

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Biofortificación de cebolla blanca *Allium Cepa* L. (Vdd. San Lucas White) con sulfato de zinc y nitrato de calcio.

Por:

BRENDA ALEJANDRA AMADOR LÓPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Torreón, Coahuila, México

Octubre 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Biofortificación de cebolla blanca *Allium Cepa* L. (Vdd. San Lucas White) con sulfato de zinc y nitrato de calcio.

Por:


BRENDA ALEJANDRA AMADOR LÓPEZ


TESIS

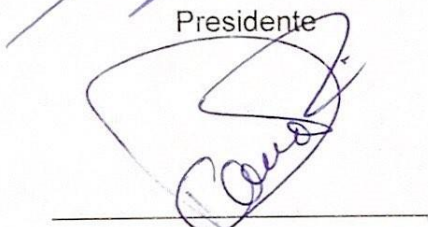
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:


INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

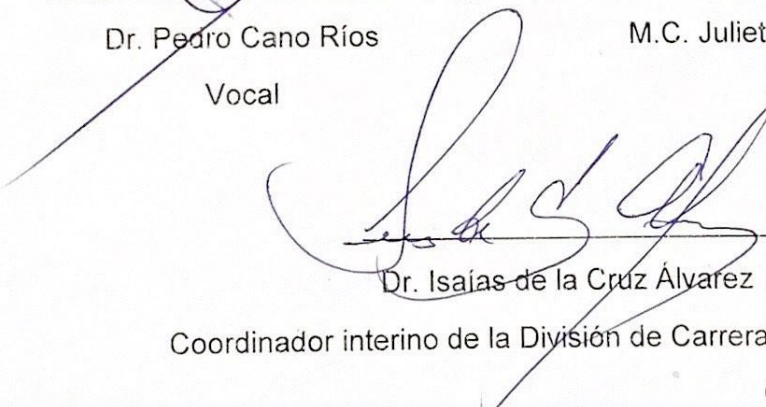
Aprobada por:


Dr. Rubén López Salazar
Presidente


M.E. Víctor Martínez Cueto
Vocal


Dr. Pedro Cano Ríos
Vocal


M.C. Julieta Ziomara Ordóñez Morales
Vocal suplente


Dr. Isaías de la Cruz Álvarez

Coordinador interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México.

Octubre 2021

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Biofortificación de cebolla blanca *Allium Cepa* L. (Vdd. San Lucas White) con sulfato de zinc y nitrato de calcio.

Por:


BRENDA ALEJANDRA AMADOR LÓPEZ

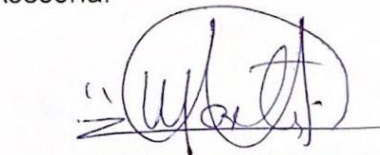
TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:


INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

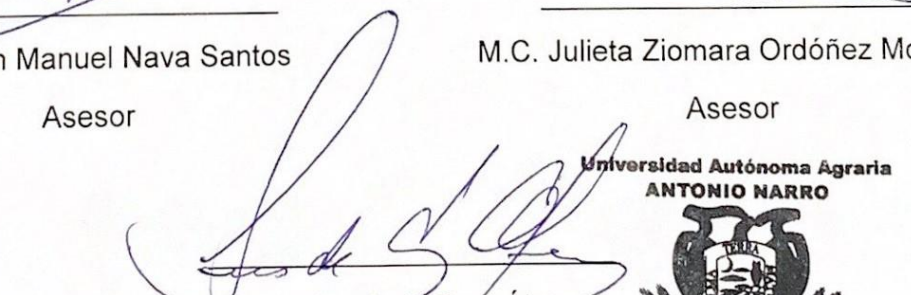
Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Rubén López Salazar
Asesor Principal


M.E. Víctor Martínez Cueto
Asesor


Ing. Juan Manuel Nava Santos
Asesor


M.C. Julieta Ziomara Ordóñez Morales
Asesor


Dr. Isaías de la Cruz Álvarez
Coordinador interino de la División de Carreras Agronómicas

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

Torreón, Coahuila, México.

Octubre 2021

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme sabiduría, inteligencia y sobre todo salud, por guiarme en el camino correcto para lograr este objetivo, principalmente por cuidar de mí y mi familia así como de personas allegadas.

A mis Padres Casilda López Juárez y Juan Amador Pavía, por todo su apoyo incondicional, gracias a sus consejos hoy culmino lo que hace años parecía imposible, gracias por depositar su confianza en mí, ustedes son mi mayor ejemplo, mi inspiración y mi fortaleza para seguir adelante.

A mis Hermanos (as), por todo el apoyo que me han brindado, ustedes también son parte de este trayecto, sus palabras y sus consejos me motivaron a llegar a la meta, gracias por confiar en mí.

A la Maestra Xóchitl Vásquez Cortes, por ser más que una comadre, es un miembro más de la familia, agradezco todo su cariño y amor brindado, por impulsarme a ser mejor persona y estar presente en cada logro de mi vida.

A Jonathan López Dorantes, agradezco tu cariño, amor y comprensión, has formado parte de esta etapa de mi vida, gracias por estar a mi lado en mis buenos y malos momentos.

A mis asesores, al Dr. Rubén López Salazar, al M.E. Víctor Martínez Cueto, al Ing. Juan Manuel Nava Santos, a la M.C. Francisca Sánchez Bernal, al Dr. Pedro Cano Ríos y a la M.C. Julieta Ziomara Ordoñez Morales por su apoyo, comprensión y dedicación para hacer posible este proyecto.

A la UAAAN-UL, por abrirme las puertas de mi segunda casa y darme la oportunidad de formar parte de esta Institución de la cual me llevo gratos recuerdos, a mis amigos que fueron pieza fundamental durante mi estancia, es una satisfacción decir que soy Orgullosamente Buitre de la Narro.

DEDICATORIAS

A mis padres Casilda López Juárez y Juan Amador Pavía, por todo el amor que me han brindado, gracias por darme la vida, por apoyar mis decisiones, estar presentes en mis logros y nunca abandonarme, hoy culmino lo que un día ustedes y yo anhelamos, mi carrera profesional que es y será para mí la mejor de las herencias.

A mis hermanos (as), a ustedes por el apoyo moral que he recibido, porque aún en mis peores momentos cada uno de ustedes estuvo presente, no tengo palabras para agradecer todo lo que hacen por mí.

A Carlos Amador López, por brindarme tu confianza y ser un ejemplo a seguir, te agradezco todo el apoyo que me has brindado, sé que cientos de kilómetros nos separan, pero este logro también te lo dedico a ti.

Al Doc. Rubén López Salazar, por darme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo, por su paciencia y dedicación en este proyecto. Además de ser mi maestro, también es un gran amigo al cual estimo mucho.

A mi abuelo Constantino Amador Pavía (†), este logro también va para ti, sé que desde el cielo también te llena de orgullo ver a tu nieta culminar otra etapa de su vida.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto del Sulfato de zinc y Nitrato de calcio en cebolla blanca (*Allium cepa L.*) mediante la biofortificación, el experimento se realizó en el ejido Mieleras municipio de Matamoros Coahuila, evaluando siete tratamientos, utilizando dos compuestos en diferentes concentraciones T1 (testigo), T2 Sulfato de zinc al 1 % ($ZnSO_4$), T3 Sulfato de zinc al 2% ($ZnSO_4$), T4 Nitrato de calcio al 1% ($CaNO_3$)₂, T5 Nitrato de calcio al 2% ($CaNO_3$)₂, T6 Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 1% ($CaNO_3$)₂+($ZnSO_4$) y T7 Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 2% ($CaNO_3$)₂+($ZnSO_4$). Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con 10 repeticiones. Las variables estudiadas fueron: DPB= Diámetro polar de bulbo; DEB= Diámetro ecuatorial de bulbo; DET= Diámetro ecuatorial de tallo; PFB=Peso fresco de bulbo; PSB=Peso seco de bulbo; PHF=Peso fresco de hoja; PSH=Peso seco de hoja; NH= número de hojas; Altura cm= Altura de la planta; Firmeza (N) y Grados Brix (°B), para el análisis estadístico se utilizó el programa Minitab v.17, el tratamiento que mostró una respuesta superior en DPB, fue la mezcla del Nitrato de calcio y Sulfato de zinc al 2%, en DEB el tratamiento superior fue Nitrato de calcio y Sulfato de zinc al 1%, seguido del Nitrato de calcio y Sulfato de zinc al 2% en la tercera toma de muestras, las variables DET, PFB, PSH y Altura de la planta el tratamiento que resultó superior en estas fue el Sulfato de zinc al 2%, así mismo, en la primera toma de datos la mezcla de Nitrato de calcio y Sulfato de zinc al 2% resultó altamente significativa para las variables DET, PFB, PSB, PHF, PSH, NH y Altura de la planta, del mismo modo, este mismo influyó de manera positiva en las variables de gran importancia económica, firmeza y grados brix durante la tercera toma de muestras las cuales fueron tomadas al finalizar el ciclo del cultivo, en conclusión, de acuerdo a la hipótesis, los tratamientos influyeron de manera significativa en la biofortificación de cebolla, lo cual indica que el desarrollo de la planta está ligado a la necesidad de nitrógeno del cultivo durante todo su ciclo.

Palabras clave: Cebolla, Biofortificación, Sulfato de zinc, Nitrato de calcio, Micronutrientes

INDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iii
INDICE.....	iv
INDICE DE CUADROS	vi
I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general.....	3
1.2 Objetivo específico.....	3
1.3 Hipótesis	3
II REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Origen e importancia.....	4
2.2 Descripción botánica.....	4
2.3 Raíz	5
2.4 Tallo.....	6
2.5 Bulbo	6
2.6 Hojas	6
2.7 Flores y semillas	7
2.8 Crecimiento y desarrollo	7
2.8.1 Crecimiento herbáceo.....	8
2.8.2 Formación de bulbos	8
2.8.3 Reposo vegetativo	8
2.8.4 Reproducción sexual	9
2.9 Cultivares.....	9
2.10 Color del bulbo.....	9
2.10.1 Blancas.....	9
2.10.2 Amarillas.....	9
2.10.3 Rojas	10
2.11 Forma del bulbo	10
2.12 Luminosidad	11
2.13 Fotoperiodo.....	11

2.14 Temperatura	13
2.15 Pluviometría	14
2.16 Usos	14
2.17 Importancia económica a nivel mundial	15
2.18 Importancia económica a nivel nacional.....	16
2.19 Valor nutricional	16
2.20 Sabor	17
2.21 Biofortificación	17
2.22 Fertilización química	19
2.23 Fertilización orgánica	21
2.24 Uso de sustancias húmicas	22
2.25 Suelo	25
III MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1 Localización del experimento	26
3.2 Diseño experimental	27
3.3 Metodología	27
3.4 Variables evaluadas.....	31
IV RESULTADOS.	33
V DISCUSIÓN.....	64
VI CONCLUSIONES	66
VII BIBLIOGRAFIA.....	67

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Respuesta de cebolla acorde al fotoperido.....	13
Cuadro 2.- Descripción de los tratamientos para evaluar la biofortificación en la cebolla blanca (<i>Allium cepa</i> L.)	27
Cuadro 3.- Descripción de fertilizantes utilizados en etapa de crecimiento	30
Cuadro 4.- Descripción de fertilizantes utilizados durante el ciclo del cultivo.....	30
Cuadro 5.- Análisis de varianza para diámetro polar de bulbo (DPB) primera medición.	33
Cuadro 6.- Análisis de varianza para diámetro polar de bulbo (DPB) segunda medición.	34
Cuadro 7.- Análisis de varianza para diámetro polar de bulbo (DPB) tercera medición	35
Cuadro 8.- Análisis de varianza para diámetro ecuatorial de bulbo (DEB) primera medición.	36
Cuadro 9.- Análisis de varianza para diámetro ecuatorial de bulbo (DEB) segunda medición.	37
Cuadro 10.- Análisis de varianza para diámetro ecuatorial de bulbo (DEB) tercera medición.	38
Cuadro 11.- Análisis de varianza para diámetro ecuatorial de tallo (DET) primera medición.	39
Cuadro 12.- Análisis de varianza para diámetro ecuatorial de tallo (DET) segunda medición.	40
Cuadro 13.- Análisis de varianza para diámetro ecuatorial de tallo (DET) tercera medición.	41
Cuadro 14.- Análisis de varianza para Peso fresco de bulbo (PFB) primera medición.	42
Cuadro 15.- Análisis de varianza para peso fresco de bulbo (PFB) segunda medición.	43
Cuadro 16.- Análisis de varianza para peso fresco de bulbo (PFB) tercera medición.	44
Cuadro 17.- Análisis de varianza para peso seco de bulbo (PSB) primera medición.	45
Cuadro 18.- Análisis de varianza para peso seco de bulbo (PSB) segunda medición.	46
Cuadro 19.- Análisis de varianza para peso de bulbo seco (PBS) tercera medición.	47
Cuadro 20.- Análisis de varianza para peso fresco de hoja (PFH) primera medición.	48

Cuadro 21.- Análisis de varianza para peso fresco de hoja(PFH) segunda medición.	49
Cuadro 22.- Análisis de varianza para peso fresco de hoja (PFH) tercera medición.	50
Cuadro 23.- Análisis de varianza para peso seco de hoja (PSH) primera medición.	51
Cuadro 24.- Análisis de varianza para peso seco de hoja (PSH) segunda medición.	52
Cuadro 25.- Análisis de varianza para peso seco de hoja (PSH) tercera medición.	53
Cuadro 26.- Análisis de varianza para número de hoja (NH) primera medición. ..	54
Cuadro 27.- Análisis de varianza para número de hoja (NH) segunda medición. .	55
Cuadro 28.- Análisis de varianza para número de hoja (NH) tercera medición. ...	56
Cuadro 29.- Análisis de varianza altura(cm) primera medición.....	57
Cuadro 30.- Análisis de varianza altura(cm) segunda medición.	58
Cuadro 31.- Análisis de varianza altura(cm) tercera medición.....	59
Cuadro 32.- Análisis de varianza Firmeza (N) primera medición.	60
Cuadro 33.- Análisis de varianza para grados Brix (°B) primera medición.	61
Cuadro 34.- Contenido nutrimental de hoja seca.	62
Cuadro 35.- Contenido nutrimental de hoja seca de acuerdo a DOP.	62
Cuadro 36.- Resultados generales de acuerdo a DOP.....	63

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Ubicación del sitio donde se llevó a cabo el experimento, imagen recuperada de Google Earth. Julio 2020.	26
Figura 2.- Levantamiento de cama y colocación de cintilla.	28
Figura 3.- Siembra directa.	28
Figura 4.- Germinación de cebolla.	29
Figura 5.- Primera medición de la planta.	31
Figura 6.- Diámetro polar de bulbo (DPB) primera medición.	33
Figura 7.- Diámetro polar de bulbo (DPB) segunda medición.	34
Figura 8.- Diámetro polar de bulbo (DPB) tercera medición.	35
Figura 9.- Diámetro ecuatorial de bulbo (DEB) primera medición.	36
Figura 10.- Diámetro ecuatorial de bulbo (DEB) segunda medición.	37
Figura 11.- Diámetro ecuatorial de bulbo (DEB) tercera medición.	38
Figura 12.- Diámetro ecuatorial de tallo (DET) primera medición.	39
Figura 13.- Diámetro ecuatorial de tallo (DET) segunda medición.	40
Figura 14.- Diámetro ecuatorial de tallo (DET) tercera medición.	41
Figura 15.- Peso fresco de bulbo (PFB) primera medición.	42
Figura 16.- Peso fresco de bulbo (PFB) segunda medición.	43
Figura 17.- Peso fresco de bulbo (PFB) tercera medición.	44
Figura 18.- Peso seco de bulbo (PSB) primera medición.	45
Figura 19.- Peso seco de bulbo (PSB) segunda medición.	46
Figura 20.- Peso seco de bulbo (PSB) tercera medición.	47
Figura 21.- Peso fresco de hoja (PFH) primera medición.	48
Figura 22.- Peso fresco de hoja (PFH) segunda medición.	49
Figura 23.- Peso fresco de hoja (PFH) tercera medición.	50
Figura 24.- Peso seco de hoja (PSH) primera medición.	51
Figura 25.- Peso seco de hoja (PSH) segunda medición.	52
Figura 26.- Peso seco de hoja (PSH) tercera medición.	53
Figura 27.- Número de hoja (NH) primera medición.	54
Figura 28.- Número de hoja (NH) segunda medición.	55
Figura 29.- Número de hoja (NH) tercera medición.	56
Figura 30.- Altura (cm) primera medición.	57
Figura 31.- Altura (cm) segunda medición.	58
Figura 32.- Altura (cm) tercera medición.	59

Figura 33.- Firmeza (N) primera lectura.	60
Figura 34.- Grados Brix (° B) primera lectura.	61

I INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), la deficiencia de micronutrientes es uno de los factores que más contribuyen a la carga mundial de morbilidad, por su parte la UNICEF plantea que “el hambre oculta” es la que se origina por la carencia de micronutrientes; ésta ataca la salud y la vitalidad de las personas, siendo probablemente una de las más terribles amenazas para la salud, la educación, el crecimiento económico en los países en desarrollo (UNICEF, 2003; UNICEF TACRO, 2008).

El consumo insuficiente de los micronutrientes a través de los alimentos causa una malnutrición mineral en humanos. Hasta ahora se han determinado 11 elementos que son esenciales para el desarrollo y crecimiento adecuado de los humanos (Fraga, 2005). Algunos de estos elementos son requeridos en cantidades tan pequeñas que su deficiencia puede llegar a ser rara o inclusive desconocida (Stein, 2009). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) las deficiencias nutrimentales más comunes son las de hierro (Fe), zinc (Zn), Yodo (I) y Vitamina A (Burlingame, 2013).

Para tratar de mitigar esta situación, se han realizado estudios e investigaciones que se han centrado en obtener productos fortificados y/o biofortificados con micronutrientes deficitarios en las poblaciones, algunos de ellos son: la biofortificación del arroz, el trigo, el maíz, frijol y cebolla (PSAN, 2008). Es importante reconocer que no todos los alimentos fortificados ofrecen una buena biodisponibilidad de sus micronutrientes y es por esta razón que la Biofortificación parece ser una mejor alternativa para fortificar alimentos con nutrientes más biodisponibles, a la vez que mejora su biodisponibilidad, pues estos se estarían consumiendo en forma natural, es decir, tal cual como viene en la planta.

El objetivo es desarrollar plantas que tengan un mayor contenido de nutrientes biodisponibles en sus partes comestibles (Palmgren, *et al.*, 2008). Estos cultivos tienen mejores características agronómicas y nutricionales, en comparación con cultivos no-biofortificados, es decir, los que consumimos a diario y se denominan convencionales (Pisuña y Jose Manuel, 2015). Ortega (2014), menciona que existen dos maneras de contribuir estos alimentos: uno: a través de mejores cualidades agronómicas, como lo es el rendimiento, las familias aumentan la producción de alimentos y como consecuencia la energía disponible para consumo; dos: por su mayor contenido de nutrientes carentes en la dieta latinoamericana, como el hierro y el zinc, las personas consumen más de estos micronutrientes esenciales, esta técnica de cultivos básicos es una estrategia reciente, basada en alimentos que se suma a otras como lo es la fortificación industrial de alimentos. No obstante, (Diaz, *et al.*, 2017), opina que la fortificación convencional requiere aditivos artificiales, sin embargo, esta técnica implica la síntesis o acumulación de nutrientes por parte de las plantas en la fuente.

A su vez, Chugh y Dhaliwal (2013), argumentan que el enfoque más económico y factible para minimizar el hambre oculta es la biofortificación, siendo así una estrategia en la que se producen cultivos de alimentos básicos con mayor concentración de vitaminas y minerales biodisponibles.

1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la cebolla blanca (*Allium cepa* L.) mediante la biofortificación con Sulfato de zinc y Nitrato de calcio.

1.2 Objetivo específico

Al menos un compuesto influirá en la Biofortificación de la cebolla blanca (Vdd. San Lucas White).

1.3 Hipótesis

El uso de Sulfato de zinc y Nitrato de calcio influyen de manera significativa en la Biofortificación de cebolla blanca (Vdd. San Lucas White).

