

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“FUENTES DE MAGNESIO EN EL CRECIMIENTO DEL TOMATE
(*Solanum lycopersicum*) cv. Río Grande BAJO ESTRÉS SALINO EN LA
UNALM”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

CINTHIA SARITA MENDOZA LLANTOY

LIMA-PERÚ

2020

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación (Art. 24
– Reglamento de Propiedad Intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AGRARIA LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“FUENTES DE MAGNESIO EN EL CRECIMIENTO DEL TOMATE
(*Solanum lycopersicum*) cv. Río Grande BAJO ESTRÉS SALINO EN LA
UNALM”**

CINTHIA SARITA MENDOZA LLANTOY

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ing. M. S. Andrés Virgilio Casas Díaz
PRESIDENTE

Dr. Oscar Oswaldo Loli Figueroa
ASESOR

Ing. Mg. Sc. Luis Rodrigo Tomassini Vidal

MIEMBRO

Ing. M. Sc. Luis Rubén Bazán Tapia

MIEMBRO

Lima – Perú

2020

DEDICATORIA

*A mis abuelos, Justo y Agripina, por ser
fuente de inspiración, de coraje y lucha.*

*A mis padres, Carmen y Cosme, a mi hermana
Cielo y a mi tío Máximo, por motivarme día
a día a continuar con este reto y culminarlo.*

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Oscar Loli, por su infinita paciencia, sus consejos y asesoramiento en toda ocasión posible para sacar adelante esta singular propuesta de investigación.

Al Laboratorio de Fertilidad de Suelos y al encargado, Sr. Mario Jimenez, por toda su paciencia, y su gran disposición para ayudar en cualquier asunto de la investigación.

A los miembros de mi jurado: Ing. M. Sc. Luis Tomassini, Ing. M.Sc. Rubén Bazán y al Ing. M. Sc. Andrés Casas. Por sus aportes y correcciones en la redacción de este trabajo.

A la empresa SF Almacigos, Viveros Fumagalli, por haber aportado con las plántulas de tomate para la respectiva investigación.

A Janet Rivera, por tu amistad incondicional, por haberme forjado, por estar dispuesta en todo momento a escucharme y animarme a concluir esta investigación.

A mi maestro Daisaku Ikeda, por estar siempre conmigo, en los momentos más cruciales de mi vida y haberme alentado día a día e inspirarme con su propia vida.

A mis amigas de la Soka, Romina, Soraya, y Joselin por haberme ayudado con las labores de investigación y haber estado en las evaluaciones de esta investigación.

A mis amigas molineras Miluska, Elizabeth, Fiorela y Mayra; y compañeras de trabajo (molineras también), Sofía, Carla y Vanessa, por haberme alentado durante este proceso y de quienes he podido aprender tanto.

Por supuesto, a mi hermana, Cielo, mi gran inspiración que siempre me motiva a seguir adelante, por tu gran coraje y valentía que despliegas en el día a día, y que a pesar de no entender ciencias, estas dispuesta a entenderla solo por mí.

INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	Generalidades del cultivo de tomate.....	3
2.1.1.	Origen.....	3
2.1.2.	Descripción del cultivo.....	3
2.1.2.1.	Sistema radical.....	3
2.1.2.2.	Tallo principal.....	4
2.1.2.3.	Hojas.....	4
2.1.2.4.	Flor.....	4
2.1.2.5.	Fruto.....	4
2.1.3.	Clasificación.....	4
2.2.	Salinidad.....	5
2.2.1.	Las plantas y la salinidad.....	5
2.2.2.	Efecto de la salinidad en tomate.....	7
2.3.	Magnesio.....	8
2.3.1.	Importancia del Magnesio en las plantas.....	8
2.3.2.	Contenido y comportamiento de magnesio en el suelo.....	8
2.3.3.	Requerimiento y asimilación de magnesio por plantas.....	9
2.3.4.	Fertilizantes magnésicos.....	10
2.3.4.1.	Sulfato de magnesio.....	10
2.3.4.1.1.	Efecto complementario del sulfato (Azufre).....	11
2.3.4.2.	Magnekling.....	12

2.3.4.2.1. Efecto complementario del silicio.....	12
2.3.5. Uso de fertilizantes magnésicos en el cultivo de tomate bajo condiciones de estrés salino.....	13
2.3.5.1. Efecto del magnesio en cultivos de tomate bajo condiciones de estrés salino.....	14
2.3.5.1.1. Efecto complementario del azufre en cultivos de tomate bajo condiciones de estrés salino.....	14
2.3.5.1.2. Efecto complementario de Silicio en cultivos de tomate bajo condiciones de estrés salino.....	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1. Ubicación del experimento.....	16
3.2. Clima.....	16
3.3. Materiales empleados.....	16
3.3.1. Sustrato.....	16
3.3.2. Cultivo indicador.....	17
3.3.3. Fertilizantes empleados.....	18
3.3.4. Utensilios y equipos.....	20
3.4. Establecimiento del cultivo de tomate.....	20
3.5. Fertilización.....	20
3.6. Prácticas culturales.....	22
3.7. Riego.....	22
3.8. Aplicaciones fitosanitarias.....	23
3.9. Cosecha.....	23
3.10. Diseño Experimental y tratamientos.....	23
3.10.1. Modelo Aditivo Lineal.....	25

3.10.2. Modelo ANVA.....	25
3.11. Parámetros evaluados.....	27
3.11.1. Indicadores fisiológicos del crecimiento y del desarrollo.....	27
a. Altura de planta.....	27
b. Diámetro de tallo.....	27
c. Materia seca.....	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	28
4.1. Análisis de materia seca en plantas de tomate.....	28
4.1.1. Efecto de la salinidad.....	28
4.1.2. Efecto del tipo de fuentes de magnesio.....	29
4.1.3. Efecto de las dosis de magnesio.....	30
4.1.4. Efecto de la interacción niveles de salinidad y fuentes de magnesio.....	31
4.1.5. Efecto de la interacción de niveles de salinidad, fuentes de magnesio y dosis de magnesio	33
4.1.6. Efecto del Control A y Control B.....	35
4.2. Análisis de altura (cm) y diámetro (mm) de plantas de tomate a los 60 días.....	36
4.2.1. Efecto del nivel de salinidad.....	36
4.2.2. Efecto del tipo de fuentes de magnesio.....	38
4.2.3. Efecto de las dosis de magnesio.....	39
4.2.4. Efecto de la interacción de niveles de salinidad y dosis de magnesio.....	41
4.2.5. Efecto de la interacción de fuentes de magnesio y dosis de magnesio.....	43
4.2.6. Efecto de la interacción de nivel de salinidad y fuentes de magnesio.....	45

4.2.7. Efecto de la interacción de niveles de salinidad, fuente de magnesio y dosis de magnesio.....	47
4.2.8. Efecto del Control A y Control B	50
V. CONCLUSIONES.....	51
VI. RECOMENDACIONES.....	53
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
VIII. ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis físico - químico del suelo.....	17
Tabla 2: Ley de fertilizantes empleados.....	18
Tabla 3: Propiedades y características de los fertilizantes.....	19
Tabla 4: Dosis requerida para la etapa de crecimiento.....	21
Tabla 5: Cantidad de fertilizantes por maceta (mg/maceta) según magnekling.....	21
Tabla 6: Cantidad de fertilizantes por maceta (mg/maceta) según sulfato de magnesio.....	22
Tabla 7: Descripción de los tratamientos.....	24
Tabla 8: Croquis Experimental.....	25
Tabla 9: Modelo ANVA.....	26
Tabla 10: Materia seca foliar del tomate en la interacción de niveles de salinidad y fuentes de Magnesio (g/maceta).....	31
Tabla 11: Materia seca foliar del tomate en la interacción de niveles de salinidad, fuentes de magnesio y dosis de magnesio (g/maceta).....	33
Tabla 12: Materia seca foliar del tomate en Control A y Control B (g/maceta).....	35
Tabla 13: Altura (cm) y diámetro de tallo (mm) de planta de tomate en la interacción de niveles de salinidad y dosis de magnesio	41
Tabla 14: Altura (cm) y diámetro de tallo (mm) de planta de tomate en la interacción de fuentes y dosis de Magnesio.....	43
Tabla 15: Altura (cm) y diámetro de tallo (mm) de planta de tomate en la interacción de niveles de salinidad y fuentes de magnesio.....	45
Tabla 16: Altura (cm) y diámetro de tallo (mm) de planta de tomate en la interacción de niveles de salinidad, fuentes de magnesio y dosis de magnesio.....	48
Tabla 17: Altura y diámetro de planta de tomate en Control A y Control B.....	50

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Materia seca foliar del tomate sometido a dos niveles de salinidad.....	28
Figura 2: Materia seca foliar del tomate sometido a dos tipos de fuentes de magnesio.....	29
Figura 3: Materia seca foliar del tomate sometido a dos dosis de magnesio.....	30
Figura 4: Materia seca foliar del tomate en la interacción de niveles de salinidad y fuentes de magnesio (g/maceta).....	32
Figura 5: Materia seca foliar del tomate en la interacción de niveles de salinidad, fuentes de magnesio y dosis de magnesio (g/maceta).....	34
Figura 6: Materia seca foliar del tomate en Control A y Control B (g/maceta).....	36
Figura 7: Altura (cm) y diámetro de tallo (mm) de planta de tomate sometido a dos niveles de salinidad.....	37
Figura 8: Altura (cm) y diámetro de tallo (mm) de planta de tomate sometido a dos tipos de fuente de magnesio.....	38
Figura 9: Altura (cm) y diámetro de tallo (mm) de planta de tomate sometido a dos tipos de dosis de magnesio.....	40
Figura 10: Altura (cm) y diámetro de tallo (mm) de planta de tomate en la interacción de niveles de salinidad y dosis de magnesio.....	42
Figura 11. Altura (cm) y diámetro de tallo (mm) de planta de tomate en la interacción de fuentes y dosis de Magnesio.....	44
Figura 12: Altura (cm) y diámetro de tallo (mm) de planta de tomate en la interacción de niveles de salinidad y Fuentes de magnesio	46
Figura 13: Altura (cm) y diámetro de tallo (mm) de planta de tomate en la interacción de niveles de salinidad, fuentes de magnesio y dosis de magnesio	48
Figura 14: Altura y diámetro de tallo de planta de tomate en Control A y Control B.....	50

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Peso seco de la parte aérea en cada uno de los tratamientos y por repeticiones	59
Anexo 2: Peso fresco de la parte aérea en cada uno de los tratamientos y por repeticiones.....	60
Anexo 3: Altura de la planta en cada uno de sus tratamientos y sus repeticiones.....	61
Anexo 4: Diámetro de tallo en cada uno de sus tratamientos y repeticiones.....	62
Anexo 5: Extracción de macronutrientes por cada tratamiento y sus repeticiones.....	63
Anexo 6: Extracción de micronutrientes en cada uno de sus tratamientos y repeticiones.....	64
Anexo 7: Peso seco del maíz del efecto residual.....	65
Anexo 8: Peso fresco del maíz del efecto residual.....	65
Anexo 9. ANVA de datos de Materia seca.....	66
Anexo 10. ANVA de datos de Altura de planta	66
Anexo 11. ANVA de datos de diámetro de tallo.....	67

RESUMEN

En los diferentes cultivos llevados bajo condiciones de suelos desarrollados bajo condiciones de costa, se están presentando problemas con las concentraciones foliares de magnesio, por ello se trata de buscar nuevas fuentes de este elemento que permitan abastecer en forma eficiente a la planta. Es en base a esta problemática que se plantea el presente trabajo experimental, que se llevó a cabo en el Invernadero de Laboratorio de Fertilidad de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina durante los meses de noviembre 2016- febrero 2017 con el objetivo de determinar el efecto de la aplicación de fuentes de magnesio en suelos de diferentes Conductividad Eléctrica (CE), empleando como cultivo indicador la planta de Tomate. Se evaluó la respuesta de 2 fuentes de Magnesio (Magnekling y Sulfato de Magnesio), con niveles de 60 y 120 ppm de MgO, y 2 niveles de salinidad, siendo un total de 8 unidades experimentales, a los cuales se les adicionaron dos testigos (uno de baja y otro de alta salinidad). Las plantas fueron cosechadas cuando comenzaron a florear, obteniéndose los valores de peso seco aéreo, altura de planta y diámetro de tallo, que sirvieron para evaluar el crecimiento de la parte aérea. La interacción de los factores de salinidad, fuentes y dosis de Magnesio de mejor influencia para la producción de materia seca se obtuvo utilizando Magnekling a dosis de 60 ppm y 120 ppm en suelos de baja salinidad. Respecto altura de planta, la mejor expresión se obtuvo utilizando el Sulfato de Magnesio a dosis de 60 ppm y 120 ppm en suelos de baja salinidad. En el caso del diámetro de tallo, la mejor expresión se obtuvo utilizando el Magnekling a dosis de 60 ppm en suelos de alta y baja salinidad. Las conclusiones permiten indicar que bajo las condiciones (alta salinidad) en las que efectuó el trabajo, la fuente de magnesio de mejor influencia en la producción de materia seca y altura de planta fue el sulfato de magnesio.

Palabras clave adicionales: Magnekling, sulfato de magnesio, conductividad eléctrica, tomate, peso seco.

ABSTRACT

In the different crops grown under soil conditions developed under coastal conditions, they are occurring problems with foliar concentrations of magnesium, for this reason it is a question of looking for new sources of this element that allow to supply the plant efficiently. It is based on this problem that the present experimental work is proposed, which was carried out in the Soil Fertility Laboratory Greenhouse of the La Molina National Agrarian University during the months of november 2016- february 2017 with the aim of determining the effect of the application of sources of magnesium in soils of different Electrical Conductivity (EC), using the tomato plant as an indicator crop. The response of 2 sources of magnesium (Magnekling and Magnesium Sulfate) was evaluated, with levels of 60 and 120 ppm of MgO and 2 levels of salinity, being a total of 8 experimental units, to which two controls were added (one low and another high salinity). The plants were harvested when they began to flower, obtaining the values of aerial dry weight, plant height and stem diameter, which served to evaluate the growth of the aerial part. The interaction of the salinity factors, sources and Magnesium doses with the best influence for dry matter production was obtained using Magnekling at doses of 60 ppm and 120 ppm in low salinity soils. Regarding plant height, the best expression was obtained using Magnesium Sulfate at doses of 60 ppm and 120 ppm in low salinity soils. In the case of stem diameter, the best expression was obtained using Magnekling at a dose of 60 ppm in soils with high and low salinity. The conclusions allow to indicate that under the conditions (high salinity) in which the work was carried out, the magnesium source with the best influence on the production of dry matter and plant height was magnesium sulfate.

Key words: Magnekling, Sulfate magnesium, stress, electrical conductivity, tomato, dry matter.

INTRODUCCIÓN

En la naturaleza las plantas se encuentran expuestas a muchas condiciones de estrés que retardan su desarrollo y disminuyen sus rendimientos. Uno de los problemas agrícolas más extendidos es la acumulación de sales en la superficie del suelo (Cano et al., 1998) citado en (Medina, 2010). En la actualidad, el 34% de la superficie agrícola de la Costa Peruana es afectada por la salinidad (FAO, 2015), la cual se origina a partir de la baja disponibilidad de agua, al mal manejo de ella y a la aplicación excesiva de fertilizantes (Villa-Castorena , 2006)

La salinidad inhibe el crecimiento de las plantas, debido a déficit hídrico, toxicidad, desequilibrios nutricionales o a una combinación de estos factores (Cramer y Bowman, 1994). Se ha descubierto que las condiciones salinas interrumpen varios procesos fisiológicos que conducen a la reducción en crecimiento (Ozturk, 2002), y también disminuye la absorción de nutrimentos como K, Ca y Mg (Al-Karaki, 2000) Citado en (Villa-Castorena , 2006) .

Para reducir el efecto adverso de la salinidad en la producción del cultivo y mantener los niveles adecuados de nutrientes en el suelo, existe una serie de prácticas agronómicas (FAO, 1994), dentro de la cual destaca la fertilización, aspecto que requiere especial atención y constituye un requisito indispensable para la explotación sostenible de la tecnología (Chailloux et al.2004, citado en (Hernández, Chailloux, Moreno, & Ojeda, 2011))

La interacción entre la fertilidad y la salinidad del suelo ha sido estudiada por muchos investigadores en diversos cultivos (Aslam et al., 1984). Los resultados de estas investigaciones han mostrado, que existe la posibilidad de reducir la influencia de la salinidad sobre el desarrollo de los vegetales y sobre su metabolismo, mediante una fertilización adecuada (Shadad et al., 1988) citado en (García, 2005).

En las últimas décadas los principales elementos de fertilización han sido nitrógeno, fósforo y potasio, por lo que no se le ha prestado atención suficiente a uno de los macronutrientes más importantes, como lo es el Magnesio (Mengel, 1987) , ya que es un elemento esencial para la planta, dado que participa en la fotosíntesis, síntesis de proteínas y activación de numerosos sistemas de enzimas (Marschner, 2012).

Varios estudios señalan que incrementos en la tasa de aplicación de Mg mejoran el rendimiento de plantas estresadas por sales. Por ejemplo, el crecimiento y el rendimiento de las plantas de tomate aumentaron con el incremento de Mg aplicado cuando estuvieron creciendo en condiciones salinas (Carvajal, 1999). Por ello, se planteó el presente trabajo con el propósito de investigar los efectos de diferentes fuentes, niveles de fertilizantes magnésicos y dos niveles de salinidad en el crecimiento y vigor del cultivo de tomate, el cual se utilizó como planta indicadora dado que es moderadamente sensible a las sales.

Objetivo General

1. Determinar la influencia de la salinidad, fuentes y dosis de Magnesio, sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate.

