 60 días después del trasplante de la plántula, un aumento en el largo de la raíz de hasta 0.38 cm. Al aplicar en conjunto con ácido húmico, se

obtuvieron 0.27 cm, dichos valores no tuvieron diferencias significativas ($P > 0.05$) (Ochoa y Licona, 2017). En acelga al aplicar AF, se obtuvieron mayores aumentos en el largo de la raíz, las dosis utilizadas fueron de 2 ml l⁻¹ a 6 ml l⁻¹ (Vázquez, 2012).

Peso del Bulbo en Fresco (PFB, g). Las medias de los tratamientos se muestran en la Tabla 12 y Figura 2.

Tabla 12. Medias para los tratamientos de la variable Peso del Bulbo en Fresco (PFB, g).

Tratamiento	Media	Agrupación
1	78.48	a
2	110.14	a
3	60.70	a
4	55.97	a
5	62.51	a
CV (%)	38.50	

Dónde: CV = Coeficiente de Variación (%). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

El mayor valor de PFB (g) se obtuvo en el T2 con 110.14 g; el de menor valor fue en el T4 con 55.97 g, por debajo del Testigo T1 con 78.48 g. No hubo diferencias entre los tratamientos aplicados a un mismo nivel de significación ($P > 0.05$).

El PFB (g) es una variable de importancia en el cultivo de *A. cepa*, influye directamente sobre el rendimiento que tendrá el cultivo, se relaciona con el consumo. En un estudio en cultivo de cebolla se aplicó AF y humus de lombriz, el peso del bulbo tuvo un promedio general de 10.50 kg 50 bulbos⁻¹, el testigo obtuvo 8.14 kg, no obtuvieron diferencias significativas en los tratamientos aplicados (Hernández, 2014). En el presente experimento se obtuvieron pesos menores por bulbo sin diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Diámetro Ecuatorial (DEC, cm). Las medias de los tratamientos se muestran en la Tabla 13 y Figura 2.

Tabla 13. Medias para los tratamientos de la variable Diámetro Ecuatorial (DEC, cm).

Tratamiento	Media	Agrupación
1	5.529	a
2	5.706	a
3	4.875	b
4	4.765	b
5	5.112	b
CV (%)	8.74	

Dónde: CV = Coeficiente de Variación (%). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

El mayor valor de DEC (cm) se obtuvo en T2 con 5.706 cm, el de menor valor fue en el T3 con 4.875 cm, para T1 con 5.529 cm. Hubo diferencias entre los tratamientos aplicados a un mismo nivel de significación ($P < 0.05$).

Al igual que el DPO (cm), el DEC (cm) representan variables de calidad del bulbo de *A. cepa* var. Cojumatlán (Herrera-Corredor *et al.* 2007; SIAP, 2024). La estimulación del metabolismo por aplicación de AF provoca la actividad enzimática (Morales, 2023) situación observada la variable DEC (cm). De las nueve evaluadas, fue la única que mostró diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, de ellos T1 y T2 no fueron significativamente diferentes en los promedios de sus DEC (cm). En otras investigaciones en el cultivo de *A. cepa*, se obtuvo en promedio 7.03 cm en la medición ecuatorial de los bulbos, el valor mínimo fue de 5.87 cm (Hernández, 2014), lo cual fue por arriba de los resultados de la presente investigación.

Número de hojas (NHO, conteo). Las medias de los tratamientos se muestran en la Tabla 14 y Figura 2.

Tabla 14. Medias para los tratamientos de la variable Número de hojas (NHO, conteo).

Tratamiento	Media	Agrupación
1	6.375	a
2	6.125	a
3	6.250	a
4	4.688	a
5	5.438	a
CV (%)	16.64	

Dónde: CV = Coeficiente de Variación (%). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

El mayor valor de NHO (conteo) se obtuvo en T1 con 6.375 hojas; el de menor valor fue en el T4 con 4.688 hojas. No hubo diferencias entre los tratamientos aplicados a un mismo nivel de significación ($P > 0.05$).

El NHO (conteo) es una variable morfológica de importancia, contribuye a determinar la calidad de *A. cepa*. En otros estudios encontraron un promedio general de 3.97 hojas planta⁻¹ (Campos, 2020), tampoco observaron diferencias significativas. En esta investigación fue notable que el AF actuó como bioestimulante al promover el crecimiento y desarrollo de NHO (conteo) (Breña, 2023).

Peso de Follaje (PFO, g). Las medias de los tratamientos se muestran en la Tabla 15, Figura 2.