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen e importancia

La cebolla (*Allium cepa* L.) ha sido cultivada desde hace más de 5000 años, esto se debe a tres características: bulbo poco perecedero, facilidad en el transporte y adaptabilidad a una gran diversidad de suelos y climas. Fue cultivada por griegos, egipcios y romanos, estos últimos la adaptaron a países del mediterráneo, los colonizadores son quienes traen la cebolla a América cultivándolas en zonas templadas, su origen aún se encuentra en discusión; Civilizaciones ribereñas como Egipto y Caldea mencionan que el origen de esta especie se encuentra en Asia (Irán Afganistán) (Maroto, 2002).

Maroto (2002), señala que fue domesticada en diversos lugares, ocupando una extensa región en el Oeste de Asia, ampliándose a Palestina y la India. Existen tres centros de origen, uno primario: Centro Asiático Central (India, Afganistán y regiones cercanas) y dos secundarios: Centro del Oriente (Asia Menor, Transcaucasia e Irán) y Centro Mediterráneo (países en torno al mar Mediterráneo).

2.2 Descripción botánica

La cebolla, es una planta herbácea bienal perteneciente a la familia de las amarilidáceas, es la especie más ampliamente cultivada del género *Allium*, el cual contiene varias especies más que se denominan «cebollas» y que se cultivan como alimento (Cargua y N, 2013).

Valadez (1989), la describe como una planta bianual monocotiledónea, ya que desarrolla el bulbo en su primera etapa de crecimiento, el cual es comestible, y los vástagos o tallos florales en la segunda etapa.

Brewster (2001), indica que el nombre científico es *Allium cepa* L. y pertenece a la familia Alliaceae, así mismo, sitúa el género de las cebollas en el siguiente contexto taxonómico:

Clase: Monocotiledoneae
Superorden: Liliiflorae
Orden: Asparagales
Familia: Alliaceae
Tribu: Alliae
Genero: Allium

2.3 Raíz

El sistema radicular alcanza una profundidad de 25 a 30 cm en sentido vertical y 15 cm en sentido lateral (Jones y Mann, 1963). Este sistema radicular pobre estimula una baja absorción de nutrientes y agua, ocasionando poca competitividad con las malezas (Medina, 2008).

Las raíces primarias de la cebolla emergen de la semilla, pero viven normalmente solo unas pocas semanas. A medida que se expande el disco del tallo, las bases de las raíces más viejas resultan empujadas progresivamente hacia el exterior del ápice caulinar, mientras que los verticilos de las raíces nuevas continúan formándose y emergiendo cerca del ápice (Brewster, 2001).

2.4 Tallo

La cebolla presenta dos tipos de tallos, uno en la base de la planta o bulbo, el cual está compuesto por un disco subcónico de entrenudos muy cortos, y otro tallo es constituido por los escapos florales, desarrollados sobre la yema central o yemas axilares. De igual forma, el disco subcónico del tallo basal es subterráneo y presenta en la parte centro superior el ápice caulinar, a partir del cual se forman las hojas opuestas distribuidas de forma alterna. Las vainas de las hojas rodean el punto de crecimiento, formando un tubo que encierra a las hojas jóvenes y el ápice caulinar. A medida que se desarrollan estas estructuras foliares, se desarrolla un tallo que es en realidad un “falso tallo” o “pseudotallo” (Añez, *et al.*, 1996).

2.5 Bulbo

El bulbo está formado por hojas modificadas llamadas escamas, cuyo tamaño, diámetro y desarrollo depende específicamente del fotoperiodo y del cultivar, donde se acumulan las sustancias nutritivas de reserva durante el primer ciclo. (Jones y Mann, 1963; Guenkov, 1974).

2.6 Hojas

Las hojas salen del tallo, son lineales, grandes, huecas y ensanchadas en su mitad inferior; en su base son carnosas llenas de reservas que botánicamente son llamadas catafilas, están superpuestas y concéntricas formando un bulbo, jugoso y de color blanco por dentro, por fuera puede variar desde un color blanco, amarillo, morado o pardo (Mirghani, 1980). Guenkov (1974), describe a estas como tubulares, poseen limbo, de color verde con o sin película parecida a la cera y constituye un falso tallo.

El crecimiento del follaje de la cebolla crece hasta que las condiciones externas favorezcan la formación del bulbo. Puede formar de cuatro a siete hojas con un largo de 40 a 65 cm (Chimborazo, 2015); por otro lado, bajo diferentes sistemas de plantación y niveles de fertilización, las cebollas tienen en promedio ocho hojas con un largo de 50 a 60 cm bajo las condiciones de la Irrigación más en el periodo setiembre-diciembre (Poma, 2013).

2.7 Flores y semillas

El tallo floral (escapo) no presenta hojas, excepto una única espata que protege la inflorescencia. La umbela se compone de flores con un perianto de seis segmentos dispuestos en dos verticilos de tres. Las flores presentan seis estambres, también dispuestos en verticilos de tres. El ovario se sitúa por encima del resto de las piezas de la flor, presenta tres lóculos y un estilo con un estigma abultado. Cada lóculo del ovario contiene dos óvulos y por ellos pueden formarse un máximo de semillas por flor. Las semillas presentan una gruesa cubierta (Brewster, 2001).

2.8 Crecimiento y desarrollo

Rey, *et al.*, (1974) citan los estadios de crecimiento y desarrollo de la cebolla desde la siembra de la semilla hasta la caída de cuello de la cebolla. Las especies del género *Allium* pasan a través de una serie de estadios vegetativos y de floración que presentan similitudes entre ellas, a pesar de que la formación del bulbo no tiene lugar en algunas de ellas.

Las cuatro fases de la cebolla son descritas a continuación: fase de crecimiento herbáceo, fase de formación de bulbos, fase de reposo vegetativo y fase de reproducción sexual. Estas cuatro fases serán descritas con mayor detalle en conjunto con los estudios de (Rey, *et al.*, 1974; Dogliotti, *et al.*, 2011).

2.8.1 Crecimiento herbáceo

Esta fase inicia con la germinación, formándose una planta provista de un tallo muy corto o disco, en el que se insertan las raíces y en el que existe un meristemo que va originando progresivamente hojas. Las hojas de los estadios más tempranos poseen los términos de bucle, bandera, primera y segunda hoja. En esta fase la planta dedica los asimilados disponibles para el desarrollo de su sistema radicular y foliar, como consecuencia de estos procesos fisiológicos se observará un aumento en el número de hojas, así como el aumento en el área de las láminas de las mismas, de tal manera que cada hoja nueva alcanza un mayor tamaño que la hoja inmediata anterior (Maroto, 2002; Rey, 1974; Dogliotti, *et al.*, 2011).

2.8.2 Formación de bulbos

Cuando la planta recibe las condiciones adecuadas (el fotoperiodo y la temperatura principalmente) para iniciar la bulbificación, el destino de los asimilados disponibles para el crecimiento cambia drásticamente. El desarrollo del sistema vegetativo aéreo y radicular se va paralizando poco a poco, la planta inicia la movilización y acumulación de reservas en la base de las hojas interiores, que a su vez se engrosan formando el bulbo. En esta fase se produce una hidrólisis de los prótidos, que se inicia en las hojas viejas, dirigiendo la planta los aminoácidos libres formados hacia la zona de reserva. Paralelamente se produce una síntesis muy intensa de glucosa y fructosa que se acumula en el bulbo (Maroto, 2002; Dogliotti, *et al.*, 2011).

2.8.3 Reposo vegetativo

En esta fase el bulbo maduro está en latencia y la planta no se desarrolla. En esta fase el contenido en todo tipo de fitohormonas es muy bajo (Maroto, 2002).

2.8.4 Reproducción sexual

Normalmente se produce en el segundo año de cultivo, en que el meristemo apical del disco desarrolla, a expensas de la situación de reserva acumuladas, un tallo floral que al rasgarse en su extremo se remata por una inflorescencia en umbela (Maroto, 2002).

2.9 Cultivares

La realización de cruzamientos está muy extendida a nivel global y continuamente se obtienen nuevos cultivares, esto genera una base muy pequeña para construir unos esquemas de clasificación formal para agrupar los cultivares. Cada país o región tiende a tener sus cultivares tradicionales y por ello cualquier discusión sobre unos cultivares determinados es inevitablemente selectiva y limitada (Añez, *et al.*, 1996).

2.10 Color del bulbo

2.10.1 Blancas

Cornejo (1996), describe a estas con un alto contenido de sólidos totales o materia seca y poco contenido de agua, lo que las hace más apropiadas para la deshidratación. Son ricas en hidratos de carbono. Entre los cultivares se pueden mencionar “Dehydrator”, “White granex” “White creole” y “While mexicana”.

2.10.2 Amarillas

Poseen un alto contenido de hidratos de carbono, especialmente azúcares. Las consumen con mayor énfasis los países industrializados, siendo México uno de los más importantes productores del mundo (Cornejo, 1996).

2.10.3 Rojas

Contienen un alto contenido de compuestos sulfurados como el sulfuro de alilo que le da el sabor fuerte, picante, a la cebolla llamado pungencia. El mejor mercado para estas variedades además del nacional es el de algunos países latinoamericanos y también algunos europeos, cuyos consumidores prefieren tales sabores fuertes (Salas, 1988).

Entre las variedades de este tipo cultivadas en la región Arequipa y otros lugares del país, se pueden mencionar las siguientes: “Colorada arequipeña probablemente traído por los conquistadores españoles. “Red burgundy”, “Italiana”, “Regal”, “Red creole” y “California early” (americanas las tres últimas) (Cornejo, 1996).

2.11 Forma del bulbo

Finalmente, Salas (1988), dice que, de acuerdo con la forma de bulbo, se pueden encontrar en forma de:

- **Globulares:** Forma de globo. Hay muchas variedades en el mundo y pertenecientes a cualquiera de los grupos anteriores que presentan esta forma de bulbo.

- **Piriformes:** Forma cónica o de pera. Un ejemplo representativo de este grupo es la “perilla” que es una de las formas representativas de las variedades “Colorada arequipeña”.
- **Achatadas:** Forma discoidal. Como ejemplo tenemos otra forma de la “Colorada arequipeña”, la denominada “Chaqueña”.
- **Torpedo:** Forma alargada. Podría tratarse de cebollas que no llega a bulbificar correctamente. Tal sería el caso de las cebollas “verdes” o de “rabo” que se producen generalmente en la sierra peruana o en cierta época en la campiña de Arequipa.

2.12 Luminosidad

La luminosidad es definida como la densidad de flujo de fotones por unidad de área, cuando aumenta esta densidad también lo hace la relación de bulbificación. Esta característica permite que incluso en tiempo frío, si la intensidad de luz es superior al nivel crítico, la cebolla pueda desarrollarse correctamente. Según estudios de la calidad espectral de la luz, las relaciones menores de rojo-infrarojo hacen más intenso el estímulo de bulbificación (Salunkhe, 2004; Brewster, 2001).

2.13 Fotoperiodo

Las cebollas necesitan días largos para iniciar la formación del bulbo. En el cuadro uno muestra que la cebolla posee respuesta de día largo (DL) y una respuesta cualitativa al fotoperiodo, si el largo del día no supera un determinado valor crítico, la planta no bulbificará (dependiente de la variedad). Sin embargo, existen factores

externos e internos que pueden hacer variar los requerimientos del fotoperiodo crítico (FPc). El más importante de estos factores es la temperatura media (Salunkhe, 2004; Dogliotti, *et al.*, 2011).

Maroto (2002), cita algunos trabajos en fisiología de formación de bulbo del cultivo de cebolla como los publicados por algunos autores deduciendo las siguientes conclusiones:

- Con fotoperiodos cortos no hay formación de bulbos, sino que la planta solo forma raíces y hojas.
- La formación de bulbos en la cebolla requiere primordialmente la incidencia de fotoperiodos largos, por esta razón cuando se habla de variedades de día corto, debería decirse y debe entenderse como variedades de fotoperiodo “menos largo”.
- Con fotoperiodos largos la incidencia de temperaturas altas acelera la formación de bulbos, mientras que las temperaturas bajas la retrasan, pudiendo inducir a la floración prematura.
- Si la duración del fotoperiodo está cercana a un valor crítico, una escasa disponibilidad de nitrógeno puede conducir hacia la formación de bulbos, es decir, jugando el mismo papel que un fotoperiodo largo, mientras que, si en estas condiciones el gradiente de nitrógeno es elevado, la formación de bulbos puede quedar inhibida.

- En los trópicos, las cebollas de días cortos pueden completar su ciclo de vida durante el fotoperíodo que en teoría es suficientemente largo como para permitirles formar los bulbos. En tales circunstancias, factores medioambientales como la nutrición, el distanciamiento y la fase de desarrollo de la planta controlan el inicio y progreso de la formación del bulbo.

Cuadro 1.- Respuesta de cebolla acorde al fotoperíodo.

Fotoperíodo (horas)	Resultado
10	No bulbifica, produce hojas indefinidamente
13	Bulbifica, pero sigue produciendo hojas
≥ 14.9	Bulbifica, las hojas senescen y el bulbo madura

2.14 Temperatura

La cebolla se desarrolla correctamente en un amplio rango de condiciones climáticas. Los requerimientos de temperatura dependen de la etapa de desarrollo, para el crecimiento vegetativo la temperatura debe situarse entre los 12.8 y 23.9°C, mientras que en la formación del bulbo las temperaturas favorables se sitúan entre 15.6 y 21.0°C. Esto indica que las plantas jóvenes son más tolerantes al frío que las más viejas (Salunkhe, 2004).

Olani y Fikre (2010), señalan que las altas temperaturas durante la floración dan como resultado el aborto con flores y, posteriormente, un menor rendimiento de semillas. Por otro lado, la temperatura muy baja, el clima brumoso y las

precipitaciones durante el período de floración afectan el movimiento de las abejas y el proceso de polinización.

2.15 Pluviometría

Una pluviometría alta (> 1000 mm) es perjudicial para el crecimiento y formación del bulbo de cebolla. La mejor calidad de bulbos y mayor rendimiento se obtiene cuando las condiciones ambientales son óptimas durante la fase previa a la formación del bulbo, por ejemplo, cuando las temperaturas son suaves, cuando existe suficiente luz solar, niveles óptimos de humedad del suelo, lluvias ligeras y longitud adecuada del día, seguido de un tiempo seco y luminoso durante la maduración (Salunkhe, 2004).

2.16 Usos

En la Edad Media se utilizaba tanto culinariamente como en farmacia, las cebollas se consumen en su mayoría fritas, guisadas o al horno; sin embargo, también se comen crudas, especialmente las cebollas dulces que tienen un sabor suave. Al mismo tiempo se transforman en aceite o polvo de cebolla y se usan para dar sabor a una variedad de productos (Kik, *et al.*, 2005; Shigyo, 2006).

Del mismo modo se valoran como alimentos y medicamentos principalmente por los sabores y propiedades medicinales de sus compuestos de azufre, por esto mismo existe un interés creciente en optimizar la reproducción y la producción para producir productos frescos o procesados con características definidas de sabor y salud (Griffiths, *et al.*, 2002).

2.17 Importancia económica a nivel mundial

En la lista de cultivos de hortalizas cultivadas en todo el mundo, las cebollas ocupan el segundo lugar solo precedido por los tomates (FAOSTAT, 2006). Se cultivan en todo el mundo y como el cultivo es sensible a la longitud del día, existen varios tipos de cebollas, dependiendo de la latitud a la que crecen. Hay gran número de cultivares con distinta adaptación a las diferencias de climatología que influyen en su vegetación. A pesar de ello no todos los países cubren sus necesidades, y han de importar una parte de su consumo (Agroscience, 2012).

Por consiguiente, fuera de Europa, países como China están incrementando la producción. En los últimos cinco años, Nueva Zelanda ha triplicado su producción. En América, los principales países productores son: México, Ecuador, Jamaica y Paraguay (Infoagro, 2010). La cebolla ocupa el cuarto lugar en la producción mundial de hortalizas, con un volumen de 57,9 millones de toneladas (Fernández, *et al.*, 1996).

En la región tropical como consecuencia de las altas temperaturas y días cortos, la mayoría de las variedades no desarrollan bulbos y las que mejor se comportan, no muestran todo su potencial productivo, ni solucionan varios de los problemas de la producción comercial (Muñoz, *et al.*, 2004).

2.18 Importancia económica a nivel nacional

La producción de la cebolla en promedio es ligeramente mayor en el ciclo primavera-verano con 54 por ciento, mientras que el restante 46 por ciento se genera en el otoño-invierno, esta hortaliza se produce todo el año, siendo los meses de marzo, mayo y agosto los de mayor producción. (SIAP-SAGARPA, 2015).

México es el primer productor de cebolla, que año con año va aumentando. Tan solo en 2015, su producción fue de 1,519 mil toneladas. Se dice que el 90 por ciento de la producción mexicana es de cebolla blanca, seguido del 7 por ciento con cebolla morada y el 3 por ciento de cebolla amarilla. SIAP-SAGARPA (2015), señalan que en Mexico seis estados producen 73 por ciento de la producción nacional de está hortaliza, entre los que destacan: Chihuahua con 16 por ciento, Baja California 13 por ciento y Tamaulipas 12 por ciento. Actualmente Tamaulipas se ubica en el primer lugar a nivel nacional en la producción de cebolla. (SADER TAMAULIPAS, 2017)

2.19 Valor nutricional

En cuanto al valor nutricional las hortalizas desempeñan un rol muy importante en la alimentación y buena salud del hombre, constituyendo el cuarto grupo esencial de la alimentación humana; su valor nutricional se debe principalmente al contenido de vitaminas, minerales, hidratos de carbono, proteínas y grasas (Bazán y Rodríguez, 2010).

En cuanto al valor nutritivo de la cebolla, se puede indicar que el contenido de agua oscila entre un 87 y un 94%; la proteína entre punto cinco y uno punto cuatro por

ciento; el contenido lipídico en torno a cero punto dos por ciento y los carbohidratos de cuatro punto cinco a diez por ciento. La vitamina C está cerca de cinco mg/100 g. Pero el mayor interés de este alimento se refiere a sus compuestos bioactivos (Mataix Verdú, *et al.*, 2005).

2.20 Sabor

La intensidad del sabor de las cebollas varía ampliamente debido a factores genéticos, ambientales y posteriores a la cosecha (Randle, 1992). Los estudios en invernaderos han demostrado que el suministro de sulfato es el factor ambiental principal que determina la pungencia (Randle, 1992; Randle y Bussard, 1993) y, por lo tanto, la producción de cebolla suave se realiza en suelos ligeros donde la fertilidad se puede controlar fácilmente. Además, los estudios hidropónicos también han demostrado que el suministro de nitrógeno puede afectar los niveles de precursores de sabor (Coolong y Randle, 2003; Randle, 2000).

2.21 Biofortificación

La Organización Mundial de la Salud (OMS), señala que la deficiencia de micronutrientes es uno de los factores que más contribuyen a la carga mundial de morbilidad, por su parte la UNICEF plantea es la que se origina por la carencia de micronutrientes, esta ataca la salud y la vitalidad de las personas, siendo probablemente una de las más terribles amenazas para la salud, la educación, el crecimiento económico y la dignidad humana en los países en desarrollo (UNICEF, 2003). La deficiencia de zinc, hierro y vitamina B12 tienen un impacto negativo en la salud, especialmente en el crecimiento y desarrollo cognoscitivo de los niños (Neulfeld, *et al.*, 2014; Álvarez, *et al.*, 2012). A nivel mundial más del 60 por ciento de la población tiene deficiencia de hierro (Fe) y 30 por ciento de zinc (Zn)

(Amarakoon, *et al.*, 2012), respecto a la deficiencia de vitamina B12 esta puede ser del 5 al 60 por ciento (Contreras, *et al.*, 2008).

Deficiencias en calcio (Ca), magnesio (Mg) y cobre (Cu) se presentan en un tercio de la población, principalmente en los países en vías de desarrollo (White y Broadley, 2005).

