

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Biofortificación en flor de calabaza (*Cucúrbita pepo* L.) con humato de calcio

Por:

ALEJANDRO SALGADO CRISTÓBAL

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre, 2022.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Biofortificación en flor de calabaza (*Cucúrbita pepo* L.) con humato de calcio.

Por:

ALEJANDRO SALGADO CRISTÓBAL

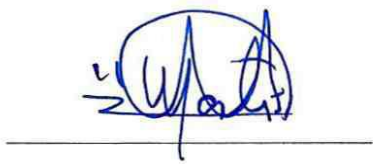
TESIS


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

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA


Dr. Rubén López Salazar
Presidente


M.C. Francisca Sánchez Bernal
Vocal


M.E. Víctor Martínez Cueto
Vocal


M.D. Juan Manuel Nava Santos
Vocal suplente


Dr. J. Isabel Márquez Mendoza
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre, 2022.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Biofortificación en flor de calabaza (*Cucúrbita pepo* L.) con humato de calcio.

Por:

ALEJANDRO SALGADO CRISTÓBAL

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Rubén López Salazar

Asesor principal



M.C. Francisca Sánchez Bernal

Asesor



M.E. Víctor Martínez Cueto

Asesor



M.D. Juan Manuel Nava Santos

Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

Asesor



Dr. J. Isabel Márquez Mendoza

Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre, 2022.

AGRADECIMIENTOS

A **mis padres** Gregorio Salgado Severino e Hilaria Cristóbal Cayetano por su gran apoyo y amor incondicional a lo largo de mi vida, por sus enseñanzas y la dedicación que pusieron en mi a llevarme al camino correcto.

A **mis hermanos**

Ing. Irma Salgado Cristóbal por su gran apoyo dentro y fuera de la carrera, además de guiarme y ser mi mentor en los años de estudio, por su cariño y muchas otras cosas más. A Aura Salgado Cristóbal por sus consejos y su cariño. A Isabel Salgado Cristóbal por tener por su amor y cariño. A Raúl Salgado Cristóbal por su compañía. A José Salgado Cristóbal por las aventuras juntos.

A **mi sobrina** Lidia Sánchez Salgado por su cariño y confiar en mí.

A **la M.V.Z. Laura Vivian Villanueva Franco** Por todo su apoyo y gran cariño incondicional, por su compañía, en su confianza en mí y porque me motivo a seguir adelante en los momentos más difíciles, por no dejarme solo y por su comprensión.

A **mi Alma Mater** por darme una educación de calidad y formarme como un profesionalista.

A **mi asesor** el Dr. Rubén López Salazar por su gran ayuda, comprensión apoyo e interés por sacar el estudio de manera correcta además de compartir sus conocimientos.

A **mis profesores** por sus enseñanzas y su empeño en dar una educación buena y de calidad.

A **mis amigos** a Rodrigo Mejia Estrada por su apoyo en los momentos difíciles y los buenos momentos. A Florentino Zarate Zarate por escucharme y su apoyo durante la carrera.

A **mis compañeros tesisistas y de servicio social** por la gran ayuda que me brindaron durante el proceso de la experimentación y la compañía que se me brindo.

DEDICATORIA

A **mis padres** Gregorio Salgado Severino e Hilaria Cristóbal Cayetano por su amor, confianza y esmero.

A mis hermanos

Ing. Irma Salgado Cristóbal, Aura Salgado Cristóbal, Isabel Salgado Cristóbal, Raúl Salgado Cristóbal, José Salgado Cristóbal por su compañía y amor.

A **mi sobrina** lidia Sánchez Salgado por su cariño.

A **la M.V.Z. Laura Vivian Villanueva Franco** Por todo su apoyo, amor y cariño incondicional.

A **mi Alma Mater** por darme una educación de calidad.

A **mi asesor** el Dr. Rubén López Salazar por su ayuda, comprensión, apoyo e interés.

A **mis profesores** por sus enseñanzas y su empeño en dar una educación buena y de calidad.

A **mis amigos** a Rodrigo Mejia Estrada y Florentino Zarate Zarate por su apoyo en los momentos difíciles y los buenos momentos.

A **mis compañeros tesistas y de servicio social** por la gran ayuda y compañía.

RESUMEN

La flor de *Cucúrbita pepo* L. es uno de los alimentos muy bien apreciados culinariamente por su sabor y coloración la cual le da un toque especial a los platillos, sin embargo no se le da mucha importancia en comparación al fruto. El objetivo del presente trabajo fue mejorar los valores nutrimentales de la flor de *Cucúrbita pepo* L. biofortificadas con humato de calcio (calcio + ácidos húmicos) bajo condiciones de invernadero. Los tratamientos fueron: T.T= 0 ml, T.1= 2 ml, T.2= 4 ml, T.3= 6 ml y T.4= 8 ml con 8 repeticiones por tratamiento. La biofortificación se realizó por medio del riego a partir del 14 de septiembre al 8 de octubre del 2021. La adición del 8 % de humato de calcio al cultivo de *Cucúrbita pepo* L. bajo condiciones de invernadero aumentó significativamente la concentración del macronutriente Ca en la flor de calabaza.

Palabras clave: *Cucúrbita pepo* L., calcio, biofortificación, nutrición, ácidos húmicos, humato de calcio.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Hipótesis	2
2 REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Importancia económica mundial	3
2.2 Importancia económica nacional	4
2.3 Importancia del fruto	4
2.4 Importancia floral	5
2.5 Usos de la flor de la calabaza	6
2.6 Fertilización química en la calabacita	6
2.7 Ácidos húmicos en la calabaza	7
2.8 Efecto de las Sustancias Húmicas	7
2.8.1 Efecto de los ácidos húmicos en la planta	7
2.9 Mezclas de ácidos húmicos con la fertilización química	8
2.10 Importancia del Ca en la flor de la calabaza	8
2.11 Mezcla de los ácidos húmicos y el calcio	9
2.12 Humato de calcio	9

2.13 Cultivo en arena	9
2.14 El efecto del ácido húmico en el suelo arenoso	10
2.15 Solución de Steiner	10
2.16 Desviación óptima porcentual	11
3 MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1 Localización del experimento	13
3.2 Diseño experimental	13
3.3 Metodología.....	16
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
5. CONCLUSIONES	33
6. REFERENCIAS.....	34

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Concentración de sales para 100 L de agua (Fernández, 2007).....	10
Cuadro 2. Solución nutritiva para el crecimiento vegetativo de Cucúrbita pepo L.....	13
Cuadro 3. Solución nutritiva para floración de Cucúrbita pepo L.....	14
Cuadro 4. Datos del análisis de flor de Cucúrbita pepo L.....	18
Cuadro 5. Normas de referencia para el cálculo del DOP (Reuter y Robinson, 1997)	19
Cuadro 6. Orden de limitación de elementos por el método DOP del T.T de Cucúrbita pepo L.	19
Cuadro 7. Orden de limitación de elementos por el método DOP del T.1 de Cucúrbita pepo L.	19
Cuadro 8. Orden de limitación de elementos por el método DOP del T.2 de Cucúrbita pepo L.	20
Cuadro 9. Orden de limitación de elementos por el método DOP del T.3 de Cucúrbita pepo L.	20
Cuadro 10. Orden de limitación de elementos por el método DOP del T.4 de Cucúrbita pepo L.	21
Cuadro 11. Análisis de macroelementos en flor Cucúrbita pepo L.....	23
Cuadro 12. Análisis de microelementos en flor Cucúrbita pepo L.	25
Cuadro 13. Peso fresco, peso seco y materia seca de la planta de calabaza <i>Cucúrbita pepo</i> L. .	26
Cuadro 14. Correlación: Peso fresco, Peso seco, Materia seca de la planta de calabaza Cucúrbita pepo L.....	26
Cuadro 15. Área radicular de la planta de calabaza <i>Cucúrbita pepo</i> L.	27
Cuadro 16. Área foliar de la planta de calabaza <i>Cucúrbita pepo</i> L.	29
Cuadro 17. Aporte mineral de proteína de la flor de calabaza <i>Cucúrbita pepo</i> L.	31
Cuadro 18. Aporte mineral por cada 100 g de los tratamientos de la flor de calabaza <i>Cucúrbita</i> <i>pepo</i> L.	32
Cuadro 19. Aporte mineral comercial (100 g) (Alfonso, 2004) en comparación del aporte mineral por tratamiento (100 g) la flor de calabaza <i>Cucúrbita pepo</i> L.	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución del promedio de producción de calabazas, zapallo y calabaza confitera por regiones del mundo en 2016 Fuente: (FAO, 2017).	3
Figura 2. Principales países productores de calabazas, zapallo y calabaza confitera (2016). Fuente: (FAO, 2017).	4
Figura 3. Llenado de bolsas	14
Figura 4. Siembra de la calabaza (Cucúrbita pepo L.)	
Figura 5. Brote de la plántula.	15
Figura 6. Aparición de la primera hoja verdadera	15
Figura 7. Aplicación del humato de calcio	15
Figura 8. Corte y recolección de la flor.	16
Figura 9. Corte y recolección de la hoja.	
Figura 10. Corte y recolección de la raíz.	16
Figura 11. Macroelementos T.T	
Figura 12. Macroelementos T.1	21
Figura 13. Macroelementos T.2	
Figura 14. Macroelementos T.3.	22
Figura 15. Macroelementos T.4.	22
Figura 16. Microelementos T.T	
Figura 17. Microelementos T.1.	23
Figura 18. Microelementos T.2	
Figura 19. Microelementos T.3.	24
Figura 20. Microelementos T.4.	24
Figura 21. Peso fresco	
Figura 22. Peso seco	25
Figura 23. Materia seca %	25
Figura 24. Área radicular de la calabaza Cucúrbita pepo L.	27
Figura 25. Raíz de la planta del T.T R.7	
Figura 26. Raíz de la planta del T.1 R.2	28
Figura 27. Raíz de la planta del T.2 R.8	
Figura 28. Raíz de la planta del T.3 R.8	28

Figura 29. Raíz de la planta del T.4 R.5	28
Figura 30. Área foliar de Cucúrbita pepo L.	29
Figura 31. Hojas del T.T	
Figura 32. Hojas del T.1	30
Figura 33. Hojas del T.2	
Figura 34. Hojas del T.3	30
Figura 35. Hoja del T.4.....	30
Figura 36. Aporte de proteína de la flor de la calabaza Cucúrbita pepo L.	31

1. INTRODUCCIÓN

La calabacita (*Cucúrbita pepo L.*) es una especie anual originaria de México y Norte América. La planta tiene flores dioicas de color anaranjado, con frutos cilíndricos de color verde claro e interior blanco con pequeñas semillas blancas (Stephens, 2009). Esta hortaliza se cultiva en todo el mundo y es económicamente importante para muchos países (Taylor y Brant, 2002) ya que se utiliza para consumo humano, como medicina tradicional (Caili *et al.*, 2006), planta fitorremediadora (Ciura *et al.*, 2005) e incluso para fines decorativos (Srbinoska *et al.*, 2012). Uno de los principales países productores de este vegetal es México (FAOSTAT, 2014).