Objetivos Específicos

1. Determinar el efecto de la salinidad en el crecimiento y rendimiento en materia seca del tomate.
2. Determinar el efecto de fuentes de magnesio en el crecimiento y rendimiento en materia seca del tomate.
3. Evaluar la influencia de dosis de magnesio en el crecimiento y rendimiento en materia seca del tomate.
4. Evaluar la influencia de la interacción salinidad y fuentes de magnesio sobre el crecimiento y rendimiento en materia seca del tomate
5. Evaluar la influencia de la interacción salinidad y dosis de magnesio sobre el crecimiento y rendimiento en materia seca del tomate.
6. Evaluar la influencia de la interacción fuentes y dosis de magnesio sobre el crecimiento y rendimiento en materia seca del tomate.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo de Tomate

2.1.1. Origen:

El origen del género *Solanum* se localiza en la Región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile. Probablemente desde allí fue llevado a Centroamérica y México donde se domesticó y ha sido por siglos parte básica de la dieta.

2.1.2. Descripción del cultivo:

Se pueden describir dos tipos de crecimientos en la planta de tomate:

Crecimiento determinado, donde el ápice de crecimiento se diferencia de vegetativo o floración, de ésta forma se detiene su crecimiento. Se trataría de plantas anuales. Tiene tallos con segmentos que presentan progresivamente menos hojas por inflorescencia y terminan en una inflorescencia, lo que resulta en un crecimiento limitado.

Crecimiento indeterminado, es normal y se caracteriza por tener un crecimiento extensivo, postrado, desordenado y sin límite. En ella, los tallos presentan segmentos uniformes con tres hojas (con yemas) y una inflorescencia, terminando siempre con un ápice vegetativo.

2.1.2.1. Sistema radical: El sistema radical alcanza una profundidad de hasta 2 m, con una raíz pivotante y muchas raíces secundarias. Sin embargo, bajo ciertas condiciones de cultivo. Se daña la raíz pivotante y la planta desarrolla resulta en un sistema radical fasciculado, en que dominan raíces adventicias que se concentran en los primeros 30 cm del perfil.

2.1.2.2. Tallo principal: Los tallos son ligeramente angulosos, semileñosos, de grosor mediano y con tricomas (pilosidades), simples y glandulares. Eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando las hojas, tallos secundarios e inflorescencias. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales.

2.1.2.3. Hojas: Las hojas son compuestas e imparipinnadas, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternada sobre el tallo.

2.1.2.4. Flor: La flor del tomate es perfecta. Consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo dispuestos de forma helicoidal y de igual número de estambres que se alternan con los pétalos. Los estambres están soldados por las anteras y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y evitan la polinización cruzada. El ovario es bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias denominadas comúnmente como racimos. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas.

2.1.2.5. Fruto: Baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpo, el tejido placentario y las semillas.

2.1.3. Clasificación:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida (Dicotiledónea)

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solaneceae

Género: Solanum

Especie: *Solanum lycopersicum* L.

Fuente: (Pérez, 2014) y (Sifuentes, 2009)

2.2. La Salinidad

La salinización del suelo es un problema de escala mundial que reduce marcadamente la producción de los cultivos. Se estima que sobre 800 millones de hectáreas en el planeta están afectadas por sales, de estas, 397 millones los son por problemas de salinidad y 434 millones por condiciones asociadas a sodicidad (Munns, 2005; FAO, 2000). Varias son las causas vinculadas a estos procesos de salinización, entre las cuales es posible citar un excesivo empleo de fertilizantes, uso de agua de mala calidad por el exceso de sales, mal drenaje (Tanwar, 2003) citado en (Goykovic V., 2007).

2.2.1. Las Plantas y la Salinidad

Las sales en la solución suelo inhiben el crecimiento de la planta por dos razones. La primera, la presencia de sales en la solución suelo reduce la capacidad de la planta para absorber agua, y conlleva a la reducción en la tasa de crecimiento. Esto se refiere al efecto osmótico o déficit de agua de la salinidad. Segundo, si una cantidad excesiva de sales ingresan en la planta mediante la corriente de transpiración será dañino para las células en la transpiración de hojas y este puede causar más reducciones en el crecimiento. Esto se llama efecto de exceso iónico de salinidad (Greenway and Munns, 1980) citado en (Shabala, 2012). Está relacionada con la excesiva absorción de sodio, que desencadena un desequilibrio iónico en la planta. El Na^+ puede desplazar al Ca^{+2} de las membranas celulares, modificando la absorción de nutrientes como K^+ . Sin embargo, se ha observado que existe un aporte suplementario de Ca^{+2} , el proceso de captación de K^+ funciona bien, en detrimento del Na^+ , que compite con el K^+ por medio de un mecanismo de baja afinidad (Azcón- Bieto y Talón; 2008) citado en (Medina, 2010).

Numerosos estudios muestran que la concentración de K^+ en la planta, disminuye al aumentar la salinidad o la relación Na^+/Ca^{2+} en el suelo (Okusanaya y Ungar, 1984; Cramer et al., 1985; Janzen y Chang, 1987; Subbarao et al., 1990)

La reducción en la absorción de K^+ en la planta por el Na^+ es un proceso competitivo. Aunque las plantas tienen una selectividad alta de K^+ con respecto a Na^+ , cantidades excesivas de K^+ pueden tener un efecto negativo sobre las plantas (Rush y Epstein, 1981). Quizás por ello, a pesar de los numerosos estudios que indican la disminución en la absorción y translocación de K^+ en las plantas cultivadas en sustratos donde predomina el Na^+ , hay pocos datos que demuestren que la adición de K^+ en dichas condiciones mejore el desarrollo de las plantas (Muhammed et al., 1987).

Además de este clásico desequilibrio iónico, una disminución de la concentración de NO_3^- en la planta en condiciones salinas ha sido ampliamente documentada en distintas condiciones experimentales y con diferentes especies vegetales (Klobus et al., 1988). Sin embargo, a pesar de la drástica reducción de la concentración de NO_3^- en la hoja como respuesta a la salinidad, aumentan (o al menos no disminuyen) diversas fracciones nitrogenadas como el contenido en prolina, betaínas y aminoácidos o proteínas solubles totales (Gorham et al., 1986).

Por otra parte, se ha comprobado que el NaCl puede también inducir toxicidad de fósforo en algunas especies como maíz (Nieman y Clark, 1976), ciertas variedades de soja (Grattan y Maas, 1984) y lupino (Treby y van Steveninck, 1988).

En condiciones salinas también pueden surgir problemas con la disponibilidad de micronutrientes, aunque la influencia de la salinidad sobre las concentraciones de los mismos en las plantas depende tanto de la planta como del micronutriente considerado (Wimmer et al., 2001) citado en (Medina, 2010)

2.2.2. Efecto de la salinidad en tomate

El tomate cuando se cultiva en suelos salinos no se encuentra ajeno a una disminución de los rendimientos, puesto que es una especie glicófita, medianamente sensible a sales y que presenta un umbral respecto al contenido total de sales, cuantificadas en el extracto de saturación del suelo y expresadas como conductividad eléctrica (CEes) de 2.5 dS/m (Chinnusamy et al., 2005) citado en Goykovic V., 2007. El tomate cv. Río Grande es moderadamente tolerante a la salinidad y es típicamente cultivado en regiones, que son expuestas a la salinización del suelo (Maggio et al., 2004). Sin embargo Zribi, (2008) encontró que este cultivar es realmente sensible a la salinidad.

Los efectos que produce la salinidad en plantas de tomate son negativos en los primeros estados fenológicos de la planta. La germinación se reduce y se prolonga el tiempo de este evento, el crecimiento de raíces disminuye y por tanto cae la capacidad de absorción de agua y nutrimentos, además de producir efectos tóxicos (Cuihan, 2011). La parte aérea de las plantas de tomates igualmente es afectada por la salinidad: las plantas alcanzan una menor altura, las hojas se presentan en menor número y a la vez manifiestan una disminución en su densidad estomática en la cara adaxial (Romero-Aranda & Cuartero, 2001) presentan clorosis y necrosis principalmente en los bordes de las hojas. El área foliar también disminuye (Romero-Aranda et al., 2001; Al-Karabi, 2000) citado en (Goykovic V., 2007). El número de frutos y su peso también son alterados (Goykovic y Saavedra, 2007), siendo según Nuez (1995), la fase de crecimiento inicial (vegetativo) más sensible a las sales que las fases de desarrollo (reproductivo) posteriores citado en (Cuihan, 2011)

Zribi et al. (2008) también reportó una disminución considerable en materia seca de tallos y hojas (40% en tallos y 61% en hojas), en el tratamiento sometido a 200 mM de NaCl en cv. Río Grande.

2.3. Magnesio

2.3.1. Importancia del Magnesio en las plantas:

Tisdale, (1967), afirma que, el Magnesio es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas, siendo las siguientes funciones, las de mayor importancia en la planta:

- ✓ Interviene en la composición del núcleo porfirínico de la clorofila, presentándose como un 2,7% de ésta y siendo esta cantidad, una pequeña fracción del Mg total en la planta.
- ✓ Activador enzimático: Por lo menos 16 enzimas de fosforilación, necesitan el Mg como activador. Ej. Fosforilasas del DPN, AP y FAD.
- ✓ Algunos autores dan un rol preponderante al Mg en la formación de proteínas.

Fuente: (Molina, 1970)

2.3.2. Contenido y comportamiento de magnesio en el suelo:

El magnesio representa el 1.93% de la corteza terrestre, varía desde menos de 1% en suelos de textura gruesa y en zonas húmedas, hasta valores de 2.9% en suelos de textura fina y clima árido semiárido con materiales madres ricos en Magnesio.

El Mg se halla en forma soluble, cambiante e insoluble, siendo su contenido inferior al del Ca y K. El magnesio es fácilmente lavado por el agua de percolación de los suelos. (Molina, 1970)

El magnesio disponible para las plantas en el suelo, está en la forma cambiante y/o hidrosoluble. La absorción del magnesio por las plantas depende de la cantidad presente, del grado de saturación, de la naturaleza de los otros iones cambiantes, y del tipo de arcilla. Al igual que el potasio, pero quizás en menor extensión, el magnesio puede hallarse en los suelos en forma algo lentamente disponible, en la que éste se halla en equilibrio con el magnesio cambiante.

Los suelos de textura gruesa son aquellos que por regla general son deficientes en magnesio. Estos suelos contienen tan solo pequeñas cantidades de magnesio cambiante, condición que se agrava por la adición de grandes cantidades de sales fertilizantes que contienen poco o nada de este elemento. El magnesio en estos suelos es liberado por cambio iónico cuando se añaden

estos fertilizantes y grandes cantidades de cloruros y sulfatos favorecen la eliminación en las aguas de percolación (Tisdale y Nelson, 1988), citado en (Escalante, 2014).

2.3.3. Requerimiento y asimilación de magnesio por plantas

El magnesio es un macronutriente que se encuentra en forma orgánica y en forma de ion magnesio (Mg^{2+}), es absorbido por las plantas desde la solución del suelo en forma de catión y como el calcio, es suministrado a las raíces de las plantas por flujo de masas.

Aunque las plantas requieren mucho menos magnesio que nitrógeno o potasio, las cantidades requeridas por la mayoría de cultivos son comparables con los requerimientos de fósforo o azufre (Escalante, 2014).

La deficiencia de magnesio puede suprimir todo el incremento de la masa de la planta o específicamente suprimir el crecimiento de las raíces o brotes de crecimiento. Sin embargo, la extensión de inhibición de crecimiento de raíces y brotes será influenciado por la severidad de la deficiencia de magnesio, tipo de planta, etapa del desarrollo de la planta, condiciones ambientales, y en general su estado nutricional del cultivo. (Barker, 2006)

Los tomates híbridos con un alto potencial de rendimiento tienen una muy alta demanda de magnesio y, son vulnerables a la deficiencia de magnesio en suelos. (Kasinath, 2015).

En general, los tomates cultivados en invernadero con 0.4% de Mg en materia seca foliar indica una concentración crítica de este nutriente. Deficiencia de Mg en tomate se verifica primero en las hojas más viejas (que se convierten más delgadas), e inicia la aparición de clorosis intervenal. En estados avanzados de deficiencia, las hojas se vuelven purpuras y brillantes, con una tendencia a encresparse.

Los tomates cultivados en arenilla (50 – 80 ppm de Mg en solución de nutrientes) resultan en los mejores rendimientos y calidad. En un campo experimental, 54 kg Mg/ha incrementó el rendimiento de tomate por 27.9% (Osman y Wilcox, 1985). En suelos con Mg intercambiable de menos de 0.5 cmol (P+) / Kg, la aplicación de magnesio al suelo provocó una buena respuesta en muchos cultivos (Ganeshamurthy y Hegde, 1980). Así se logra el mayor potencial de rendimiento en tomates híbridos. (Kasinath, 2015)

Un experimento de campo fue conducido en nutrición de magnesio en tomates híbridos por dos años. Los parámetros de crecimiento como el número de ramas y la altura de planta siguieron una tendencia similar. Los parámetros de crecimiento y rendimiento fueron encontrados por estar bien correlacionados. El tratamiento 50 kg Mg/ha registró una altura de planta significativamente más alta, número de ramas, número de frutos, peso de frutos y rendimiento de frutos sobre el Control, donde no se aplicó magnesio.

Kasinath et al. (2015), encontró que aplicación de magnesio incrementa la altura de planta y el número de ramas por planta. En otro experimento, Abede y Aduayi (1980) encontró que la aplicación de 80 ppm de Magnesio registró la máxima altura de planta respecto al Control. Resultados similares fueron encontrados por Jean Aghofack Nguemezi y Tatchago (2010).

Kasinath et al. (2015) encontró que la aplicación de magnesio presentó diferencias significativas en producción de materia seca. Resultados similares fueron reportados por Xiuming Hao y Papadopoulos (2004).

2.3.4. Fertilizantes magnésicos

En años recientes ha aumentado la importancia del magnesio como fertilizante. Previamente, el Mg se aplicaba inconscientemente como una impureza junto con los demás fertilizantes. La alta pureza de los fertilizantes utilizados hoy día determina que dicha fuente de aplicación de magnesio al suelo ya no existe. El magnesio se suministra en la mayoría de los casos como carbonato, óxido o sulfato (Jung y Dressel, 1969) citado en (Mengel, 1987). Es por ello que en esta investigación se estudiará el magnesio inmerso en los fertilizantes de sulfato de magnesio y magnekling.

2.3.4.1. Sulfato de magnesio

Su fórmula química $MgSO_4$, tiene la ventaja de suplir S (13%) y además Mg (16%). Es un material que presenta una solubilidad de 70 g/ 100 mL que puede ser utilizado para obtener respuestas rápidas en caso de deficiencias severas de magnesio.

La aplicación de Sulfato de Magnesio promueve la síntesis de clorofila y mejora la eficiencia de utilización del nitrógeno. Contribuyendo de esta manera a estimular un adecuado crecimiento, desarrollo y producción de cultivos.

Debido a su alta solubilidad se garantiza una rápida disponibilidad de los nutrientes para el cultivo, corrigiendo de manera eficaz posibles deficiencias.

2.3.4.1.1. Efecto complementario del sulfato (Azufre)

El azufre es un macroelemento esencial para la nutrición de la planta, pero su concentración en plantas es menor de todos los macronutrientes. Azufre está siendo reconocido ampliamente como el cuarto elemento nutriente esencial después de nitrógeno, fósforo, y potasio. Las plantas son capaces de asimilar el sulfato y reducir a aminoácidos esenciales, donde el S está involucrado en el rango de funciones metabólicas, incluyendo síntesis de proteínas. Por lo que es necesario poner mayor atención en el rol de S en la nutrición del cultivo en balance. (Nazar, 2011). La deficiencia de S afecta negativamente el contenido de clorofila y el de N foliar y las enzimas fotosintéticas (Lunde, et al., 2008), y consecuentemente la reducción en rendimiento y parámetros de calidad de cultivos (Hawkesford, 2000 y Osman and Rady, 2012). Nutrición de Azufre adecuada mejora la fotosíntesis y el crecimiento de plantas, y tiene interacciones regulatorias con asimilación de N. Azufre es requerido para la síntesis de proteínas, asimilación de N, y es un constituyente estructural de muchas co-enzimas y grupos prostéticos (Maschner, 1995). Citado en (Bakry, 2015)

Las formas inorgánicas de S en el suelo se presentan principalmente en ion SO_4^{-2} . Los suelos de regiones áridas pueden acumular cantidades elevadas de sales como CaSO_4 , MgSO_4 y NaSO_4 . En condiciones húmedas, sin embargo, el SO_4^{-2} aparece ya sea en la solución del suelo o adsorbido a los coloides del suelo. El SO_4^{-2} en solución suelo está en equilibrio con las formas de la fase sólida (Mengel, 1987). El sulfato es activamente absorbido mediante la membrana plasmática de las células radiculares, subsecuentemente llevado al xilema y transportado a los brotes por la corriente de transpiración.

El contenido total de azufre en partes vegetativas de los cultivos esta entre 0.1 y 2% de materia seca (0.03 a 0.6 mmol S/g de materia seca). En la mayoría de las especies de las plantas, la

mayor proporción de azufre (más del 70% de S total) está presente en forma reducida en los residuos de proteína como cisteína y metionina (Barker, 2006)

En plantas que padecen deficiencias de S la velocidad de crecimiento disminuye, viéndose más afectado generalmente el crecimiento de los brotes que el de la raíz. Frecuentemente las plantas son rígidas y quebradizas y los tallos permanecen delgados.

Kasinath, (2015), evaluó la materia seca en tomate y encontró que el Sulfato de Magnesio aplicado tienen mayores efectos para un tratamiento aplicado con 50 kg Mg/ha, donde se encontró 7541 kg/ ha de materia seca frente a 5853.34 kg/ha en el tratamiento control (0 kg Mg/ha). Resultados similares en tomate fueron reportados por Xiuming Hao y Papadopoulos (2004).