Herrera (2011), argumenta que la biofortificación con micronutrientes de los cultivos básicos se presenta como una herramienta útil para combatir esta problemática. Esta alternativa busca incrementar el contenido de nutrientes en los cultivos mediante técnicas de fertilización, además, el sistema de cultivos biofortificados es un medio viable para hacer llegar alimentos fortificados a las personas con acceso limitados a ellos, enfocándose en nutrientes como el hierro, el zinc, y los -carotenos; y ha sido aplicado a cultivos básicos como el arroz, el maíz, trigo y cebolla.

Así mismo, Welch y Graham (2004), mencionan que la agricultura se podría considerar como alternativa de solución a la biofortificación, dado que es la vía más accesible para incrementar la cantidad de zinc en los alimentos. Además, se ha reportado que el zinc reduce la acumulación de cadmio en plantas, un metal tóxico que incrementa ciertas enfermedades en los humanos.

2.22 Fertilización química

A escala global, la fertilización aún está dominada por la necesidad de proporcionar a los cultivos macro y micronutrientes fácilmente disponibles (Rengel, *et al.*, 1999), incluso si se sabe que las aplicaciones repetidas de fertilizantes minerales (tanto NPK como fertilizantes micronutrientes) puede contribuir significativamente a elementos químicos potencialmente peligrosos en los cultivos (Jiao, *et al.*, 2012). De hecho, los fertilizantes minerales pueden contener micronutrientes, a menudo agregados para elevar su contenido en alimentos para humanos (Rengel, *et al.*, 1999), y elementos no esenciales presentes como impurezas (Jiao, *et al.*, 2012), que pueden introducirse inadvertidamente en los suelos, causando acumulación de suelo y planta a lo largo del tiempo y lesiones en la salud humana (Gupta y Gupta, 1998).

Las recomendaciones de fertilizantes basadas en pruebas de suelo son específicas del sitio y del cultivo y, por lo general, se realizan para ensayos de fertilización mineral (Gaskell, *et al.*, 2000; Jiao, *et al.*, 2012).

Rodríguez, *et al.*, (1994), señalan que este cultivo no requiere un diagnóstico previo a la fertilización ya que se basa en la aplicación empírica de fertilizantes sólidos con base en síntesis química y en características visuales comunes. Así, Rodríguez, *et al.*, (1994), determinaron mediante análisis foliar, las curvas de formación de materia seca y las extracciones de N-P-K; los resultados indicaron que, durante el periodo de inicio de engrosamiento del bulbo y la cosecha, las plantas extraen alrededor del 85 por ciento del N y P, y el 80 por ciento de K. Por su parte, Nwadukwe y Chude (1995), mencionaron que, bajo condiciones normales de suelo, una producción de 30 t. ha de cebolla extrae alrededor de 40, 90 y 120 kg. ha de N-P-K, respectivamente.

Haag, *et al.*, (1981), relatan que, en el cultivo de cebolla los nutrientes se absorben en cantidades reducidas hasta los 85 días. A partir de los 145 días de la siembra, aumenta la intensidad de absorción. En este proceso son el N y K los nutrientes que más destacan y en menor escala el P, S, Mg y Ca.

Vidigal, (2000), mientras trabajaban con el cultivar Alfa Tropical en condiciones de campo, observaron que el K era el nutriente más absorbido por la planta; el mismo se hallaba distribuido en las hojas, bulbos y raíces; seguidos de N, Ca, P, S y Mg. Se determinó que el máximo de absorción, para los tres primeros, fue observado a los 117 días después.

Por otro lado, la importancia del manejo de micronutrientes en cebolla, como Zn, se manifiesta en investigaciones realizadas por Gupta, *et al.*, (1985), donde se consiguieron incrementos en rendimientos en el orden de 30 a 67 por ciento del peso de bulbo con respecto al testigo, al aplicar Zn en dosis de cinco y diez $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de suelo respectivamente. Lal y Maurya, (1983), en un ensayo de dos años con cebolla cv. Poona Red sembrada en arena, encontraron que el mayor peso tanto en seco como en fresco fue obtenido en las plantas que recibieron tres $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de Zn. Murphy y Walsh, (1972) recomiendan aplicar de tres a cinco kg de Zn en banda cada tres a cuatro años y luego un $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ anualmente; además, señalan como dosis recomendable de ZnSO_4 cuatro punto cinco a nueve $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ aplicados al voleo de acuerdo al análisis de suelo o foliar. Las dosis de zinc como quelato están por el orden de tres a cinco $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ aplicada en banda (ICA, 1992).

Lorenz y Maynard, (1988) y Peña, *et al.*, (1999), reportaron que la respuesta relativa de la cebolla al boro es baja, y alta a las aplicaciones de zinc en producción y calidad.

Rao y Deshpande, (1973), encontraron que los efectos del boro sobre el crecimiento y rendimiento de cebolla, no fueron evidentes, sin embargo, consiguieron una interacción positiva entre el Cu y B, obteniéndose los más altos rendimientos ($15.000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) como respuesta a la aplicación de uno a cuatro kg de Cu y uno a ocho $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de B, Jayamohanrao, (1974), encontró que estas mismas dosis mejoraban la composición mineral de los bulbos sobre todo los niveles de Ca, P y Fe, los cuales alcanzaron su máximo con esas dosis.

2.23 Fertilización orgánica

La materia orgánica del suelo (MOS) se identifica con frecuencia como un componente primario de la fertilidad del suelo, afectando positivamente muchas propiedades físico-químicas y biológicas del suelo (Kononova, 2013) y el contenido de MOS se reduce aún más cuando el suelo es sometido a cultivos intensivos (Parras y Lozano, 2014).

Debe considerarse que la absorción de metales por parte de las plantas generalmente varía de acuerdo con las cargas de metales en el suelo, siendo más eficiente en concentraciones más bajas y, a menudo, alcanza una meseta para un efecto de saturación, sobre todo, cuando los metales se introducen en el suelo con enmiendas orgánicas (Dudka y Miller, 1999). De todos modos, la lenta mineralización de la MOS agregada con enmiendas orgánicas podría liberar metales a formas más solubles, lo que eventualmente afectará adversamente la productividad de los cultivos y la calidad de los alimentos (McBride, 1995; Dudka y

Miller, 1999). Se ha demostrado que también los fertilizantes NPK no solo pueden aumentar las cargas de metal de los suelos receptores, sino que también pueden cambiar su especificación química y, por lo tanto, la biodisponibilidad (Jiao, *et al.*, 2012).

La disponibilidad de nutrientes es un factor limitante en los sistemas de producción de plantas orgánicas, estos sistemas generalmente dependen de la importación de nutrientes de plantas de granjas orgánicas o convencionales vecinas, así como de los flujos de residuos urbanos, como el biocompost de residuos verdes. Al centrarse cada vez más en reducir la importación convencional para garantizar sistemas de cultivo sostenibles (Oelofse, *et al.*, 2013), el aumento de la eficiencia en el uso de nutrientes debería ser un objetivo en los sistemas agrícolas orgánicos.

Una absorción eficiente de nutrientes es especialmente importante en la fase de establecimiento de la planta. En esta etapa, las plantas todavía tienen sistemas de raíces pequeñas, y la absorción de nutrientes se ve limitada por un contacto limitado de la raíz del suelo. Además, a comienzos de la primavera, los niveles de nutrientes en el suelo son bajos, ya que la mineralización de los nutrientes unidos orgánicamente como nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) están limitados por las bajas temperaturas del suelo. Un extenso crecimiento y distribución de raíces en esta fase crítica de establecimiento permitirá a las raíces explotar un mayor volumen de suelo, lo que conducirá a un crecimiento más vigoroso de las plantas. Por lo tanto, dichos rasgos de raíz temprana podrían ser esenciales en la búsqueda de cultivares eficientes en nutrientes (White, *et al.*, 2013).

2.24 Uso de sustancias húmicas

Las sustancias húmicas (SH) son compuestos orgánicos naturales, que comprenden una compleja serie de moléculas de peso molecular relativamente bajo (200-300 Da) unidas por las fuerzas de van Der Waals, $\pi - \pi$, CH- π y enlaces de hidrógeno (Piccolo, 2002; Colombo *et al.*, 2015; Shen, *et al.*, 2016), son fisiológicamente activos en el crecimiento del suelo y las plantas debido a su compleja estructura rica en contenido orgánico.

Según su solubilidad en diferentes soluciones ácidas y alcalinas, se pueden subdividir en tres fracciones principales: ácido húmico (AH) (soluble en álcali), ácido fúlvico (AF) (soluble en ácido y álcali) y humina residual (HR) (insoluble en ácido y álcali) (Meng, *et al.*, 2017). Faiyz, y S, (2017) menciona que se han propuesto varios modelos estructurales diferentes, hasta la fecha, para dilucidar completamente la estructura molecular del ácido húmico. Estos modelos se resumieron brevemente en publicaciones recientes.

Por consiguiente, las sustancias húmicas pueden producirse a partir de carbones de bajo rango, y desechos de carbón, suelo, residuos de cultivos agrícolas, compost, lodos de depuradora, lixiviados de vertederos y desechos animales (Das, *et al.*, 2013; Faiyz, 2017; Gusiatin, *et al.*, 2017; Wu, *et al.*, 2017). Entre los tipos de carbones de bajo rango, la leonardita, un producto oxidado de lignito, contiene mayores cantidades de ácido húmico, con un mayor contenido de grupos carboxilo y un menor contenido de ácidos grasos y fenólicos en comparación con la turba y el carbón marrón (Rodríguez, *et al.*, 2014; Faiyz, 2017). El bajo costo y la disponibilidad generalizada de leonardita permitieron su uso como materia prima potencial para la producción de ácido húmico. Recientemente, las sustancias húmicas basadas en leonardita han sido populares para fines agrícolas (Ciarkowska, *et al.*, 2017).

Así pues, las sustancias húmicas juegan un papel crítico en el crecimiento y rendimiento de las plantas. Las investigaciones han demostrado que tienen diversos

efectos morfológicos, fisiológicos y bioquímicos en numerosos cultivos como el apio y el puerro (Ciarkowska, *et al.*, 2017), frijoles comunes (Ibrahim y Ramadan, 2015), cebolla (Bettonia, *et al.*, 2016), tomate (Olivares, *et al.*, 2015), pimiento y fresas (Arancon, *et al.*, 2006), papa (Suh, *et al.*, 2014), trigo (Bezuglova, *et al.*, 2017) y ajo (Denre, *et al.*, 2014).

Del mismo modo, se han realizado diversos estudios para investigar el efecto que tiene los ácidos húmicos en el suelo, pues la adición de esta sustancia aumenta la porosidad y la capacidad de agua y nutrientes (Cihlar, *et al.*, 2014), de igual forma mejora la fertilidad, la calidad y las condiciones del suelo (Ciarkowska, *et al.*, 2017). Así como el pH del suelo (Boguta, *et al.*, 2016), mejora la capacidad de absorción de la superficie bacteriana y ayuda a la degradación, también disminuye los efectos de la salinidad del suelo (Bacilioa, *et al.*, 2017), acelera la eficiencia de extracción de fotos y la biodisponibilidad de metales (Evangelou, *et al.*, 2004), asimismo limpia metales pesados como cadmio, cobalto, manganeso, níquel, plomo y zinc en suelos contaminados (Bahemmat, *et al.*, 2016).

Khaled y Fawy, (2011), señalan que el principal problema del suelo es la falta de materia orgánica y sugiere ácido húmico como solución para aumentar el contenido orgánico del suelo, el efecto del ácido húmico en los suelos salinos se investigó al agregar NaCl al suelo en el rango de 20-60 mM. El ácido húmico se aplicó a un campo de maíz por separado como sólido y líquido. La aplicación de sólidos se realizó un mes antes de la siembra y se aplicó ácido húmico líquido a través de las hojas en los días 20 y 40 de la emergencia de las semillas. Los resultados indicaron un aumento en la absorción de N de los callos en el caso de la aplicación de sólidos mientras que se observó un aumento en las cantidades de P, K, Mg, Na, Cu y Zn debido a la aplicación de líquidos.

2.25 Suelo

La cebolla prefiere suelos desde franco arenosos (textura ligera) hasta franco arcillosos (textura pesada), si los suelos son arcillosos y muy densos podrían interferir el crecimiento radicular escaso de este cultivo. Ciertamente, con materia orgánica al igual que un pH ubicado entre seis puntos cinco a seis punto ocho resultan ser las condiciones necesarias para un correcto desarrollo (Salunkhe, 2004).

Las cebollas son desde sensibles a moderadamente sensibles a la salinidad en sus primeros estadios, una vez que las plantas están establecidas, pueden tolerar altos niveles de salinidad. Si la salinidad del suelo se encuentra entre cuatro a cinco dS m^{-1} puede disminuir el rendimiento a la mitad (Voss, *et al.*, 1999), por lo que se sugiere trabajar con conductividades menores a uno punto dos dS/m durante el trasplante o siembra, el contenido de materia orgánica del suelo no debe ser mayor a tres por ciento, pues los suelos muy orgánicos generan poca aptitud para el almacenamiento de los bulbos (CENTA, 2003).

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó el 10 de septiembre de 2019 al 26 de febrero de 2020 bajo condiciones de casa sombra ubicada en el Ejido Mieleras, municipio de Matamoros Coahuila de Zaragoza México obteniendo las siguientes coordenadas 25.434970, - 103.309611, localizado a un costado del Huerto Solar Laguna (fig.1).

Se encuentra ubicado entre los paralelos 25° 23' y 25° 48' de latitud norte; los meridianos 103° 23' y 103° 03' de longitud oeste; altitud entre 1 100 y 1 700 msnm. Colinda al norte con los municipios de Francisco I. Madero y San Pedro; al este con los municipios de San Pedro y Viesca; al sur con el municipio de Viesca; al oeste con el estado de Durango y el municipio de Torreón. Su clima se clasifica como muy seco semicálido con un rango de precipitación de 100 - 300 mm y la temperatura oscila entre 18-22°C.



Figura 1.- Ubicación del sitio donde se llevó a cabo el experimento, imagen recuperada de Google Earth. Julio 2020.

3.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, evaluando siete tratamientos incluyendo el testigo, cada uno con diez repeticiones los cuales se describen en el cuadro dos.

Cuadro 2.- Descripción de los tratamientos para evaluar la biofortificación en la cebolla blanca (Allium cepa L.)

Tratamiento	Descripción
T1	Testigo
T2	Sulfato de zinc $ZnSO_4$ al 1%
T3	Sulfato de zinc $ZnSO_4$ al 2%
T4	Nitrato de calcio $Ca(NO_3)_2$ al 1 %
T5	Nitrato de calcio $Ca(NO_3)_2$ al 2%
T6	$Ca(NO_3)_2 + ZnSO_4$ al 1%
T7	$Ca(NO_3)_2 + ZnSO_4$ al 2%

Dónde: 1%=.161gr. y 2%=.322 gr.

3.3 Metodología

- Una vez ubicado el lote experimental lo primero que se hizo fue remover el suelo para el levantamiento de una cama de 15 metros de largo y 80 cm de ancho.
- Se colocó cintilla para el sistema de riego por goteo superficial (fig.2).
- Se colocaron tres hileras de cebolla en la misma cama dos a los extremos y una en medio.
- La siembra se realizó el 10 de septiembre de 2019, el método utilizado fue siembra directa, utilizando semillas de cebolla blanca *allium cepa* L. (Vdd. San Lucas With).

- La densidad de plantación fue alta con 94 orificios por cada hilera insertando dos semillas por cavidad a una distancia de 10 cm entre planta y 25 cm entre hileras, con un total de 282 orificios obteniendo una siembra de 564 semillas por las tres hileras.



Figura 2.- Levantamiento de cama y colocación de cintilla.



Figura 3.- Siembra directa.

- Ocho dds ya había entre un 40- 50 por ciento de germinación.
- Se preparó siete punto cinco ml de agua oxigenada y 15 ml de ácido húmico en 30 litros de agua, posteriormente se realizó la aplicación.

- Para el 24 de septiembre (14 dds) ya había un 100 por ciento de germinación (fig.4), ahora la dosis se redujo aplicando cinco ml de H_2O_2 y 10 ml de ácido húmico.



Figura 4.- Germinación de cebolla.

- A los 22 dds (01 octubre) se aplicó la primera fertilización utilizando la dosis del cuadro tres, esto mezclado en 20 litros de agua.

Cuadro 3.- Descripción de fertilizantes utilizados en etapa de crecimiento

Fertilizante	Cantidad (gr)
Nitrato de calcio Ca (NO ₃) ₂	13.6 gr
Nitrato de potasio KNO ₃	21.6 gr.
Sulfato de potasio K ₂ SO ₄	13.3 gr.
Sulfato de magnesio MgSO ₄	4.6 gr
Fosfato mono amónico NH ₄ H ₂ PO ₄	9.3 gr.
Nitrato de magnesio Mg (NO ₃) ₂	14.6 gr.

- El 10 de octubre se aplicó nuevamente la misma fertilización aumentando la dosis de la siguiente manera (Cuadro 4).

Cuadro 4.- Descripción de fertilizantes utilizados durante el ciclo del cultivo.

Fertilizante	Cantidad (gr)
Nitrato de calcio Ca (NO ₃) ₂	41 gr
Nitrato de potasio KNO ₃	65 gr.
Sulfato de potasio K ₂ SO ₄	40 gr.
Sulfato de magnesio MgSO ₄	14 gr
Fosfato mono amónico NH ₄ H ₂ PO ₄	28 gr.
Nitrato de magnesio Mg (NO ₃) ₂	44 gr.

- El 28 de octubre se realizó la primera aplicación de tratamientos utilizando los compuestos mencionados en el cuadro 1.
- Las aplicaciones de los tratamientos y fertilización se realizaban de manera alterna.

3.4 Variables evaluadas

Después de dos meses con 17 días, se realizó la primera medición tomando en cuenta las siguientes variables: DPB= Diámetro polar de bulbo, DEB= Diámetro ecuatorial de bulbo, DET= Diámetro ecuatorial de tallo, para estas variables se utilizó un vernier Truper CALDI-6MP para las variables de PFB=Peso fresco de bulbo , PSB= Peso seco de bulbo, PFH=Peso fresco de hoja, PSH=Peso seco de hoja, se utilizó una balanza analítica Sartorius BP221S, flexómetro truper para medir la altura y NH= Numero de hojas (Fig.5), (N)= Firmeza, utilizando un penetrómetro y grados Brix (°B) con un refractómetro.



Figura 5.- Primera medición de la planta

- El dos de diciembre se hizo aporque de cebollas.
- 20 de enero se realizó aporque nuevamente y se aplicó la fertilización
- Después de cuatro meses con 11 días, el 21 de enero se realizó la segunda medición tomando en cuenta las variables ya mencionadas.
- Concluyendo con el trabajo en casa sombra el 26 de febrero de 2020 se realizó la cosecha de cebolla. El periodo del cultivo fue de cinco meses con 16 días. Así mismo se realizó la tercera toma de datos tomando como referencia las mismas variables mencionadas anteriormente. También, con un penetrómetro se realizó la toma de lectura para firmeza y se utilizó un

refractómetro para medir los grados Brix, se dejó el bulbo durante cinco días para medir nuevamente la firmeza.

- Las hojas se colocaron en bolsas de estraza para perder humedad colocándolas en la estufa durante un día, una vez teniendo las hojas completamente secas se molieron y se mandaron a la cooperativa agropecuaria para sus respectivas mediciones.

El índice DOP es definido como la Desviación Porcentual de la Concentración de un elemento con respecto a la concentración óptima considerado valor de referencia, en este estudio el valor de referencia fue tomado del libro Plant Analysis and Interpretation Manual Reuter & Robinson 1986; el índice DOP se calculó aplicando la siguiente relación:

$$DOP = [(C \cdot 100) / C_{ref}] - 100$$

Donde:

C: es la concentración del elemento en porcentaje de materia seca en la muestra analizada.

C_{ref}: es el óptimo del mismo elemento (porcentaje sobre materia seca) definido en las mismas condiciones en que fue tomada la muestra y para el mismo cultivo.

Calculando este DOP para cada uno de los elementos mencionados, dispondremos de un panorama nutricional de la condición nutricional de la planta y así poder emitir con rapidez, un diagnóstico que permite un adecuado análisis de los resultados y adecuada toma de decisiones; los valores negativos del índice DOP muestran una situación déficit y positivos un exceso del elemento correspondiente, lógicamente cuando este índice sea cero al elemento se halla en óptima concentración.