Los ácidos húmicos son moléculas complejas orgánicas formadas por la descomposición de materia orgánica. Influye en la fertilidad ya que aumenta la capacidad de retener agua según. Favorecen elocuentemente a la estabilidad y fertilidad del suelo implicando en crecimiento excepcional de la planta y en el aumento en la absorción de nutrientes (Gómez, 2006). Contribuyen a la mejora de la estructura el suelo. Por el proceso de humificación y mediante síntesis microbiológica se producen nuevos compuestos químicos de masa molecular grande y de color oscuro, que contribuyen la fracción edáfica del suelo (Patterson, 1970).

Devlin (1976), afirma que el calcio es importante en las plantas por su participación en las paredes celulares en forma de pectatos de calcio, por lo que la lámina media de las membranas celulósicas está formada básicamente por pectatos de calcio y magnesio. Es constituyente de las membranas celulares y actúa como cofactor de varias enzimas (Barceló, 2005).

El calcio es importante en la síntesis de pectina de la lámina media, ya que proporciona rigidez a la pared celular. Además, señala que las regiones meristemáticas son las primeras afectadas por efecto de la deficiencia de calcio, debido a que una reducción de este elemento, limita la formación de nuevas paredes celulares, imposibilitando la pared celular (Bidwell, 1993). Asimismo, actúa en la planta como componente estructural de las paredes y membranas celulares y como cofactor de varias enzimas, menciona que el calcio es importante en la síntesis de pectina de la lámina media de la pared celular, dándole rigidez a la pared misma. Además, señala que las regiones meristemáticas son las primeras afectadas por la deficiencia de calcio, ya que una reducción del elemento impide la formación de nuevas paredes celulares con los que se imposibilita la división celular y por tanto un crecimiento normal (Barceló, 2005).

1.1 Objetivo general

Biofortificar la flor de calabaza (*Cucúrbita pepo* L.) con humato de calcio.

1.2 Hipótesis

La biofortificación con humato de calcio tiene un efecto positivo en la nutrición de la flor de la calabaza (*Cucúrbita pepo* L.).

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia económica mundial

Un cultivo potencial que se identifica en la actualidad es la calabaza ya que es considerado como un producto importante dentro de la dieta (Lira, 1996). La calabaza se cultiva desde el norte de México hasta Argentina y Chile y se ha extendido a Europa, Asia y América occidental. La calabaza es una enredadera anual o planta rastrera y se puede cultivar desde el nivel del mar hasta grandes altitudes. Es famoso por sus semillas comestibles, frutas y verduras (Matsui y Grosch, 1998).

Incluye numerosas razas locales de México, con características diversas y que se cultivan en zonas ecológicas sumamente contrastantes, como la llamada tsool (maya) o mensejo, que se cultiva en bajas altitudes y en los suelos calizos y delgados de Chiapas y de la Península de Yucatán (Lira, 1996). FAO, (2017) menciona que en el lapso de 2006 a 2016 el cultivo promedio de calabazas, zapallo y calabaza confitera llego a 23.422.676 toneladas. La producción se distribuyó en cinco regiones: Asia, Europa, América, África y Oceanía. Asia mostró mayor producción, con la participación del 64 %.

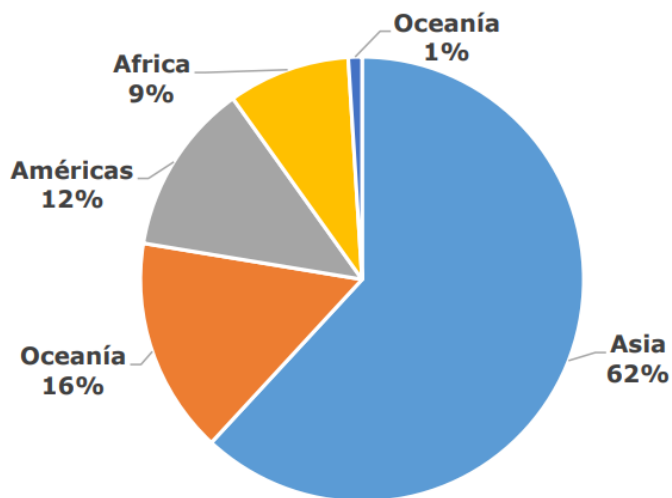


Figura 1. Distribución del promedio de producción de calabazas, zapallo y calabaza confitera por regiones del mundo en 2016 Fuente: (FAO, 2017).

Los países que hicieron uso de los 10 principales lugares de producción en toneladas de calabazas, calabacines y calabazas dulces fueron China continental, como el principal, con 7,789,437 toneladas, seguido de India, Rusia, Ucrania, Estados Unidos, México, Indonesia, Italia, Cuba y Turquía. Entre los 118 países reportados como productores (FAO, 2017).

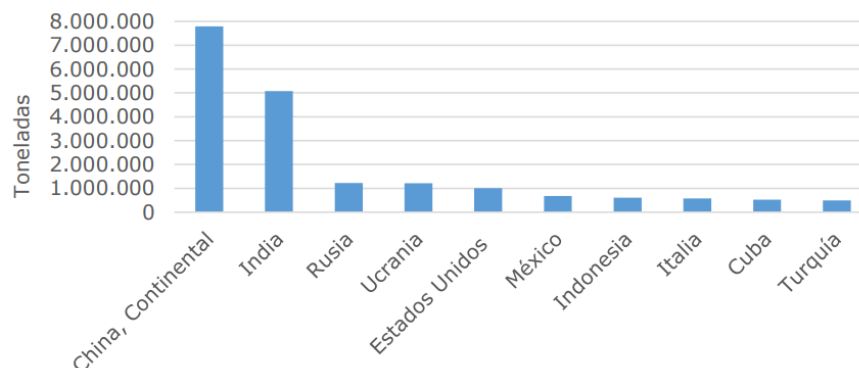


Figura 2. Principales países productores de calabazas, zapallo y calabaza confitera (2016). Fuente: (FAO, 2017).

2.2 Importancia económica nacional

En México la producción de calabaza es una opción de comercio rentable por la importante derrama económica por la demanda que hay a nivel nacional y mundial. La calabaza forma parte de los cultivos muy importantes. En México se producen cinco variedades como; la calabacita criolla, calabaza de castilla, calabaza italiana, calabaza melón y la calabaza kabocha. Los principales productores de calabaza en el país son Sonora, Sinaloa, Tlaxcala y Nayarit, además se encuentran Hidalgo, Puebla y Morelos. Es importante señalar en 2011 se produjeron 387 mil 463 toneladas de calabaza en todo el país, obteniendo rendimientos en los meses de primavera y verano. Cabe mencionar que la producción total se destina principalmente al mercado internacional de Japón, Canadá y Estados Unidos, (CONOCE HIDROPONÍA, 2016).

2.3 Importancia del fruto

Los frutos con tamaño muy variable y formas disímiles, blando a fuertemente acastillados, cáscara lisa y dura, de tonalidad diversa, verde claro a oscuro, moteado en crema o verde contrastando con amarillo, anaranjado o bicolor; pulpa crema a amarillenta o anaranjada pálida, semillas numerosas, angostamente o anchamente elípticas a raramente orbiculares, estas características dependen del morfotipo (FAO, 2013).

El fruto tiene un buen contenido de β -caroteno y tiene un contenido moderado de carbohidratos, vitaminas y minerales (Yadav *et al.*, 2010) y nutrientes importantes como el calcio, el fósforo, la

tiamina, la riboflavina, la niacina y el ácido ascórbico. Los frutos maduros también se emplean como forraje de animales domésticos, siendo este uso, el más registrado en los países del Viejo Mundo a los que han sido incrustadas estas especies (Lira, 1996).

Los frutos tiernos y maduros, en mercados de zonas más pobladas o grandes ciudades es habitual encontrar en venta frutos inmaduros de cultivos comerciales de *Cucúrbita pepo*. La pulpa de los frutos maduros se asa o se hierva para prepararse como dulce. En ocasiones, es posible observar que la preparación de estos dulces también está relacionada con ciertos rasgos de los frutos (Lira, 1996).

2.4 Importancia floral

La planta de calabaza es monoica. (Robinson y Reiners, 1999). Son distinguidas por su color amarillento o anaranjado (o a veces de ambos colores); además el tallo tiene la particularidad de producir flores masculina y femenina, esto quiere decir que en lugar de reproducirse de manera asexual, la flor hembra tiene que ser politizada por la flor macho. Ambas flores se distinguen porque las hembras tienen estigma y bajo la copa de los pétalos se localizan los óvulos adentro de un ovario ovoide que se convierte en fruto después de ser polinizada. Por otro lado, las flores machos tienen anteras en forma de pistilo que contienen el polen que poliniza a las hembras (Ortega, 2019).

Las flores masculinas son largas y pediceladas y tienen un cáliz campanulado de 5 a 10 mm de largo y casi igual de ancho, sépalos lineares de 5–15 × 1–2 mm y una corola tubular campanulada bastante más ancha hacia la base, de 6 a 12 cm de largo y de color amarillo a naranja pálido. Tienen tres estambres. Las flores femeninas tienen pedúnculos robustos, de 3 a 5 cm de largo, ovario ovoide a elíptico, multilocular, sépalos ocasionalmente foliáceos y corola algo mayor que la de las flores masculinas (Yadav *et al.*, 2010).

Su ciclo de vida es considerablemente corta, algunas especies se abren sólo por un día. En México se consumen las flores y los tallos tiernos que provienen, especialmente, de *Cucúrbita argyrosperma* (calabaza pipiana), *Cucúrbita moschata* (calabaza de Castilla), *Cucúrbita ficifolia* (chilacayote) y *Cucúrbita pepo* (calabacita). Las calabazas tienen dos tiempos: la primera ocurre a finales de mayo y principios de junio, y la segunda va de finales de agosto a principios de octubre (Vela, 2010).

En las flores y los tallos jóvenes se encuentra la mayor parte de los nutrientes, vitaminas y aminoácidos, consumir tallos y flores es común en partes de México, la flor no tienen aroma. Desde tiempos prehispánicos, las flores y tallos tiernos son importantes en la gastronomía de México (Vela, 2010). Al ser una planta alógama, el efecto de la heterosis es explorado en programas de mejoramiento genético. Las cucurbitáceas dependen de la polinización por insectos para la reproducción (Robinson y Reiners, 1999).

2.5 Usos de la flor de la calabaza

La flor de calabaza ha sido un componente de tal importancia en la cocina mexicana. Sus pétalos son de color amarillo, naranja o blanco. Se obtiene en mayor cantidad en temporada de lluvias por la humedad que necesita. Cabe resaltar al utilizarse con fines culinarios, de igual manera se usa en el campo de la medicina (SADER, 2016).

Con delicado sabor dulce, la flor de calabaza da sazón tan especial a las sopas, cremas, guisos, tamales, tortitas, ensaladas, pastas, pechugas, pescado y quesadillas. Al ser rica en nutrientes, beneficia el crecimiento de los infantes y la vista. Asimismo, sus propiedades medicinales ayudan a combatir la osteoporosis (debilidad de los huesos), gripes, problemas urinarios, cardíacos y de desarrollo del bebé durante el embarazo (SADER, 2016).