Tabla 15. Medias para los tratamientos de la variable Peso de Follaje (PFO, g).

Tratamiento	Media	Agrupación
1	22.270	a
2	21.503	a
3	20.281	a
4	14.278	a
5	16.911	a
CV (%)	34.55	

Dónde: CV = Coeficiente de Variación (%). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

El mayor valor de PFO (g) se obtuvo en el T1 con 22.270 g; el de menor valor fue en el T4 14.278 g. No hubo diferencias entre los tratamientos aplicados a un mismo nivel de significación ($P > 0.05$).

Al aplicar AF se obtuvo en promedio 38 kg de follaje por parcela, el nitrógeno fue un elemento crucial (Cásseres, 1980), sin embargo, en la presente investigación no se hizo análisis del elemento para hacer una comparación.

Número de capas del bulbo (NCB, conteo). Las medias de los tratamientos se muestran en la Tabla 16, Figura 2.

Tabla 16. Medias para los tratamientos de la variable Número de capas del bulbo (NCB, conteo).

Tratamiento	Media	Agrupación
1	8.813	a
2	7.875	a
3	9.000	a
4	8.750	a
5	7.813	a
CV (%)	8.17	

Dónde: CV = Coeficiente de Variación (%). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

El mayor valor de NCB (número) se obtuvo en T3 con 9.000 capas; el de menor valor fue en el T5 con 7.813 capas; en el Testigo T1 con 8.813 capas. No hubo diferencias entre los tratamientos aplicados a un mismo nivel de significación ($P > 0.05$).

Al aplicar ácido húmico de lombriz y una mezcla de nitrógeno, fósforo y potasio (150-80-150 ppm) se obtuvieron mayores resultados que cuando solo se aplicó AF (Hernández, 2014).