IV RESULTADOS.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 5). También, de manera gráfica, se puede apreciar que al adicionar el tratamiento Sulfato de zinc al 2% (SZn2) el diámetro polar del bulbo supero en un 4% a la fertilización química, mientras que el tratamiento de Sulfato de zinc al 1% fue superado en un 6% por la FQ, así mismo supero en un 7% al tratamiento con nitrato de calcio al 1% en un 7%.

Cuadro 5.- Análisis de varianza para diámetro polar de bulbo (DPB) primera medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	3.932	0.6553	2.89	0.015
Error	63	14.286	0.2268		
Total	69	18.218			

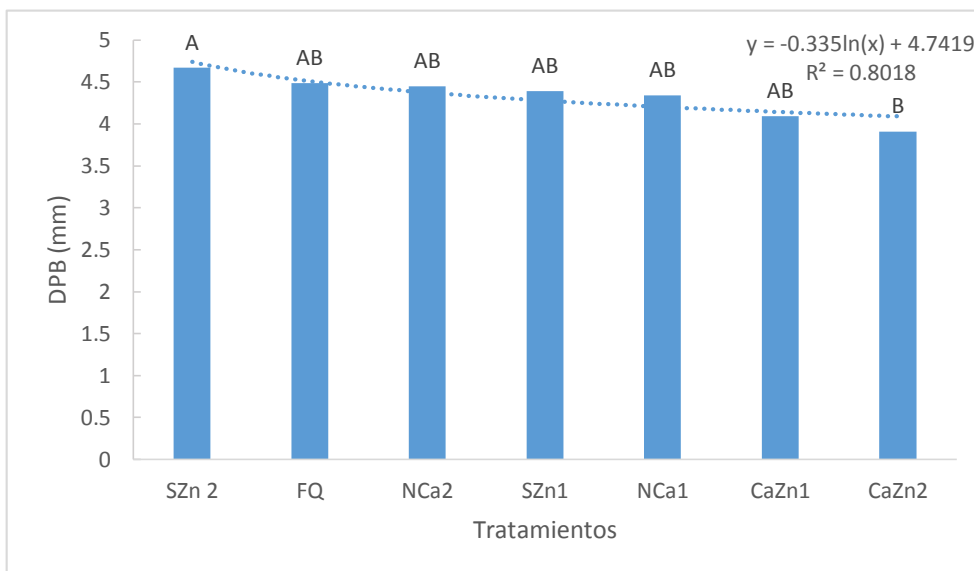


Figura 6.- Diámetro polar de bulbo (DPB) primera medición.

La siguiente variable muestra que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 6). Además, de manera gráfica, se puede observar que al adicionar el tratamiento Sulfato de zinc al 1% (SZn1) el diámetro polar del bulbo en la segunda medición fue superado a un 11% por la fertilización química, mientras que el tratamiento de Sulfato de zinc al 2% fue menor en un 12% a la FQ, mientras que el tratamiento con Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 1% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$) fue superado por la FQ en un 20%

Cuadro 6.- Análisis de varianza para diámetro polar de bulbo (DPB) segunda medición.

Análisis de Varianza

SC

Fuente	GL	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	2323	387.09	10.21	0.000
Error	63	2387	37.90		
Total	69	4710			

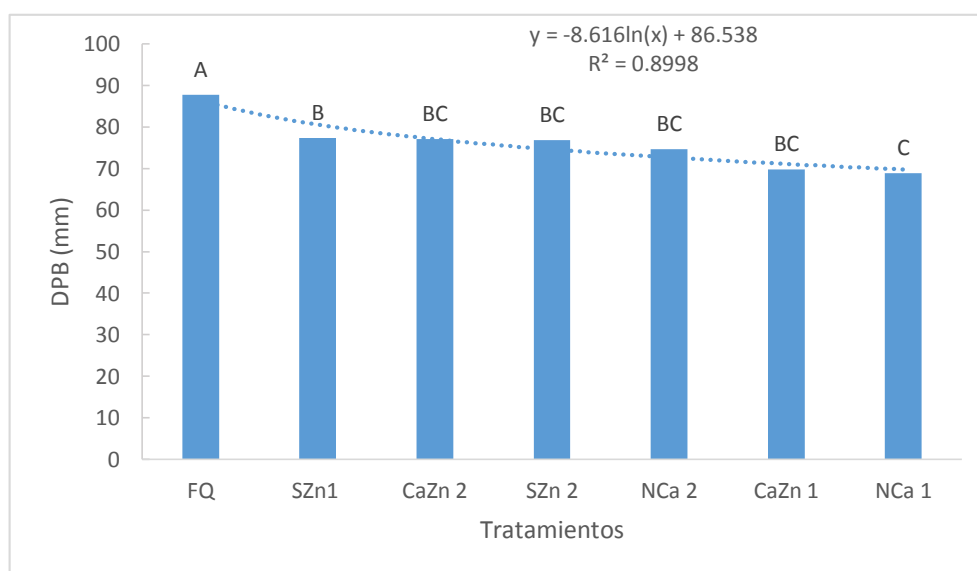


Figura 7.- Diámetro polar de bulbo (DPB) segunda medición.

En esta variable se puede percibir que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 7). También, de manera gráfica, se considera que al adicionar el tratamiento sulfato de zinc + nitrato de calcio al 2% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$) el diámetro polar del bulbo supero en un 13% a la fertilización química, mientras que el tratamiento de Sulfato de zinc + nitrato de calcio al 1% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$) supero en un 8% a la FQ, así mismo este tratamiento fue superado en un 8% por el nitrato de calcio al 2%.

Cuadro 7.- Análisis de varianza para diámetro polar de bulbo (DPB) tercera medición

Análisis de Varianza

SC

Fuente	GL	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	2256	376.04	5.00	0.000
Error	63	4739	75.22		
Total	69	6995			

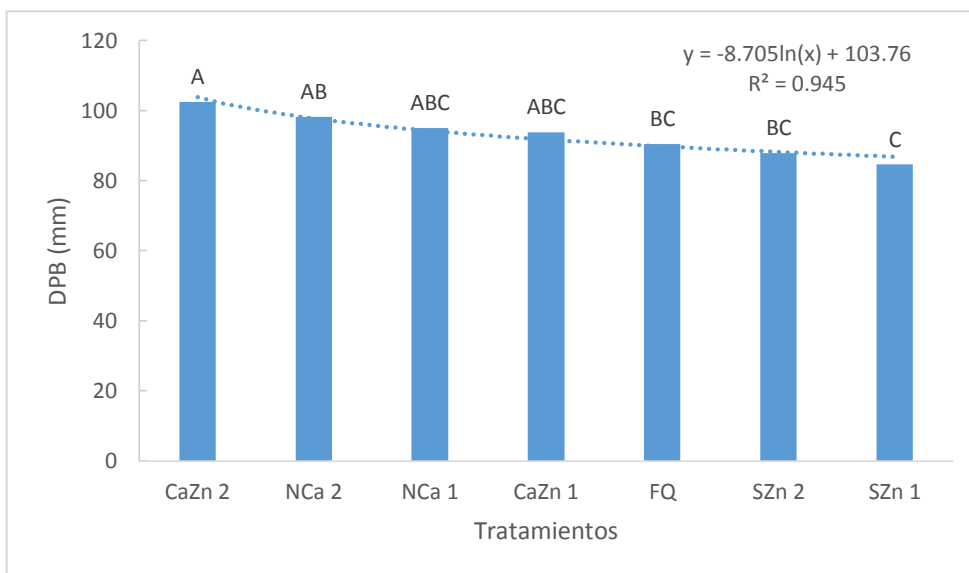


Figura 8.- Diámetro polar de bulbo (DPB) tercera medición.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 8). También, de manera gráfica, se puede apreciar que al adicionar el tratamiento Sulfato de zinc al 1% (SZn1) el diámetro ecuatorial del bulbo supero en un 17% a la fertilización química, mientras que el tratamiento de Nitrato de calcio al 2% supero en un 4% a la FQ, así mismo supero en un 20% al tratamiento con sulfato de zinc + nitrato de calcio al 2% (Ca(NO₃)₂+(ZnSO₄).

Cuadro 8.- Análisis de varianza para diámetro ecuatorial de bulbo (DEB) primera medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	7.612	1.2686	5.62	0.000
Error	63	14.217	0.2257		
Total	69	21.829			

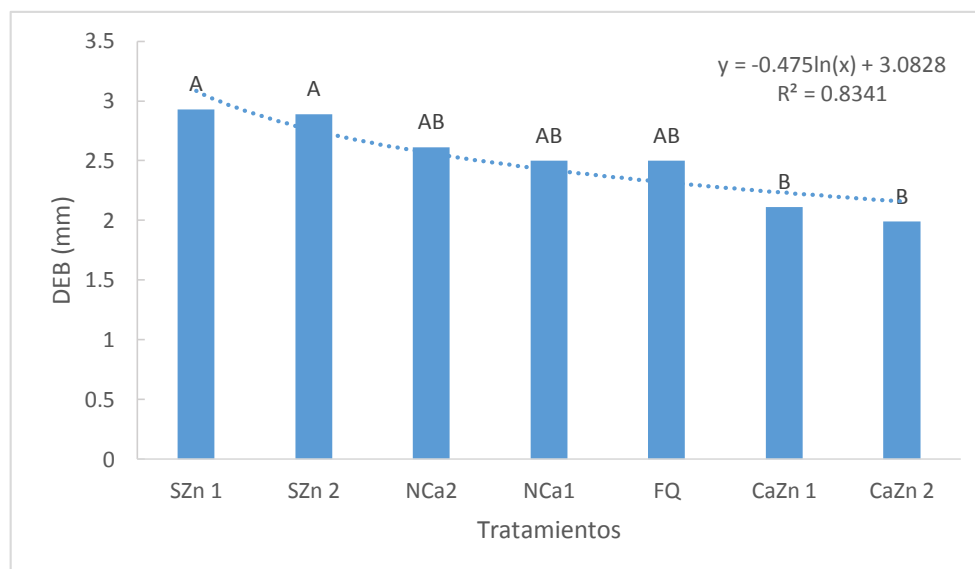


Figura 9.- Diámetro ecuatorial de bulbo (DEB) primera medición.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 9). También, de manera gráfica, se puede apreciar que al adicionar el tratamiento sulfato de zinc + nitrato de calcio al 2% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$) el diámetro ecuatorial del bulbo supero en un 2% a la fertilización química, mientras que el tratamiento de Sulfato de zinc + Nitrato de calcio al 1% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$) fue superado en un 9% por la FQ, así mismo supero en un 23% al tratamiento con nitrato de calcio al 1%.

Cuadro 9.- Análisis de varianza para diámetro ecuatorial de bulbo (DEB) segunda medición.

Análisis de Varianza

SC

Fuente	GL	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	1489	248.12	6.11	0.000
Error	63	2558	40.60		
Total	69	4047			

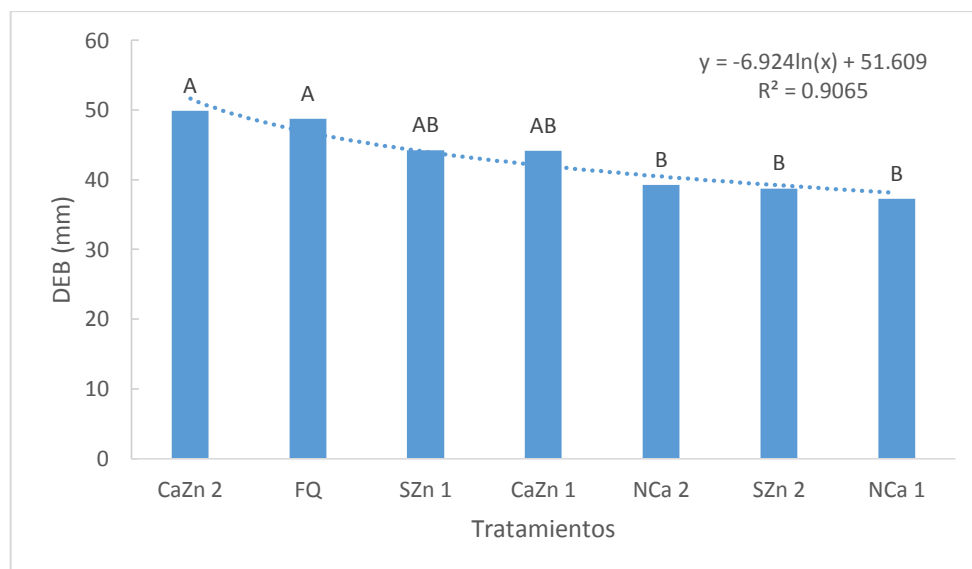


Figura 10.- Diámetro ecuatorial de bulbo (DEB) segunda medición.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 10). También, de manera gráfica, se puede apreciar que al adicionar el tratamiento Sulfato de zinc + Nitrato de calcio al 1% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$) el diámetro ecuatorial de bulbo en la tercera toma de datos supero en un 2% a la fertilización química, mientras que el tratamiento de Sulfato de zinc + Nitrato de calcio al 2% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$) fue superado en un 3% por la FQ, el Sulfato de Zinc + Nitrato de calcio al 2% supero al Nitrato de calcio al 1% en un 8%

Cuadro 10.- Análisis de varianza para diámetro ecuatorial de bulbo (DEB) tercera medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	515.6	85.94	1.60	0.163
Error	63	3389.0	53.79		
Total	69	3904.6			

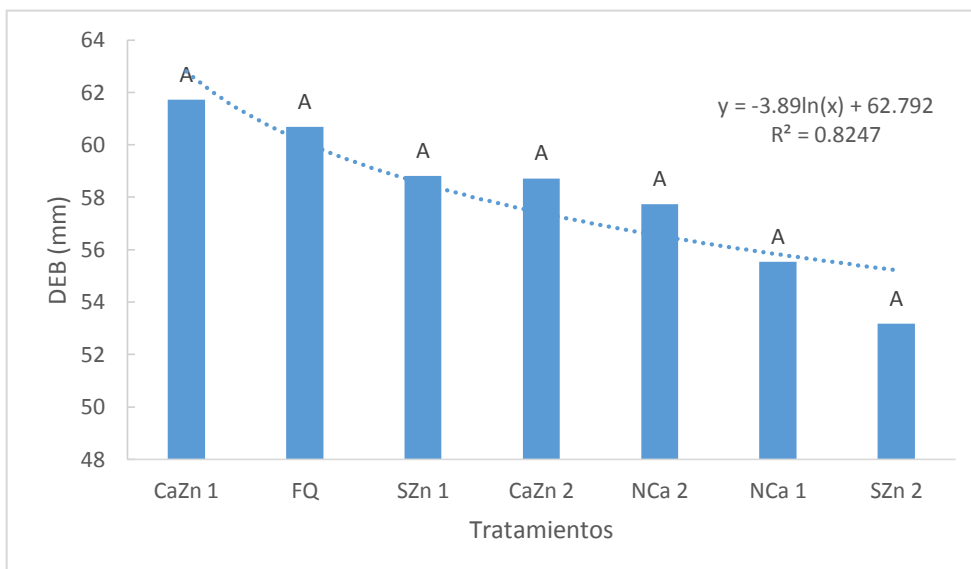


Figura 11.- Diámetro ecuatorial de bulbo (DEB) tercera medición.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 11). También, de manera gráfica, se puede apreciar que al adicionar el tratamiento Sulfato de zinc + Nitrato de calcio al 2% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$) el diámetro ecuatorial de tallo supero en un 16% a la fertilización química, mientras que el tratamiento de Nitrato de calcio al 2% supero el 3% a la FQ, a su vez la FQ supero al tratamiento con Nitrato de calcio al 1% en un 27%

Cuadro 11.- Análisis de varianza para diámetro ecuatorial de tallo (DET) primera medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	79.36	13.227	5.01	0.000
Error	63	166.17	2.638		
Total	69	245.53			

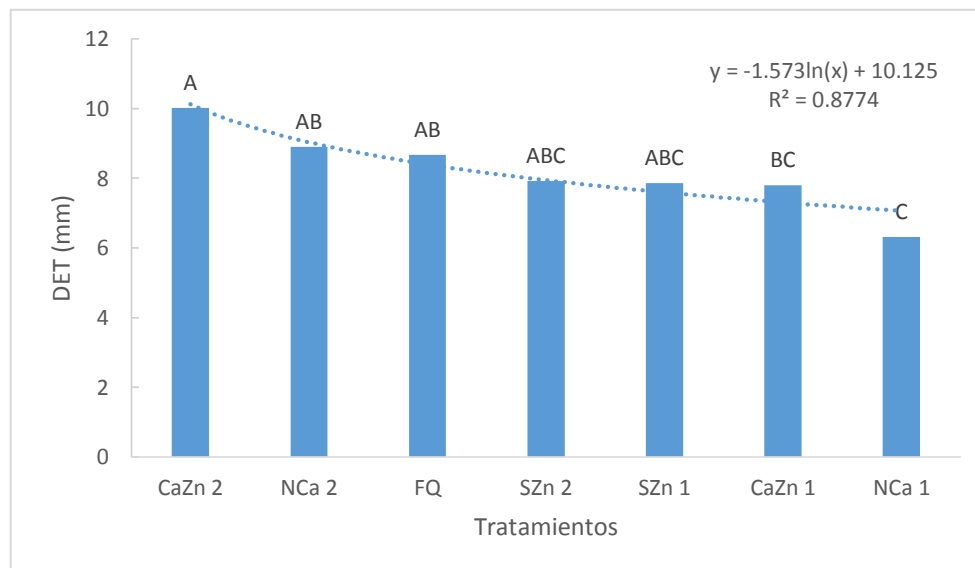


Figura 12.- Diámetro ecuatorial de tallo (DET) primera medición.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 12). También, de manera gráfica, se puede apreciar que al adicionar el tratamiento Nitrato de calcio al 2% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ el diámetro ecuatorial de tallo rebaso en un 27% a la fertilización química, mientras que el Sulfato de zinc al 1% (ZnSO_4) es mayor a un 15% comparado con la FQ, el Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 2% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{ZnSO}_4$) fue mayor a la FQ con el 1%

Cuadro 12.- Análisis de varianza para diámetro ecuatorial de tallo (DET) segunda medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	156.6	26.106	3.01	0.012
Error	63	546.4	8.673		
Total	69	703.0			

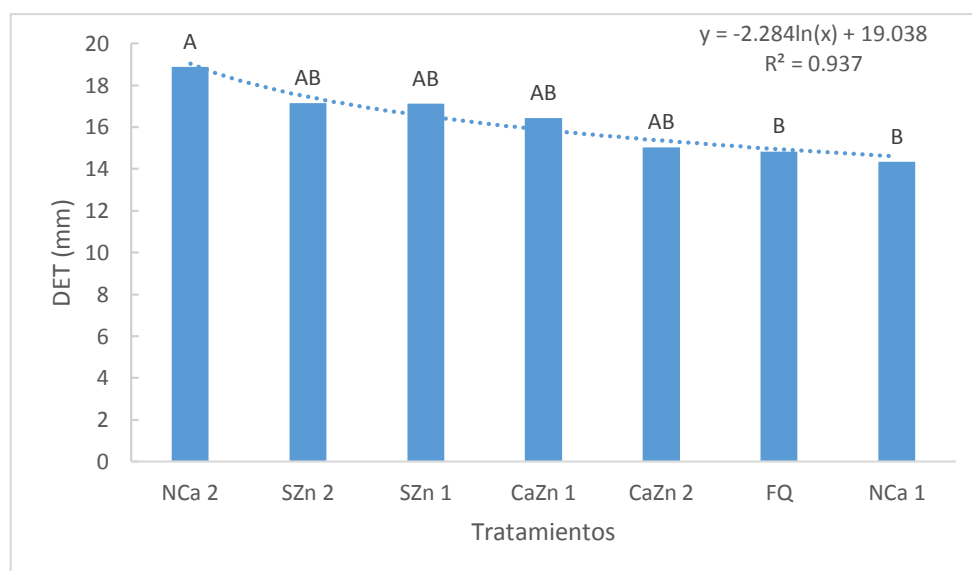


Figura 13.- Diámetro ecuatorial de tallo (DET) segunda medición.