2.3.4.2. Magnekling

Es una enmienda granular de color verde plomizo y es compatibles con fertilizantes de uso común. Presenta la siguiente composición química: magnesio (MgO) 32% y silicio (SiO) 32%. Suministra a la planta cantidades significativas de magnesio de mediana y lenta disponibilidad, este elemento es esencial como constituyente de la clorofila y necesario para estimular la absorción de fosforo entre otras funciones. En los suelos se da un aumento en la concentración de ácido mono silícico y su adsorción a los fosfatos poco solubles de calcio, aluminio, hierro o magnesio para intercambiar el anión fosfato por anión silicato, liberando de este modo fosforo adsorbido. (TQC, 2018)

2.3.4.2.1. Efecto complementario del silicio

Respecto al magnekling, éste aporta adicionalmente silicio en forma de ion $(\text{SiO}_4)^{4-}$, el cual se considera como elemento no-esencial para la mayoría de las plantas (Epstein, 1999; Richmond y Sussman, 2003).

El fertilizante con Silicio tiene un doble efecto en el sistema de suelo-planta. Primero, mejora la nutrición de silicio en la planta, refuerza las propiedades de protección de la planta en contra de las enfermedades, ataque de insectos y condiciones climáticas desfavorables. Segundo, el

tratamiento del suelo con sustancias de silicio biogeoquímicamente activas optimiza la fertilidad del suelo mediante el agua mejorada, propiedades físico-químicas del suelo, y el mantenimiento de nutrientes en las formas disponibles para la planta (Barker, 2006).

Las plantas absorben silicio de una solución suelo en la forma de ácido mono silícico, además, también llamado ácido orto silícico [H_4SiO_4] (Yoshida, 1975). En promedio las plantas absorben desde 50 a 200 kg de Si/ha. En la planta, el silicio es transportado desde las raíces a los brotes por medio de la corriente de transporte en la xilema.

El silicio se concentra en los tejidos epidermales como una capa fina de membrana celulosa de silicio y está asociada con pectina y iones de calcio (Waterkeyn, 1982). Por este medio, la capa doble cuticular puede proteger y fortalecer mecánicamente las estructuras de la planta (Yoshida, 1965), citado en (Barker, 2006)

Marodin (2014), evaluó la materia seca en tomate y encontró que la aplicación de fertilizantes en base a silicatos tiene mayores efectos en la materia seca para un tratamiento aplicado con 566 kg SiO_2 /ha, donde se encontró un incremento de 88%. El silicio aumenta la eficiencia fotosintética de la planta, lo que resulta en una mayor acumulación de sólidos en los tejidos de las hojas (Pereira et al., 2003; Al-Aghabary et al., 2004., 2004).

2.3.5. Uso de fertilizantes magnésicos en el cultivo de tomate bajo condiciones de estrés salino.

Existen pocos estudios referentes a los efectos de fertilizantes magnésicos (sulfato de magnesio y magnekling) con iones complementarios; azufre y silicio respectivamente, en el crecimiento de las plantas de tomate bajo condiciones de salinidad.

Según (Bernstein, 1974), citado por (Carvajal, 1999), establece que el efecto interactivo de NaCl con otros nutrientes mayores, nitrógeno, fósforo, potasio y calcio está bien documentado y se ha revisado exhaustivamente. Sin embargo, para el conocimiento, muy poca información está disponible en el comportamiento de magnesio con iones complementarios en tomate cultivados ambientes salinos.

2.3.5.1. Efecto del magnesio en cultivos de tomate bajo condiciones de estrés salino

La reducción de rendimiento de tomate se correlacionó con las concentraciones de salinidad y Mg en medios externos. Este efecto dañino se relacionó a la influencia en la cual el NaCl y Mg tuvieron en las relaciones hídricas de planta y toxicidad y/o desbalances en nutrición mineral. En condiciones de este experimento, todos los componentes del estado de hídrico foliar fueron significativamente alteradas y fue claro que las interacciones de (Ca)-Mg y (K)-Na tomaron su lugar. Por lo tanto, las concentraciones de Mg en la solución nutritiva pudo ser importante factor en el cultivo hidropónico de tomate cultivado en condiciones de alta salinidad. (Carvajal, 1999)

2.3.5.1.1. Efecto complementario del azufre en cultivos de tomate bajo condiciones de estrés salino

El azufre es un macronutriente con rol esencial en el desarrollo de la planta bajo ambientes óptimos y de estrés. Muchos componentes son sintetizados del metabolismo de azufre útil en revertir los efectos adversos de estrés abiótico debido a su propiedad de barrido de sus radicales libres. Los metabolitos que contienen azufre, aminoácidos, vitaminas, sistema de tioredoxin, ácido lipoico y glucosinolato tienen potencial para promover o modificar los procesos fisiológicos y moleculares en plantas bajo estrés salino. Así, la modulación de producción de metabolitos de azufre podría alterar mecanismos fisiológicos y moleculares para proveer tolerancia en contra de la salinidad (Khan, 2014).

La producción de tomate incrementó bajo dosis de azufre, obteniendo un incremento de 23 a 34%. La materia seca de los brotes, contenido y acumulación incrementó bajo la aplicación de dosis de azufre en el suelo. (Silva, 2014)

Niveles de S y S-SO₄ fueron determinados en la superficie de las hojas, partes de la planta media y baja, durante 3 fases de crecimiento de tomate y también en las raíces. El incremento de concentración de sulfato en la solución nutritiva resultó en el incremento de total de niveles de -S y S-S-4 en todas las partes de la planta analizada, con respecto a la fase de crecimiento. No

hubo diferencias significativas de diferentes niveles de SO_4^{2-} en la solución nutritiva en crecimiento de tomate y área foliar. (Kowalska, 2005)

2.3.5.1.2. Efecto complementario de silicio en cultivos de tomate bajo condiciones de estrés salino

Recientemente, se ha demostrado que el silicio alivia los efectos perjudiciales de la salinidad por NaCl en el crecimiento de la planta de tomate (Stamatakis et al. 2003; Al-Aghabary et al. 2004; Romero-Aranda et al. 2006). El efecto estimulador de silicio en el crecimiento de las plantas de tomate expuestas a salinidad por NaCl fue adscrito a la restricción de absorción de Na y Cl (Stamatakis et al. 2003), (Passam et al., 2007). Se ha reportado que el tratamiento con silicio conduce al refuerzo de las paredes celulares debido a la deposición del silicio en forma de sílice amorfa que reducen la translocación de sales a los brotes (Wang et al., 2004) citado en (Romero - Aranda, 2006)

Sin embargo Romero-Aranda, 2006 reportó que el silicio no alivia los efectos perjudiciales de las sales en plantas de tomate; esto puede explicarse debido a que el cultivo de tomate no es acumulador del silicio, ya que muestra una absorción pasiva (Liang et al., 2007), por lo que se le ha clasificado como excluyente de silicio (Nikolic et al., 2007).

Al evaluar el fertilizante magnekling en tomate bajo condiciones salinas y no salinas, se observó un aumento significativo en el vigor (rendimiento de materia seca). El mejoramiento en el vigor por planta, debido a la fertilización magnésica, puede ser atribuido a un mejoramiento de la fotosíntesis asociado a un incremento en la absorción del potasio. (Al-karaki, 2001)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del Experimento

El presente trabajo de investigación se ejecutó en el Invernadero “Sven Villagarcía” del Departamento Académico de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), durante el período de noviembre 2016- enero 2017

La ubicación geográfica es la siguiente

- Latitud Sur :12°05'06''
- Longitud Este :76°57'00''
- Altitud :238 msnm

3.2. Clima

La temperatura promedio fue de 23 °C

La humedad relativa fue de 40%.

3.3. Materiales empleados

3.3.1. Sustrato:

Sustrato salino que se caracteriza por ser de reacción neutra con una CEes de 5.92 dS/m en dilución 1:1, bajo en materia orgánica y en carbonatos de calcio, con baja capacidad de retención de elementos y concentración de sodio intercambiable significativa (9%). La mitad del sustrato fue sometido a lavado de sales para disminuir la salinidad, dando como resultado una C.E es. de 1.0 dS/m, de ese modo se estableció los tratamientos planteados.

Al inicio del experimento se realizó un análisis físico- químico del suelo que fue realizado por el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, cuyo resultado es presentado en la Tabla 1.

Tabla 1: Análisis físico-químico del suelo

Determinación		Valor
pH (1:1)		6.99
C.E.es (1:1)	(dS/m)	5.92
CaCO ₃	(%)	0.60
M.O.	(%)	0.16
P disponible	(ppm)	14.8
K disponible	(ppm)	153
Arena	(%)	50.0
Limo	(%)	41.0
Arcilla	(%)	9.00
Clase Textural		Fr.
CIC	cmol (p+) kg ⁻¹	4.80
Ca ⁺²	cmol (p+) kg ⁻¹	2.83
Mg ⁺²	cmol (p+) kg ⁻¹	1.30
K ⁺	cmol (p+) kg ⁻¹	0.22
Na ⁺	cmol (p+) kg ⁻¹	0.45
Al ⁺³ + H ⁺	cmol (p+) kg ⁻¹	0.00
Suma de cationes	cmol (p+) kg ⁻¹	4.80
Suma de bases	cmol (p+) kg ⁻¹	4.80
% Sat. De Bases	(%)	100.00

FUENTE: Laboratorio de suelos. Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.3.2. Cultivo indicador

Se utilizaron plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) de la variedad Río Grande. Esta variedad se caracteriza por presentar crecimiento determinado, polinización abierta y fructificación relativamente concentrada, de un amplio rango de adaptabilidad y alto rendimientos. El tamaño de la planta es grande y vigoroso con buena cobertura. Esta variedad es sensible a la salinidad (Zribi, 2008).

3.3.3. Fertilizantes empleados

Tabla 2: Ley de Fertilizantes empleados

FUENTE	%N	%P₂O₅	%K₂O	%MgO	%S	%SiO₂
Nitrato de amonio (NH ₄ NO ₃)	33	0	0			
SFT	0	46	0			
Sulfato de potasio (K ₂ SO ₄)	0	0	50			
Sulfato de magnesio (MgSO ₄)				16	12	
Magnekling (SiO ₂ + MgO)				32		32

Tabla 3: Propiedades y características de los fertilizantes

Fuente	Aspecto	Peso específico (g/cm³)	Solubilidad (g/100 ml)	Higroscopicidad	Reacción	Índice de salinidad	Tamaño de partícula
	Granulado						
Nitrato de amonio	con delgada película	1.1	192,3	33.1 a 20°C	Índice de acidez: 60	105	
	Forma						
SFT	granulada	1 -1.2	15	-	Neutra	10	
	Cristales						
Sulfato de potasio	rómbicos	2.6	17,8	1.5 a 20°C	Neutra	46	135 µm
	Sólido						
Sulfato de magnesio	crystalino blanco inodoro	2.66	70	-	-	65	1-3 mm
	Granulado						
Magneklin g	gris claro	2.51	-	-	Alcalino	-	150-250 µm

Fuente: Manual de fertilizantes para las condiciones de Perú. (Villagarcía & Aguirre, 2014)

3.3.4. Utensilios y equipos

- Mesas de invernadero y jaulas metálicas
- 30 macetas plásticas de 4 kg de capacidad
- Bolsas de papel Kraft
- Vasos y platos descartables de plástico
- Cintas maskingtape y plumones
- Balanza analítica
- Estufa 80° C
- Regla y vernier
- Cámara fotográfica
- Libreta de campo
- Plaguicida

3.4. Establecimiento del cultivo de tomate

Previamente al establecimiento, se instalaron 15 macetas con sustrato salino de C.E. baja (sustrato lavado) y 15 macetas con sustrato de C.E. alta (sustrato sin lavar), las cuales fueron fertilizadas como se describe en la sección 3.5. Se utilizó 4 kg de suelo con alta concentración de sales por maceta, el cual se adquirió del Centro de Investigación de Hidroponía de la UNALM, cuyas características del suelo se describen en la Tabla 1. El establecimiento del cultivo se realizó en el mes de noviembre del 2016, entre la primavera y verano. Se trasplantó 4 plántulas de tomate de la variedad “Río Grande” por maceta, provenientes de la empresa Viveros SF en fase de 2-3 hojas verdaderas.

3.5. Fertilización:

Los fertilizantes nitrogenados y potásicos fueron fraccionados en 2 partes, las cuales se aplicaron en la semana 2 y semana 6; los otros fertilizantes fosforados y magnésicos se aplicaron completamente antes del trasplante de acuerdo al tratamiento.

Tabla 4: Dosis requerida para la etapa de crecimiento

N	P₂O₅	K₂O	MgO
200 ppm	200 ppm	200 ppm	60 ppm
			120 ppm

Posteriormente se realizaron los cálculos para determinar la cantidad exacta de fertilizante que se aplicó en cada maceta, los cuales se muestran en las Tablas 5 y 6.

Tabla 5: Cantidad de fertilizantes por maceta (mg/maceta) según magnekling

Tratamientos	Magnekling (F1) (mg/maceta) Dosis de Magnesio	Nitrato de amonio (mg/maceta)	SFT (mg/maceta)	Sulfato de potasio (mg/maceta)
Control A (Alta salinidad – 0 ppm)	0	2424,24	1739,13	1600,00
S1F1D1 (Alta salinidad-60 ppm) S2F1D1 (Baja salinidad-60 ppm)	750	2424,24	1739,13	1600,00
S1F1D2 (Alta salinidad – 120 ppm) S2F1D2 (Baja salinidad – 120 ppm)	1500,00	2424,24	1739,13	1600,00

Tabla 6: Cantidad de fertilizantes por maceta (mg/maceta) según sulfato de magnesio

Tratamientos	Sulfato de magnesio (F2) (mg/maceta)	Nitrato de amonio (mg/maceta)	SFT (mg/maceta)	Sulfato de potasio (mg/maceta)
Control B (Baja salinidad – 0ppm)	0,00	2424,24	1739,13	1600,00
S1F2D1 (Alta salinidad-60 ppm)	1500,00	2424,24	1739,13	1600,00
S2F2D1 (Baja salinidad-60 ppm)	1500,00	2424,24	1739,13	1600,00
S1F2D2(Alta salinidad-120 ppm)	3000,00	2424,24	1739,13	1600,00
S2F2D2(Baja salinidad-120 ppm)	3000,00	2424,24	1739,13	1600,00

3.6. Prácticas culturales

Una de las prácticas culturales más importantes que se realizó fue el desahije después de 2 semanas de trasplante con el fin de que el cultivo pueda crecer sin restricciones y no exista competencia entre ellas, quedando así, 2 plantas por maceta. También se realizó el entutorado en todas las unidades experimentales, con la finalidad de no afectar los tratamientos.

3.7. Riego

Cada maceta recibió 600 ml de agua desionizada en el primer riego con el fin de mantener la humedad a capacidad de campo. En las siguientes semanas, la frecuencia de riego fue una vez a la semana en cada unidad experimental.

3.8. Aplicaciones fitosanitarias

Durante el experimento se tuvo que realizar una aplicación de Imidacloprid para controlar la plaga de mosca blanca (picador-chupador), los cuales se manifestaron en la cuarta semana después del trasplante.

3.9 Cosecha

El criterio utilizado para la cosecha fue la aparición de flores, por lo que se realizó 2 meses después del trasplante. Previamente a la cosecha se realizaron mediciones de altura y diámetro de tallo. Finalmente se cosechó la parte aérea vegetativa para determinar peso fresco y peso seco.

3.10. Diseño experimental y tratamientos

Para el análisis de resultados se utilizó el diseño completo al azar con arreglo factorial 2x2x2 más 2 tratamientos adicionales, el cual está constituido de 8 tratamientos con arreglo factorial, fuentes de Fertilizantes magnésicos (Factor I), los niveles de magnesio (Factor II) y niveles de salinidad (Factor III), con tres repeticiones por cada tratamiento y la unidad experimental fue la maceta.

Tabla 7: Descripción de los tratamientos

Tratamientos-Clave	Fuente	Dosis (magnesio)	C.E
CONTROL A			Alta
S1 F1 D1	Magnekling (F1)	60 ppm (D1)	Alta (S1)
S1 F1 D2	Magnekling (F1)	120 ppm (D2)	Alta (S1)
S1 F2 D1	Sulfato de magnesio (F2)	60 ppm (D1)	Alta (S1)
S1 F2 D2	Sulfato de magnesio (F2)	120 ppm (D2)	Alta (S1)
CONTROL B			Baja (S2)
S2 F1 D1	Magnekling (F1)	60 ppm (D1)	Baja (S2)
S2 F1 D2	Magnekling (F1)	120 ppm (D2)	Baja (S2)
S2 F2 D1	Sulfato de magnesio (F2)	60 ppm (D1)	Baja (S2)
S2 F2 D2	Sulfato de magnesio (F2)	120 ppm (D2)	Baja (S2)

Factor I

Se utilizó dos fuentes de fertilizantes magnésicos diferentes. Los fertilizantes que se probaron son magnekling (F1), que contiene magnesio y silicio; y sulfato de magnesio (F2) que contiene magnesio y azufre.

Factor II

Los niveles de magnesio se probaron a 2 niveles, 60 ppm (D1) y 120 ppm (D2) en base a un control en ambos niveles de salinidad.

Factor III

El suelo es de origen salino con una C.E. es de 5.92 dS/m, el cual fue utilizado en el nivel de Alta salinidad (S1), y para el nivel de Baja Salinidad (S2), el mismo suelo fue sometido a lavado de sales, lo que dio lugar a una C.E. es de 1.0 dS/m.

Tabla 8: Croquis Experimental

CA	S1 F1 D1	CB	S2 F1 D2	CB
S1 F2 D2	S2 F2 D1	S1 F1 D2	S2 F2 D2	S2 F1 D2
S1 F2 D1	S2 F2 D2	CA	S1 F1 D2	CA
S2 F1 D1	S1 F2 D2	S1 F2 D1	S2 F1 D1	S1 F1 D1
S2 F1 D2	S1 F1 D2	S1 F1 D1	S2 F2 D1	S1 F2 D2
CB	S2 F1 D1	S2 F2 D1	S2 F2 D2	S1 F2 D1

3.10.1. Modelo aditivo lineal

El modelo aditivo lineal para cada experimento fue:

$$y_{ijkm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \epsilon_{ijkm}$$

En donde:

i: 1, 2, ..., a (fuente de fertilización)

j: 1, 2, ..., b (dosis de fertilización)

k: 1, 2, ..., s (nivel de salinidad)

m: 1, 2, ..., r (repeticiones)

Y_{ijkm} : Es el valor observado por el efecto de la i-ésima fuente de magnesio, j-ésima dosis de magnesio, k-ésimo nivel de salinidad, en la m-ésima repetición.