2.6 Fertilización química en la calabacita

La calidad y rendimiento de la calabacita estriban de varios factores que intervienen claramente previamente de la recolección de los mismos; uno de ellos es la nutrición mineral. Se clasifica como la hortaliza que requiere altas dosis de fertilización, por su capacidad para producir una gran cantidad de biomasa (Martinetti y Paganini, 2006).

Las cantidades de fertilizante mineral favorecidas en la calabacita dependen de la región, por los tipos de suelo y calidad del agua, una dosis de fertilización que oscila entre 200-225 Kg de N, 100-125 Kg de P y 250-300 Kg de K (CONABIO, 2006).

Los nutrientes se pueden aportar complacientemente por medio de la combinación de abonos orgánicos y fertilizantes inorgánicos, ya que los primeros ayudan a las propiedades edáficas, y los últimos contribuyen nutrimentos a los vegetales (Jacob, 1973).

Vanlavwe *et al.* (2001) mencionan que el fertilizante inorgánico como los abonos orgánicos se necesita para aumentar la producción. Los abonos orgánicos conservan las propiedades físicas y

químicas del suelo, en cuanto a los fertilizantes minerales suministran cantidades suficientes de nutrientes durante el período de su máxima absorción.

El buen manejo de nutrientes y el uso de fertilizantes es cerciorar una sincronización entre los exigencias del cultivo y la liberación de nutrientes derivadas de fertilizantes o de materiales orgánicos, de manera que se baje el riesgo de transporte de nutrientes a aguas superficiales o subterráneas (Brady y Weil, 1999).

2.7 Ácidos húmicos en la calabaza

Los ácidos húmicos son moléculas complejas orgánicas formadas por la descomposición de materia orgánica. Influye en la fertilidad ya que aumenta la capacidad de retener agua según. Favorecen elocuentemente a la estabilidad y fertilidad del suelo implicando en crecimiento excepcional de la planta y en el aumento en la absorción de nutrientes (Gómez, 2006).

2.8 Efecto de las Sustancias Húmicas

Varios autores, han explicado los efectos directos (que actúan sobre la planta en diferentes procesos fisiológicos-bioquímicos que estimulan su crecimiento) e indirectos (que actúan sobre las propiedades físicas, químicas, y biológicas que determinan la fertilidad de los suelos) sobre el desarrollo vegetal, que ejercen las sustancias húmicas (Chen y Aviad, 1990; Stevenson, 1994; Varanini y Pinton, 2000).

2.8.1 Efecto de los ácidos húmicos en la planta

Se han investigado sus efectos bioestimulantes considerando la implicación de estos productos, en los distintos procesos fisiológicos-bioquímicos que tiene parte en la planta (Ramos, 2000; Vivas, 2001). Tienen como principal efecto estimulante en el crecimiento de las plantas, aumenta la absorción de macronutrientes, por el papel quelatante que ejecutan, ubicando los cationes disponibles para la raíz y previene su precipitación (Guminsky *et al.*, 1983).

Los efectos beneficiosos sobre la germinación, a la capacidad de las sustancias húmicas, de incrementar la actividad enzimática de las semillas (Chen y Aviad, 1990). Sladky (1959) aplicó ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y un extracto alcohólico de materia orgánica en concentraciones de 50, 50, y 10 mg.L⁻¹, correspondientemente, a tomate creciendo en disolución nutritiva. Las tres fracciones de materia orgánica estimularon significativamente la longitud y peso de la raíz, en comparación con una disolución nutritiva pura (David *et al.*, 1994), reportaron que el tomate con

adición de 1280 mg.L⁻¹ de ácidos húmicos produjeron un incremento en brotes, acumulación de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn y Zn, así como un aumento en la acumulación de N, Ca, Fe y Cu en raíces. Los pesos secos y frescos aumentaron también.

2.9 Mezclas de ácidos húmicos con la fertilización química

La combinación de una fertilización química con una fertilización orgánica; en especial con ácidos húmicos y fúlvicos, trae consecuencias benéficas al suelo y por consiguiente a las producciones agrícolas. Estos promueven la mejora de la actividad nutricional del suelo; aumentan la asimilación de los macro y microelementos, promueven la conversión y quelatización de un número de elementos menores hacia formas disponibles a las plantas, favorecen el crecimiento de varios microorganismos benéficos y así favorecen los procesos energéticos de las plantas (Arquello, 2014).

2.10 Importancia del Ca en la flor de la calabaza

El calcio es absorbido en su forma catiónica Ca²⁺ y es componente de las sales en la solución del suelo. En la planta es poco móvil interviniendo en la formación de los pectatos de calcio de la laminilla media de las células que intervienen en el proceso general de absorción de elementos (Rodríguez, 1999).

El calcio forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las células regularizando la presión osmótica. Intervienen en la formación de la lecitina, que es un fosfolípido importante de la membrana celular, siendo importante en la permeabilidad de estas membranas (Rodríguez, 1999).

También interviene en la división mitótica de las células, en el crecimiento de los meristemas y en la absorción de nitratos (en la regulación de la absorción activa de elementos y en la permeabilidad de las paredes celulares) (Mazliak, 1976).

La deficiencia de calcio activa la liberación de sustratos respiratorios por medio de las vacuolas; el tratamiento subsiguiente con el calcio decremента la tasa respiratoria y aumenta la síntesis de proteínas. Las mitocondrias en las raíces se reducen por falta de calcio, con un aumento de la concentración de glúcidos en las hojas y descenso en el aparato radical, lo que se interpreta como un efecto de decremento de la translocación de azúcares en el sentido brote- raíz (Gil, 1995).

También afectan a las partes meristemáticas del tallo, las hojas y la raíz que con facilidad mueren; se detienen las mitosis, con lo que conlleva a malformaciones en hojas, quedando con los extremos cunados hacia atrás, las raíces son cortas y pardas. Después, las hojas muestran clorosis marginales y estas áreas laterales inician un fenómeno de necrosis. Al final, las hojas caen y se detiene el crecimiento del ápice. De ahí se produce la brotación de yemas laterales, ocurriendo lo mismo, el síntoma más característico de la deficiencia consiste en la morfología de gancho que adquieren los limbos foliares (Gil, 1995).

2.11 Mezcla de los ácidos húmicos y el calcio

Los ácidos húmicos (AH) interactúan con la superficie de las partículas minerales y conducen a la formación de complejos arcillosos-húmicos que afectan el transporte de nutrientes y contaminantes en el medio ambiente, la estructura del suelo, la erosión del suelo y la captura de carbono por parte de los suelos. La interacción está influenciada por la presencia de iones multivalentes, como el Ca^{2+} , que mejora la absorción de HA por las partículas (Kloster y Avena, 2015).

2.12 Humato de calcio

El Humato de calcio es material orgánico natural rico en ácidos húmicos. Los ácidos húmicos se definen como naturales materias orgánicas macromoleculares de carboxílicos (COOH), grupos fenol-OH y quinónicos (C=O) (McDonald *et al.*, 2010).

La naturaleza coloidal del humato mejora la calidad del suelo. El humato mejora el crecimiento de las plantas y los organismos del suelo. Eso tiene una gran afinidad con los cationes (también conocida como capacidad de intercambio catiónico, o (CIC), lo que lo convierte en un excelente agente natural de unión a nutrientes comunes en la agricultura. Particularmente, el humato remedia suelos de alta salinidad (McDonald *et al.*, 2010).

2.13 Cultivo en arena

La arena es un elemento de importancia en la textura del suelo, la cual se encuentra presente en todos los suelos en distintas cantidades. Se usa para las mezclas de suelo, enraizamiento de esquejes y modificación de su textura. También es utilizada para la mejora de las propiedades de drenaje y aireación del suelo (Carter, 2021).

Su granulometría más adecuada se encuentra entre 0.5 y 2 mm de diámetro. Su densidad aparente es parecida a la grava. Su capacidad de retención del agua es media (20 % del peso y más del 35

% del volumen); su capacidad de aireación baja con el tiempo por la compactación; su capacidad de intercambio catiónico es nula. Es relativamente frecuente que su contenido en caliza alcance el 8-10 %, algunos tipos de arena deben lavarse previamente. Su pH esta entre 4 y 8. Su durabilidad es elevada. Es bastante frecuente su mezcla con turba, como sustrato de enraizamiento y de cultivo en contenedores (INFOAGRO, 2017).

2.14 El efecto del ácido húmico en el suelo arenoso

Los ácidos húmicos aumentan la capacidad de retención de nutrientes y agua en la zona de la raíz al recubrir las partículas de arena, transformando los suelos improductivos en suelos fructíferos por descomposición (Civantos, 2020).

2.15 Solución de Steiner

Solución muy utilizada en cultivos comerciales de tomates, pepinos, y demás plantas, es la solución creada por Steiner en 1984. Las concentraciones de los nutrientes en esta solución son las siguientes (Fernández, 2007).

Cuadro 1. Concentración de sales para 100 L de agua (Fernández, 2007).

Elemento	ppm	Solución de Steiner	Cantidades
Nitrógeno	167 ppm	Nitrato de Calcio	98.918 g
Fósforo	31 ppm	Sulfato de Magnesio (Sal de Epsom)	49.494 g
Potasio	277 ppm	Nitrato de Potasio	9.126 g
Magnesio	49 ppm	Dihidrógeno Fosfato de Potasio (KH ₂ PO ₄)	13.608 g
Calcio	183 ppm	Sulfato de Potasio	45.132 g
Azufre	67 ppm	Quelato de hierro (EDTA)	3 g
Hierro	3 ppm	Sulfato de Manganeso	0.19 g
Manganeso	1.97 ppm	Ácido Bórico en polvo	0.251 g
Boro	0.44 ppm	Sulfato de zinc	0.0300 g
Zinc	0.11 ppm	Sulfato de cobre	0.0070 g
Cobre	0.02 ppm	Molibdato de Sodio	0.0012 g
Molibdeno	0.007 ppm	Nitrato de Calcio	98.918 g

La solución de Steiner se utiliza como la solución general mencionada en otro blog. También recuerden utilizarla más diluída 125 L en vez de 100 L, en época de floración. La balanza debe tener una incertidumbre por lo menos a la milésima de gramo para preparar los micronutrientes (las sales que se necesitan en cantidades menores a 1g en este caso) (Fernández, 2007).

2.16 Desviación óptima porcentual

El índice DOP es definido como la desviación porcentual de la concentración de un elemento (% sobre materia seca) con respecto a la concentración Óptima considerada valor de referencia. El signo del DOP para un determinado elemento, será negativo en caso de déficit y positivo en caso de exceso. Cuando el contenido de la muestra coincida con el óptimo de referencia el DOP será igual a cero (Montañés *et al.*, 1991).

El Índice de Desviación del Óptimo Porcentual se calcula aplicando la siguiente relación:

$$DOP = \frac{C \times 100}{C_{ref}} - 100$$

Donde:

C: Es concentración foliar (en porcentaje sobre materia seca) del elemento en la muestra analizada.