La variable nos muestra que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 13). También, de manera gráfica, se puede apreciar que al adicionar el tratamiento Sulfato de zinc al 2% (SZn2) el diámetro ecuatorial de tallo supero en un 10% a la fertilización química, mientras que el tratamiento de Nitrato de calcio al 1% fue superado en un 1% por la FQ, así mismo este supero en un 11% al tratamiento con Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 1% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$).

Cuadro 13.- Análisis de varianza para diámetro ecuatorial de tallo (DET) tercera medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	140.9	23.48	1.43	0.219
Error	63	1036.9	16.46		
Total	69	1177.8			

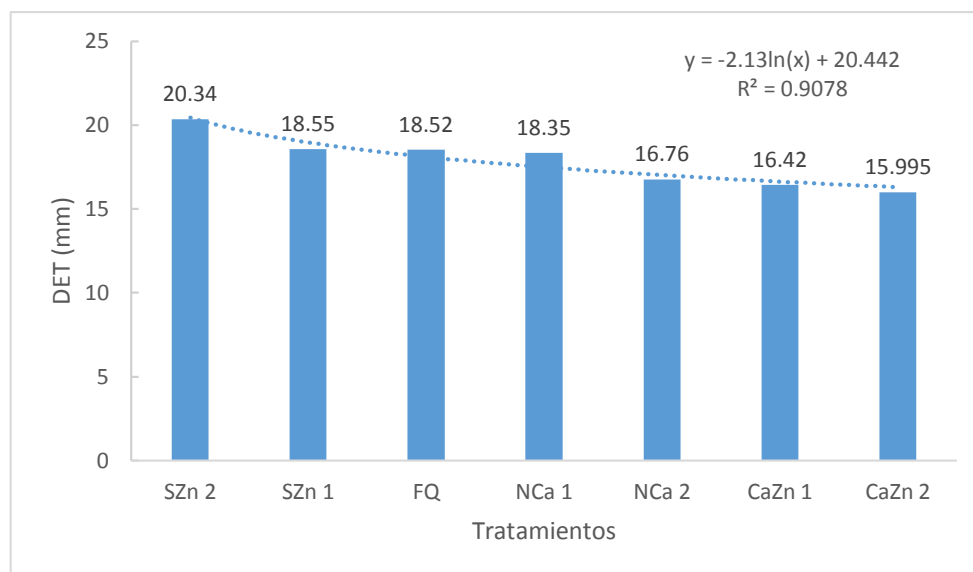


Figura 14.- Diámetro ecuatorial de tallo (DET) tercera medición.

Esta variable determina que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 14). Así mismo, de manera gráfica, se puede apreciar que al adicionar el tratamiento con Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 2% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$) el peso fresco de bulbo supero en un 95% a la fertilización química, mientras que el sulfato de zinc al 2% fue superado en un 12% por la FQ, de igual forma el Nitrato de calcio al 1% fue superado en un 38%.

Cuadro 14.- Análisis de varianza para Peso fresco de bulbo (PFB) primera medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	201.1	33.514	9.46	0.000
Error	63	223.2	3.543		
Total	69	424.3			

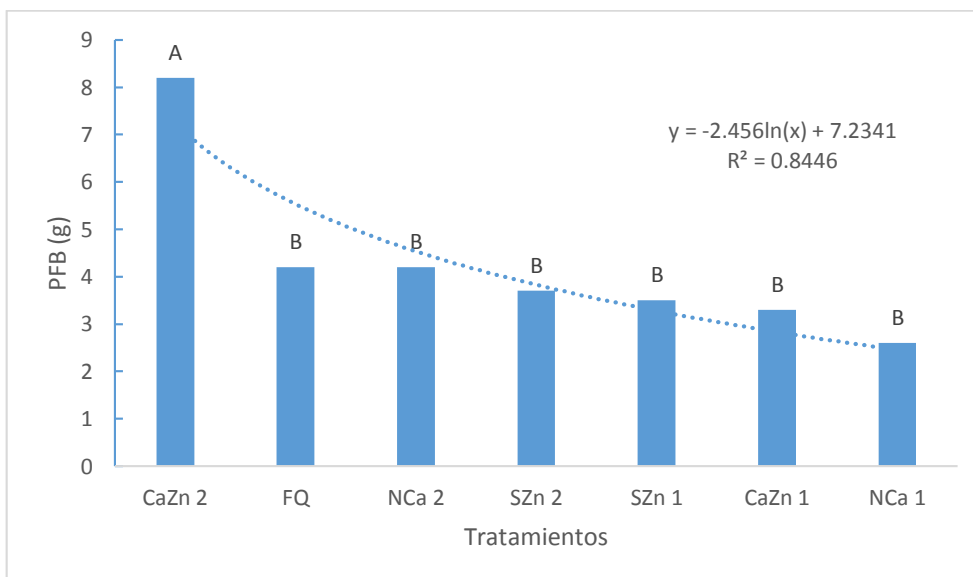


Figura 15.- Peso fresco de bulbo (PFB) primera medición.

En esta variable se muestra que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 15). También, de manera gráfica, se puede observar que al adicionar el tratamiento Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 2% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$) el peso fresco de bulbo en la segunda medición fue superado a un 6% por la fertilización química, mientras que el tratamiento de Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 1% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{ZnSO}_4$) fue menor en un 26% a la FQ, así mismo el sulfato de zinc al 2% fue superado por el ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{ZnSO}_4$) al 1% en un 43%.

Cuadro 15.- Análisis de varianza para peso fresco de bulbo (PFB) segunda medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	12927	2154.5	6.40	0.000
Error	63	21224	336.9		
Total	69	34151			

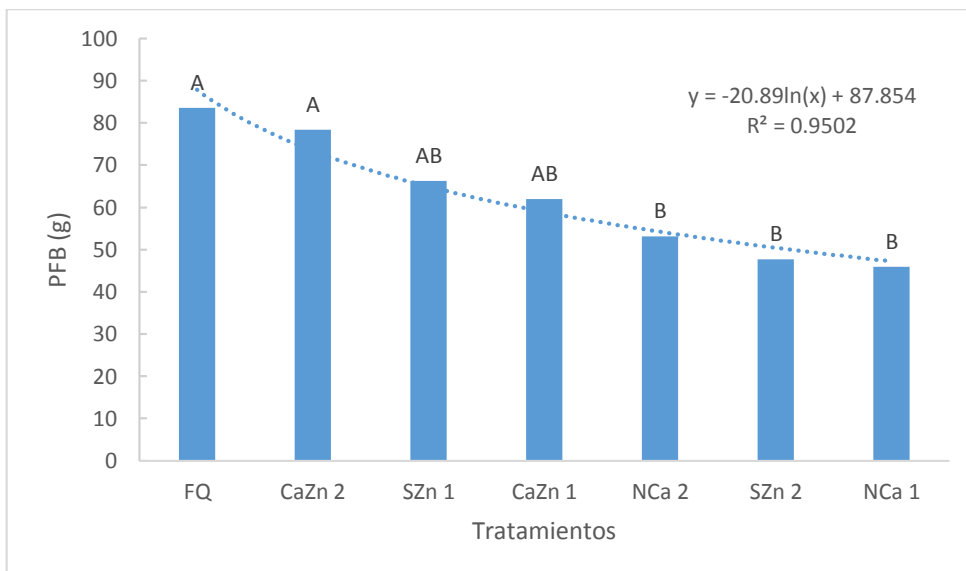


Figura 16.- Peso fresco de bulbo (PFB) segunda medición.

En esta variable se muestra que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 16). También, de manera gráfica, se puede observar que al adicionar el tratamiento Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 1% (Ca(NO₃)₂ + (ZnSO₄) el peso fresco de bulbo en la tercera medición fue superado al 1% por la fertilización química, mientras que el tratamiento de Sulfato de zinc al 1% fue menor en un 9% a la FQ, así mismo el sulfato de zinc al 2% fue superado en un 43% por el Sulfato de zinc al 1%.

Cuadro 16.- Análisis de varianza para peso fresco de bulbo (PFB) tercera medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	0.08635	0.01439	1.35	0.248
Error	63	0.67015	0.01064		
Total	69	0.75650			

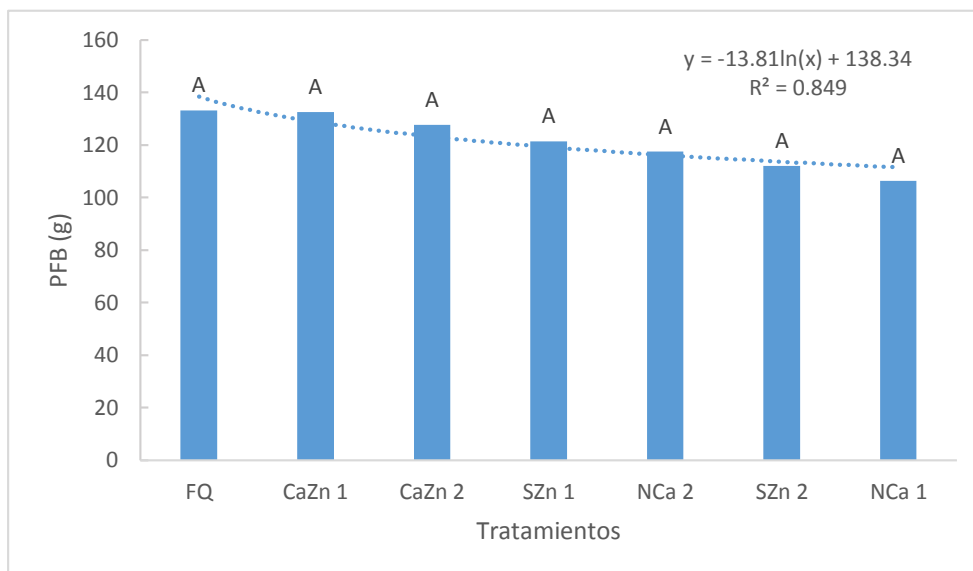


Figura 17.- Peso fresco de bulbo (PFB) tercera medición.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 17). También, de manera gráfica, se puede apreciar que al adicionar el tratamiento Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 2% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$) el peso seco de bulbo supero en un 22% a la fertilización química, mientras que el tratamiento de Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 1% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$) fue superado en un 6% por la FQ, superando así al tratamiento con nitrato de calcio al 1% en un 42%.

Cuadro 17.- Análisis de varianza para peso seco de bulbo (PSB) primera medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	175.5	29.257	9.76	0.000
Error	63	188.8	2.997		
Total	69	364.3			

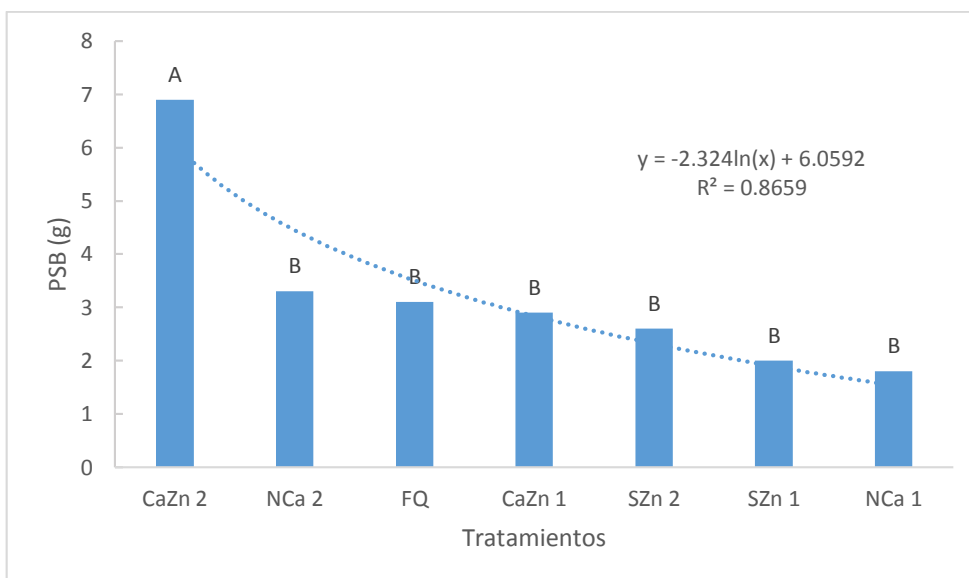


Figura 18.- Peso seco de bulbo (PSB) primera medición.

En esta variable se muestra que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 18). También, de manera gráfica, se puede observar que al adicionar el tratamiento Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 2% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$) el peso seco de bulbo en la segunda medición fue superado al 5% por la fertilización química, mientras que el tratamiento con Sulfato de zinc al 1% fue menor en un 24% a la FQ, así mismo el Nitrato de calcio al 2% fue superado en un 26% por el Sulfato de zinc al 1%.

Cuadro 18.- Análisis de varianza para peso seco de bulbo (PSB) segunda medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	12872	2145.3	6.61	0.000
Error	63	20459	324.7		
Total	69	33331			

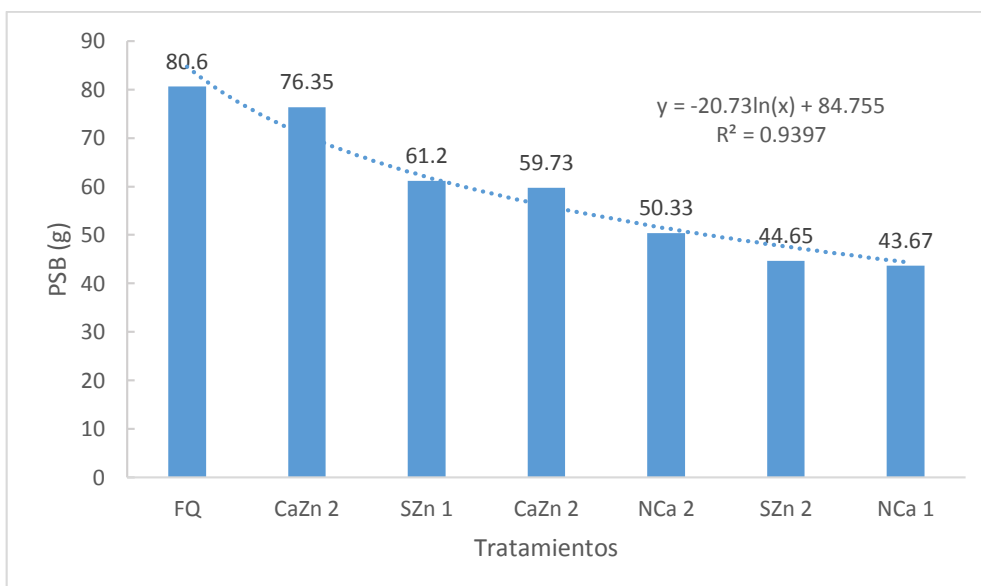


Figura 19.- Peso seco de bulbo (PSB) segunda medición.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 19). También, de manera gráfica, se puede apreciar que al adicionar el tratamiento Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 1% (Ca(NO₃)₂ + (ZnSO₄) el peso de bulbo seco supero el 1% a la fertilización química, mientras que el tratamiento de Sulfato de zinc al 1% fue superado en un 9% por la FQ, así mismo supero al tratamiento con nitrato de calcio al 2% en un en un 11%.

Cuadro 19.- Análisis de varianza para peso de bulbo seco (PBS) tercera medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	0.2303	0.03838	2.07	0.069
Error	63	1.1655	0.01850		
Total	69	1.3958			

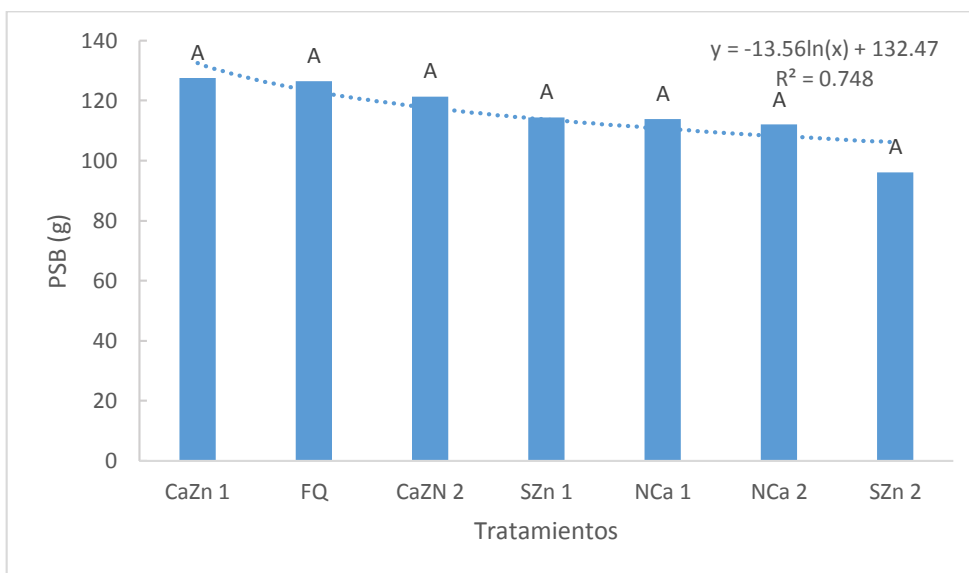


Figura 20.- Peso seco de bulbo (PSB) tercera medición.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 20). También, de manera gráfica, se puede apreciar que al adicionar el tratamiento Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 1% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$) el peso fresco de hoja, supero en un 37% a la fertilización química, mientras que el tratamiento de Sulfato de zinc al 1% fue superado en un 8% por la FQ, así mismo supero en un 36% al tratamiento con nitrato de calcio al 1%.

Cuadro 20.- Análisis de varianza para peso fresco de hoja (PFH) primera medición.