μ : es el efecto de la media general

α_i : es el efecto de la i-ésima fuente de magnesio

β_j : es el efecto de la j-ésima dosis de magnesio

γ_k : es el efecto del k-ésimo nivel de salinidad

$(\alpha\beta)_{ij}$: es el efecto de la interacción en la i-ésima fuente de magnesio con la j-ésima dosis de magnesio.

$(\alpha\gamma)_{ik}$: es el efecto de la interacción en la i-ésima fuente de magnesio con el k-ésimo nivel de salinidad

$(\beta\gamma)_{jk}$: es el efecto de la interacción en la j-ésima dosis de magnesio con el k-ésimo nivel de salinidad.

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$: es el efecto de la interacción en la i-ésima fuente de magnesio con la j-ésima dosis de magnesio y el k-ésimo nivel de salinidad.

ϵ_{ijkm} : es el efecto del error experimental en la i-ésima fuente de magnesio, j-ésimo dosis de magnesio, y k-ésimo nivel de salinidad, en la m-ésima repetición.

3.10.2. Modelo ANVA

Una vez cumplida la Prueba de Normalidad, se procedió a realizar el siguiente Análisis de Variancia.

Tabla 9: Modelo ANVA

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F
Tratamientos	t-1	SC tratamientos	CM tratamientos	CM tratamientos/CME
Factorial	ab-1	SC factorial	CM factorial	CM factorial/CME
Fuente de Magnesio (A)	a-1	SC Factor A	CM Factor A	CM Factor A/CME
Nivel de Magnesio (B)	b-1	SC Factor B	CM Factor B	CM Factor B/CME
Salinidad (C)	c-1	SC Factor C	CM Factor C	CM Factor C/CME
AxB	(a-1)(b-1)	SC (AB)	CM (A)(B)	CM (A)(B)/CME
BxC	(b-1)(c-1)	SC (BC)	CM (B)(C)	CM (B)(C)/CME
AxC	(a-1)(c-1)	SC (AC)	CM(A)(C)	CM (A)(C)/CME
AxBxC	(a-1)(b-1)(c-1)	SC (ABC)	CM (A)(B)(C)	CM (A)(B)(C)/CME
Adicionales	D-1	SC Adicionales	CM adicionales	CM Adicionales/CME
Factorial vs Adicionales	vs 1	SC Trat- SC(A)- SC(B)-SC(C)- ...SC(ABC)	CM Fact vs Adicionales	CM Fact vs Adicionales /CME
Error	T(r-1)	SC total -SC tratamiento	CM Error	
Total	rt-1			

De acuerdo al cumplimiento de la Homogeneidad de Varianza, se procedió a realizar la comparación de medias de tratamientos con la Prueba de Tukey con un nivel de significación de 0.05.

El análisis estadístico fue realizado empleando el programa estadístico R.

3.11. Parámetros evaluados

3.11.1. Indicadores fisiológicos del crecimiento y del desarrollo:

a. Altura de planta

Se midió desde el cuello de la planta hasta la yema terminal del tallo principal. Las mediciones se realizaron cada semana después del trasplante, es decir se hicieron unas 8 mediciones durante toda la etapa del experimento.

b. Diámetro de tallo

Mediante la utilización de un vernier se midió el diámetro de cada planta. Dicha medida fue tomada en la unión del cuello de la planta y la raíz.

c. Materia seca

La evaluación del crecimiento en peso seco de los órganos de las plantas (hojas y tallos (g/planta)) se determinó por muestreo destructivo de los órganos por separado, secados en estufa a 80°C hasta masa constante. Para calcular el peso seco total se hizo la sumatoria de los diferentes órganos evaluados.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados del presente experimento se discuten en base al vigor de la planta, altura y diámetro de planta, rendimiento de materia seca y materia fresca en los cuales se aprecia los efectos simples e interacciones de los factores en estudio.

4.1. Análisis de materia seca en plantas de tomate

4.1.1 Efecto del nivel de salinidad

De acuerdo al análisis estadístico y comparación de medias (LSD T, 0,05) para los rendimientos en materia seca del tomate, se puede observar que existe diferencia significativa, en relación con los niveles de salinidad probados.

Los tratamientos de baja salinidad (S2; 0.5 dS/m) presentaron producción en materia seca (7.6272g) estadísticamente superior a la obtenida con niveles altos de salinidad (S1; 2.96 dS/m), lo que puede ser observado en la Figura N° 1.

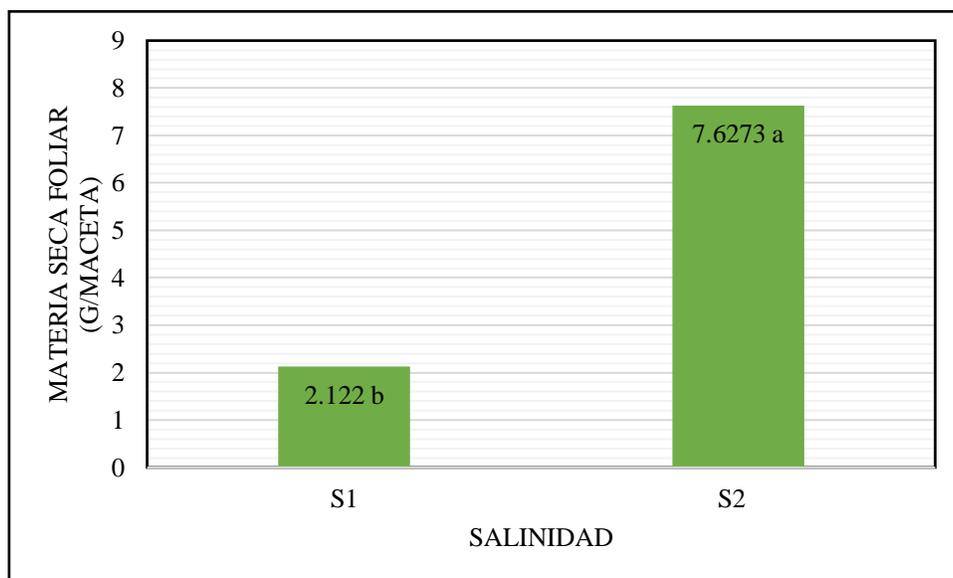


Figura N° 1. Materia seca foliar del tomate sometido a dos niveles de salinidad.

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la Prueba LSD T ($P > 0,05$)

En el presente trabajo con la finalidad de observar los efectos de la salinidad, se empleó el cv. Río Grande, que es sensible a las sales (Zribi, 2008), lo que es demostrado con los resultados, que indican que las plantas tratadas con alta salinidad muestran una reducción en materia seca respecto al tratamiento de baja salinidad. Éste puede explicarse debido a que, la presencia de elementos salinos en altas concentraciones en el suelo se encuentra relacionados con el efecto osmótico (acumulación de solutos) y el efecto tóxico de los elementos que determinan la salinidad, que ocasionan una reducción de absorción de agua y desequilibrio nutricional en la planta respectivamente (Cuartero, 1999) (Greenway y Munns; 1980) citado en (Shabala, 2012). Estos resultados son reforzados por los obtenidos por (Cassierra-Posada, 2013), que, al evaluar peso seco en tomate, encontró que las unidades experimentales sometidas a un tratamiento de C.E. alta (5,2 dS/m) disminuyeron esta variable en términos de 12,32% en relación con las plantas del tratamiento control (0,5 dS/m).

4.1.2 Efecto del tipo de fuente de magnesio

De acuerdo al análisis estadístico y comparación de medias (LSD T, 0,05) para los rendimientos en materia seca del tomate, se puede observar que existe diferencias significativas, en relación a las fuentes de magnesio aplicados.

Los tratamientos sometidos a sulfato de magnesio (F2) presentaron una producción en materia seca de 5,0583 g, estadísticamente superior a la obtenida con la fuente Magnekling (F1), lo que puede ser observado en la Figura N° 2.

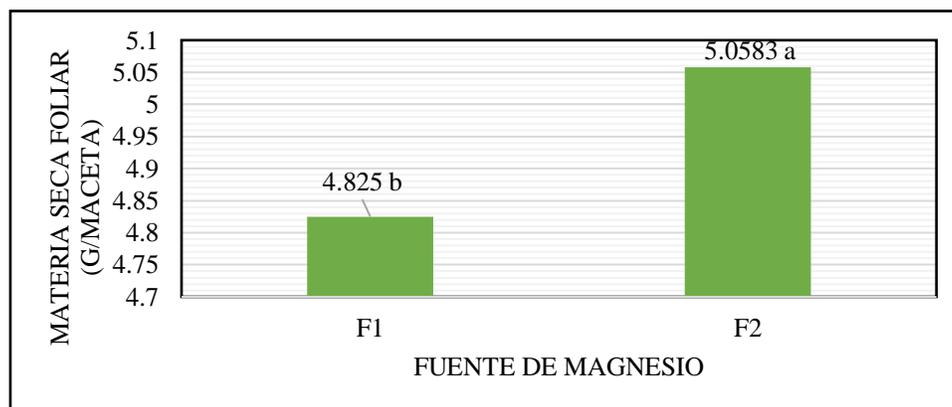


Figura N° 2. Materia seca foliar del tomate sometido a dos tipos de fuentes de magnesio.

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la Prueba LSD T ($P > 0,05$)

Estos resultados pueden deberse al efecto complementario de los elementos que acompañan al magnesio, como lo son el sulfato y la sílice; pues mientras que el sulfato es un nutriente esencial para el crecimiento (Barker, 2006), la sílice es un elemento de protección para la planta (Wang et al., 2004 citado en (Romero - Aranda, 2006).

El incremento de peso seco de las plantas de los tratamientos con sulfato de magnesio, pueden deberse a que el azufre como nutriente esencial mejora la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas, dado que aporta en el metabolismo de la síntesis de proteínas y constituye la estructura de las co-enzimas (Marschner, 1995) citado en (Bakry, 2015).

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Kasinath et al., (2015), Xiuming Hao, Papadopoulos (2004) y (Hardter, 2004), quienes encontraron que el sulfato de magnesio influyó positivamente en la producción de materia seca respecto a los tratamientos testigo en cultivo de tomate y maíz, respectivamente.

4.1.3. Efecto de dosis de magnesio

De acuerdo al análisis estadístico y comparación de medias (LSD T, 0,05) para los rendimientos en materia seca del tomate, se puede observar que existe diferencia significativa, en relación a la dosis de magnesio probados.

Los tratamientos sometidos a la dosis de 120 ppm (D2) presentaron producción en materia seca de 5,48 g, estadísticamente superior a la obtenida en los tratamientos sometidas a la dosis de 60 ppm (D1), lo que puede ser observado en la Figura N° 3.

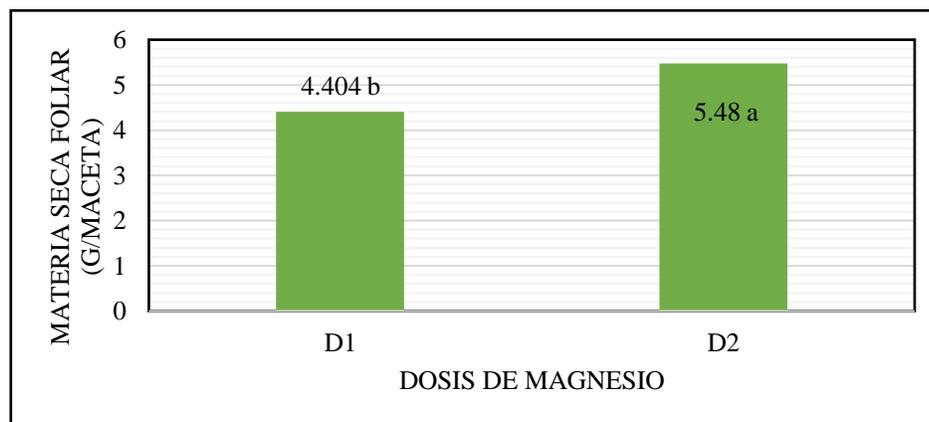


Figura N° 3. Materia seca foliar del tomate sometido a dos dosis de magnesio.

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la Prueba LSD T ($P > 0,05$)

Estos resultados pueden deberse a una mayor disponibilidad de magnesio en la solución suelo. El aumento de los rendimientos de peso seco de las plantas de tomate a dosis de 120 ppm puede atribuirse a las funciones esenciales que cumple el magnesio en la planta, como su intervención en la composición de la clorofila, activador enzimático de la fosforilación y síntesis de proteínas (Molina, 1970)

Estos resultados concuerdan con lo estudiado por (Kasinath, 2015), Xiuming Hao, Papadopoulos (2004) y (Hardter, 2004), que encontraron que las unidades experimentales sometidas a una dosis altas de Magnesio presentaron producción en materia seca estadísticamente superior a la obtenida en un tratamiento de menor dosis de Magnesio en cultivo de tomate y maíz respectivamente.

4.1.4. Efecto de la interacción de niveles de salinidad y fuente de magnesio

Según el análisis estadístico y la comparación de medias (LSD T; 0,05) para los rendimientos de materia seca del tomate, se observa diferencias significativas en relación a la interacción de niveles de salinidad y fuente de magnesio probados.

En la Tabla 10 y Figura N° 4, se puede apreciar que la interacción F2S1 (sulfato de magnesio en Suelo – Alta salinidad) presenta producción en materia seca (3,51 g) estadísticamente superior a la obtenida en la interacción F1S1 (Magnekling - Alta salinidad), mientras que la interacción F1S2 (Magnekling- Baja Salinidad) y F2S2 (Sulfato de magnesio- Baja salinidad) no presentan diferencias significativas en la producción de materia seca.

Tabla 10: Materia seca foliar del tomate en la Interacción de niveles de salinidad y Fuentes de Magnesio (g/maceta).

	S1 (Salinidad Alta)	S2 (Salinidad Baja)
F1 (Magnekling)	1,045 c	8,606 a
F2 (Sulfato de magnesio)	3,51 b	6,606 a

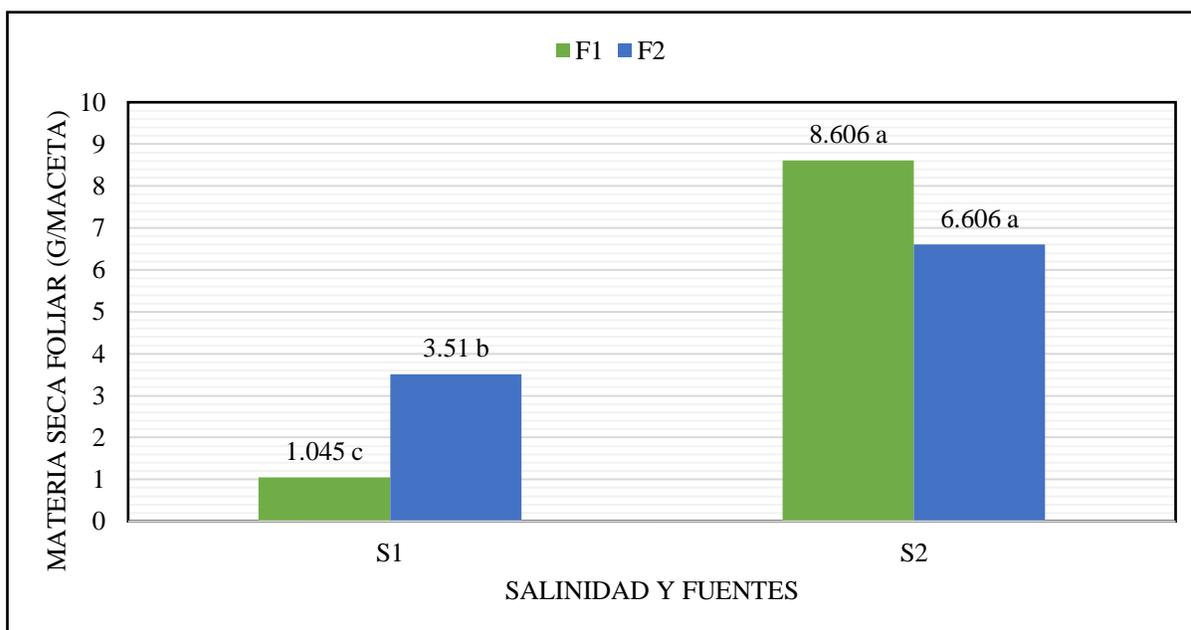


Figura N° 4: Materia seca foliar del tomate en la Interacción de niveles de salinidad y fuentes de magnesio (g/maceta)

En este experimento, los resultados de rendimientos en materia seca obtenidos con sulfato de magnesio (F2) en suelos con alta salinidad son superiores a los obtenidos con magnekling (F1). Esto puede ser debido al efecto complementario con el ion sulfato aplicado en este fertilizante (Kasinath, 2015).

Asimismo el sulfato puede competir con otros aniones salinizantes, debido a ello posiblemente permitirá mayor rendimiento en materia seca. (Barker, 2006)

Estos resultados concuerdan con lo estudiado por (Abdelhamid, 2013) que reportó que la aplicación de sulfatos en suelos de alta salinidad en el cultivo de habas fue estadísticamente significativa en el rendimiento de materia seca en 2.3% respecto al control.

4.1.5. Efecto de la interacción de niveles de salinidad, fuentes de magnesio y dosis de magnesio.

De acuerdo al análisis estadístico de medias (LSD Fisher, 0.05) para los rendimientos en materia seca del tomate, se puede observar que existe diferencia significativa, en relación a la interacción de niveles de salinidad, fuente de magnesio y dosis de magnesio.

En la Tabla 11 y Fig. N° 5, se puede apreciar en suelos con niveles de baja salinidad, que los tratamientos S2F1D1, S2F2D2 y S2F1D2 no presentan diferencias significativas entre sí. Sin embargo, presentan producción en materia seca (8,81; 8,570 y 8,403) estadísticamente superior a la obtenida en el tratamiento S2F2D1 (4,643 g). Mientras que, en suelos con niveles de alta salinidad, el tratamiento S1F2D1 presenta producción en materia seca (3,843 g) estadísticamente superior a la obtenida en los tratamientos S1F2D2, S1F1D2 y S1F1D1 (3,177; 1,770 y 0,320 g), los cuales presentan diferencias significativas entre sí.