C_{ref}: Es el óptimo del mismo elemento (porcentaje sobre materia seca) definido en las mismas condiciones en que fué tomada la muestra problema y lógicamente, para el mismo cultivo. Calculado este DOP para cada uno de los nutrientes minerales considerados o que se incluyeron en el estudio, dispondremos del “panorama” nutricional de la planta y podremos emitir, con suma rapidez, un diagnóstico que permitirá la adecuada toma de decisiones. Para ilustrar la metodología de cálculo y el proceso de interpretación se desarrolla seguidamente un ejemplo (Montañés *et al.*, 1991).

Supongamos que las concentraciones óptimas de los cinco elementos que van a ser utilizados para interpretar el análisis mineral de un determinado cultivo son (en porcentaje sobre materia seca): N: 2.50 P: 0.20 K: 2.00 Ca: 1.70 Mg: 0.50 (Montañés *et al.*, 1991).

La muestra, cuyo estado nutritivo se va a diagnosticar, presenta los siguientes contenidos (en tanto por ciento sobre materia seca): N: 3.00 P: 0.15 K: 2.00 Ca: 1.50 Mg: 0.55 (Montañés *et al.*, 1991).

Aplicando la fórmula general los índices DOP de la muestra problema serán:

$$DOP_{(N)} = ((3.00 \times 100) / 2.50) - 100 = +20$$

$$DOP_{(P)} = ((0.15 \times 100) / 0.20) - 100 = -25$$

$$DOP_{(K)} = ((2.00 \times 100) / 2.00) - 100 = 0$$

$$\text{DOP}_{(\text{Ca})} = ((1.50 \times 100) / 1.70) - 100 = -12$$

$$\text{DOP}_{(\text{Mg})} = ((0.55 \times 100) / 0.50) - 100 = +10$$

Para la interpretación de estos índices deben tenerse en cuenta las siguientes normas generales (Montañés *et al.*, 1991).

Los valores negativos del DOP señalan una situación de déficit y los positivos reflejan un exceso del elemento correspondiente. El valor numérico absoluto indica la importancia o gravedad de la situación anómala. Lógicamente cuando el índice DOP sea cero el elemento correspondiente se halla en óptima concentración (Montañés *et al.*, 1991).

También el DOP permite conocer directamente el orden relativo de limitación entre los elementos considerados en base al que ajustar las necesidades de fertilización y que en el supuesto planteado será: $P > Ca > K > Mg > N$, dado que los correspondientes índices DOP son: -25; -12; 0; +10; +20 (Montañés *et al.*, 1991).

Pero además permite matizar la situación de los nutrientes definiendo tres categorías: los limitantes por déficit, los limitantes por exceso y aquellos que manifiestan un contenido óptimo (Montañés *et al.*, 1991).

Así, en el ejemplo expuesto el orden de limitación de los elementos que están por debajo del nivel de nutrición óptimo y que, por tanto, será necesario aumentar en el programa de fertilización correspondiente es: $P > Ca$ (Montañés *et al.*, 1991).

El potasio, con $\text{DOP} = 0$, deberá mantenerse a los niveles detectados en el Análisis. El orden de limitación por exceso, en este caso, será: $N > Mg$, (Montañés *et al.*, 1991).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento

El estudio se desarrolló en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna localizada en Torreón, Coahuila en las coordenadas geográficas 103° 25' 11" de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich y 25° 31' 11" de Latitud Norte , con una altura de 1, 123 msnm (CNA, 2005).

3.2 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar en calabazas Grey Zucchini en el que se usó un testigo y cuatro niveles de aplicación de humato de calcio. Los niveles de aplicación son cero, dos, cuatro, seis y ocho por ciento de humato de calcio, con 8 unidades experimentales por tratamiento.

Las aplicaciones se llevaron a cabo cada tercer día a partir del 14 de septiembre hasta el día 8 de octubre de 2021 resultando un total de 9 aplicaciones. Las cuales consistieron en aplicar de forma líquida al sustrato de la planta de las calabazas con una mezcla de 1 litro de agua y la dosis correspondiente a cada tratamiento del humato de calcio con un vaso de precipitado utilizando las siguientes composiciones nutrimentales.

Cuadro 2. Solución nutritiva para el crecimiento vegetativo de *Cucúrbita pepo* L.

Fertilizante	Meq L ⁻¹	Peq Mg/1meq	δ g/ml	Riqueza %	Calculo para pasar de meq L ⁻¹ a ml m ⁻³ o gr m ⁻³	Ml m ⁻³ o gr m ⁻³
HNO ₃	0.00	63	1.42	70	A x B/(D/100)/C	0
H ₃ PO ₄	4.40	98	1.6	75		359
H ₂ SO ₄	0.00	49	1.85	98		0
Ca(NO ₃) ₂	0.00	100			A x B	0
KNO ₃	3.30	101				333
K ₂ SO ₄	0.00	87				0
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.00	123				0
NH ₄ NO ₃	0.00	80				0
KH ₂ PO ₄	0.00	136				0
NH ₄ H ₂ PO ₄	0.00	115				0
Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	2.50	128				320
KCl	0.00	74.56				0

1.0 g/L
de agua

Cuadro 3. Solución nutritiva para floración de *Cucúrbita pepo* L.

Fertilizante	meq L ⁻¹	Peq mg/1 meq	δ g/ml	Riqueza %	Calculo para pasar de meq L ⁻¹ a ml m ⁻³ o g m ⁻²	ml m ⁻² o gr m ⁻³	
HNO ₃	0.00	63	1.42	70	A X B/(D/100)/C	0	
H ₃ PO ₄	2.20	98	1.6	75		180	
H ₂ SO ₄	0.00	49	1.85	98		0	
Ca(NO ₃) ₂	5.00	100			A x B	500	
KNO ₃	0.00	101				0	
K ₂ SO ₄	4.40	87				383	
MgSO ₄ ·7H ₂ O	3.60	123				443	
NH ₄ NO ₃	0.00	80				0	
KH ₂ PO ₄	0.00	136				0	
NH ₄ H ₂ PO ₄	0.00	115				0	
Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	0.00	128				0	
KCl	0.00	74.56				0	
							1.5 g/ L de agua

**Figura 3.** Llenado de bolsas



Figura 4. Siembra de la calabaza (*Cucúrbita pepo* L.)



Figura 5. Brote de la plántula



Figura 6. Aparición de la primera hoja verdadera



Figura 7. Aplicación del humato de calcio

3.3 Metodología

La muestra se tomó el día 8 de octubre del 2021, se realizó el corte de las flores de calabaza presentes en cada uno de los tratamientos y se embolsó cada muestra en diferente bolsa, se facilitó el corte de la flor con ayuda de una tijera que fue desinfectada al realizar el corte por cada tratamiento, fueron guardadas y secadas en el horno a 80 C° durante 12 horas para su posterior análisis en el laboratorio Sociedad Cooperativa Agropecuaria de la Comarca Lagunera (SCL).



Figura 8. Corte y recolección de la flor.



Figura 9. Corte y recolección de la hoja.



Figura 10. Corte y recolección de la raíz.

Para el análisis de resultados se utilizó el método DOP (Desviación Óptimo Porcentual) en el cual se determinan excesos y déficit nutrimental en las flores, para el cálculo se aplica la fórmula:

$$DOP = \frac{C \times 100}{Cref} - 100$$

Donde:

C: Es concentración foliar (en porcentaje sobre materia seca) del elemento en la muestra analizada.

Cref: Es el óptimo del mismo elemento (porcentaje sobre materia seca) definido en las mismas condiciones en que fue tomada la muestra problema y lógicamente, para el mismo cultivo.

Con la obtención de los resultados gracias a la aplicación de la formula, los datos se ordenaron de mayor a menor, los números con signo negativo indican deficiencia, los números con signo positivo excesos y si sale cero corresponde a una concentración óptima, al ordenarlos de mayor a menor nos muestran la ubicación de los nutrimentos en la flor, con ello dispondremos del panorama nutricional y nos indicara si la biofortificacion en conjunto con la fertilización cumple con los requerimientos de la planta para una toma correcta de decisiones.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Figuras 11, 12, 13,14 y 15 muestran alta concentración de K, Halder y Layla (2022) mostraron un resultado similar en las flores de cebolla (*Allium cepa*) con 114.79 mg/ 100 g K, papaya (*Carica papaya*) con 36.20 mg/ 100 g K y (*Cucúrbita máxima*) y 50.98 mg/ 100 g tienen una buena concentración K, dato contrario a Ca (Cuadro 11) las flores cebolla con 53.92 mg/100 g Ca, papaya con 44.50 Ca mg/ 100 g y (*Cucúrbita máxima*) con 52.43 Ca mg/ 100 g y N, en todos los tratamientos, el porcentaje de Mg en todos los tratamientos se mantiene constante y con buen rendimiento y sodio (Na) muestran resultados favorables en los tratamientos T.T, T.1, T.2 y T.3 la concentración de Na en flor de cebolla 2.04 mg/100 g, calabaza 6.32 mg/100 g y papaya 5.20 mg/ 100 g a diferencia del T4 donde muestra niveles bajos de porcentaje, el % de P se mantiene en los tratamientos T.T, T.1, T.2 y T.4 las flores de papaya son una buena fuente de P (26.5 mg/ 100 g) a diferencia del T3 donde mostró menor concentración .

De acuerdo a Jasim *et al.* (2015) no tuvo un efecto significativo en el porcentaje de P de la hoja. En comparación del Cuadro 11 donde se obtuvo buen porcentaje de (P).

Cuadro 4. Datos del análisis de flor de *Cucúrbita pepo* L.

Identificación	Unidades	T.T	T.1	T.2	T.3	T.4
Nitrógeno	%	2.38	2.36	2.33	2.36	2.33
Fósforo	%	0.77	0.7	0.83	0.63	0.89
Potasio	%	3.61	3.7	3.8	3.09	3.67
Calcio	%	1.08	0.92	0.85	1.1	1.24
Magnesio	%	0.38	0.36	0.4	0.43	0.47
Sodio	%	0.12	0.07	0.09	0.12	0.07
Fierro	ppm	164.76	116.15	90.36	95.39	84.65
Cobre	ppm	6.13	5.9	6.24	6.39	6.72
Zinc	ppm	53.99	53.98	52.6	56.27	52.05
Manganeso	ppm	18.68	17.67	17.27	19.53	20.01
Boro	ppm	47.66	46.84	48.21	41.7	46.52

Cuadro 5. Normas de referencia para el cálculo del DOP (Reuter y Robinson, 1997)

Elemento	Unidad de medida	Norma
Nitrógeno (N)	%	3.77
Fósforo (P)		0.54
Potasio (K)		5.21
Calcio (Ca)		2.38
Magnesio (Mg)		0.65
Hierro (Fe)	ppm	50
Cobre (Cu)		7
Zinc (Zn)		25
Manganeso (Mn)		50
Boro (B)		25

Cuadro 6. Orden de limitación de elementos por el método DOP del T.T de *Cucúrbita pepo* L.