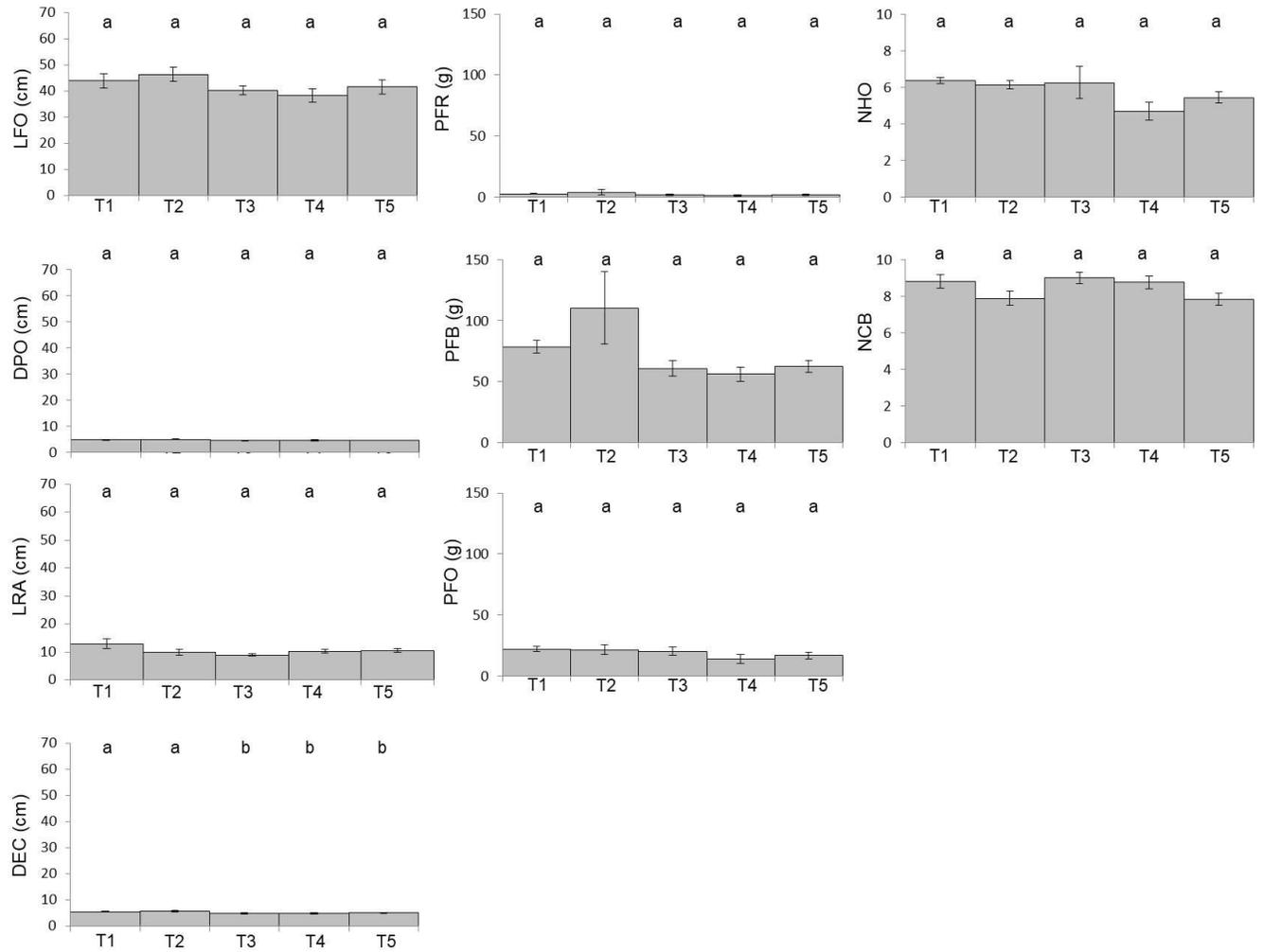


Figura 2. Gráfico de medias para las variables evaluadas en *Allium cepa* var. Cojumatlán. Dónde: LFO (cm), PFE (g), DPO (cm), LRA (cm), PFB (cm), DEC (cm), NHO (conteo), PFO (g) y NCB (conteo). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

V. CONCLUSIONES

La aplicación de AF se vio reflejada en los datos obtenidos de los distintos tratamientos, esto se mostró en las variables de NCB (conteo), el mayor fue en T3, DEC (cm) en T2, PFB (cm) en T2 y DPO (cm) en T2, el AF contribuyó en el desarrollo metabólico de la planta, los valores morfológicos aumentaron, manifestándose en los promedios numéricos. Así mismo, el sistema de defensa del cultivo se reforzó, a lo largo del experimento no se presentaron plagas ni enfermedades. Sin embargo, en algunas variables esto resulto contrario, se llegaron a obtener valores mayores en T1 que en los otros tratamientos, esto se manifestó en LRA (cm), PFO (g) y NHO (conteo). El objetivo se cumplió ya que se logró analizar el efecto del AF en la producción de *Allium cepa* var, Cojumatlán. Evidentemente, hubo variables donde T1 mejoró a los otros tratamientos, por ello, se sugiere probar con distintas concentraciones en el orden T2-T1, es decir, de 0 a 2 ml de AF + 1 l de agua, indicando un área de oportunidad para futuros experimentos.

VI. LITERATURA CITADA

- Burbano, M. E. (2022). Descripción de las principales enfermedades en cultivo cebolla (*Allium cepa* L.) y sus métodos de control. Tesis de licenciatura: Universidad Técnica de Babahoyo. Los Ríos, Ecuador. 43 p. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13360/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000481.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (verificado 7 de marzo de 2024).
- Breña, H., J. (2023). Comportamiento Agronómico del cultivo de maíz morado (*Zea mays*) a la aplicación de cuatro dosis de trihormona en el distrito de Paucar, Provincia de Daniel Alcides Carrión. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Pasco, Perú. 80 p. Disponible en http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3300/1/T026_74239040_T.pdf (verificado 8 de marzo de 2024).
- Campos, H. C. (2020). Adaptacion de cuatro variedades de cebolla (*Allium cepa* l.) en condiciones agroecológicas de Huacrachuco-Huanuco. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Hermilio Valdizan Huánuco. Huánuco, Perú. 60 p. Disponible en <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/7308/TAG00928S23.pdf?sequence=5&isAllowed=y> (verificado 5 de marzo de 2024).
- Cásseres, E. (1980). Producción de hortalizas (3a ed.). Series de libros y materiales educativos No. 42. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 387 p.
- Cavero, T. K., y Machahuay H., J. (2019). Respuesta de la aplicación foliar de tres dosis de bioestimulantes y tres dosis de ácido fulvico en el cultivo de cebolla amarilla dulce. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica, Perú. 103 p. Disponible en <https://repositorio.unica.edu.pe/bitstreams/97f6f511-c9d2-47de-a6d1-66f498ff3554/download> (verificado 5 de marzo de 2024).
- Cibochem, SAS. (2020). Ficha técnica: Ácido Fúlvico. Disponible en <https://www.cibochem.com/wp-content/uploads/2020/03/09.-Ficha-Técnica-M.P.-Ácido-Fúlvico.pdf> (verificado 5 de marzo de 2024).
- Cristancho, V. J., Buitrago, A. A., & Corredor, L. R. (1990). El cultivo de la cebolla cabezona. Servicio Nacional de Aprendizaje. Subdirección Técnica Pedagógica, División