Tabla 11: Materia seca foliar del tomate en la Interacción de niveles de salinidad, fuentes de magnesio y dosis de magnesio (g/maceta)

	S1 (Salinidad Alta)		S2 (Salinidad Baja)	
	F1 (Magnekling)	F2 (Sulfato de magnesio)	F1 (Magnekling)	F2 (Sulfato de magnesio)
<u>D1 (60 ppm)</u>	0,32 e	3,8433 bc	8,81 a	4,6433 b
<u>D2 (120 ppm)</u>	1,77 d	3,17667 c	8,4033 a	8,57 a

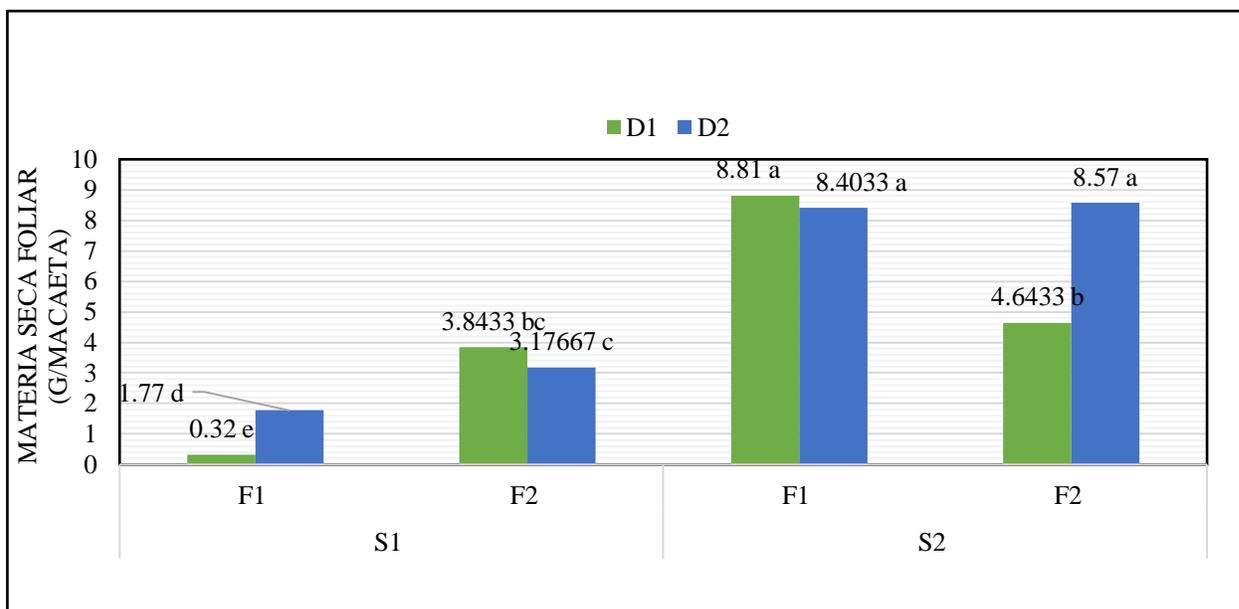


Figura N° 5. Materia seca foliar del tomate en la Interacción de niveles de salinidad, fuentes de magnesio y dosis de magnesio (g/maceta)

Los resultados de los tratamientos S2F1D1, S2F1D2 fueron superiores, posiblemente debido al efecto complementario de Silicio en el fertilizante Magnekling a una dosis de 60 ppm y 120 ppm en un suelo de baja salinidad (Romero - Aranda, 2006), ya que este puede actuar como un corrector de los problemas en el suelo o mejorar el estado nutricional de los cultivos al liberar nutrientes que se fijan al suelo. (Sancho, 2018)

Estos resultados concuerdan con lo reportado por (Sancho, 2018), que encontró respuestas positivas en el rendimiento de materia seca frente a la aplicación de silicato de magnesio en cultivo de maíz.

Asimismo, los resultados positivos del tratamiento de la interacción S2F2D2 (Baja salinidad – Sulfato de Magnesio – 120 ppm) puede atribuirse debido al efecto de una alta dosis del ion sulfato.

Sin embargo, los resultados del tratamiento S2F2D1 (Sulfato de magnesio - 60 ppm – Baja salinidad), fueron estadísticamente inferior a los tratamientos mencionados arriba. Este

resultado pudo atribuirse a la baja disponibilidad de azufre en el suelo, por lo tanto disminuye su absorción debido a que el sulfato tiende a moverse a capas más bajas del suelo (Furlan, 2014) Respecto a los rendimientos de materia seca del tratamiento de la interacción de S1F2D1 fueron estadísticamente superiores a los demás tratamientos en condiciones de alta salinidad, posiblemente debido al efecto complementario del azufre en forma de sulfato y su absorción a una dosis de 60 ppm en un suelo de alta salinidad, no se vio afectado por el exceso de sales (Barker, 2006), comparado con los demás.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Abdelhamid, (2013), que encontró que la aplicación de azufre en forma de sulfatos en suelos de alta salinidad tuvo un aumento significativo de 2,3% en el rendimiento de materia seca.

4.1.6. Efecto del Control A y Control B en el rendimiento de materia seca.

De acuerdo al análisis estadístico y comparación de medias (LSD T, 0.05), para los rendimientos en materia seca del tomate, se puede observar que existe diferencia significativa entre Control A (Salinidad Alta) y Control B (Salinidad Baja).

El tratamiento Control B (Salinidad Baja) presentó producción en materia seca (7,71 g/maceta) estadísticamente superior a la obtenida en el tratamiento Control A (Salinidad Alta; 1,5 g/maceta), lo que puede ser observado en la Tabla 12 y Figura N° 6.

Tabla 12: Materia seca foliar del tomate en Control A y Control B (g/maceta)

CONTROLES	MATERIA SECA
CONTROL A (Salinidad Alta)	1,50 b
CONTROL B (Salinidad Baja)	7,71 a

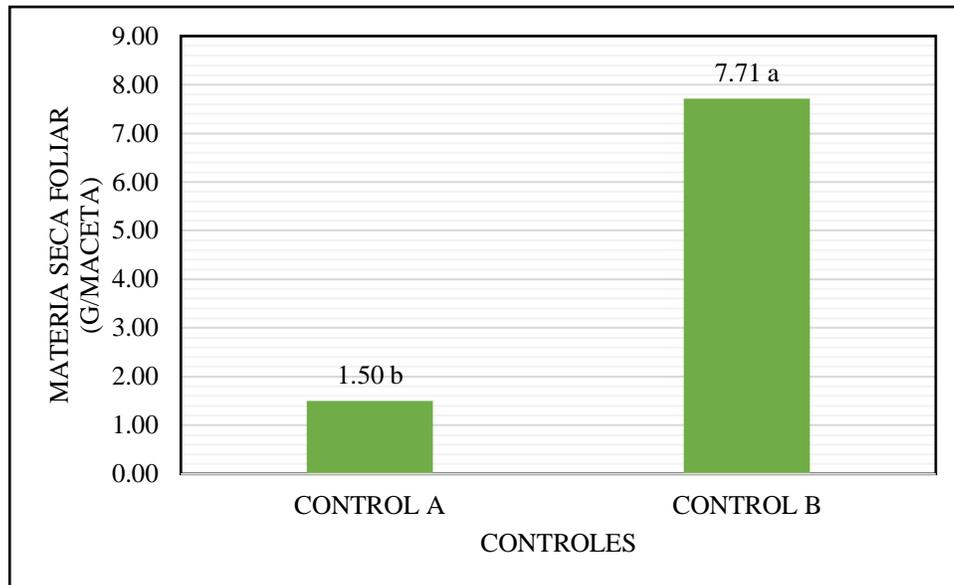


Figura N° 6. Materia seca foliar del tomate en Control A y Control B (g/maceta)

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la Prueba LSD T ($P > 0,05$)

Estos resultados significan que los tratamientos de salinidad alta (2,96 dS/m) se diferencian de los tratamientos de salinidad baja (0,5 dS/m) sin intervención de las fuentes de magnesio. Estos resultados favorecen las comparaciones de las fuentes de magnesio a diferente dosis en ambos niveles de salinidad para el rendimiento de materia seca.

4.2. Análisis de altura (m) y diámetro (mm) de plantas de tomate a los 60 días

4.2.1. Efecto del nivel de salinidad

De acuerdo al análisis estadístico y comparación de medias (LSD T, 0,05) para la altura (cm) y diámetro de tallo (mm) de planta de tomate, se puede observar que existe diferencia significativa, en relación con los niveles de salinidad probados.

Los tratamientos de baja salinidad (S2) presentaron altura de planta (26,19 cm) estadísticamente superior a la obtenida con niveles altos de salinidad (S1). Asimismo, el diámetro de tallo

presenta la medida de 5,09 mm estadísticamente superior a la obtenida con niveles altos de salinidad, lo que puede ser observado en la Figura N° 7.

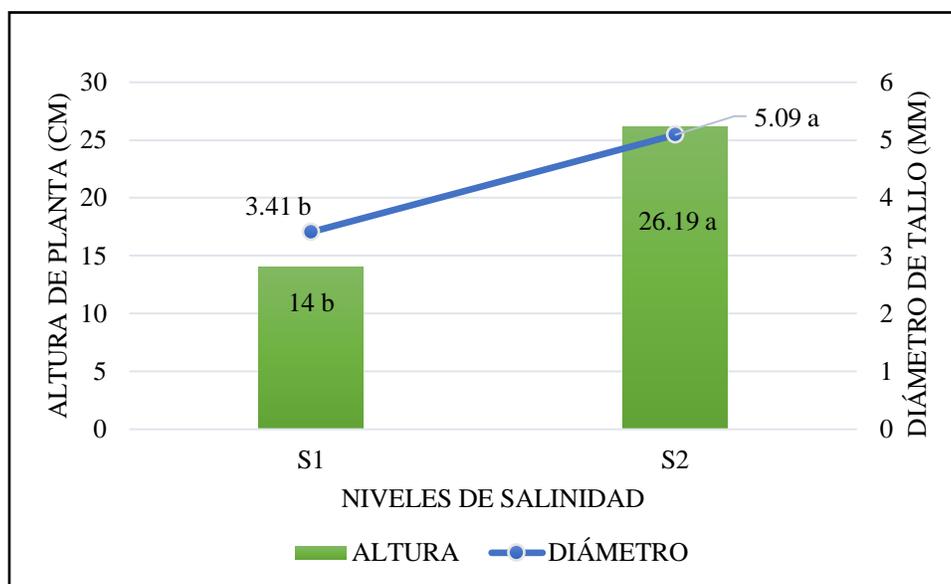


Figura N° 7. Altura (cm) y diámetro de tallo (mm) de planta de tomate sometido a dos niveles de salinidad.

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la Prueba LSD T ($P > 0,05$)

Estos resultados pueden ser explicados debido a que, la presencia de elementos salinos en altas concentraciones en el suelo se encuentra relacionados con el efecto osmótico (acumulación de solutos) y el efecto tóxico, que ocasionan una reducción de absorción de agua y desequilibrio nutricional en la planta respectivamente (Greenway y Munns; 1980) citado en (Shabala, 2012).

Estudios realizados por (Cuihan, 2011), (Romero-Aranda & Cuartero, 2001), encontraron una reducción en la altura de las plantas tratadas con salinidad alta, mostrando una reducción de hasta un 50% en comparación con las plantas de tomate cultivadas en condiciones de baja salinidad.

Con respecto al diámetro de tallo, de acuerdo a Cuihan, (2011) , Carneiro et al., (2004) y Chookhampaeng et al., (2008) las plantas de tomate sometidas a altas concentraciones de sal

muestran una reducción significativa, debido a que las plantas expuestas a estrés salino muestran contracciones del tallo y menores tasas de crecimiento de éste en comparación con las plantas cultivadas con niveles de baja salinidad (Goldhamer y Fereres, 2001).

4.2.2 Efecto del tipo de fuentes de magnesio

De acuerdo al análisis estadístico y comparación de medias (LSD T, 0,05) para la altura de planta de tomate (cm) y diámetro de tallo (mm), se puede observar que existe diferencias significativas, en relación a las fuentes de magnesio aplicados.

Los tratamientos sometidos a sulfato de magnesio (F2) presentaron una altura de planta (23,19 cm) estadísticamente superior a la obtenida con la fuente Magnekling (F1). Mientras que en el diámetro de tallo ocurre lo contrario, ya que los tratamientos sometidos a Magnekling (F1) presentaron diámetro de tallo (4,49 mm) estadísticamente superior a la obtenida con la fuente sulfato de magnesio (F2), lo que puede ser observado en la Figura N° 8.

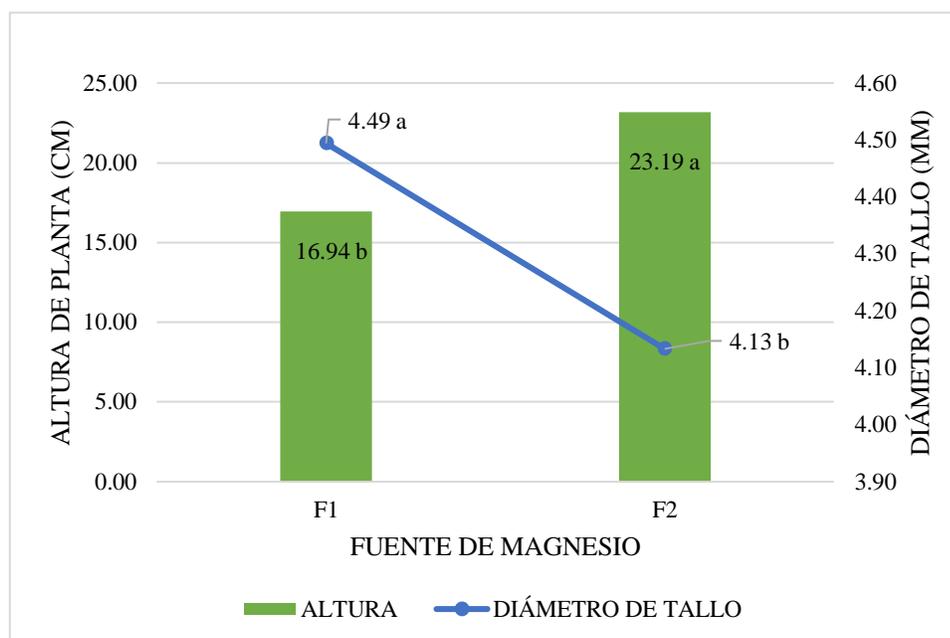


Figura N° 8. Altura (cm) y diámetro de tallo (mm) de planta de tomate sometido a dos tipos de fuente de magnesio.

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la Prueba LSD T ($P > 0,05$)

Estos resultados son posiblemente debido al efecto complementario que presenta el sulfato en comparación con el sílice, pues mientras que el sulfato es un nutriente esencial para el crecimiento (Barker, 2006), el sílice es un elemento de protección para la planta (Wang et al., 2004) citado en (Romero - Aranda, 2006).

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Kasinath et al., (2015), Agbede y Aduayi (1980) Jean Aghofack Nguemezi y Tatchago (2010), que encontraron respuestas positivas en la altura de planta de tomate, frente a la aplicación de magnesio como sulfatos.

Respecto a los resultados de diámetro de tallo, son posiblemente debido al efecto complementario que presenta el sílice, el cual se deposita en el tallo, protegiéndolo del ataque de plagas y enfermedades (Wang et al., (2004) citado en Romero-Aranda (2006)). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Prado y Natale (2004), citado por (Brito Neto, 2012), que encontraron respuestas positivas a la aplicación de silicato de magnesio en el diámetro de tallo de la planta de maracuyá respecto a los tratamientos control.

4.2.3. Efecto de las dosis de magnesio

Se ha encontrado una diferencia significativa en relación a la dosis de magnesio en estudio.

Los tratamientos sometidos a la dosis de 120 ppm (D2) presentaron altura de planta (20,96 cm) estadísticamente superior a la obtenida en los tratamientos sometidas a la dosis de 60 ppm (D1). Mientras que para el diámetro de tallo, los tratamientos sometidos a la dosis de 60 ppm (D1) presentaron diámetro de tallo (4,55 mm) estadísticamente superior a la obtenida en los tratamientos sometidos a la dosis de 120 ppm (D2), lo que puede ser observado en la Figura N° 9.

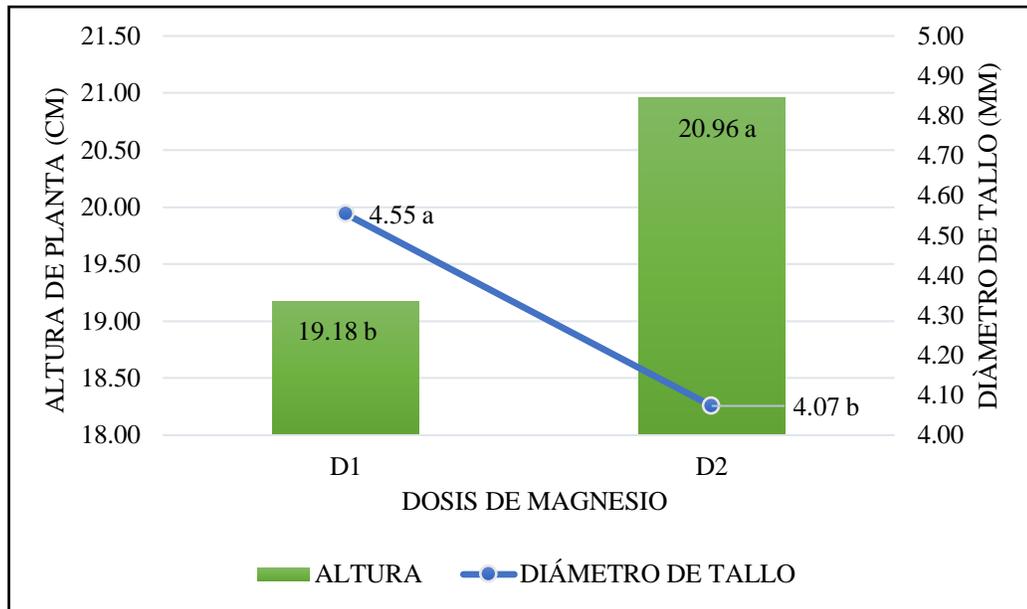


Figura N° 9. Altura (cm) y diámetro de tallo (mm) de planta de tomate sometido a dos Dosis de Magnesio.