DOP T.T		
DOP _(N)	$2.38 \times 100 / 3.77 - 100 =$	-36
DOP _(P)	$0.77 \times 100 / 0.54 - 100 =$	+42
DOP _(K)	$3.610 \times 100 / 5.21 - 100 =$	-30
DOP _(Ca)	$1.08 \times 100 / 2.38 - 100 =$	-54
DOP _(Mg)	$0.38 \times 100 / 0.65 - 100 =$	-41
DOP _(Fe)	$164.76 \times 100 / 50 - 100 =$	+229
DOP _(Cu)	$6.13 \times 100 / 7 - 100 =$	-12
DOP _(Zn)	$53.99 \times 100 / 25 - 100 =$	+115
DOP _(Mn)	$18.68 \times 100 / 50 - 100 =$	-62
DOP _(B)	$47.66 \times 100 / 25 - 100 =$	+90
Fe > Zn > B > P > Cu > K > N > Mg > Ca > Mn		
+229 > +115 > +90 > +42 > -12 > -30 > -36 > -41 > -54 > -62		

Cuadro 7. Orden de limitación de elementos por el método DOP del T.1 de *Cucúrbita pepo* L.

DOP T.1		
DOP _(N)	$2.36 \times 100 / 3.77 - 100 =$	-37
DOP _(P)	$0.7 \times 100 / 0.54 - 100 =$	+29
DOP _(K)	$3.700 \times 100 / 5.21 - 100 =$	+28
DOP _(Ca)	$0.92 \times 100 / 2.38 - 100 =$	-61
DOP _(Mg)	$0.36 \times 100 / 0.65 - 100 =$	-44
DOP _(Fe)	$116.15 \times 100 / 50 - 100 =$	+132
DOP _(Cu)	$5.90 \times 100 / 7 - 100 =$	-15
DOP _(Zn)	$53.98 \times 100 / 25 - 100 =$	+115
DOP _(Mn)	$17.67 \times 100 / 50 - 100 =$	-64
DOP _(B)	$46.84 \times 100 / 25 - 100 =$	+87
Fe > Zn > B > P > Cu > K > N > Mg > Ca > Mn		
+132 > +115 > +87 > +29 > -15 > -28 > -37 > -44 > -61 > -64		

Cuadro 8. Orden de limitación de elementos por el método DOP del T.2 de *Cucúrbita pepo* L.

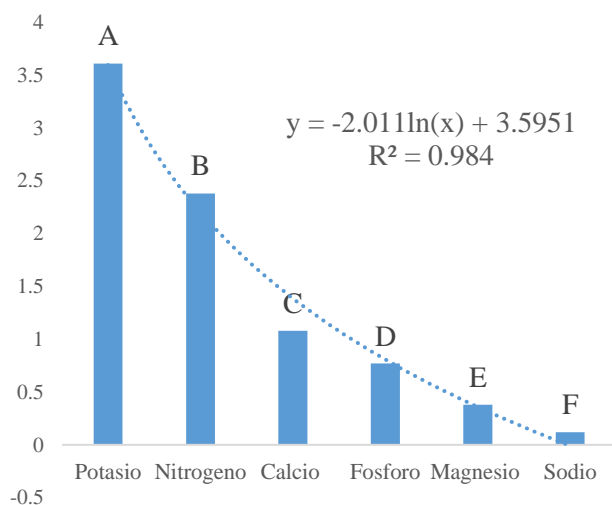
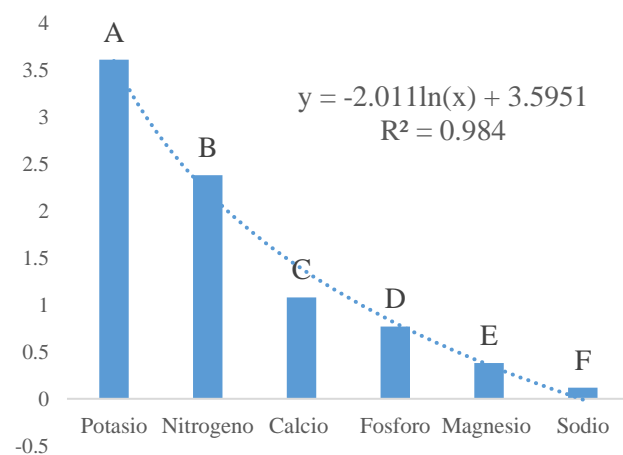
DOP T.2		
DOP _(N)	$2.33 \times 100 / 3.77 - 100 =$	-38
DOP _(P)	$0.83 \times 100 / 0.54 - 100 =$	+53
DOP _(K)	$3.80 \times 100 / 5.21 - 100 =$	-27
DOP _(Ca)	$0.85 \times 100 / 2.38 - 100 =$	-64
DOP _(Mg)	$0.40 \times 100 / 0.65 - 100 =$	-38
DOP _(Fe)	$90.36 \times 100 / 50 - 100 =$	+80
DOP _(Cu)	$6.24 \times 100 / 7 - 100 =$	-10
DOP _(Zn)	$52.60 \times 100 / 25 - 100 =$	+110
DOP _(Mn)	$17.27 \times 100 / 50 - 100 =$	-65
DOP _(B)	$48.21 \times 100 / 25 - 100 =$	+92
Zn > B > Fe > P > Cu > K > N > Mg > Ca > Mn +110 > +92 > +80 > +53 > -10 > -27 > -38 > -38 > -64 > -65		

Cuadro 9. Orden de limitación de elementos por el método DOP del T.3 de *Cucúrbita pepo* L.

DOP T.3		
DOP _(N)	$2.36 \times 100 / 3.77 - 100 =$	-37
DOP _(P)	$0.63 \times 100 / 0.54 - 100 =$	+16
DOP _(K)	$3.09 \times 100 / 5.21 - 100 =$	-40
DOP _(Ca)	$1.10 \times 100 / 2.38 - 100 =$	-53
DOP _(Mg)	$0.43 \times 100 / 0.65 - 100 =$	-33
DOP _(Fe)	$95.39 \times 100 / 50 - 100 =$	+90
DOP _(Cu)	$6.39 \times 100 / 7 - 100 =$	-8
DOP _(Zn)	$56.27 \times 100 / 25 - 100 =$	+125
DOP _(Mn)	$19.53 \times 100 / 50 - 100 =$	-60
DOP _(B)	$41.70 \times 100 / 25 - 100 =$	+66
Zn > Fe > B > P > Cu > Mg > N > K > Ca > Mn +125 > +90 > +66 > +16 > -8 > -33 > -37 > -40 > -53 > -60		

Cuadro 10. Orden de limitación de elementos por el método DOP del T.4 de *Cucúrbita pepo* L.

DOP T.4		
DOP _(N)	$2.33 \times 100 / 3.77 - 100 =$	-38
DOP _(P)	$0.89 \times 100 / 0.54 - 100 =$	+64
DOP _(K)	$3.67 \times 100 / 5.21 - 100 =$	-29
DOP _(Ca)	$1.24 \times 100 / 2.38 - 100 =$	-47
DOP _(Mg)	$0.47 \times 100 / 0.65 - 100 =$	-27
DOP _(Fe)	$84.65 \times 100 / 50 - 100 =$	+69
DOP _(Cu)	$6.72 \times 100 / 7 - 100 =$	-4
DOP _(Zn)	$52.05 \times 100 / 25 - 100 =$	+108
DOP _(Mn)	$20.01 \times 100 / 50 - 100 =$	-59
DOP _(B)	$46.52 \times 100 / 25 - 100 =$	+86
Zn > B > Fe > P > Cu > Mg > K > N > Ca > Mn		
+108 > +86 > +69 > +64 > -4 > -27 > -29 > -38 > -47 > -59		

**Figura 11.** Macroelementos T.T**Figura 12.** Macroelementos T.1

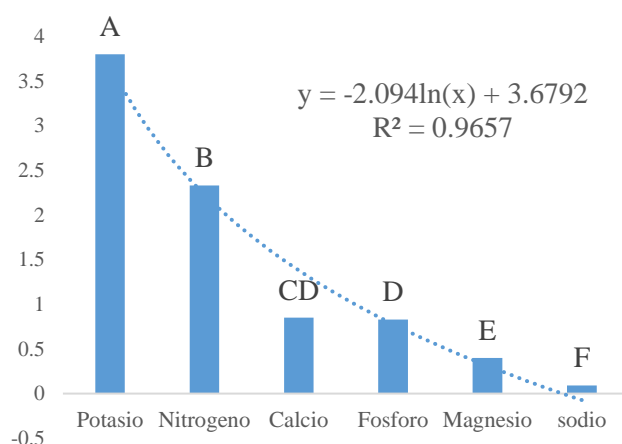


Figura 13. Macroelementos T.2

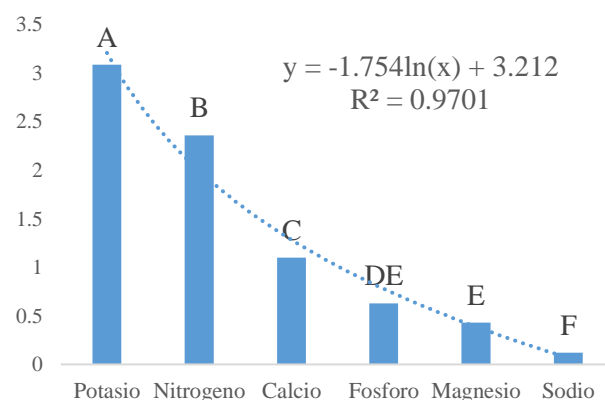


Figura 14. Macroelementos T.3.

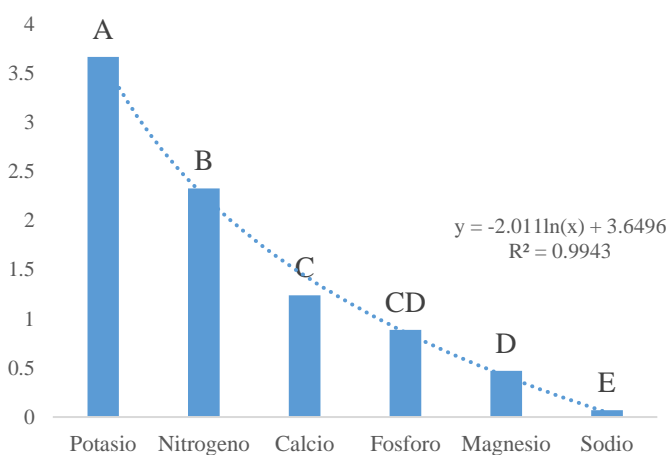


Figura 15. Macroelementos T.4

De acuerdo al Cuadro 11 la aplicación de humato de calcio aumenta la concentración de P, K, Ca y Mg el incremento en la cantidad de nutrientes en respuesta a HA probablemente se deba a la capacidad de las sustancias húmicas para estimular la actividad microbológica (Mayhew, 2004), aumentando la permeabilidad de la membrana celular y mejorando la absorción de agua y nutrientes (Sibanda y Young, 1986; Valdrighi *et al.*, 1996). Veobides *et al.* (2018) señalan la influencia positiva sobre el transporte de iones facilitando la absorción, la acción directa sobre procesos metabólicos.

Otros investigadores como Ekinci *et al*, (2015) informan una mayor absorción de nutrientes minerales con humato de calcio en diferentes partes de la planta, quienes afirmaron que los humatos pueden acelerar la absorción de macro y microelementos. Fernández *et al*, (1999) encontraron acumulación estimulada de K, B, Ca y Fe en hojas con la aplicación de HA. (Kazemi, 2013) informó el contenido más alto de N y K en las hojas (2,61 % y 3,4 %, respectivamente).