- Agropecuaria. Cúcuta, Colombia. 31 p. Disponible en https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5508/cultivo_cebolla_cabezona.PDF?sequence=1&isAllowed=y (verificado 7 de marzo de 2024).
- Dechmi, F. (2002). Gestión del agua en sistemas de riego por aspersión en el valle de Ebro: análisis de la situación actual y simulación de escenarios. Tesis doctoral. Universitat de Lleida. Zaragoza, España. 217 p. Disponible en <https://digital.csic.es/bitstream/10261/4810/1/2002-TesisFaridaDechmi.pdf> (verificado 8 de marzo de 2024).
- Dughetti, A. (1997). El manejo de las plagas de la cebolla. Boletín de Divulgación del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. pp: 201-210. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8715/1/Bd-88-Paullier-p.201-210.pdf> (verificado 8 de marzo de 2024).
- Enciso, C. (2019). Guía técnica del cultivo de la cebolla. San Lorenzo, Paraguay. 68 p. Disponible en https://www.jica.go.jp/Resource/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_02.pdf (verificado 5 de marzo de 2024).
- Gregory, P. (1992). Crecimiento y desarrollo vegetal, condiciones del suelo y desarrollo de las plantas. (3a ed.) Mundiprensa. 1045 p.
- Gupta, V. (2002). Statistical Analysis with Excel. VJ Books Inc, Canada. 256 p.
- Gurrola, V. (2016). Capacidad antioxidante de diferentes variedades de cebolla (*Allium cepa* L.) y la correlación con su perfil espectroscópico. Tesis de maestría en ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León. 82 p. Disponible en <http://eprints.uanl.mx/14327/1/1080238020.pdf> (verificado 5 de marzo de 2024).
- Hernández, D. (2014). Influencia de una fertilización NPK y tres abonos orgánicos en la producción de cebollas (*Allium cepa* L.). cv “civan” en el Valle de Chao-La Libertad. Tesis de licenciatura. Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma. Trujillo, Perú. 95 p. Disponible en <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/867> (verificado 5 de marzo de 2024).
- Herrera Corredor, C., & Carrillo Castañeda, G. (2007). Caracterización de variedades de cebolla (*Allium cepa* L.) basada en características físicas y funcionales de la semilla. Agrociencia, 41(7), 755-762. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v41n7/1405-3195-agro-41-07-755-es.pdf> 4 de marzo de 2024.

- Hunt, R. (1982). Plant growth curves the funcional approach to plant growth analysis. Edward Arnold, Londres. 248 p.
- Lipinski, V., Gaviola, S., y Gaviola, J. (2002). Efecto de la densidad de plantación sobre el rendimiento de cebolla, cobriza con riego por goteo. (4a ed.). Agricultura Técnica.
- Lorenz, O. y Maynard, D. (1988). Manual de Kenott para productores de hortalizas. John Wiley and Sons. (3a ed.). Nueva York.
- Magnifico, V. (1987). Principio técnico agronómico de la fertilización en el suelo. Tesis de licenciatura. Universidad de Padova.
- Mata, V. H. Patishtán, P. J., Vázquez, G. E. y Ramírez, M. M. (2011). Fertirrigación del cultivo de cebolla con riego por goteo en el sur de Tamaulipas. Centro De Investigación Regional Del Noreste Campo. SAGARPA. 158 p. Disponible en <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/901.pdf> (verificado 5 de marzo de 2024).
- Minkenberg, O., Byrne, D. y Palumbo, J. (1993). Insect Pest Management for Vegetables, (36): 181-186.
- Morales; R. I. (2023). Respuesta del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), variedad roja arequipeña, a cinco láminas de riego por goteo en el valle de Cajamarca. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú. 64 p. Disponible en <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5497/TESIS%20ISAIAS%20MORALES%20RUDAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (verificado 8 de marzo de 2024).
- Moreiras, O., Carbajal, Á., Cabrera, L., & Cuadrado, C. (2019). Tablas de composición de alimentos. Ediciones Pirámide. Madrid, España. 140 p. Disponible en https://catedraalimentacioninstitucional.files.wordpress.com/2014/09/3-1-tablas_de_composicion_de_alimentos.pdf (verificado 5 de marzo de 2024).
- Muñoz Uribe, J. y Quispe, J. (2019). Efecto de la aplicación foliar de tres dosis de un compensador energético y tres dosis de ácido fúlvico en el cultivo de vid (*Vitis vinífera* L.), cultivar Thompson Seedless, bajo riego por goteo en la zona alta del valle de Ica. Tesis de licenciatura en Ingeniero agrónomo. Universidad nacional San Luis Gonzaga.
- Myers, R. H., Walpole, R. E., Myers, S. L., & Ye, K. (2012). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. (8a ed.). Prentice Hall. 792 p.