Análisis de Varianza

SC

Fuente	GL	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	1596	265.95	4.80	0.000
Error	63	3488	55.36		
Total	69	5083			

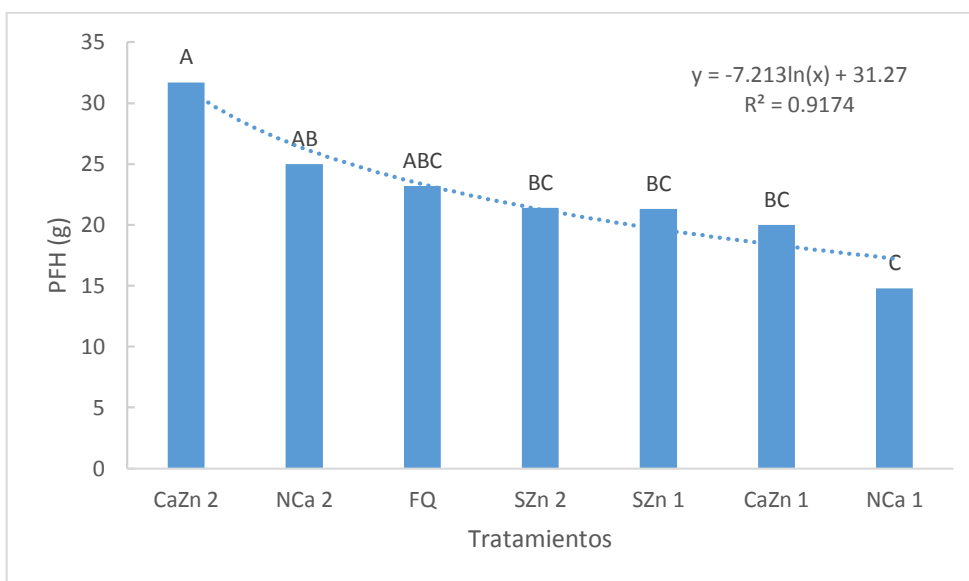


Figura 21.- Peso fresco de hoja (PFH) primera medición.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 21). También, de manera gráfica, se puede apreciar que al adicionar el tratamiento Nitrato de calcio al 2% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) el peso fresco de hoja supero en un 13% a la fertilización química, mientras que el tratamiento de Sulfato de zinc al 1% superó en un 8% a la FQ, así mismo supero en un 36% al tratamiento con Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 2% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$)

Cuadro 21.- Análisis de varianza para peso fresco de hoja(PFH) segunda medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	26401	4400.1	6.92	0.000
Error	63	40047	635.7		
Total	69	66447			

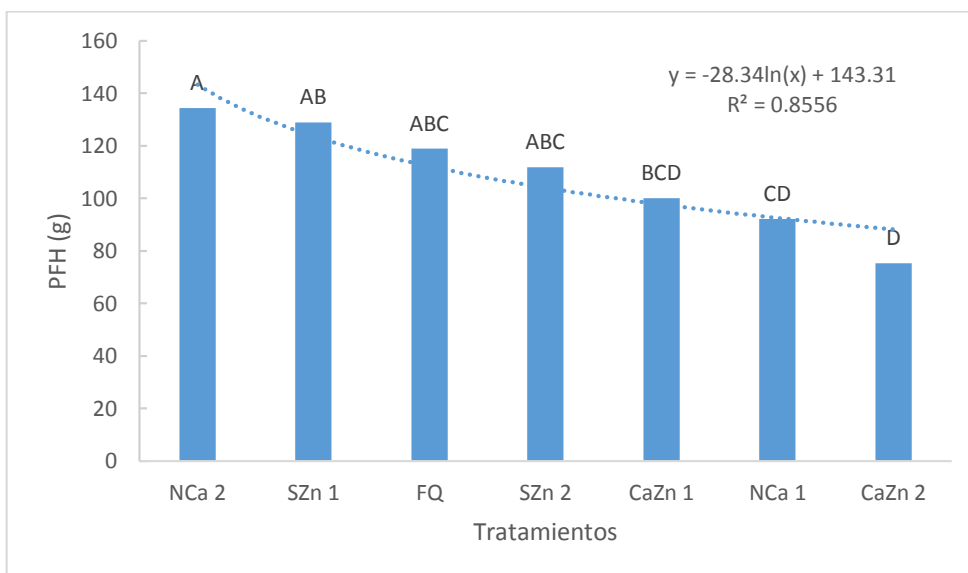


Figura 22.- Peso fresco de hoja (PFH) segunda medición.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 22). También, de manera gráfica, se puede apreciar que al adicionar el tratamiento Sulfato de zinc al 2% (SZn2) el peso fresco de hoja supero en un 11% a la fertilización química, mientras que el tratamiento de Nitrato de calcio al 2% fue superado en un 5% por la FQ, así mismo supero en un 23% al tratamiento con Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 2% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$)

Cuadro 22.- Análisis de varianza para peso fresco de hoja (PFH) tercera medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	0.06919	0.011532	1.42	0.220
Error	63	0.51075	0.008107		
Total	69	0.57994			

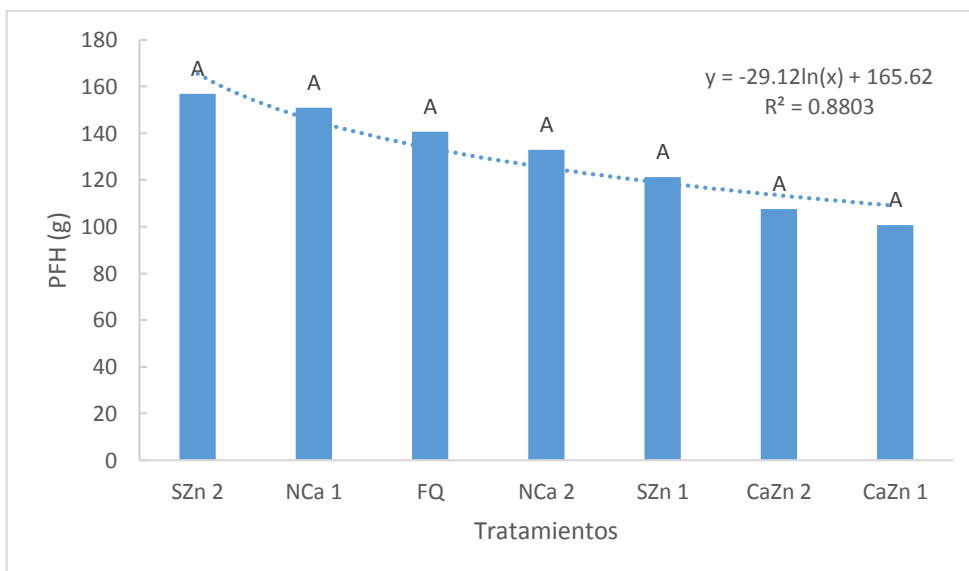


Figura 23.- Peso fresco de hoja (PFH) tercera medición.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 23). También, de manera gráfica, se puede apreciar que al adicionar el tratamiento Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 2% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$) el peso seco de hoja supero en un 30% a la fertilización química, mientras que el tratamiento de Nitrato de calcio al 2% fue superado en un 15% por la FQ, así mismo supero en un 29% al tratamiento con Sulfato de zinc al 2% (ZnSO_4)

Cuadro 23.- Análisis de varianza para peso seco de hoja (PSH) primera medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	855.0	142.50	6.97	0.000
Error	63	1288.4	20.45		
Total	69	2143.4			

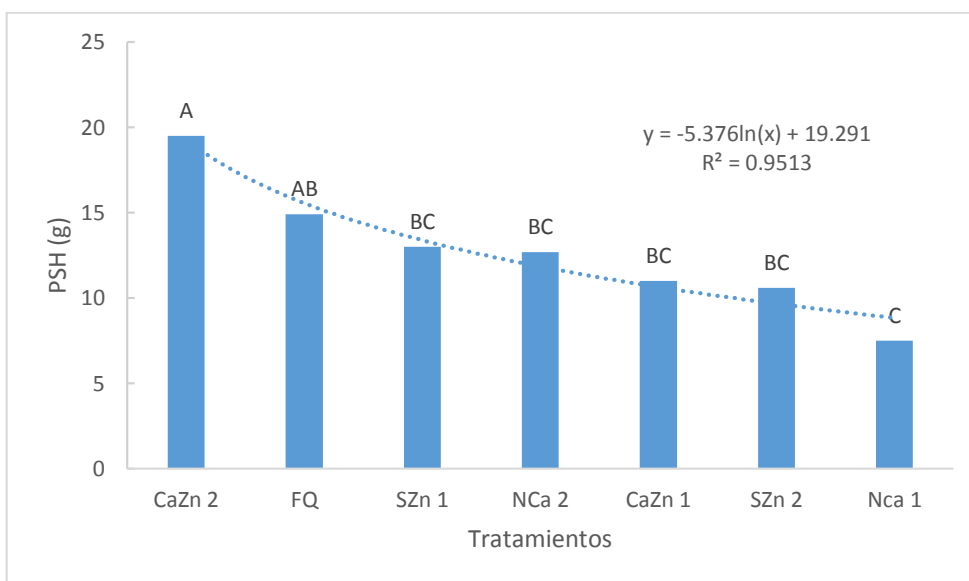


Figura 24.- Peso seco de hoja (PSH) primera medición.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 24). También, de manera gráfica, se puede apreciar que al adicionar el tratamiento Nitrato de calcio al 2% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ el peso seco de hoja supero en un 9% a la fertilización química, mientras que el tratamiento de Sulfato de zinc (ZnSo_4) al 1% superó en un 6% por la FQ, así mismo supero el tratamiento con Nitrato de calcio al 1% en un 16%.

Cuadro 24.- Análisis de varianza para peso seco de hoja (PSH) segunda medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	14819	2469.9	4.26	0.001
Error	63	36539	580.0		
Total	69	51359			

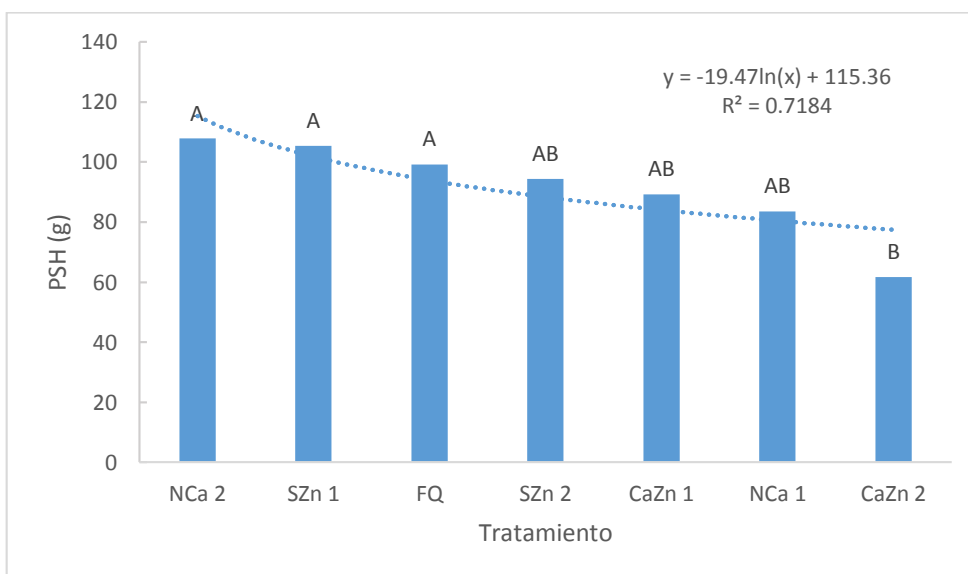


Figura 25.- Peso seco de hoja (PSH) segunda medición.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 25). También, de manera gráfica, se puede apreciar que al adicionar el tratamiento Sulfato de zinc al 2% ($ZnSO_4$) el peso seco de hoja supero en un 7% a la fertilización química, mientras que el tratamiento de Sulfato de zinc al 1% fue superado en un 16% por la FQ, así mismo supero el tratamiento con Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 2% ($Ca(NO_3)_2 + (ZnSO_4)$) en un 25%.

Cuadro 25.- Análisis de varianza para peso seco de hoja (PSH) tercera medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	0.01265	0.002109	0.77	0.597
Error	63	0.17287	0.002744		
Total	69	0.18552			

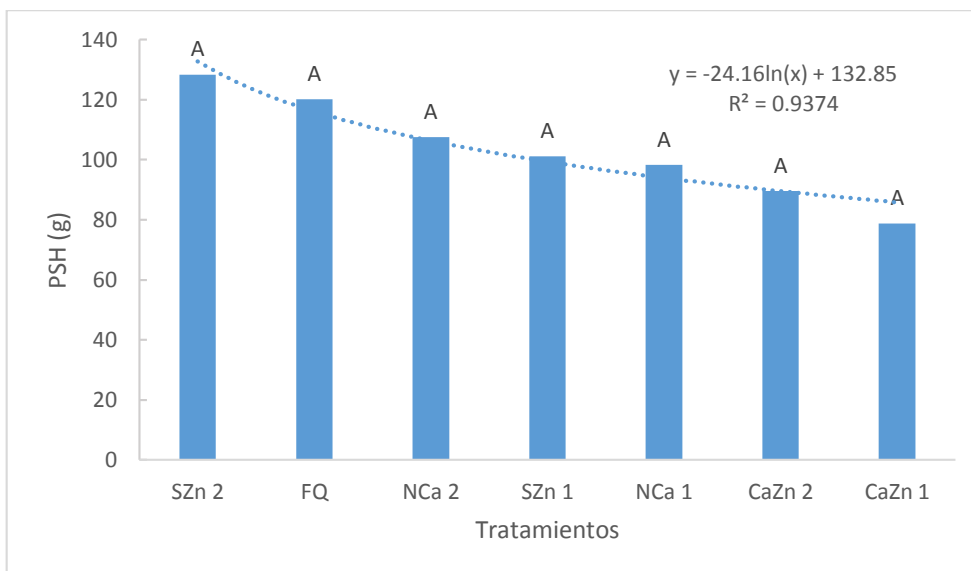


Figura 26.- Peso seco de hoja (PSH) tercera medición.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 26). También, de manera gráfica, se puede apreciar que al adicionar el tratamiento con Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 2% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$) el número de hojas de la primera toma de muestra supero en un 16% a la fertilización química, mientras que el tratamiento de Sulfato de zinc al 1% supero en un 1% a la FQ, de la misma manera supero en un 10% al tratamiento con Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 1%.

Cuadro 26.- Análisis de varianza para número de hoja (NH) primera medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	19.69	3.2810	3.51	0.005
Error	63	58.90	0.9349		
Total	69	78.59			

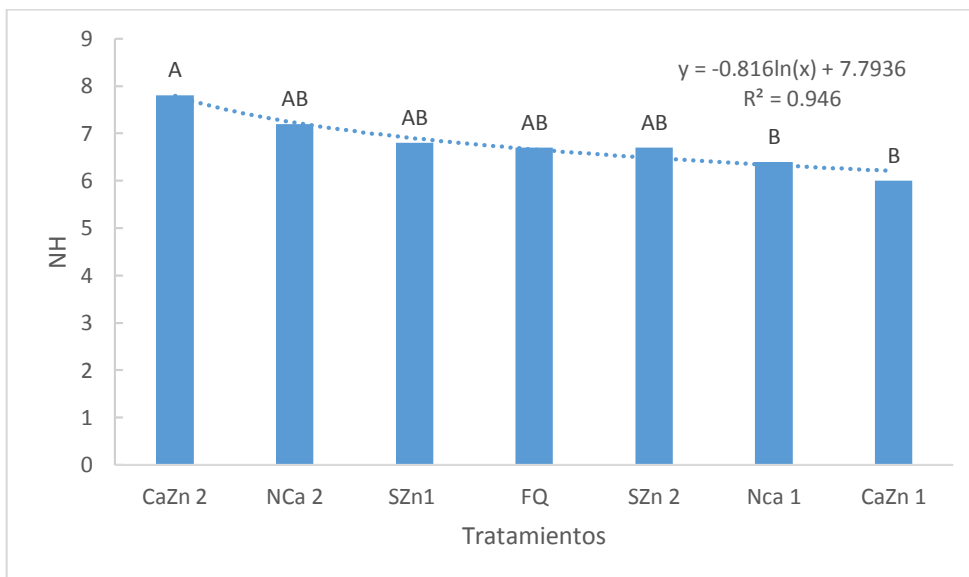


Figura 27.- Número de hoja (NH) primera medición.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 27). También, de manera gráfica, se puede apreciar que al adicionar el tratamiento con Sulfato de zinc al 1% (ZnSO₄) el número de hojas de la segunda toma de muestra supero el 1% a la fertilización química, mientras que el tratamiento con Nitrato de calcio al 2% fue superado en un 7% por la FQ, por consiguiente, el Sulfato de zinc al 2% fue superado en un 24% por el Nitrato de calcio al 2%.

Cuadro 27.- Análisis de varianza para número de hoja (NH) segunda medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	40.24	6.706	4.26	0.001
Error	63	99.09	1.573		
Total	69	139.32			

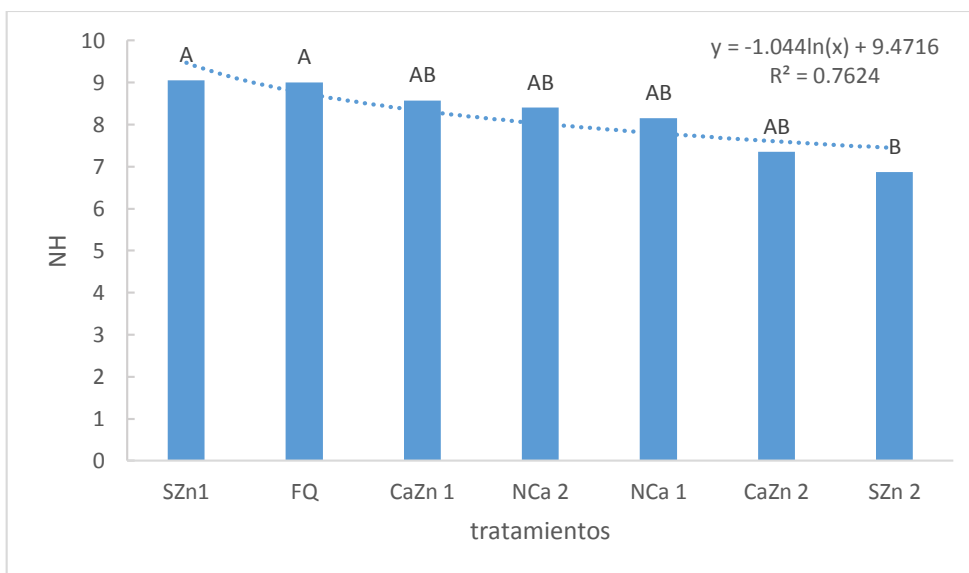


Figura 28.- Número de hoja (NH) segunda medición.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 28). También, de manera gráfica, se puede apreciar que al adicionar el tratamiento Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 2% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$) el número de hoja supero en un 23% a la fertilización química, mientras que el tratamiento de Nitrato de calcio al 1% superó en un 10% a la FQ, así mismo el Sulfato de zinc al 2% fue superado en un 7% por el Nitrato de calcio al 1%.

Cuadro 28.- Análisis de varianza para número de hoja (NH) tercera medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	31.57	5.262	4.38	0.001
Error	63	75.70	1.202		
Total	69	107.27			

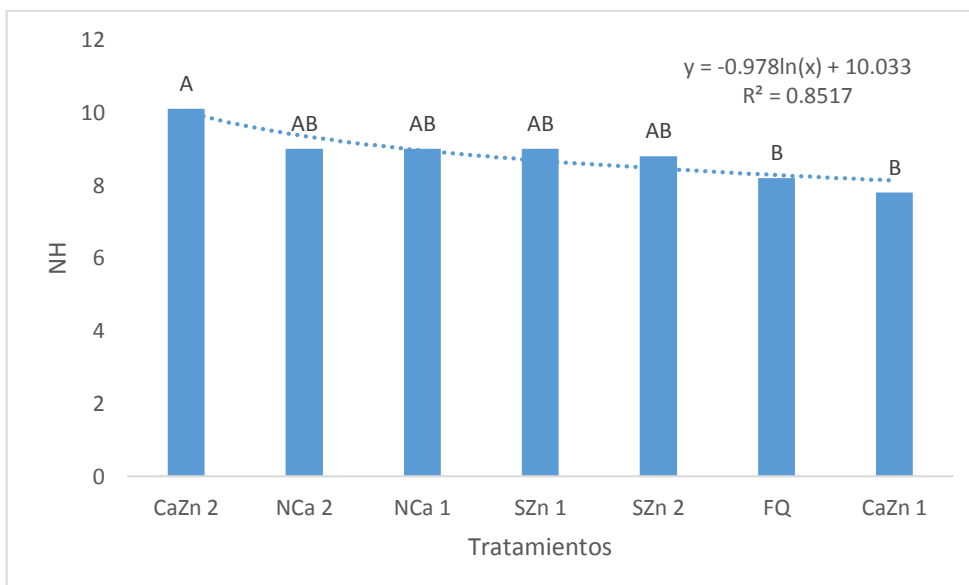


Figura 29.- Número de hoja (NH) tercera medición.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 29). También, de manera gráfica, se observa que al adicionar el tratamiento Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 2% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$) la altura de las hojas fue mayor en un 2% que la fertilización química, por otro lado, el tratamiento con Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 1% fue superado por la FQ con un 6%, del mismo modo este tratamiento supero al Sulfato de zinc al 1% en un 6%

Cuadro 29.- Análisis de varianza altura(cm) primera medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	542.1	90.35	2.95	0.013
Error	63	1929.2	30.62		
Total	69	2471.3			

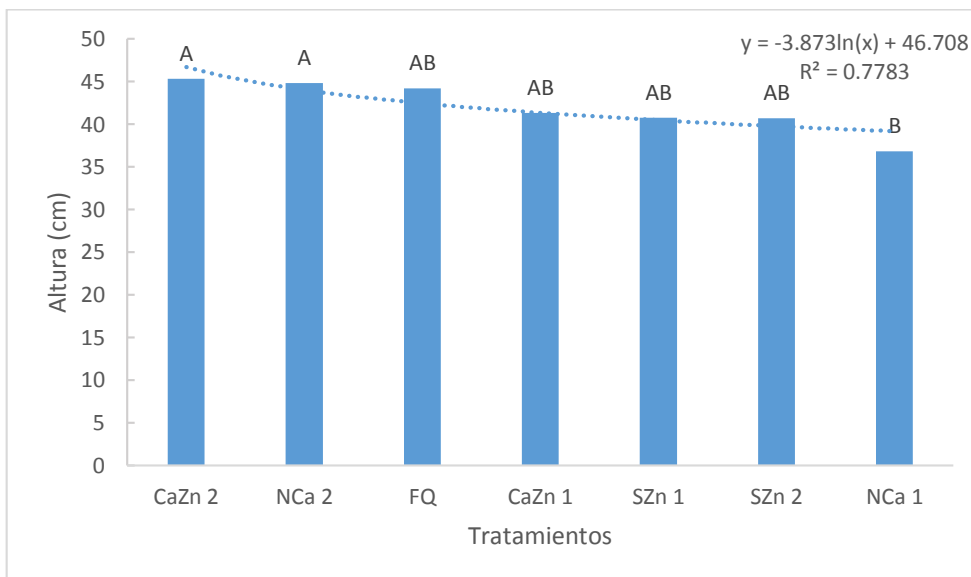


Figura 30.- Altura (cm) primera medición.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 30). También, de manera gráfica, se observa que al adicionar el tratamiento Nitrato de calcio al 2% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) la altura de las hojas en la segunda toma de datos fue mayor en un 8% a la fertilización química, mientras que, el tratamiento con Sulfato de zinc al 1% supero a la FQ con el 1%, mientras que el Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 2% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$) fue superado por la FQ en un 14%

Cuadro 30.- Análisis de varianza altura(cm) segunda medición.