Cuadro 11. Análisis de macroelementos en flor *Cucúrbita pepo* L.

MACROELEMENTOS %	T.T	T.1	T.2	T.3	T.4
Potasio	3.61	3.7	3.8	3.09	3.67
Nitrógeno	2.38	2.36	2.33	2.36	2.33
Calcio	1.08	0.92	0.85	1.1	1.24
Fósforo	0.77	0.7	0.83	0.63	0.89
Magnesio	0.38	0.36	0.4	0.43	0.47
Sodio	0.12	0.07	0.09	0.12	0.47

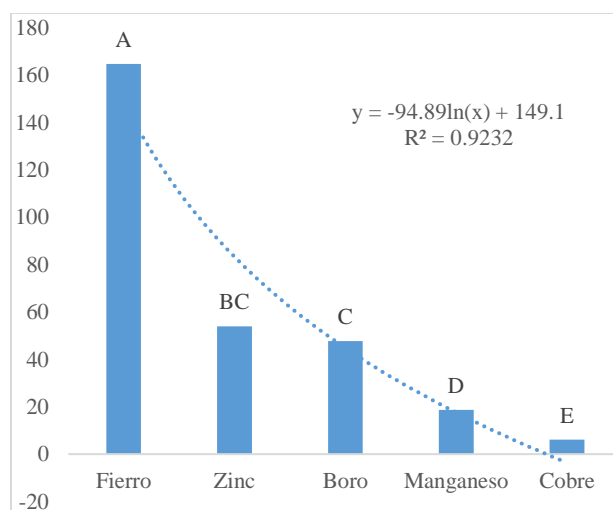


Figura 16. Microelementos T.T

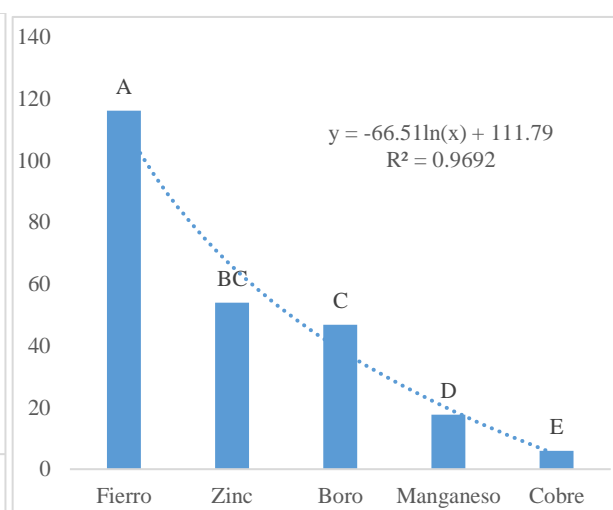


Figura 17. Microelementos T.1

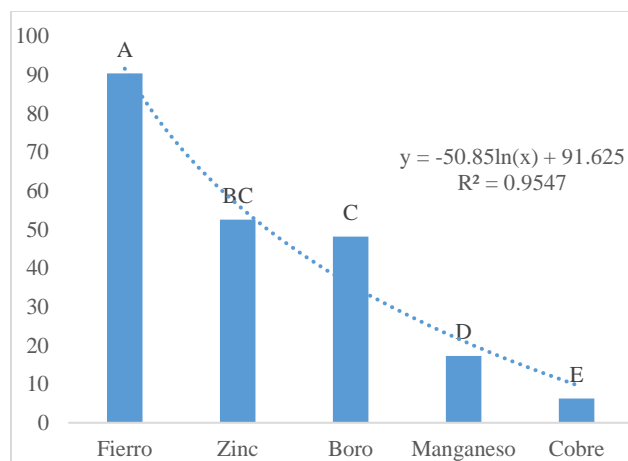


Figura 18. Microelementos T.2

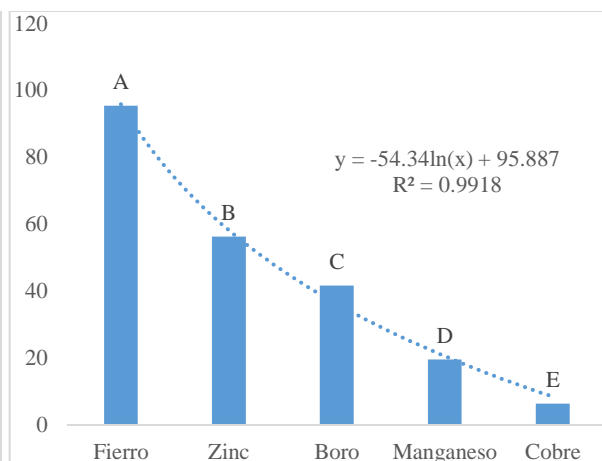


Figura 19. Microelementos T.3

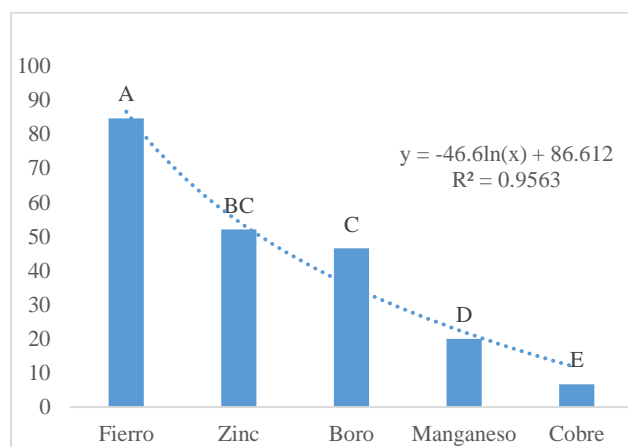


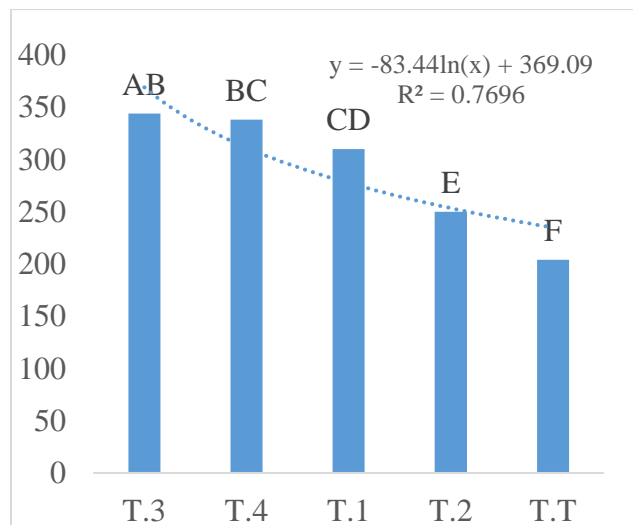
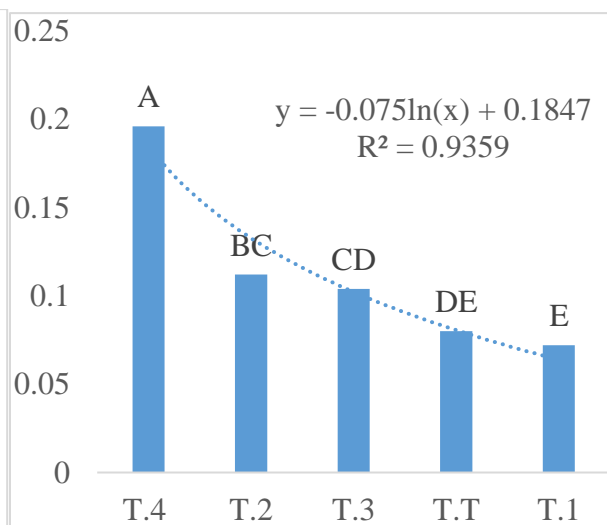
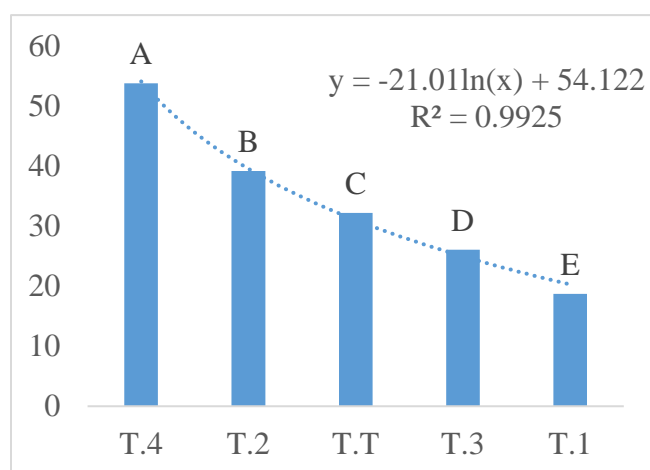
Figura 20. Microelementos T.4

Las Figuras 16, 17, 18, 19 y 20 indican un alto contenido de (Fe) en ppm (Fernández *et al.*, 1999) encontraron acumulación estimulada Fe en hojas con la aplicación de HA.

Halder y Layla, (2022) las flores de papaya son una buena fuente de cobre (2.52 mg/ 100 g) y calabaza (*Cucúrbita maxima*) con (3.32 mg/ 100 g), la concentración de manganeso cebolla 0.46 calabaza 0.34 y papaya 0.33, la concentración de zinc cebolla 0.60 mg/100 g calabaza 0.43 mg/100 g y papaya 0.45 mg/ 100 g.

Cuadro 12. Análisis de microelementos en flor *Cucúrbita pepo* L.

Microelementos ppm	T.T	T.1	T.2	T.3	T.4
Fierro	164.76	116.15	90.36	95.39	84.65
Zinc	53.99	53.98	52.6	56.27	52.05
Boro	47.66	46.84	48.21	41.7	46.52
Manganeso	18.68	17.67	17.27	19.53	20.01
Cobre	6.13	5.9	6.24	6.39	6.72

**Figura 21.** Peso fresco**Figura 22.** Peso seco**Figura 23.** Materia seca %

De acuerdo a la Figura 22 y 23 mostraron que el tratamiento T.4 tiene mayor significancia tanto en peso seco como en porcentaje de materia seca caso contrario en peso fresco donde la Figura 21 muestra mayor significancia en comparación a las figuras anteriores. (Esho, 2017) menciona que Ardendo 174 F1 *Cucúrbita pepo L* mostro mejores aumentos significativos en el peso fresco y seco/planta, flor femenina/planta, número de frutos/planta y rendimiento total /hectárea. Por otro lado los resultados mostraron que el porcentaje de contenido químico total (N, P, K, Ca y Mg) en hojas de plantas de pepino aumentó al aumentar la cantidad de ácido húmico (Desuki, 2012).

Cuadro 13. Peso fresco, peso seco y materia seca de la planta de calabaza *Cucúrbita pepo L*.