- Ochoa, J. H., y Licona, G. J. (2017). Efecto del uso de ácidos húmicos, fúlvicos y su interacción con fertilizante nitrogenado en el crecimiento de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) en vivero. Tesis de Doctorado. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 22 p. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/eb372563-e5f8-49cd-af09-9be0169d3df9/content> (verificado 5 de marzo de 2024).
- Pedroso, R. y Domínguez, A. (2006). Ácidos Húmicos, Formas de Extracción y Usos. Departamento de Química e Ingeniería Química. Universidad de Matanzas. Cuba. 22 p.
- Pettit, R. E. (2004). Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: their importance in soil fertility and plant health. CTI Research, 10: 1-7. Disponible en <https://www.researchgate.net/profile/Arvind-Singh-21/post/Can-anyone-provide-information-on-complexation-of-calcium-and-magnesium-by-organic-matter-in-soil/attachment/59d6366979197b8077993d18/AS%3A388515239088130%401469640659976/download/2.pdf> (verificado 5 de marzo de 2024).
- Ricciardi, L., Mazzeo, R., Marcotrigiano, A. R., Rainaldi, G., Iovieno, P., Zonno, Pavan, S., & Lotti, C. (2020). Assessment of genetic diversity of the “acquaviva red onion” (*Allium cepa* L.) Plants, 9(2): 1-13.
- Ruiz, E. (2016). Estudio del efecto del tratamiento poscosecha por irradiación gamma sobre la vida útil de la cebolla perla ecuatoriana de exportación (*Allium cepa* L.). Tesis de licenciatura. Quito, Ecuador. 101 p. Disponible en <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/14778/1/CD-6804.pdf> (verificado 5 de marzo de 2024).
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Avance de siembras y cosechas ciclo otoño-invierno 2020-2021. Disponible en http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do (verificado 5 de marzo de 2024).
- Siliquini, O. (2022). Cosecha y poscosecha en cultivos de ajo y cebolla. Boletín hortícola pampeano, 7(1): 17-24. Disponible en <https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/8582/v07n1a03siliquini.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (verificado 5 de marzo de 2024).

- Talavera, C., Cervantes, G., Valle, M., y Rodríguez, H. (2013). Efecto del ácido fúlvico en la extracción nutrimental y rendimiento del cultivo de melón en bioespacio. *Agrofaz: publicación semestral de investigación científica*, 13(2): 23-29.
- Tello-Peramas, L. D. (1999). Efecto de la aplicación directa e indirecta de azufre en los cultivos de cebolla y papa bajo condiciones de campo e invernadero. Universidad Nacional Agraria la Molina. Tesis de Maestría en Ciencias. Lima, Perú. 98 p. Disponible en <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1775/F04-T44-T.pdf?sequence=8&isAllowed=y> (verificado 5 de marzo de 2024).
- Universidad Agrícola. (2019). La cebolla, características morfológicas, fertilización y cosecha. Disponible en <https://universidadagricola.com/la-cebolla-caracteristicas-morfologicas-fertilizacion-y-cosecha/> (verificado 5 de marzo de 2024).
- Vass, A. (1979). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. (3a ed.). Universidad de California. 535 p.
- Vázquez, D. (2012). Efectos de los ácidos húmicos y fúlvicos en la nutrición de acelga (*Beta vulgaris* L.) bajo un sistema de raíz flotante. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México. pp: 13-16.
- Yamada, K y Xunt, H. (2000). Properties and applications of an organic fertilizer inoculated with effective microorganisms. *Journal of Crop Production*, 3(1):255-268.
- Zamora, E. (2016). El cultivo de la cebolla. Serie guías: producción de hortalizas DAG/HORT-015: Hermosillo, Sonora. 7 p. Disponible en <https://dagus.unison.mx/Zamora/CEBOLLA-DAG-HORT-015.pdf> (verificado 7 de marzo de 2024).