Análisis de Varianza

SC

Fuente	GL	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	1415	235.91	7.92	0.000
Error	63	1876	29.78		
Total	69	3291			

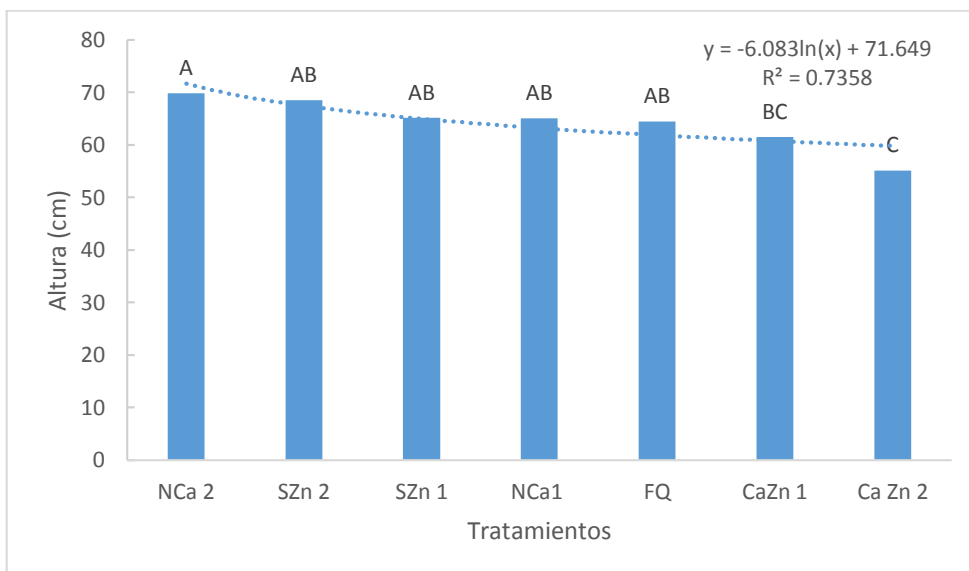


Figura 31.- Altura (cm)segunda medición.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 31). También, de manera gráfica, se observa que al adicionar el tratamiento Sulfato de zinc al 2%(ZnSO₄) la altura de las hojas en la tercera toma de datos fue mayor en un 5% que la fertilización química, por otro lado, el tratamiento con Sulfato de zinc al 1% fue superado por la FQ en un 4%, mientras que el Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 2% Ca(NO₃)₂ + (ZnSO₄) fue superado en un 16%.

Cuadro 31.- Análisis de varianza altura(cm) tercera medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	2066	344.3	2.68	0.022
Error	63	8102	128.6		
Total	69	10168			

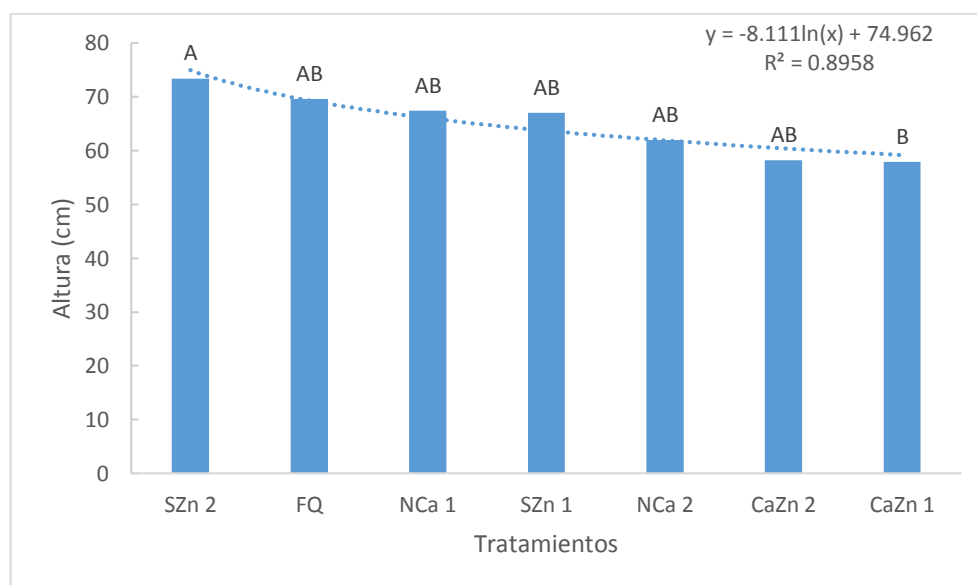


Figura 32.- Altura (cm) tercera medición.

En esta variable se observa que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 32). También, de manera gráfica, se observa que al adicionar el tratamiento Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 2% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{ZnSO}_4)$) la firmeza en la primera lectura fue mayor en un 19% que la fertilización química, por otro lado, el tratamiento con Nitrato de calcio al 2% supero a la fQ en un 16%, mientras que este compuesto supero al Sulfato de zinc al 1% en un 6%.

Cuadro 32.- Análisis de varianza Firmeza (N) primera medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p3
Trat	6	118.6	19.761	6.86	0.000
Error	63	181.6	2.882		
Total	69	300.1			

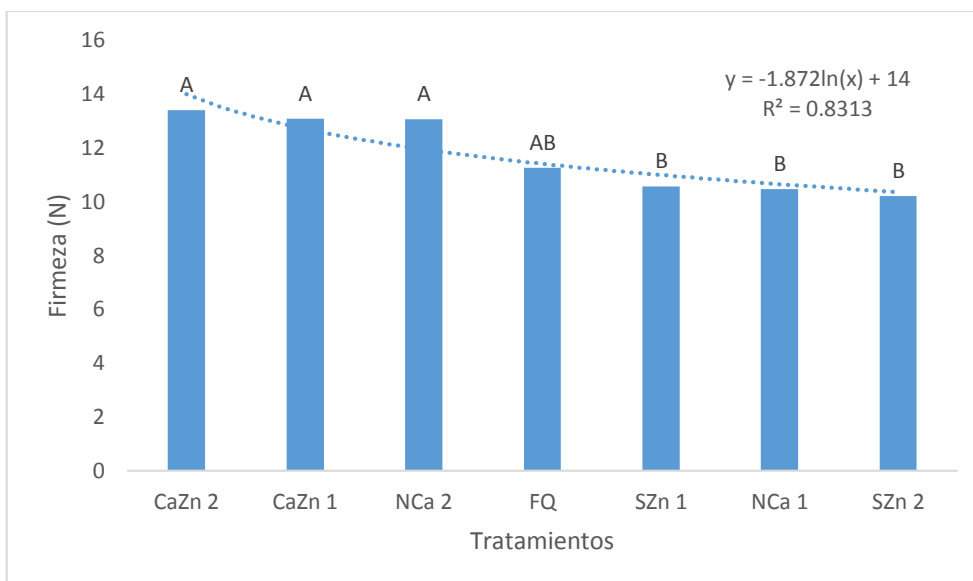


Figura 33.- Firmeza (N) primera lectura.

En esta variable se muestra que los tratamientos realizaron efectos significativos (Cuadro 33). También, de manera gráfica, se puede observar que al adicionar el tratamiento con Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 2% ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{ZnSO}_4$) los grados Brix en la primera toma de lectura supero en un 1% por la fertilización química, mientras que el tratamiento con Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 1% fue menor en un 6% a la FQ, el Sulfato de zinc al 1% fue superado en un 7% por el ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{ZnSO}_4$) al 1% .

Cuadro 33.- Análisis de varianza para grados Brix (°B) primera medición.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	6	11.09	1.8476	2.51	0.031
Error	63	46.40	0.7365		
Total	69	57.49			

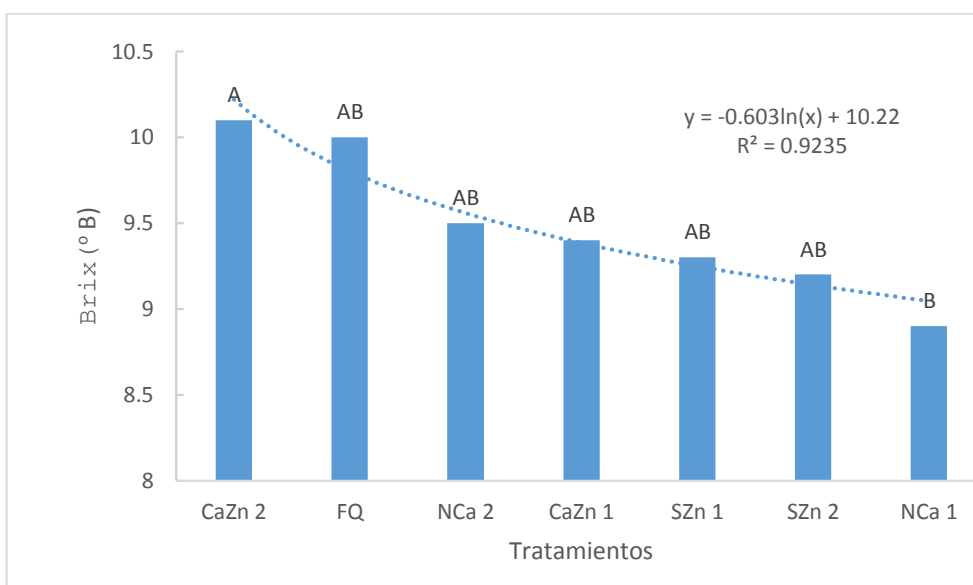


Figura 34.- Grados Brix (° B) primera lectura.

Cuadro 34.- Contenido nutrimental de hoja seca.

Trat.	%						PPM			
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
T1	5.10	0.42	2.15	1.83	0.27	0.14	137.0	6.0	27.0	42.0
T2	5.15	0.38	4.40	4.70	0.57	0.09	231.0	15.0	27.0	52.0
T3	5.24	0.46	5.75	2.96	0.29	0.13	298.0	12.0	28.0	57.0
T4	4.57	0.38	2.80	1.85	0.22	0.09	172.0	16.0	28.0	51.0
T5	5.19	0.43	3.73	2.27	0.26	0.09	229.0	11.0	29.0	58.0
T6	5.72	0.46	3.93	2.27	0.28	0.09	252.0	19.0	29.0	54.0
T7	5.28	0.44	2.00	2.28	0.28	0.12	204.0	15.0	45.0	91.0

Cuadro 35.- Contenido nutrimental de hoja seca de acuerdo a DOP.

Trat.	%						PPM			
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
T1	308	13.51	-41	108	58.8	-51.7	128	-14.2	-40	-30
T2	312	2.7	19	434	235.2	68.9	285	114.2	-40	-13.3
T3	319.2	24	55.4	270	70.5	-99.5	396.6	71.4	62.2	-5
T4	265.6	-2.7	-24	110.2	29.4	-69	186.6	128.5	-37.7	-15
T5	315.2	16.2	0.8	183.7	53	-68.9	281.6	57.1	-35.5	-3.3
T6	357.6	24.3	6.2	158	64.7	-69	320	171.4	-35.5	-10
T7	322	19	46	159	64	-58	240	-78	-90	-84

Cuadro 36.- Resultados generales de acuerdo a DOP.

Trat.	DOP
T1	N› Fe› Ca› Mg› P› Cu› Mn› Zn› K› Na
T2	N› Ca› Fe› Mg› Cu› Na› K› P› Mn› Zn
T3	Fe› N› Ca› Cu› Mg› Zn› K› P› Mn› Na
T4	N› Fe› Cu› Ca› Mg› P› Mn› K› Zn› Na
T5	N› Fe› Ca› Cu› Mg› P› K› Mn› Zn› Na
T6	N› Fe› Cu› Ca› Mg› P› K› Mn› Zn› Na
T7	N› Fe› Ca› Mg› K› P› Na› Cu› Mn› Zn

En la investigación realizada, el análisis DOP con la solución nutritiva Steiner como base nutrimental, no presenta síntomas visibles de deficiencia o negativos de cada elemento, por lo que las concentraciones obtenidas de estos en la biomasa aérea se encuentran dentro de los intervalos de buen abastecimiento.

V DISCUSIÓN

Para Gupta, *et al.* (1985), al aplicar Zn en dosis de 5 y 10 mg.kg⁻¹ de suelo se obtienen incrementos de 30 a 67% del peso de bulbo con respecto al testigo. Lal y Maurya, (1983), en un ensayo de dos años con cebolla cv. Poona Red sembrada en arena, encontraron que el mayor peso tanto en seco como en fresco fue obtenido en las plantas que recibieron 3 mg.kg⁻¹ de Zn. Murphy y Walsh, (1972), recomiendan aplicar entre 3.4 y de 4.5 kg de Zn en banda cada 3-4 años y luego 1 kg.h⁻¹ anualmente; además, señalan como dosis recomendable de ZnSO₄ de 4.5, 9 kg. ha⁻¹ aplicados al voleo de acuerdo al análisis de suelo o foliar. Las dosis de zinc como quelato están por el orden de 3 a 5 kg. ha⁻¹ aplicada en banda (ICA, 1992).

Amezcuca y Lara (2017) reportan que la cantidad de zinc que las plantas necesitan para crecer y desarrollarse adecuadamente es muy pequeña: oscila entre 15 y 20 miligramos por kilogramo de tejido seco; estos valores representan menos de 0.1% del peso seco total del tejido, por tal razón, en el experimento se utilizó .161 gr. del compuesto, a pesar de ser requerido en cantidades pequeñas es el elemento indispensable para que las plantas completen su ciclo de vida, ya que participa directamente en el metabolismo de las células y, en particular, porque ningún otro elemento puede desempeñar las mismas funciones. Así mismo el transporte del zinc en la planta y la caracterización de la deficiencia en las plantas son pasos esenciales para lograr incrementos sostenibles en la producción y calidad.

En el experimento realizado la respuesta del Nitrato de calcio + Sulfato de zinc al 2%, influyo de manera significativa para las variables DEB, DET, PFB, PSB, PFH, PSH, NH, Altura. Estudios realizados por León, *et al.*, (2001), encontraron que los

frutos más pesados presentan los valores más altos en relación al diámetro ecuatorial y diámetro polar, en relación al peso de los frutos, encontró que el nitrato de calcio influye de manera significativa.

Para la variable Firmeza, el Nitrato de calcio y Sulfato de zinc al 2% también influyó de manera significativa. Mata y Rodríguez (2000), en un estudio realizado, mencionan que el nitrato de calcio aumenta significativamente los valores de firmeza de frutas y algunas hortalizas. A su vez, recomienda el NO_3Ca como fuente de calcio en dosis de 27 gr/p. De igual manera, este tratamiento tuvo efecto significativo en Grados Brix con 10.1°B siendo esta la más alta. Estos resultados corroboran lo referido por Mata y Rodríguez (2000), el cual expresa que el contenido de sólidos totales, incrementa conforme se desarrolla y madura el fruto.

Mientras que Levent Tuna, *et al.*, (2007) mencionan que el calcio se considera el nutriente mineral básico para el crecimiento y desarrollo de las plantas protegiendo la integridad estructural y funcional de las membranas vegetales, regulando el transporte de iones, estabilizando las estructuras de la pared celular, controlando y seleccionando el comportamiento de intercambio iónico, así como las actividades de las enzimas de pared.

VI CONCLUSIONES

Acorde con los resultados obtenidos en este experimento, el tratamiento que mostró una respuesta superior en diámetro polar de bulbo, fue la mezcla del Nitrato de calcio y Sulfato de zinc al 2%, en diámetro ecuatorial de bulbo el tratamiento superior fue Nitrato de calcio y zinc al 1% seguido del Nitrato de calcio y Sulfato de zinc al 2%, esto indica que el desarrollo está ligado a la necesidad de nitrógeno del cultivo durante todo su ciclo.

En el tercer muestreo las variables diámetro ecuatorial de tallo, peso fresco y seco de hoja y altura de planta, el tratamiento con sulfato de zinc al 2% resulto superior en estas.

El tratamiento Nitrato de calcio y Sulfato de zinc al 2% durante la primera medición, resulto con la influencia altamente significativa en las variables de diámetro ecuatorial de tallo, peso fresco y seco de bulbo, peso fresco y seco de hoja, numero de hojas y altura de planta; esto debido a que el zinc a pesar de ser un microelemento y el calcio un macro se maneja en concentraciones diferentes siendo asi elementos fundamentales en todo el proceso de la planta. Cuando se tienen buenos niveles de calcio, este se transloca de acuerdo a los niveles de agua disponibles en el cultivo, generando células en la planta y al mismo tiempo ayudar en su desarrollo, de igual manera, el zinc en bajas concentraciones ayuda a los demás elementos a realizar sus funciones enfocándose más en el Ca, siendo este un precursor de firmeza en la cebolla. Asi mismo, el mismo tratamiento influyó de manera positiva en las variables de importancia económica, firmeza y grados brix durante el tercer muestreo el cual fue tomado al finalizar el ciclo del cultivo, a los 169 días.

VII BIBLIOGRAFIA

Agroscience . (2012). Obtenido de Boletín. Cosecha Mayores Ganancias.:
www.agroscience.mx.

Agroscience Boletín. (2012). Obtenido de Cosecha Mayores Ganancias:
www.agroscience.mx.

Álvarez , M., Serna, S. I., Villada , M. E., & López, B. E. (2012). Papilla de arroz instantánea para niños de 12 a 36 meses fortificada con micronutrientes: Una alternativa para la alimentación infantil. . *Engineering and Technology*, pp. 12-34.

Amarakoon, D., Mcphee, K., Thavarajah, D., & Thavarajah, P. (2012). Iron-, zinc-, and magnesium-rich field peas (*Pisum sativum* L.) with naturally low phytic acid: A potential food-based solution to global micronutrient malnutrition. *Journal of Food Composition and Analysis*, pp. 8-13.

Amezcuca, R. J., & Lara, M. F. (2017). *El zinc en las plantas*. *Revista Ciencia* 68(3).
. Obtenido de https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_3/PDF/zinc_plantas.pdf.

Añez, B., Tavira , E., & Figueredo, C. (1996). Producción de cebolla en repuesta a aplicación de fertilizantes en suelos alcalinos. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 13(5): pp. 509-520.

Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Lee, S., & Byrne, R. (2006). Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Jour. Soil Bio*, v.42, pp.65-69 .

Bacilioa, M., Morenoa, M., Aguilarb, R. L., & Bashan, Y. (2017). Scaling from the growth chamber to the greenhouse to the field: Demonstration of diminishing effects of mitigation of salinity in peppers inoculated with plant growth-promoting bacterium and humic acids. *Appld Soil Ecol*, v.119, pp.327-338 .

Bahemmat, M., Farahbakhshs, M., & Kianirad, M. (2016). Humic substances-enhanced electroremediation of heavy metals contaminated soil. *Jour. Hazard Mater*, v.312, pp.307-318.