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la Prueba LSD T ($P > 0,05$)

Respecto a los resultados de la altura de planta, éstos concuerdan con lo reportado por Kasinath et al. (2015), Agbede y Aduayi (1980) Jean Aghofack Nguemezi y Tatchago (2010), que encontraron que la aplicación de magnesio en altas dosis registró un incremento en esta variable. Esto es posiblemente debido a que altas concentraciones de magnesio en la solución suelo contribuye a una eficaz absorción del nutriente, y este a su vez contribuye al buen crecimiento y desarrollo de la planta (Hardter, 2004)

Respecto al diámetro de tallo, los resultados concuerdan con lo reportado por (Ávila, 2014) que encontró que la aplicación de magnesio a una baja dosis registró un incremento en el diámetro de tallo del cultivo de cacao.

4.2.4. Efecto de la interacción de niveles de salinidad y dosis de magnesio

Según el análisis estadístico y la comparación de medias (LSD T; 0,05) para las variables de altura de planta y diámetro de tallo de la planta de tomate se observa diferencias significativas en relación a la interacción de salinidad y dosis de magnesio probados.

En la Tabla 13 y Fig. N° 10, se puede apreciar que la interacción S2D2 (Baja salinidad – 120 ppm) presenta altura de planta (27,71 cm) estadísticamente superior a la obtenida en la interacción S2D1 (Baja salinidad – 60 ppm), mientras que la interacción S1D1 (Alta Salinidad – 60 ppm) y S1D2 (Alta salinidad - 120 ppm) no presentan diferencias significativas en altura de planta de tomate.

Respecto al parámetro diámetro de tallo, ocurre una tendencia similar, donde S2D2 (Baja salinidad – 120 ppm) presenta diámetro de tallo (27,71 mm) estadísticamente superior a la obtenida en la interacción S2D1 (Baja salinidad – 60 ppm), mientras que S1D1 (Alta salinidad – 60 ppm) y S1D2 (Alta salinidad – 120 ppm) no presentan diferencias significativas.

Tabla 13: Altura (cm) y diámetro de tallo (mm) de planta de tomate en la Interacción de niveles de salinidad y Dosis de Magnesio

	ALTURA (cm)	DIÁMETRO DE TALLO (mm)
S1D1	14,68 c	3,83 c
S2D1	23,67 b	5,28 a
S1D2	14,20 c	3,21 c
S2D2	27,71 a	4,94 b

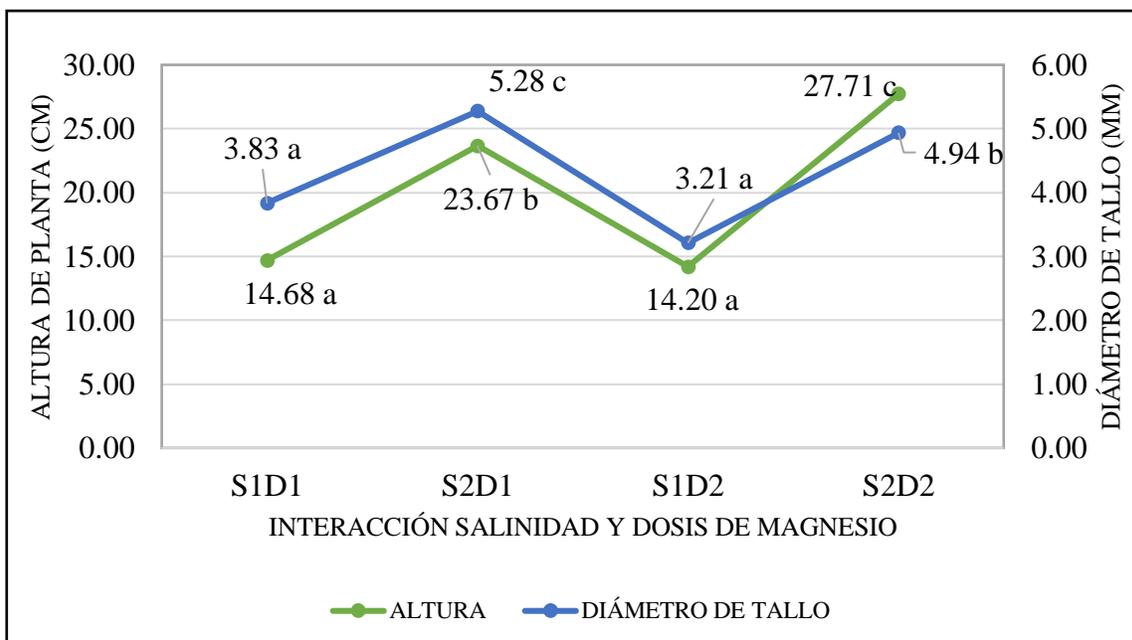


Figura N° 10: Altura (cm) y diámetro de tallo (mm) de planta de tomate en la interacción de niveles de salinidad y dosis de magnesio

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Kasinath, (2015) que encontró que la altura de planta tratadas con altas dosis de magnesio en condiciones de baja salinidad fue estadísticamente significativa en cultivo de tomate respecto a otros tratamientos. Esto es posiblemente debido a que altas concentraciones de magnesio en la solución suelo contribuye a una eficaz absorción del nutriente, y este a su vez contribuye al buen crecimiento y desarrollo de la planta (Hardter, 2004) .

Respecto al diámetro de tallo, los resultados concuerdan con lo reportado por Veneros, (2010), que encontró que la aplicación de magnesio a una alta dosis, en condiciones de baja salinidad registró un incremento en el diámetro de tallo del cultivo de caña de azúcar.

Esto puede explicarse debido a que el magnesio es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas, pues es componente principal de la clorofila, lo que contribuye en la tasa fotosintética y conlleva a un incremento en la altura y diámetro de tallo (Tisdale, 1988)

4.2.5. Efecto de la interacción de fuentes de magnesio y dosis de magnesio

Según el análisis estadístico y la comparación de medias (LSD T; 0,05) para las variables de altura de planta y diámetro de tallo de la planta de tomate se observa diferencias significativas en relación a la interacción de dosis y fuentes de magnesio probados.

En la Tabla 14 y Fig. N° 11, se puede apreciar que la interacción F2D2 (Sulfato de magnesio – 120 ppm) presenta altura de planta (24,8) estadísticamente superior a la obtenida en la interacción F2D1 (Sulfato de magnesio – 60 ppm), mientras que la interacción F1D1 (Magnekling – 60 ppm) y F1D2 (Magnekling- 120 ppm) no presentan diferencias significativas en altura de planta de tomate.

Respecto a la variable del diámetro de tallo, ocurre una tendencia diferente, donde F1D1 (Magnekling -60 ppm) presenta diámetro de tallo (4,98) estadísticamente superior a la obtenida en la interacción F1D2 (Magnekling - 120 ppm), mientras que F2D1 (Sulfato de magnesio – 60 ppm) y F2D2 (Sulfato de magnesio – 120 ppm) no presentan diferencias significativas.

Tabla 14: Altura y diámetro de tallo de planta de tomate en la Interacción de fuentes y dosis de magnesio

	ALTURA (cm)	DIÁMETRO DE TALLO (mm)
F1D1 (Magnekling- 60 ppm)	16,77 c	4,98 a
F1D2 (Magnekling – 120 ppm)	17,12 c	4,01 b
F2D1 (Sulfato de Magnesio- 60 ppm)	21,58 b	4,13 c
F2D2 (Sulfato de Magnesio- 120 ppm)	24,80 a	4,13 c

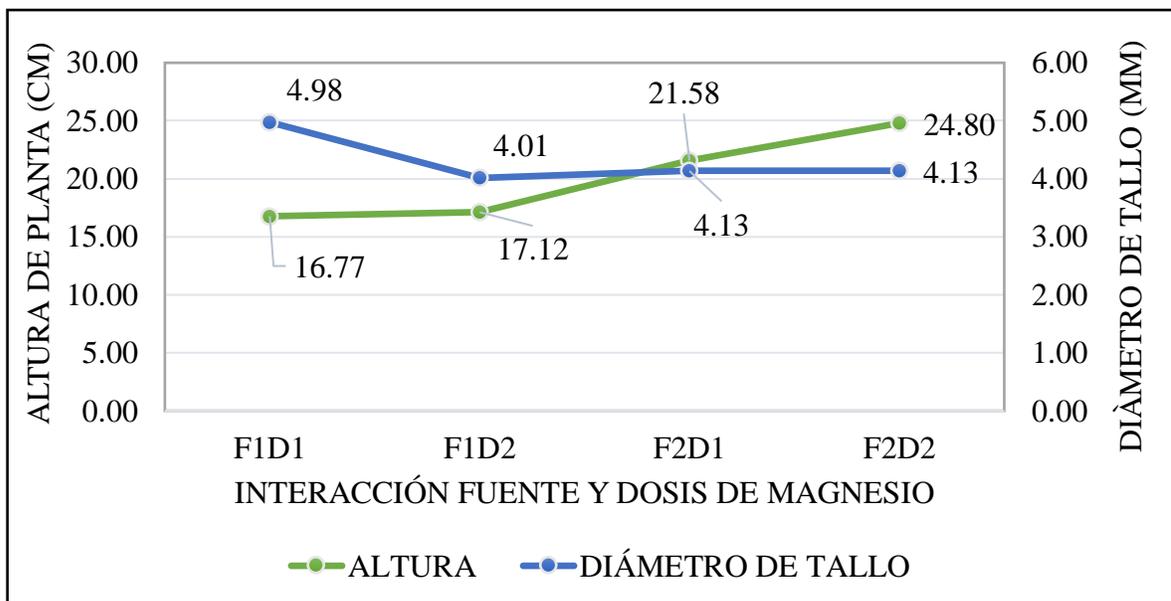


Figura N° 11: Altura (cm) y diámetro de tallo (mm) de planta de tomate en la Interacción de Fuentes y Dosis de Magnesio

Estos resultados concuerdan con lo reportado por (Kasinath, 2015) que encontró que la altura de planta tratadas con altas dosis de sulfato de magnesio fue estadísticamente significativa en cultivo de tomate respecto a tratamientos control. Esto es posiblemente debido a que la fuente de sulfato de magnesio adiciona dos macronutrientes (Mg y S). Lo que concuerda con lo reportado por Kasinath et al. (2015), Agbede y Aduayi (1980), Jean Aghofack Nguemezi y Tatchago (2010), que encontraron que la aplicación de sulfato de magnesio registró un incremento en la altura de planta, cuya respuesta aparentemente se podría centralizar en la adición del macronutriente secundario (Baker, 2007), dado que el magnesio es sinérgico con el sulfato.

Respecto al diámetro de tallo, los resultados concuerdan con lo reportado por Brito y Natale, (2004) citado en (Brito Neto, 2012), que encontró que la aplicación de fertilizante silicatado a una baja dosis registró un incremento en el diámetro de tallo del cultivo de maracuyá.

Esto puede explicarse debido a que la fuente Magnekling presenta sílice, el cual funciona como efecto de protección en la planta contra las enfermedades, ataque de insectos y condiciones climáticas desfavorables (Barker, 2006), y posiblemente se deposita en las paredes de los tallos de la planta, por lo que contribuye a un mejor desarrollo del tallo de la planta. Estos resultados

concuerdan con lo reportado por Brito Neto, J. F. et al. (2012), que encontró que la aplicación de silicato de magnesio registró un incremento en el diámetro de tallo.

4.2.6. Efecto de la interacción de nivel de salinidad y fuentes de magnesio

Según el análisis estadístico y la comparación de medias (LSD T; 0,05) para las variables de altura de planta y diámetro de tallo de la planta de tomate se observa diferencias significativas en relación a la interacción de Niveles de Salinidad y Fuente de Magnesio probados.

En la Tabla 15 y Fig. N° 12, se puede apreciar que la interacción S2F2 (Baja salinidad – sulfato de magnesio) presenta altura de planta (28,42 cm) estadísticamente superior a la obtenida en la interacción S2F1 (Baja salinidad – Magnekling), mientras que la interacción S1F2 (Alta salinidad-sulfato de magnesio) presenta altura de planta (17,96 cm) estadísticamente superior a la obtenida en la interacción S1F1 (Alta salinidad – Magnekling).

Respecto a la variable del diámetro de tallo, ocurre una tendencia diferente, donde S2F1 (Baja salinidad – Magnekling) presenta diámetro de tallo (5,45 mm) estadísticamente superior a la obtenida en la interacción S2F2 (Baja salinidad – sulfato de magnesio), mientras que las interacciones S1F1 (Alta Salinidad – Magnekling) y S1F2 (Alta salinidad – sulfato de magnesio) no presentan diferencias significativas en diámetro de tallo.

Tabla 15: Altura y diámetro de tallo de planta de tomate en la Interacción de niveles de salinidad y fuentes de magnesio.

	ALTURA (cm)	DIÁMETRO DE TALLO (mm)
S1F1 (Alta –Magnekling)	10,93 d	3,54 c
S1F2 (Alta – Sulfato de Magnesio)	17,96 c	3,50 c
S2F1 (Baja – Magnekling)	22,96 b	5,45 a
S2F2 (Baja – Sulfato de Magnesio)	28,42 a	4,77 b

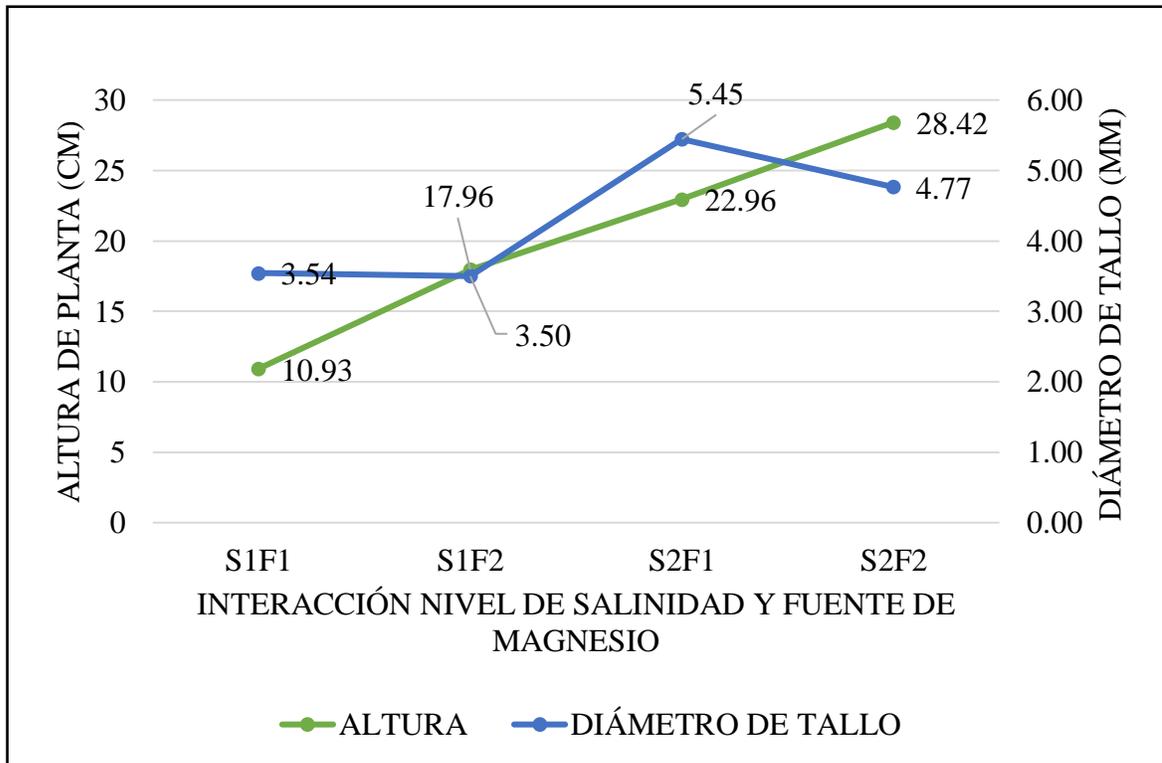


Figura N° 12: Altura (cm) y diámetro de tallo (mm) de planta de tomate en la Interacción de niveles de salinidad y fuentes de magnesio.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Kasinath, (2015) que encontró que la altura de planta tratadas con fuentes de sulfato de magnesio en condiciones de baja salinidad fue estadísticamente significativa en cultivo de tomate respecto a tratamientos control. Esto es posiblemente debido a que la fuente de Sulfato de Magnesio adiciona dos macronutrientes (Mg y S). Lo que concuerda con lo reportado por Kasinath et al. (2015), Agbede y Aduayi (1980), Jean Aghofack Nguemezi y Tatchago (2010), que encontraron que la aplicación de sulfato de magnesio registró un incremento en la altura de planta, cuya respuesta aparentemente se podría centralizar en la adición del macronutriente secundario (Baker, 2007), dado que el magnesio es sinérgico con el sulfato.

En cuanto a los resultados de los tratamientos con fuentes de sulfato de magnesio cultivado en condiciones de alta salinidad presentan diferencias significativas respecto a las fuentes de Magnekling. Esto puede ser debido al efecto complementario con el ion sulfato. Esto concuerda con lo estudiado por Abdelhamid, (2013), que encontró que la aplicación de sulfatos en suelos

de alta salinidad en el cultivo de habas fue estadísticamente significativa en la altura de planta respecto al control.