Tratamiento	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	M. Seca (%)
T.T	204	0.08	32.30
T.1	310	0.072	18.70
T.2	250	0.112	39.20
T.3	344	0.104	26.10
T.4	338	0.196	53.8

Cuadro 14. Correlación: Peso fresco, Peso seco, Materia seca de la planta de calabaza *Cucúrbita pepo L*.

	Peso fresco	Peso seco
Peso seco	0.466	
	0.429	
Materia seca	0.048	0.904
	0.939	0.035

Contenido de la celda: Correlación de Pearson (Valor p)

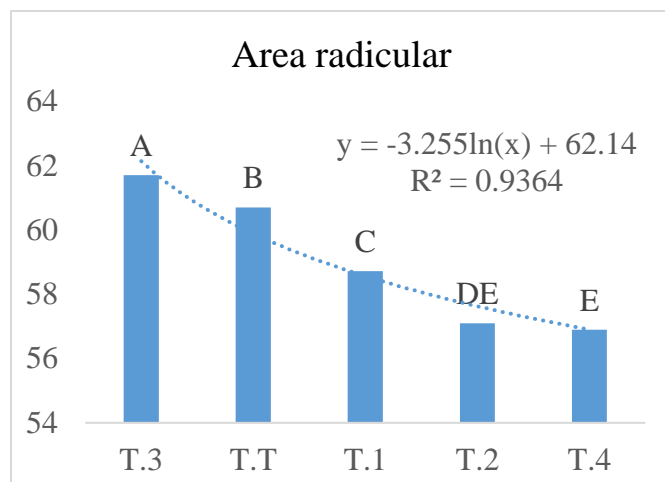


Figura 24. Área radicular de la calabaza *Cucúrbita pepo* L.

En la Figura 24 muestra que el T.3 tiene mayor promedio de cm^2 siendo así el tratamiento con mayor significancia seguida del T.T en comparación con los tratamientos T.1 y T.4 (Mora *et al.*, 2010) mostraron resultados que la aplicación radicular de un ácido húmico purificado provoca un aumento significativo de crecimiento de brotes que está asociado con una mejora en la actividad H^+ -ATPasa de la raíz en *pepino cucumis sativus*, mientras que T.2 mostro menor rendimiento.

Cuadro 15. Área radicular de la planta de calabaza *Cucúrbita pepo* L.

Tratamiento	Área radicular (mm)	Área radicular (cm^2)	Promedio (cm^2)
T.T R3	57260.97	57.26	60.7
T.T R6	15,580	15.58	
T.T R7	109355.95	109.35	
T.1 R2	67409.563	67.4	58.72
T.1 R4	46950.448	46.95	
T.1 R6	61181.055	61.8	
T.2 R2	24424.871	24.42	57.1
T.2 R7	56887.711	56.88	
T.2 R8	89856.273	89.85	
T.3 R4	54261.445	54.26	61.7
T.3 R6	59996.238	59.99	
T.3 R8	70843.188	70.84	
T.4 R5	80590.008	80.59	56.9
T.4 R6	49129.344	49.12	
T.4 R7	40894.438	40.89	



Figura 25. Raíz de la planta del T.T R.7

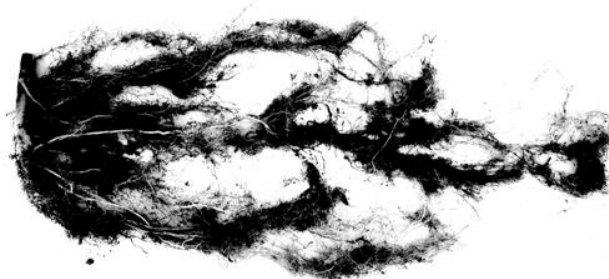


Figura 26. Raíz de la planta del T.1 R.2



Figura 27. Raíz de la planta del T.2 R.8



Figura 28. Raíz de la planta del T.3 R.8



Figura 29. Raíz de la planta del T.4 R.5

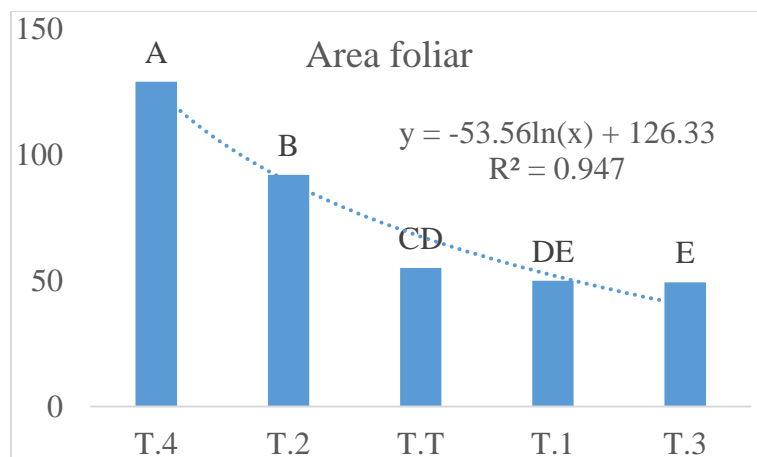


Figura 30. Área foliar de *Cucurbita pepo* L.

La Figura 30 muestra mayor rendimiento en el T.4, considerado como el mejor tratamiento con mayor área foliar en cm² resultados similares a los presentados por Najafi, *et al.* (2022) muestran que el uso de ácido húmico condujo a mejorar el área foliar, la tasa fotosintética lo que resultó en un mejor rendimiento y crecimiento pepino Super Daminus (*Cucumis sativus* L).

Cuadro 16. Área foliar de la planta de calabaza *Cucurbita pepo* L.

Tratamiento	Área foliar (mm)	Área foliar (cm ²)	Área foliar (cm ²)
T.T	55702.086	55.7	55
T.1	49985.516	49.98	49.98
T.2	92616.586	92.61	92
T.3	49288.793	49.28	49.28
T.4	129000.59	129	129

Correlación: radical y foliar

Correlación de Pearson de radical y foliar = 0.690

Valor $p = 0.197$



Figura 31. Hojas del T.T



Figura 32. Hojas del T.1



Figura 33. Hojas del T.2



Figura 34. Hojas del T.3

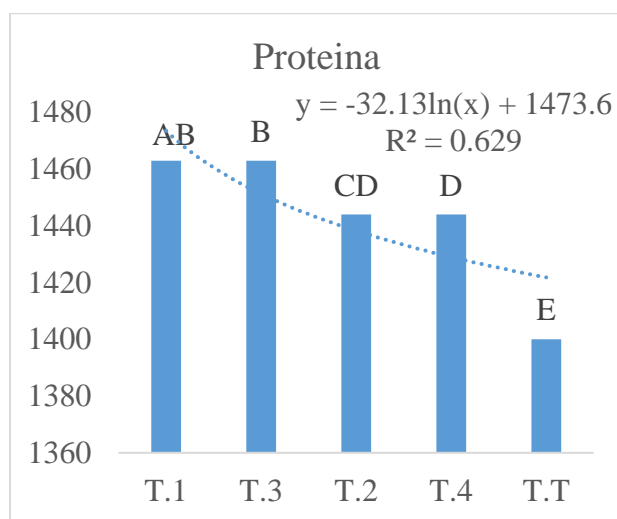


Figura 35. Hoja del T.4

Para enriquecer mas la informacion ya recabada de igual forma se saco el aporte mineral de proteina de la flor de calabaza *Cucúrbita pepo* L.

Cuadro 17. Aporte mineral de proteína de la flor de calabaza *Cucúrbita pepo* L.

Proteína mg		
T.1	$P = 2.36 \times 0.62 = 1.46 \times 1000 =$	1463
T.3	$P = 2.36 \times 0.62 = 1.46 \times 1000 =$	1463
T.2	$P = 2.33 \times 0.62 = 1.44 \times 1000 =$	1444
T.4	$P = 2.33 \times 0.62 = 1.44 \times 1000 =$	1444
T.T	$P = 3.38 \times 0.62 = 1.4 \times 1000 =$	1400
Formula: $P = N \times 0.62 \times 1000$ g Donde P= proteína, N= nitrógeno.		

**Figura 36.** Aporte de proteína de la flor de la calabaza *Cucúrbita pepo* L.

Los resultados de la presente investigación muestran que el aporte mineral en comparación de la flor comercial, el T3, seguido del tratamiento T.1 mostraron los mejores rendimientos (Figura 36).

Cuadro 18. Aporte mineral por cada 100 g de los tratamientos de la flor de calabaza *Cucúrbita pepo* L.

Minerales	T.T	T.1	T.2	T.3	T.4
P	= 0.77 % 1g-----0.77 100 g--- 77 mg	= 0.7 % 1g ----0.7 mg 100 g --70 mg	= 0.83 % 1 g----- 0.83 100g---83 mg	P= 0.63 % P 1g ----- 0.63 100g---63 mg	= 0.89 % 1g-----0.89 100g---89 mg
K	= 3.610 % 1 g -----3.610 100 g ---361 mg	= 3.700 % 1g-----3.700 100g---370 mg	= 3.80 % 1 g ---3.80 100g---3.80 mg	= 3.09 % 1g-----3.09 100g---309 mg	= 3.67 % 1g-----3.67 100g---367 mg
Ca	= 1.08 % 1 g-----1.08 100 g---108 mg	Ca= 0.92 % Ca 1g -----0.92 100 g--- 92 mg	= 0.85 % 1 g-----0.85 100g---85 mg	= 1.10 % 1g-----1.10 100g--110 mg	= 1.24 % 1g-----1.24 100g---124 mg
Mg	= 0.38 % 1 g ---0.38 mg 100g ---38 mg	= 0.36 % 1 g ----- 0.36 100 g---36 mg	= 0.40 % 1 g-----0.40 100g---40 mg	= 0.43 % 1g---0.43 100g---43 mg	= 0.47 % 1g-----0.47 100g---47 mg
Fe	= 164.76 ppm 1g ----164.76 100 g ---16 476	= 116.15 ppm 1g ---116.15 100g--11650 mg	= 90.36 ppm 1g ----90.36 100g-- 9036 mg	= 95.39 ppm 1g---95.39 100g---9539 mg	= 84.65 ppm 1g---84.65 100g---8465 mg

Cuadro 19. Aporte mineral comercial (100 g) (Alfonso, 2004) en comparación del aporte mineral por tratamiento (100 g) la flor de calabaza *Cucúrbita pepo* L.

Elemento	Aporte mineral (100 g)	Aporte mineral por tratamiento (100 g)				
		T. T	T.1	T.2	T.3	T4
Nitrógeno (N)	—	—	—	—	—	—
Fosforo (P)	86 mg	77 mg	70 mg	83 mg	63 mg	89 mg
Potasio (K)	173 mg	361 mg	370 mg	380 mg	309 mg	367 mg
Calcio (Ca)	117 mg	108 mg	92 mg	85 mg	110 mg	124 mg
Magnesio (Mg)	37 mg	38 mg	36 mg	40 mg	43 mg	47 mg
Sodio (Na)	5 mg					
Hierro (Fe)	384.34 mg	16 476 mg	11650 mg	9036 mg	9539 mg	8465 mg
Cobre (Cu)	0.0 mg	—	—	—	—	—
Zinc (Zn)	0.0 mg	—	—	—	—	—
Manganeso (Mn)	0.0 mg	—	—	—	—	—
Boro	—	—	—	—	—	—

5. CONCLUSIONES

Los nutrimentos se encuentran presentes de manera deficiente en los tratamientos según la norma. Sin embargo, en la norma nutricional, los tratamientos cumplen con la cantidad requerida diaria.