Bazán, A., & Rodríguez, J. (2010). Determinación de dosis optima de nitrógenos en dos híbridos de cebolla (*Allium cepa* L) en Manglaralto Cantón Santa Elena. *Tesis. Facultad de ciencias agrarias. UPSE*.

Bettonia, M. M., Mogora, A. F., Pauletta, V., Goicoecheab, N., Aranjueloc, I., & Garmendiad, I. (2016). Nutritional quality and yield of onion as affected by different application methods and doses of humic substances. *Jour Food Compos Anal*, v.51, pp.37-44.

Bezuglova, A. O., Gorovtsov, A. V., Lyhman, V. A., & Pavlov, P. D. (2017). The effect of humic substances on winter wheat yield and fertility of ordinary chernozem . *Annals of Agrarian Sci*, v.15(2), pp.239-242.

Boguta, P., D´Orazio, V., Sokolowska, Z., & Senes, N. (2016). Effects of selected chemical and physicochemical properties of humic acids from peat soils on

their interaction mechanisms with copper ions at various pH. *Jour Geochem Explor*, v.168, pp.119-126.

BREWSTER, J. (2001). Las cebollas y otros alliums. *Zaragoza, España*, 253.

Burlingame, B. (2013). The role of agriculture in diet: quantity versus quality. Conference frontiers in agricultural sustainability: studying the protein supply chain to improve dietary quality. *The New York Academy of Sciences*.

Cargua Charnalata, Y, N. (2013). Respuesta de la cebolla perla (*Allium cepa* L.) a cuatro densidades de siembra y dos láminas de riego. Ascázubi, Pichincha. *Tesis. Carrera de Ingeniería Agronómica*. Universidad Central del Ecuador Facultad de Ciencias Agrícolas .

CENTA (*Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal*). (2003). Obtenido de Guía técnica: Cultivo de la cebolla. La libertad, El Salvador. pp. 25.

Chimborazo, D. (2015). Evaluación del rendimiento de cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) var. 'Red Nice' a partir de plántulas obtenidas mediante la poda de sus hojas. *Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo*. Cevallos, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

Chugh, V., & Dhaliwal, H. (2013). Biofortification of Staple Crops. *In Agricultural Sustainability*, 177-196.

- Ciarkowska, A. K., Podwika, K. S., Mazur, B. F., & Tabak, N. M. (2017). Comparative effects of lignite-derived humic acids and FYM on soil properties and vegetable yield. *Geoderma*, v.303, pp.85-92. .
- Cihlar, Z., Vojtova, L., Conte, P., Nasir, S., & Kucerik, J. (2014).) Hydration and water holding properties of cross-linked lignite humic acids . *Geoderma*, v.230-231, pp.151-160 .
- Colombo, C., Palumbo, G., Angelico, R., Cho, H. G., Francioso, O., Ertani, A., & Nardi, S. (2015). Spontaneous aggregation of humic acid observed with AFM at different pH. *Chemosphere*, v.138, pp.821-828.
- Contreras, E., Ramírez , J. A., Vallejo, R. A., & Zúñiga , L. P. (2008). Anemia perniciosa: descripción de un caso clínico. *Revista Colombiana de Gastroenterol*, pp. 83-88.
- Coolong, T. W., & Randle, W. M. (2003). Ammonium nitrate fertility levels influence flavour development in hydroponically grown 'Granex 33' onion. *J. Sci. Food Agric.* 83, pp. 477-482.
- Cornejo, A. (1996). Introducción de once cultivares de cebolla amarilla dulce (*Allium cepa* L.) en zonas áridas para exportación . *Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo*. . Arequipa, Perú : Universidad Nacional San Agustín.
- Das, T., Shaikia, B. K., & Baruah, B. P. (2013). Feasibility studies for isolation of humic acid from coal of Mongchen Coalfield, Nagaland. *Jour. Indian Chemical Soc*, v.90(11), pp.2007-2014. .

Denre, M., Ghanti, G., & Sarkar, K. (2014). Effect of humic acids application on accumulation of mineral nutrition and pungency in garlic (*Allium sativum* L.). *Internat. Jour. Biotechnology and Molecular Biology Res* , v.5(2), pp.7-12.

Departamento Nacional de Planeación. Política nacional de seguridad alimentaria y nutricional (PSAN) (Documento CONPES 113). (2008). Obtenido de https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Conpes/conpes_113_08.pdf

Diaz, J., Twyman, J., & Zhu, R. (2017). Biofortification of crops with nutrients: factors affecting utilization and storage. *Current Opinion in Biotechnology*, 115-123.

Dogliotti, S., Colnago, P., Galván, G., & Aldabe, L. (2011). Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo de los principales cultivos hortícolas: Tomate (*Lycopersicon esculentum*, Papa (*Solanum tuberosum*) y Cebolla (*Allium cepa*). Montevideo, Uruguay: Universidad de la Republica.

Dudka, S., & Miller, W. P. (1999). Accumulation of potentially toxic elements in plants and their transfer to human food chain. . *J Environ Sci Health B* , 34(4): pp. 681–708 .

Evangelou, M. W., Daghan, H., & Schaeffer, A. (2004). The influence of humic acids on the phytoextraction of cadmium from soil. *Chemosphere*, v.57, pp.207-213.

Faiyz, A. L., & S, S. (2017). CPMAS ¹³C MNR characterization of humic acids from composted agricultural Saudi waste. *Arab Jour. Chem*, v.10, pp.839- 853.

FAOSTAT. (26 de Julio de 2006). Obtenido de <http://faostat.fao.org/>

- Fernández, L., Terán, Z., & León, M. (1996). *Influencia del tratamiento magnético del agua de riego sobre la calidad de las posturas de cebolla cultivadas en zeopónicos*. *Cultivos Tropicales*, vol. 17, no.2, pp. 59-59.
- Fraga, C. A. (2005). Relevance, essentiality and toxicity of trace elements in human health molecular. . *Mol. Aspects Med.* o, 235-244.
- Gaskell, M., Fouche, B., Koike, S., Lanini, T., Mitchell, J., & Smith, R. (2000). Organic vegetable production in California - science and practice. . *HortTechnology*, 10 (4): 699-713.
- Griffiths, G., Trueman, L., Crowther, T., Thomas, B., & Smith, B. (2002). *Onions-a global benefit to health*. *Phytotherapy Res.* 16.603-615.
- Guenkov, G. (1974). *Fundamentos de la Horticultura Cubana*. La Habana Cuba: Organismos. Instituto Cubano del Libro.
- Gupta, U. C., & Gupta, S. C. (1998). Trace element toxicity relationships to crop production and livestock and human health: implications for management. . *Commun Soil Sci Plant Anal*, 29 (11-14): pp. 1491-1522.
- Gupta, V. K., Raj, H., & Gupta, S. P. (1985). A note on effect of zinc concentration of onion (*Allium cepa* L.). *Haryana J. Hort. Sci.*, 12(1), pp. 141-142.

Gusiatin, Z. M., Kulikowska, D., & Klic, B. (2017). Suitability of humic substances recovered from sewage sludge to remedy soils from a former As mining area – a novel approach . *Jour Hazard Mater*, v.338, pp.160-166.

Haag, H. P., Bome, P., & Kimoto, T. (1981). Nutrição mineral de hortaliças. VI. Deficiências de macronutrientes em cebola. In: HAAG, H.P. e MINAMI, K. Nutrição mineral e adubação de frutíferas tropicais no Brasil. *Campinas: Fundacao Cargill*, pp. 115-140.

Herrera, M. P. (2011). La biofortificación del arroz con micronutrientes: una estrategia nutricional que puede ser sostenible en Cuba. . *Rev Cubana Aliment Nutr.*, 21(1), pp. 153-158 .

Ibrahim, E. A., & Ramadan, W. A. (2015). Effect of zinc foliar spray alone and combined with humic acid or/and chitosan on growth, nutrient elements content and yield of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants sown at different dates. *Sci Hortic-Amsterdam* , v.184, pp.101-105.

Infoagro. (29 de mayo de 2010). *Agricultura. El cultivo de la cebolla*. Obtenido de Infoagro: <<http://www.infoagro.com/hortalizas/cebolla.htm>>

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (1992). *Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación*. Manual de asistencia técnica N.º 25. Corpoica, C.I. Tibaitatá. 56 p.

Jayamohanrao, V. (1974). Effect off copper and boron on the mineral composition of onion (*Allium cepa* L.). *Andhra Agr. J.*, 15(1), pp.170-172.

Jiao, W., Chen, W., Chang, A. C., & Page, A. L. (2012). Environmental risks of trace elements associated with long-term phosphate fertilizers applications: a review. *Environ Pollut*, 168: pp. 44-53.

Jones, H. A., & Mann, L. K. (1963). *Onions and their allies*. New York: Leonard Hill Book Ltd Londres Interscience Publishers Inc.

Khaled, H., & Fawy, H. A. (2011).) Effect of Different Levels of Humic Acids on the Nutrient Content, Plant Growth, and Soil Properties under Conditions of Salinity. *Soil & Water Res*, v.6(1), pp.21–29.

Kik, C., Kahane, R., & Gebhardt, R. *Final scientific report Garlic & Health* . Obtenido de <http://www.plant.wageningenur.nl/projects/garlicandhealth>,pp.167.

Kononova, M. M. (2013). *Soil organic matter: its nature, its role in soil formation and in soil fertility* . Oxford : Pergamon Press.

Lal, S., & Maurya, A. N. (1983). Effects of zinc on onions. *Haryana J. Hort. Sci.* , 10(3), pp. 231-235.

León, I., Arenas, L., Marín, M., & Sandoval, L. (2004). *Características físicas del guayabo (Psidium guajava L.) de diferentes granjas de la Cuenca del Lago de Maracaibo*. Memorias de la 47a Reunión de Sociedad Interamericana de Horticultura Tropical Vol. 8(3). pp.215.

Lorenz, O., & Maynard, D. (1988). *Knott's handbook for vegetable growers*. Wiley, Nueva York.: 3ra edition.

- Maroto, J. (2002). Horticultura herbacea especial. *Madrid, España*, 139-160.
- Mataix Verdú, J., Mañas Almendros, M., Llopis González, J., Martínez de Victoria Moreiras, O., & Várela, G. (2005). Algunos aspectos históricos de la alimentación en el Camino de Santiago. III Reunión Internacional la alimentación y la nutrición en el siglo XXI. Dieta atlántica, obesidad y la nutrición en el Camino de Santiago. *ASOMEGA (Asociación de Médicos Gallegos). Fundación Española de la Nutrición. Madrid.*
- Mata, I., & Rodríguez, A. (2000). *Cultivo y Producción del guayabo. Fisiología y desarrollo*. México: Editorial trillas P. 2747.
- McBride, M. B. (1995). Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: are USEPA regulations protective? *J Environ Qual*, 24: pp. 5–18 .
- Medina, J. (2008). *Cebolla, Guia Tecnica*. Santo Domingo, Republica Dominicana.
- Meng, M., Yuan, G., Wei, J., Bi, D. X., Ok, Y. S., & Wak, H. (2017). Humic substances as a washing agent for Cd-contaminated soils. *Chemosphere*, v.181, pp.461-467.
- Mirghani, K. A. (1980). Effect of photoperiod, temperature and ethylene on bulbing in onions. *Plant Breeding Abstracts*, 50-383.
- Morozesk, M., Bonomo, M. M., Souza, L. C., Rocha, L. D., Duarte, I. D., Martins, I. O., . . . Matsumoto, S. T. (2017). Effects of humic acids from landfill leachate on plants: an integrated approach using chemical, biochemical and cytogenetic analysis. *Chemosphere*, v.184, pp.309-317.

Muñoz, L., & Prats, A. (2004). *Caribe 71, una variedad de cebolla para clima tropical. Cultivos Tropicales. Vol. 25, no. 3, pp. 59-62.*

Murphy, L. S., & Wlasek, L. M. (1972). . Correction of micronutrient deficiencies with fertilizers. En: Mortvedt, J.J., P.H. Giordano y N.L. Lindsay (eds.). *Micronutrients in Agriculture. . Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin.*

Neufeld, L., Rubio, M., Pinzón, L., & Tolentino, L. (2014). *Estrategia de país Nutrición en Colombia: estrategia de país 2011-2014. Bogotá, .* Obtenido de <http://www.piaschile.cl/wp-content/uploads/2015/04/Nutricion-en-Colombia-Estrategia-de-pa%C3%ADs-2011-20141.pdf>

Nwadike, P. O., & Chude, V. O. (1995). Effects of nitrogen and phosphorus fertilization on seed crop of onion (*Allium cepa* L.) in a semiarid tropical soil. . *Tropical Agriculture.*, 72(3): pp. 216-219.

Oelofse, M., Jensen, L., & Magid, J. (2013). The implications of phasing out conventional nutrient supply in organic agriculture. *Denmark as a case. Org Agric* , 3:pp. 41–55.

Olani, N., & Fikre, M. (2010). Onion seed production techniques . *Manual for extension agents and seed producers* . Addis Abeba.

Olivares, F. L., Aguilar, N. O., Rosa, R. C., & Canellas, L. P. (2015). Substrate bio fortification in combination with foliar sprays of plant growth promoting bacteria and humic substances boosts production of organic tomatoes. *Sci Horti-Amsterdam*, v.183, pp.100-108.

- Ortega Ruiz, D. (2014). Evaluación del comportamiento agronómico de genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) con altos contenidos de hierro y zinc en dos localidades de la Sierra ecuatoriana. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador: Facultad de Ciencias Agrícolas, Carrera de Ingeniería Agronómica.
- Palmgren, M., Clemens, S., Williams, L., Krämer, U., Borg, S., Schjørring, J., & Sanders, D. (2008). Zinc biofortification of cereals: problems and solutions. *Trends in Plant Science*, 464-473.
- Parras, L. Á., & Lozano, B. G. (2014). Conventional tillage versus organic farming in relation to soil organic carbon stock in olive groves in Mediterranean rangelands (southern Spain). . *Solid Earth* , 5: pp. 299–311.
- Peña, C., Añez, D., & Ávila , M. (1999). Respuesta de la cebolla a la aplicación de azufre, magnesio, zinc y boro en un suelo alcalino. *Revista Forestal Venezuela*, 43(2), pp. 173-182.
- Piccolo, A. (2002). The supramolecular structure of humic substances: a novel understanding of humus chemistry and implications in soil science. . *Adv Agron*, v.75, pp.57-134.
- Pisuña, P., & Jose Manuel. (2015). Biofortificación agronómica de la papa (*solanum tuberosum* l.) Mediante la aplicación de zinc (Zn) al suelo y follaje. *Tesis de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo. Carrera de Ingeniería Agronómica*. Quito:UEC. p138.
- Poma, R. (2013). Tres sistemas de plantación y tres niveles de fertilización en la producción de cebolla (*Allium cepa* L.) cv. 'Roja de Camaná' bajo riego a

goteo en zonas áridas. . *Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional San Agustín . Arequipa, Perú.*

PSAN. (2008). *Departamento Nacional de Planeación. Política nacional de seguridad alimentaria y nutricional (Documento CONPES 113)*. Obtenido de https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Conpes/conpes_113_08.pdf

Randle, W. M. (1992). *Onion germplasm interacts with sulfur fertil-ity for plant sulfur utilization and bulb pungency. Euphytica 59, pp. 151-156.*

Randle, W. M. (2000). Increasing nitrogen concentration in hydroponic solutions affects onion flavor and bulb quality. *J. Am. Soc. Hort. Sci. 125, pp.254-259.*

Randle, W. M., & Bussard, M. L. (1993). Pungency and sugars of short- day onions as affected by sulfur nutrition. . *J. Am. Soc. Hort. Sci. 118, pp.766-770.*

Rao, V. J., & Deshpande, R. (1973). Effect of micronutrients (copper and boron) on the growth and yield of onion (*Allium cepa*). *Indian Agr. Res. 5(4)*.

Rengel, Z., Batten, G. D., & Crowley, D. E. (1999). Agronomic approaches for improving the micronutrient density in edible portions of field crops. *Field Crops Res, 60: pp. 27-40.*

Rey, C., Stahl, J., Antonin, P., & Neury, G. (1974). Stades repères de l'oignon de semis. . *Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture , 101-104.*

Rodríguez , A., Álvarez, J. A., & González, J. A. (1994). Extracción de macronutrientes en cebolla. . *Agrícola vergel.*, 147(8): pp.151-155.

Rodriguez, F. J., Schlenger, P., & Valverde, M. G. (2014). A Comprehensive structural evaluation of humic substances using several fluorescence techniques before and after ozonation, part II: Evaluation of structural changes following ozonatio. *Sci. Total Environ* , v.477, pp.731-742.

Reuter, & Robinson. (1986). *Plant Analysis and Interpretation Manual* .

SADER TAMAULIPAS. (Julio de 2017). Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura%7Ctamaulipas>

Salas, J. (1988). Comparativo de cultivares de cebolla (*Allium cepa* L.) precoces en dos localidades: Lima, La Molina, 1988; Arequipa y Sigwas, 1986. *Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo*. Lima, Perú.: Universidad Nacional Agraria La Molina.

SALUNKHE, D. (2004). Tratado de ciencia y tecnología de las hortalizas. *Producción, composición, almacenamiento y proceso*. New York, Estados Unidos.

Shen, J., Gagliardi, S., Coustra, M., M, S. R., & Arrighi, V. (2016). Effect of humic substances aggregation on the determination of fluoride in water using an ion selective electrode. . *Chemosphere*, v.159, pp.66-71.

Shigyo, M. (2006). *Allium, in: Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement: Vegetable Crops, Vol 3*. FI, USA: CRC Press, Boca Raton.

SIAP-SAGARPA. (Marzo de 2015). Obtenido de <https://www.agricultura.gob.mx/datos-abiertos/siap>

Social, Ministerio de la Protección. (2015). Obtenido de Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia: <https://doi.org/9789586231121>.

Stein, A. (2009). Global impacts of human mineral malnutrition. . *Plant Soil* , 133-154.

Suh, H. Y., Yoo, K. S., & Suh, S. G. (2014). Tuber growth and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) as affected by foliar or soil application of fulvic and humic acids. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* , v.55, pp.183-189.

Tuna, L. A., Kaya, C., Ashraf, M., Altunlu, H., Yokas, I., & Yagmur, B. (2007). Los efectos del sulfato de calcio sobre el crecimiento, la estabilidad de la membrana y la absorción de nutrientes de las plantas de tomate cultivadas bajo estrés salino. *Botánica ambiental y experimental*, v.59, n.2, pp 173-178.

UNICEF TACRO. (2008). Obtenido de Lineamientos Estratégicos para la Erradicación de la Desnutrición Crónica Infantil en América Latina y el Caribe. Panamá .

UNICEF, *Micronutrientes y Hambre Oculta*. (2003). Obtenido de UNICEF República Dominicana, 1-2. Retrieved : [http://www.fesamericacentral.org/files/fes-america-central/actividades/costa_rica/Actividades_cr/141018_COP_20/República Dominicana.pdf](http://www.fesamericacentral.org/files/fes-america-central/actividades/costa_rica/Actividades_cr/141018_COP_20/República_Dominicana.pdf)

Valadez, L. (1989). *Producción de hortalizas*. Mexico, DF: LIMUSA.

Vidigal, S. M. (2000). Adubação nitrogenada de cebola irrigada cultivada no verão (Tese doutorado).– Projeto Jaíba, Norte de Minas Gerais. . Viçosa: UFV; , pp. 136.

Voss, R., Murray, M., Bradford, K., Mayberry, k., & Miller, I. (1999). Onion seed production in California . *California, Estados Unidos*, pp10.

Welch, R. M., & Graham, R. D. (2004). Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. *Journal of Experimental Botany* , 55: pp. 353-364.

White, P. J., & Broadley, M. R. (2005). Biofortifying crops with essential mineral elements. . *Trends in Plant Science*, pp. 586-593.

White, P. J., George, T. S., Dupuy, L. X., Karley, A. J., Valentine , T. A., Wiesel, L., & Wishart, J. (2013). Root traits for infertile soils. . *Front Plant Sci* , 4: pp. 193

Wu, J., Zhaoa, Y., Qia, H., Zhao, X., Yang, T., Du, Y., . . . Weia, Z. (2017). Identifying the key factors that affect the formation of humic substance during different materials composting. *Bioresource Technol* (in press).