Respecto al diámetro de tallo, los resultados concuerdan con lo reportado por Borda, (2007), que encontró que la aplicación de fertilizante silicatado en condiciones de baja salinidad registró un incremento en el diámetro de tallo del cultivo de avena

Esto puede explicarse debido a que la fuente Magnekling presenta sílice, el cual funciona como efecto de protección en la planta contra las enfermedades, ataque de insectos y condiciones climáticas desfavorables (Baker, 2007), y posiblemente se deposita en las paredes de los tallos de la planta, por lo que contribuye a un mejor desarrollo del tallo de la planta.

4.2.7. Efecto de la interacción de niveles de salinidad, fuente de magnesio y dosis de magnesio

De acuerdo al análisis estadístico de medias (LSD Fisher, 0.05) para las variables de altura y diámetro tallo de planta de tomate, se puede observar que existe diferencia significativa, en relación a la interacción de niveles de salinidad, fuente de magnesio y dosis de magnesio.

En la Tabla 16 y Figura N° 13 se puede apreciar en suelos con niveles de baja salinidad que los tratamientos S2F2D1 y S2F2D2 presentan diferencias significativas entre sí, y su vez presentan altura de planta (32,34 cm y 24, 5 respectivamente) estadísticamente superior a la obtenida en los tratamientos S2F1D1 y S2F1D2, los cuales no presentan diferencias significativas entre sí. Mientras que en suelos con niveles de alta salinidad, el tratamiento S1F2D1 y S1F2D2 presentan altura de planta (18,66 y 17,55 cm respectivamente) estadísticamente superior a los tratamientos de S1F1D1 y S1F1D2, las cuales no presentan diferencias significativas entre sí.

Respecto al diámetro de tallo, presenta una tendencia diferente, en suelos con niveles de baja salinidad, donde los tratamientos S2F1D1 y S2F2D2 no presentan diferencias significativas entre sí, sin embargo, presentan diámetro de tallo (5,7 mm y 5,12 mm) estadísticamente superior a la obtenida en los tratamientos S2F2D1 y S2F2D2, las cuales no presentan diferencias significativas entre sí. Mientras que, en suelos con niveles de alta salinidad, el tratamiento S1F1D1 presenta diámetro de tallo (4,18 mm) estadísticamente superior a lo obtenido en los

tratamientos S1F1D2, S1F2D1 y S1F2D2, en los cuales, los 2 últimos tratamientos no presentan diferencias significativas entre sí.

Tabla 16: Altura y diámetro de tallo de planta de tomate en la Interacción de niveles de salinidad, fuentes de magnesio y dosis de magnesio

	ALTURA (cm)	DIÁMETRO DE TALLO (mm)
S1F1D1 (Alta salinidad - Magnekling -60 ppm)	10,700 e	4,183 c
S1F1D2 (Alta salinidad - Magnekling – 120 ppm)	11,150 e	2,903 e
S1F2D1 (Alta salinidad - Sulfato de Magnesio – 60 ppm)	18,667 d	3,483 d
S1F2D2 (Alta salinidad - Sulfato de magnesio – 120 ppm)	17,250 d	3,517 d
S2F1D1 (Baja salinidad - Magnekling – 60 ppm)	22,833 c	5,767 a
S2F1D2 (Baja salinidad - Magnekling – 120 ppm)	23,083 c	5,123 a
S2F2D1 (Baja salinidad - Sulfato de magnesio – 60 ppm)	24,500 b	4,783 b
S2F2D2 (Baja salinidad - Sulfato de magnesio - 120 ppm)	32,343 a	4,750 b

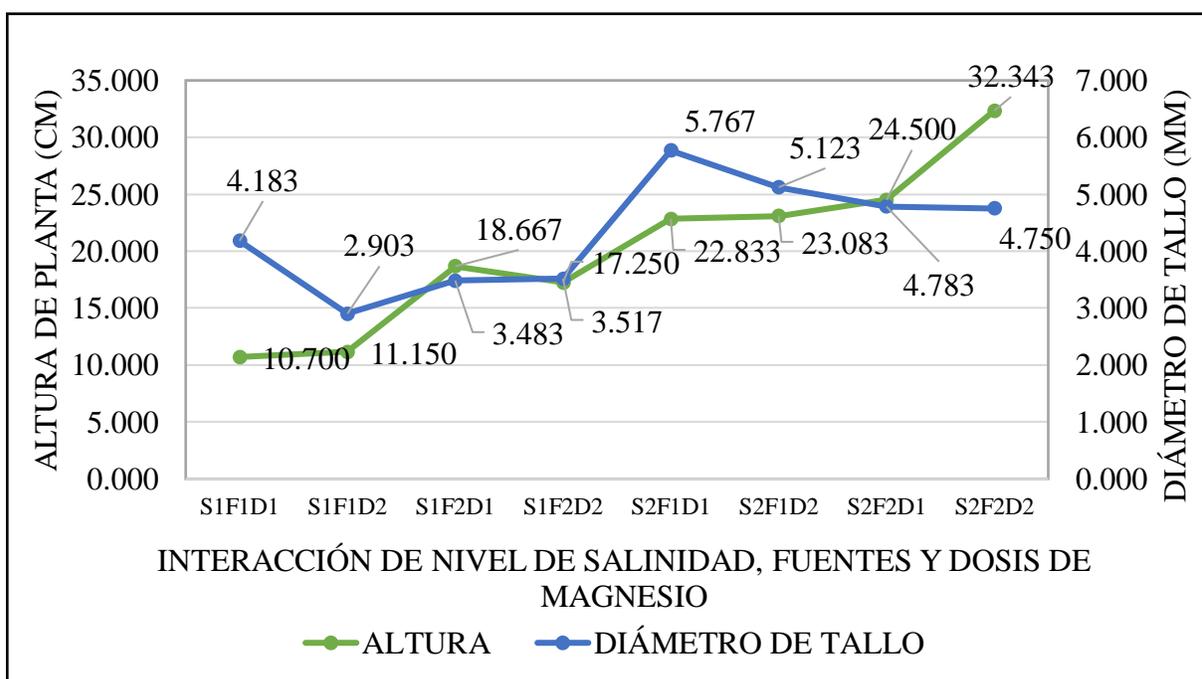


Figura 13. Altura (cm) y diámetro de tallo (mm) de planta de tomate en la Interacción de niveles de salinidad, fuentes de magnesio y dosis de magnesio

Los resultados de los tratamientos S2F2D1 y S2F2D2 para la variable altura fueron superiores, posiblemente debido al efecto complementario del ion sulfato en el fertilizante Sulfato de Magnesio a una dosis de 120 ppm y 60 ppm en un suelo de baja salinidad.

Esto es posiblemente debido a que hay una mayor disponibilidad del nutriente Magnesio en la solución suelo de baja salinidad. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Kasinath et al. (2015), Agbede y Aduayi (1980) Jean Aghofack Nguemezi y Tatchago (2010), que encontraron que la aplicación de sulfato de magnesio registró un incremento en la altura de planta en condiciones de baja salinidad.

Mientras que los resultados de los tratamientos en el nivel de salinidad alta, los tratamientos S1F2D1 y S1F2D2, no presentan diferencias significativas, sin embargo, fueron superiores respecto a los otros tratamientos en condiciones de alta salinidad. Esto es posiblemente debido al efecto complementario del ion sulfato y su absorción, no se vio afectado por el exceso de sales (Barker, 2006).

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Abdelhamid, (2013), que encontró que la aplicación de azufre en forma de sulfatos en suelos de alta salinidad tuvo un aumento significativo de 12,7 % en la altura de planta.

Respecto a la variable del diámetro de tallo, los resultados concuerdan con lo reportado por Borda, (2007), que encontró que la aplicación de fertilizante silicatado en condiciones de baja salinidad registró un incremento en el diámetro de tallo del cultivo de avena.

Mientras que, para condiciones de salinidad alta, los resultados concuerdan con lo reportado por Prado y Natale, 2004, citado en (Brito Neto, 2012), que encontró que la aplicación de fertilizante silicato de Magnesio registró un incremento en el diámetro de tallo en el cultivo de maracuyá y maíz.

Esto puede explicarse debido a que la fuente Magnekling presenta sílice, el cual funciona como efecto de protección en la planta contra las enfermedades, ataque de insectos y condiciones climáticas desfavorables (Baker, 2007), y posiblemente se deposita en las paredes de los tallos de la planta, por lo que contribuye a un mejor desarrollo del tallo de la planta.

4.2.8. Efecto del Control A y Control B

De acuerdo al análisis estadístico y comparación de medias (LSD T, 0.05), para la altura de planta de tomate, se puede observar que existe diferencia significativa entre Control A (Salinidad Alta) y Control B (Salinidad Baja).

El tratamiento Control B (Salinidad Baja) presentó altura de planta (28,17 cm) estadísticamente superior a la obtenida en el tratamiento Control A (Salinidad Alta; 12,25 cm), lo que puede ser observado en la Tabla 17 y Figura N° 14.

Tabla 17: Altura de planta de tomate en Control A y Control B

CONTROLES	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (cm)
CONTROL A	2,967 b	12,25 b
CONTROL B	5,033 a	28,17 a

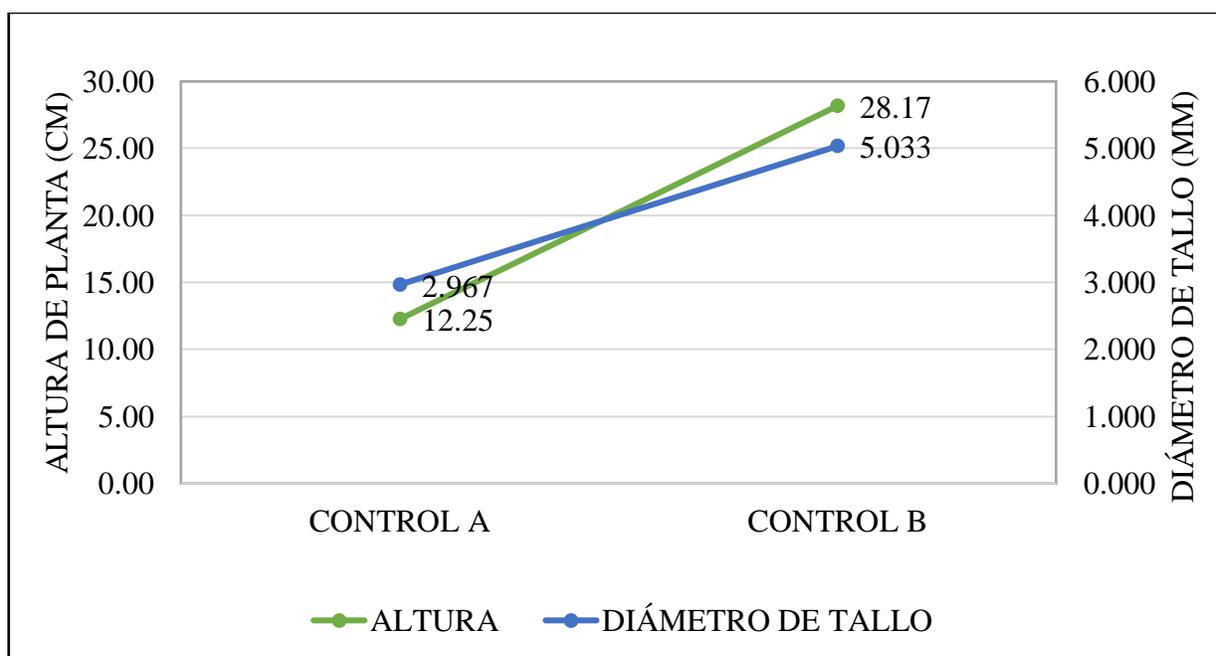


Figura N° 14. Altura y diámetro de tallo de planta de tomate en Control A y Control B

Estos resultados significan que los tratamientos de salinidad alta (2,5 dS/m) se diferencian de los tratamientos de salinidad baja (0,5 dS/m) sin intervención de las fuentes de Magnesio. Estos resultados favorecen las comparaciones de las fuentes de magnesio a diferente dosis en ambos niveles de salinidad para la altura de planta.

V. CONCLUSIONES

Bajo condiciones en las cuales se efectuó el presente trabajo experimental, se puede concluir que:

1. El cultivo de tomate responde a los niveles de salinidad aplicada, habiéndose obtenido una mayor producción de materia seca, materia fresca altura de planta, diámetro de tallo, concentración de nutrientes con el nivel de salinidad baja (C.E. 1.0 dS/m). Por lo tanto el suelo de baja salinidad (suelo lavado) contribuyó favorablemente al crecimiento y rendimiento en materia seca del cultivo de tomate.
2. La fuente de Magnesio de mejor influencia en la producción de materia seca y altura de planta fue el Sulfato de Magnesio. Sin embargo la fuente de Magnekling presentó resultados similares estadísticamente al Sulfato de Magnesio en el parámetro diámetro de tallo. Por lo tanto la fuente de Sulfato de Magnesio contribuyó favorablemente en el crecimiento y rendimiento en materia seca del cultivo de tomate.
3. La dosis de Magnesio de mejor influencia en la producción de materia seca y altura de planta fue el de 120 ppm. Sin embargo la dosis de 60 ppm presentó resultados similares estadísticamente al de 120 ppm en el parámetro diámetro de tallo. Por lo tanto la dosis de 120 ppm contribuyó favorablemente en el crecimiento y rendimiento en materia seca del cultivo de tomate.
4. La interacción de los factores de salinidad y fuentes de Magnesio de mejor influencia para la producción de materia seca y altura de planta en el nivel de alta salinidad se obtuvo con el Sulfato de Magnesio, sin embargo el Magnekling presentó mejores resultados en la variable diámetro de tallo.
5. La interacción los factores de salinidad y dosis de Magnesio de mejor expresión para la altura de planta y diámetro de tallo en cultivo de tomate se obtuvo utilizando 120 ppm en suelos de baja salinidad, mas no en los parámetros de producción de materia seca, ya que no existen diferencias significativas.

6. La interacción de los factores de Fuentes y Dosis de Magnesio de mejor expresión para la altura de planta de tomate se obtuvo utilizando Sulfato de Magnesio a 120 ppm, mientras que para el diámetro de tallo de la planta de tomate fue el Magnekling a 60 ppm. Sin embargo, no existe interacción de estos factores para el parámetro de producción de materia seca.

7. La interacción de los factores de salinidad, fuentes y dosis de Magnesio de mejor influencia para la producción de materia seca se obtuvo utilizando Magnekling a dosis de 60 ppm y 120 ppm en suelos de baja salinidad.

Respecto altura de planta, la mejor expresión se obtuvo utilizando el Sulfato de Magnesio a dosis de 60 ppm y 120 ppm ppm en suelos de baja salinidad.

En el caso del diámetro de tallo, la mejor expresión se obtuvo utilizando el Magnekling a dosis de 60 ppm en suelos de alta y baja salinidad.

VI. RECOMENDACIONES

1. Evaluar el efecto de más de 2 niveles de salinidad, para poder observar mejor el comportamiento del tomate, teniendo en cuenta que en nuestro país los suelos salinos superan el nivel de salinidad estudiado, sin embargo se utiliza elevadas cantidades de agua para lavar estos suelos.
2. Evaluar el efecto de más de 2 niveles de Magnesio en cada fuente, para poder observar mejor el comportamiento del tomate, dado que el Magnesio puede llegar a lixiviarse por percolación, escorrentía, etc.
3. Evaluar la curva de crecimiento de la planta de tomate, para poder correlacionarlo con las otras variables.
4. Evaluar el análisis de costo-beneficio del uso de las fuentes de Magnesio en diferentes niveles de salinidad sobre el desarrollo y la producción del tomate.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abdelhamid, M. (2013). Ameliorative salinity effect through sulphur application and its effect on some soil and plant characters under different water quantities. *Agricultural Science*, Vol.4 N°.1 39-47.
2. Ahmad , P. (2013). Salt stress in plants, signalling omic and adaptations. En Springer.
3. Ashraf , M. (2009). Salinity and water stress, improving crop efficiency. En Springer.
4. Ávila, D. (2014). *Estudio de la fertilización del cultivo de cacao nacional en suelos volcánicos de Quevedo*. Santa Ana-Ecuador.
5. Bakry, A. (2015). Effect of humic acid and sulfur on growth, some biochemical constituents, yield and yield attributes of flax grown under newly reclaimed sandy soils. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 1-13.
6. Barker, A. P. (2006). *Handbook of Plant Nutrition*. Massachussets -USA: Taylor & Francis Group.
7. Bernstein, L. L. (1974). Interactive effects of salinity and fertility on yields of grains and vegetables. *Agron.J.* , 66: 412-421.
8. Borda, O. (2007). Silicon as a beneficial element in forage oat: physiological responses of growth and management. *Agronomía Colombiana*, 273-279.
9. Brito Neto, J. (2012). Effect of calcium and magnesium silicate on the growth of the castor oil plant subjected to salinity levels. *Ciencias Agrarias*, 2948-2958.
10. Calderon N. , C. (1994). *Ácidos húmicos y fertilización nitrogenada en el rendimiento y calidad del cultivo de tomate cv. Missouri*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo, UNALM, Lima .
11. Camejo , D., & Torres, W. (2000). La salinidad y su efecto en los estadíos iniciales del desarrollo de dos cultivares de tomate. *Cultivos Tropicales* , 21 (2):23-26.
12. Campos , J. (1968). *Estudio factorial sobre potasio y magnesio con cultivo de papa realizado en el Fundo Ruquia Valle de Huaura, Provincia de Chancay Departamento de Lima*. Universidad Nacional Agraria La Molina .
13. Carvajal, M. (1999). Influence of magnesium and salinity on tomato plants grown in hydroponic culture. *Journal of Plant Nutrition*, 177-190.
14. Casierra-Posada, F. (2013). Efecto de la Salinidad por NaCl en Híbridos de tomate. *ORINOQUIA*.
15. Casierra-Posada, F., & García , N. (2005). Crecimiento y distribución de materia seca en cultivares de fresa (*Fragaria sp.*) bajo estrés salino. . *Agronomía Colombiana*, Vol 23. : 83-89.
16. Chapagain, B., & Wiesman, Z. (2003). Effect of potassium magnesium chloride in the fertigation solution as partian source of potassium on growth, yield and quality of greenhouse tomato . *Scientia Horticulturae*, 99 (2004): 279-288.