En el T.4 y T.3 el Ca se presentó en cantidad deficiente según la norma, sin embargo, de manera nutricional en 100 g diarios la cantidad es superior.

El área foliar del tratamiento T.3 se mostró superior.

La proteína los tratamientos T.1 y T.3 presentaron los valores superiores.

La adición del 8 % de humato de calcio al cultivo de *Cucúrbita pepo* L. bajo condiciones de invernadero aumento significativamente la concentración del macronutriente Ca en la flor de calabaza.

Por lo tanto es recomendable introducirlo en la fertilización del mismo.

6. REFERENCIAS

- Alfonso, AM. (2004). Caracterización química y sensorial de los pétalos de flores de *Cucúrbita*. Disertación. Universidad Nacional de Cuyo. Argentina.
- Arquello, D. (2014). Importancia de los ácidos húmicos y fúlvicos en la agricultura. <http://www.ramac.com.ni/?p=1435>. Fecha de consulta 05 de mayo 2022.
- Barceló Coll, J. (2005). Fisiología Vegetal. Ed. Pirámide S.A. España. 568 paginas.
- Bidwell, R.S. (1993). Fisiología Vegetal. AGT. Editor. S.A. México D.C.
- Bisognin, D. A. (2002). Origin and evolution of cultivated cucurbits. *Ciência Rural*. 32: 4. Fecha de consulta 27 de agosto 2022. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782002000400028>.
- Brady, N. C. and Weil, R. R. (1999). *The Nature and Properties of Soils*. 12th Ed. Prentice Hall Inc., Saddle River, New Jersey. 960 paginas.
- Caili, F.U., S.H. Huan y L.I. Quanhong (2006). A review on pharmacological activities and utilization technologies of pumpkin. *Plant Foods for Human Nutrition* 61: 70-77.
- Carter, K. (2021). Qué tipo de arena puedo utilizar para plantar. https://www.ehowenespanol.com/tipo-arena-utilizar-plantar-hechos_256838/. Fecha de consulta 5 de abril de 2022.
- Chen, Y., & Aviad, T. (1990). Effects of humic substances on plant growth. In *humic substances in soil and crop science, selecte readings*. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Wisconsin, U.S.A. 161 – 186.
- Ciura, J., M. Poniedziałek, A. Sękara & E. Jędrszczyk (2005). The possibility of using crops as metal phyto-remediants. *Polish Journal of Environmental Studies*. 14: 17-22.
- Civantos, D. (2020). ¿Qué son los ácidos húmicos y para qué sirven?. <https://www.dinafem.org/es/blog/acidos-humicos-para-que-sirven/>. Fecha de consulta 29 de marzo 2022.
- CNA, (2005). Gerencia regional. Cuencas centrales del norte. Subgerencia Regional Técnica y Administrativa del Agua. Torreón Coahuila, México.
- CONABIO, (2006). *Sistemas de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM)*, Proyecto GEF- CIBIOGEM De Bioseguridad.
- CONOCE HIDROPONÍA, (2016). Calabaza, uno de los principales cultivos en México. <http://hidroponia.mx/calabaza-uno-de-los-principales-cultivos-en-mexico/>. Fecha de consulta 24 de marzo de 2022.

- David, P. P., Nelson, P.V., Sanders, D. C. (1994). A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of Plant Nutrition*. 17: 173 – 184.
- Devlin, R. (1976). *Fisiología Vegetal*. Omega S.A. Barcelona. 263 – 277.
- El-Desuki, M & El-Bassiony, A.M. & Fawzy, Z. (2012). Response of Growth and Yield of Cucumber Plants (*Cucumis sativus* L.) to Different Foliar Applications of Humic Acid and Bio-stimulators. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 6.
- Esho, K. (2017). Effect of Humic acid on growth and yield of three cultivars of summer squash (*Cucúrbita pepo* L.). *The egyptian journal of experimental biology*. [10.5455/egyjebb.20170521065315](https://doi.org/10.5455/egyjebb.20170521065315).
- FAO, (2013). La agricultura en Mesoamérica. Cucúrbitas (*Cucurbita spp*). Fecha de consulta 20 de septiembre 2022. http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produccion/contenido/libro09/Cap2_3.htm.
- FAO, (2017). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Datos de producción cultivos. Calabazas, zapayo, calabaza confitera. Fecha de consulta 14 de septiembre 2022. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- FAOSTAT (2014). Surface, production and yield of pumpkins in the world. Food and Agriculture Organization. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>.
- Fernández, D. (2007). Solución Nutritiva de Steiner. <https://todohidroponico.com/2007/09/solucion-nutritiva-de-steiner.html>. Fecha de consulta 05 de mayo de 2022.
- Gil, M. F. (1995). *Elementos de fisiología Vegetal*. Mundi Prensa. España. 1147 páginas.
- Gómez, A. (2006). *Reguladores y Fitohormonas: Metabolismo y modo de acción*. 2^{da} edición. Ediciones Mundi Pensa.
- Halder S & Khaled KL. (2022) Quantitative estimation of the mineral content of edible flowers of *Allium cepa*, *Cucúrbita maxima*, and *Carica papaya*: a comparative study. *Int Journal Pharm Sciencie*. 13: 2116-24. doi: [10.13040/IJPSR.0975-8232.13\(5\).2116-24](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.13(5).2116-24).
- INFOAGRO. (2017). Tipos de sustratos de cultivo. <https://mexico.infoagro.com/tipos-de-sustratos-de-cultivo/>. Fecha de consulta 5 de abril 2022.
- Jacob, A. (1973). *Fertilización*. Cuarta edición. Ediciones euroamericanas. España. P. 125.

- Jasim, A. H., Alryahii, I.; Abed, HM and Badry, AN (2015). Estimación Efecto de algunos tratamientos en el alivio de estrés ambiental sobre el crecimiento y rendimiento de calabaza (*Cucurbita pepo* L.). Revista Reinar. 4: 67 -74.
- Kloster, N y Avena M. 2015. Interacción de ácidos húmicos con minerales del suelo: adsorción y agregación superficial inducida por Ca^{2+} . Química Ambiental. 12: 731-738.
- Lira, S. R. (1996). Calabazas de México. Ciencias. 42: 52-55.
- Martinetti, L. and Paganini, F. (2006). Effect of Organic and Mineral Fertilization on Yield and Quality of Zucchini. Acta Horticulture. 700: 125-128.
- Matsui, T, Guth, H & Grosch, W (1998). A comparative study of potent odorants in peanut, hazelnut, and pumpkin seed oils on the basis of aroma extract dilution analysis (AEDA) and gas chromatography olfactometry of headspace samples (GCOH). Lipid100: 51–56.
- Mazliak, P. (1976). Fisiología vegetal: Nutrición y metabolismo. Editorial Omega, Colección Métodos. España. 350 páginas.
- McDonald, M., Orcutt, R., Logan, C., Liem, E. (2010). Field Trials for the Treatment of Potassium Silicate based Drilling Waste using Calcium Humate. American Association of Drilling Engineers Ade.1.
- Montañés, L., Heras, L. y Sanz, M. (1991). Desviación del Óptimo Porcentual (DOP): Nuevo índice para la interpretación del análisis vegetal. An. Aula Dei. 20: 93- 107. <https://doi.org/10.1080/01904169309364613>.
- Mora V, Bacaicoa E, Zamarreño AM, Aguirre E, Garnica M, Fuentes M, García JM. (2010). Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. Journal of Plant Physiology. 167: 633-642.
- Najafi, M., Arouiee, H. y Aminifard, M. (2022). ..Efectos del ácido húmico y del aminoácido en algunos rasgos de crecimiento del pepino Super Daminus (*Cucumis sativus* L.) bajo estrés por sequía. Revista de Ciencias Hortícolas. 35: 521-533. doi: [10.22067/jhs.2021.61892.0](https://doi.org/10.22067/jhs.2021.61892.0)
- Ortega, M. (2019). Temporada de flores de calabaza. <https://camaraoscura.mx/temporada-de-flores-de-calabaza/>. Fecha de consulta jueves 22 de marzo.
- Patterson, J.B.; Ede, R, (1970). Suelos y abono en horticultura. Zaragoza, Acribia. 569 paginas.

- Ramos, R. R. (2000). Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulante. Efectos frente al estrés salino. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.
- Robinson, R. W. & Reiners S. (1999). Parthenocarp in summer squash. *HortScience*. 34:715 -717.
- Rodríguez, S. F. (1999). Fertilizantes, Nutrición Vegetal. AGT. México, D.F. 157 páginas.
- Reuter, D. Robinson, JB. 1997. Plant Analysis: An Interpretation Manual. CSIRO PUBLISHING. <https://books.google.com.mx/books?id=MhG9BAAAQBAJ>
- SADER. (2016). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. En línea: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/flor-de-calabaza-una-belleza-gastronomica>. Fecha de consulta 22 de marzo de 2022.
- Sladky, Z. 1959. The effect of extracted humus substances on growth of tomato plants. *Biology Plant*. 1: 142 – 150.
- Srbinoska, M., N. Hrabovski, V. Rafajlovska & S. Sinadinović-Fišer (2012). Characterization of the seed and seed extracts of the pumpkins *Cucúrbita maxima* D. and *Cucúrbita pepo* L. from Macedonia. *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering* 31: 65-78.
- Stephens, J. (2009). Squash, zucchini *Cucúrbita pepo* L. Horticultural Sciences Program, University of Florida. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/MV/MV14200.pdf>.
- Stevenson, F. J. (1994). Humus chemistry: Genesis, composition, reactions. J. Wiley and Sons, New York, NY.
- Taylor, M.J. & J. Brant (2002). Trends in world Cucurbit production, 1991 to 2001. En: D.N. Maynard. *Cucurbitaceae*. ASHS Press. Alexandria, VA. 373-379.
- Vanlavwe, B., Aihou, K., Aman, S. & Iwutfor, E. (2001). Maize Yields Affected By Organic Input and Urea in West African, Moist Savanna. *Agronomy Journal*. 93: 1191-1199.
- Vela, E. (2010). La calabaza, el tomate y el frijol. Editorial Raíces. México. 36: 14-41.
- Veranini, Z. & Pinton, R. (2000). Direct versus indirect effects of soil humic substances on plant growth and nutrition. In the rhizosphere. *Biochemistry and Organic Substances at the Soil-Plant Interface*. Pinton, R., Varanini, Z. and Nannipieri, P. 141 – 158.
- Vivas, M. J. (2001). Mejora del desarrollo y la producción vegetal por bioestimuladores. Sustancias húmicas comerciales y alcoholes. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.

Yadav, M., Jain, S., Tomar, R., Prasad, G., & Yadav, H. (2010). Medicinal and biological potential of pumpkin: an updated review. *Nutrition Research Reviews*.23:184-190.
[10.1017/S0954422410000107](https://doi.org/10.1017/S0954422410000107).