17. Cisneros, R. (2001). *Nutrición potásica y fosfatada en el cultivo de tomate bajo condiciones de salinidad en hidroponia*. Tesis para obtener grado de Doctor, Universidad Autonoma de San Luis Potosi, México.
18. Cuartero, J. (1999). Tomato and salinity. *El sevier Scientia horticulturae*, 83-125.
19. Cuihan, V. K. (2011). *Efecto del estrés salino sobre parámetros agronómicos vegetativos y actividad antioxidante en dos genotipos de tomate tipo Cherry y Silvestre*. Memoria para optar el Título de Ingeniero Agrónomo, Santiago-Chile.
20. E. Yildirim, H. K. (2009). Mitigation of salt stress in strawberry by foliar K, Ca and Mg nutrient supply. *Plant Soil Environmental*, 213-221.
21. E. Yurtseven, G. K. (2005). The effects of water salinity and potassium levels on yield, fruit quality and water consumption of a native central anatolian tomato species. *Agricultural water management* , 128-135.
22. Eaton, S. V. (1951). Effects of Sulfur Deficiency on growth and Metabolism of tomato. *Botanical Gazette* 112 no. 3, 300-307. Obtenido de <https://www.journals.uchicago.edu/doi/pdfplus/10.1086/335664>
23. Escalante, N. (2014). *Efectos de la aplicación de fuentes de potasio y magnesio en el suelo arenoso para el cultivo de acelga bajo condiciones de Invernadero*. La Molina: UNALM.
24. Escalona, C. (2009). *Manual del Cultivo de tomate*. Universidad de Chile.
25. Furlan, G. (2014). Tomato production in function of sulfur doses application. *Applied Research & Agrotechnology*, 47-54.
26. Garcés, C. (2014). *Comportamiento de un fulvato de potasio y magnesio en la calidad del tomate tipo Cherry*. México.
27. García, F. C.-P. (2005). Crecimiento y distribución de materia seca en cultivares de fresa bajo estrés salino . *Redalyc*, 83-89.
28. Gonzáles , A. (2003). *Efecto de la fertilización nitrogenada y de la aplicación de manganeso y zinc, bajo dos modalidades: al suelo vía fertirrigación y a la planta vía aspersion foliar, en el rendimiento del cultivo de cebolla cv. Roja Arequipeña*. Tesis para la obtención de Ingeniero Agrónomo , Universidad Nacional Agraria La Molina. .
29. Goykovic V., S. d. (2007). Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *IDESIA*, 47-58.
30. Hao , X., & Papadopoulos, A. (2004). Effects of calcium and magnesium on plant growth, biomass partitioning, and fruit yield of Winter Greenhouse Tomato. *HortScience*, 39 (3): 512 - 515.
31. Hao, X., & Papadopoulos, A. (2003). Effects of calcium and magnesium on growth, fruit yield and quality in a fall greenhouse tomato crop grown on rockwool. *Can. Journal Plant Science*, 83: 903 - 912.
32. Hardter, R. (2004). Effects of different Mg fertilizer sources on the magnesium availability in soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 249-259.

33. Hernández M., M. C. (2011). Caracterización del crecimiento y la absorción de macronutrientes en el cultivo protegido del tomate. *Centro Agrícola*, 34-44.
34. Hernández, A. (2015). *Efecto de la aplicación de silicio en el medio de cultivo sobre distintos parámetros fisiológicos en explantes de Dendrocalamus giganteus Munro*. Costa Rica.
35. Insuasti, B. (2019). *Efecto de los fertilizantes triple 20 y nitrato de potasio en pH, conductividad eléctrica en el sustrato y crecimiento de plántulas de lechuga, tomate y chile*. Tesis para optar título de Ingeniero Agronomo , Honduras.
36. Jesús Cuartero, R. F.-M. (1999). Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae* 78, 83-125.
37. Kabu, K., & Toop, E. (1970). Influence of potassium -magnesium antagonism on tomato plant growth. *Department of Plant Science*, 50: 711-715.
38. Kasinath, B. e. (2015). Effect of magnesium on plant growth, dry matter and yield in tomato. *Journal Horticulture Science*, 190-93.
39. Khan, N. A. (2014). Salinity tolerance in plants: Revisiting the role of sulfur metabolites. *Plant Biochemistry & Physiology*, 2:120.
40. Kowalska, I. (2005). Effects of sulphate level in the nutrient solution on plant growth and sulphur content in tomato plants. *Folia Horticulturae*, 91-100.
41. Magán , J. (2005). *Respuesta del tomate a la salinidad en cultivo sin suelo recirculante*. Tesis doctoral, Universidad de Almería.
42. Marodin. (2014). Yield of tomato fruits in relation to silicon sources and rates. *Horticultura Brasileira*, 220-224.
43. Marschner, P. (2012). *Marschner`s Mineral Nutrition of Higher Plants* . Australia: El Sevier.
44. Medina, L. (2010). *Respuesta del tomate bajo estrés salino a la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares adaptados a esta condición*. Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Nutrición de plantas y biofertilizantes , INCA, La Habana- Cuba.
45. Mengel, K. (1987). *Principios de Nutrición vegetal*. Suiza: International Potash Institute.
46. Mitchell, J., & Shennan , C. (1991). Tomato fruit yields and Quality under water deficit and salinity. *SCI* , 116 (2):215-221.
47. Molina, C. (1970). *Estudio de la Interacción Potasio-Magnesio bajo dos niveles de encalado en un suelo ácido de la provincia de Huamachuco Departamento de La Libertad*. Tesis para optar Título de Ingeniero Agronomo, UNALM , La Molina.
48. Nazar, R. (2011). Understanding the significance of sulfur in improving salinity tolerance in plants. *Environmental and Experimental Botany*, 80-87.
49. Ortiz, W. (2011). *Influencia de la salinidad y la relación de Calcio/potasio sobre el crecimiento y desarrollo del tomate cv. Raf*. Tesis para optar grado de Magíster Scientiae, Universidad de Almería. .
50. Parmar et al. (2016). Effect of Cycocel on growth and yield of tomato under different salinity levels . *International Journal of Science, Environment and Technology* , Vol 5, 1492-1495.

51. Passam et al. , H. (2007). A review of recent research on tomato Nutrition, breeding and Post-Harvest Technology with Reference to fruit Quality. . *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 1(1),1-21.
52. Pérez, D. (2014). *Evaluación del cultivo de tomate en monocultivo y asociado bajo manejo orgánico en la Molina*. La Molina: UNALM.
53. Romero-Aranda, & Cuartero. (2001). Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant science*, 265-272.
54. Romero-Aranda, M. (2006). Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. *Journal of Plant Physiology* , 847-855.
55. Salas, J. (2001). Variación en el Índice y densidad estomática en plantas de tomate sometidas a tratamientos salinos. *Bioagro*, 13 (3): 99-104.
56. Salazar, V. (1973). *Determinación de la superficie de Respuesta e Isoquantas para N, P, Mg, Zn, y densidad de siembra sobre los rendimientos del Maíz híbrido PM-204*. Tesis para la obtención de Título de Ingeniero Agrónomo , Universidad Nacional Agraria La Molina.
57. Sancho, A. (2018). Incorporación del silicato de magnesio en la fertilización mineral del cultivo de maíz en La Vega, Costa Rica. *Agro Innovación en el Trópico Humedo*, 25-34.
58. Shabala, S. (2012). *Plant Stress Physiology*. Tasmania-Australi: CABI.
59. Sifuentes, E. T. (2009). *Efecto de la fertirrigación N-P-K en el rendimiento del cultivo de tomate Var. Río Grande y Balance Nutricional Suelo-Planta*. La Molina: UNALM.
60. Silva, M. L. (2014). Tomato production in function of sulfur doses application. *Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science*, 47-54.
61. Tabatabaeian, J. (2014). Effect of calcium nutrition on reducing the effects of salinity on tomato plant. *American Journal of Plant Nutrition and Fertilization Technology* , 4(1): 11-17.
62. TQC. (Marzo de 2018). *DOCIT.TIPS*. Obtenido de https://docit.tips/download/ficha-tecnica-de-magnekling-silicio_pdf
63. Veneros, R. (2010). *Efecto del sulfato de magnesio en la concentración de sacarosa en el jugo de tallo de Saccharum officinarum . Variedades H32 Y H38 "Caña de azúcar"*. Trujillo-Perú.
64. Villa-Castorena , M. (2006). La fertilización nitrogenada y la salinidad del suelo afectan la transpiración y absorción de nutrimentos en plantas de Chile. *Terra Latinoamericana*, 391-399.
65. Villa-Castorena et al. . (2006). La fertilización nitrogenada y la salinidad del suelo afectan la transpiración y absorción de nutrimentos en plantas de Chile. *Terra Latinoamericana* , Vol. 24: 391 - 399.
66. Villagarcía , S., & Aguirre, G. (2014). *Manual de fertilizantes para condiciones de Perú*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
67. Yildirim et al. , E. (2009). Mitigation of salt stress in strawberry by foliar K, Ca, and Mg nutrient supply. . *Plant Soil Environmental*, (5) 213 - 221.

68. Yuncal et al. , H. (2005). Drought and Salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Journal of Plant Nutrition. Soil Science*, 168, 541-549.
69. Yurtseven, E. (2005). The effects of water salinity and potassium levels on yield, fruit quality and water consumption of a native central Anatolian tomato species. *Agricultural Water Management* , 78(2005) 128 - 135.
70. Zérega et al., L. (1997). Efecto de diferentes fuentes de nitrógeno y dosis de magnesio sobre el suelo y el cultivo de caña de azúcar . *Bioagro*, 9 (2): 43 - 51 .
71. Zribi L., G. F. (2008). Application of chlorophyll fluorescence for the diagnosis of salt stress in tomato var. Rio Grande. *Scientia Horticulturae*, 367-372.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Peso seco de la parte aérea en cada uno de los tratamientos y por repeticiones

TRATAMIENTO	Repetición	FUENTE DE Mg	DOSIS DE Mg (ppm)	SALINIDAD	PESO SECO (g)
S1F1D1	1	MK	60	ALTA	0,32
	2	MK	60	ALTA	0,26
	3	MK	60	ALTA	0,38
S1F1D2	1	MK	120	ALTA	1,6
	2	MK	120	ALTA	1,76
	3	MK	120	ALTA	1,95
S1F2D1	1	SM	60	ALTA	3,28
	2	SM	60	ALTA	4,6
	3	SM	60	ALTA	3,65
S1F2D2	1	SM	120	ALTA	3,23
	2	SM	120	ALTA	3,26
	3	SM	120	ALTA	3,04
CONTROL A	1			ALTA	1,44
	2			ALTA	1,3
	3			ALTA	1,76
S2F1D1	1	MK	60	BAJA	8,6
	2	MK	60	BAJA	8,23
	3	MK	60	BAJA	9,6
S2F1D2	1	MK	120	BAJA	8,03
	2	MK	120	BAJA	8,37
	3	MK	120	BAJA	8,81
S2F2D1	1	SM	60	BAJA	4,32
	2	SM	60	BAJA	5,46
	3	SM	60	BAJA	4,15
S2F2D2	1	SM	120	BAJA	9,2
	2	SM	120	BAJA	9,39
	3	SM	120	BAJA	7,12
CONTROL B	1			BAJA	7,74
	2			BAJA	7,87
	3			BAJA	7,52

Anexo 2. Peso fresco de la parte aérea en cada uno de los tratamientos y por repeticiones

TRATAMIENTO	Repetición	FUENTE DE Mg	DOSIS DE Mg (ppm)	SALINIDAD	PESO FRESCO (g)
	1	MK	60	ALTO	0,46
	2	MK	60	ALTO	0,34
	3	MK	60	ALTO	0,5
MA-120	1	MK	120	ALTO	2,81
	2	MK	120	ALTO	2,27
	3	MK	120	ALTO	2,36
SA-60	1	SM	60	ALTO	19,85
	2	SM	60	ALTO	21,37
	3	SM	60	ALTO	13,58
SA-120	1	SM	120	ALTO	16,96
	2	SM	120	ALTO	16,89
	3	SM	120	ALTO	16,52
TESTIGO A	1			ALTO	3,89
	2			ALTO	3,85
	3			ALTO	3,82
MB-60	1	MK	60	BAJO	60,5
	2	MK	60	BAJO	59
	3	MK	60	BAJO	77,9
MB-120	1	MK	120	BAJO	65,12
	2	MK	120	BAJO	60,99
	3	MK	120	BAJO	68,28
SB-60	1	SM	60	BAJO	40,63
	2	SM	60	BAJO	47,83
	3	SM	60	BAJO	37,21
SB-120	1	SM	120	BAJO	60,54
	2	SM	120	BAJO	69,4
	3	SM	120	BAJO	69,93
TESTIGO B	1			BAJO	58,74
	2			BAJO	55,95
	3			BAJO	62,53

Anexo 3: Altura de la planta en cada uno de sus tratamientos y sus repeticiones

TRATAMIENTO	Repetición	FUENTE DE Mg	DOSIS DE Mg (ppm)	SALINIDAD	ALTURA (cm)
S1F1D1	1	MK	60	ALTO	10,50
	2	MK	60	ALTO	11,25
	3	MK	60	ALTO	10,35
S1F1D2	1	MK	120	ALTO	12,20
	2	MK	120	ALTO	11,75
	3	MK	120	ALTO	9,50
S1F2D1	1	SM	60	ALTO	19,25
	2	SM	60	ALTO	17,50
	3	SM	60	ALTO	19,25
S1F2D2	1	SM	120	ALTO	16,00
	2	SM	120	ALTO	17,00
	3	SM	120	ALTO	18,75
CONTROL A	1			ALTO	12,00
	2			ALTO	12,50
	3			ALTO	12,25
S2F1D1	1	MK	60	BAJO	20,00
	2	MK	60	BAJO	25,00
	3	MK	60	BAJO	23,50
S2F1D2	1	MK	120	BAJO	21,25
	2	MK	120	BAJO	23,00
	3	MK	120	BAJO	25,00
S2F2D1	1	SM	60	BAJO	25,50
	2	SM	60	BAJO	24,50
	3	SM	60	BAJO	23,50
S2F2D2	1	SM	120	BAJO	34,00
	2	SM	120	BAJO	30,50
	3	SM	120	BAJO	32,53
CONTROL B	1			BAJO	26,00
	2			BAJO	32,00
	3			BAJO	26,50

Anexo 4: Diámetro de tallo en cada uno de sus tratamientos y repeticiones

TRATAMIENTO	Repeticón	FUENTE DE Mg	DOSIS DE Mg (ppm)	SALINIDAD	DIÁMETRO DE TALLO (mm)
S1F1D1	1	MK	60	ALTO	4,1
	2	MK	60	ALTO	4,25
	3	MK	60	ALTO	4,2
S1F1D2	1	MK	120	ALTO	2,93
	2	MK	120	ALTO	2,85
	3	MK	120	ALTO	2,93
S1F2D1	1	SM	60	ALTO	3,45
	2	SM	60	ALTO	3,45
	3	SM	60	ALTO	3,55
S1F2D2	1	SM	120	ALTO	3,45
	2	SM	120	ALTO	3,55
	3	SM	120	ALTO	3,55
CONTROL A	1			ALTO	2,70
	2			ALTO	3,15
	3			ALTO	3,05
S2F1D1	1	MK	60	BAJO	5,80
	2	MK	60	BAJO	5,30
	3	MK	60	BAJO	6,20
S2F1D2	1	MK	120	BAJO	5,10
	2	MK	120	BAJO	5,15
	3	MK	120	BAJO	5,12
S2F2D1	1	SM	60	BAJO	4,65
	2	SM	60	BAJO	4,90
	3	SM	60	BAJO	4,80
S2F2D2	1	SM	120	BAJO	4,90
	2	SM	120	BAJO	4,65
	3	SM	120	BAJO	4,70
CONTROL B	1			BAJO	5,05
	2			BAJO	4,95
	3			BAJO	5,10

Anexo 5: Extracción de macronutrientes por cada tratamiento y sus repeticiones

TRATAMIENTO	FUENTE DE Mg	DOSIS DE Mg (ppm)	SALINIDAD	N	P	K	Ca	Mg	S	Na
S1F1D1	MK	60	ALTO	0,013	0,0015	0,0066	0,014	0,003	0,0046	0,005
	MK	60	ALTO	0,010	0,0014	0,0057	0,011	0,003	0,0040	0,004
	MK	60	ALTO	0,016	0,0019	0,0082	0,016	0,004	0,0051	0,006
S1F1D2	MK	120	ALTO	0,059	0,0138	0,0288	0,068	0,016	0,0171	0,028
	MK	120	ALTO	0,083	0,0132	0,0308	0,077	0,015	0,0202	0,029
	MK	120	ALTO	0,090	0,0177	0,0302	0,082	0,013	0,0244	0,036
S1F2D1	SM	60	ALTO	0,141	0,0280	0,0558	0,102	0,033	0,0523	0,034
	SM	60	ALTO	0,216	0,0336	0,0828	0,150	0,046	0,0819	0,062
	SM	60	ALTO	0,168	0,0358	0,0584	0,107	0,037	0,0515	0,027
S1F2D2	SM	120	ALTO	0,158	0,0266	0,0580	0,081	0,032	0,0321	0,030
	SM	120	ALTO	0,153	0,0277	0,0629	0,079	0,033	0,0346	0,033
	SM	120	ALTO	0,146	0,0243	0,0505	0,078	0,030	0,0283	0,025
CONTROL A			ALTO	0,066	0,0033	0,0275	0,057	0,013	0,0128	0,022
			ALTO	0,061	0,0079	0,0204	0,053	0,011	0,0139	0,015
			ALTO	0,081	0,0106	0,0289	0,071	0,015	0,0172	0,026
S2F1D1	MK	60	BAJO	0,344	0,0602	0,2227	0,245	0,067	0,1531	0,044
	MK	60	BAJO	0,272	0,0469	0,1679	0,202	0,057	0,0955	0,021
	MK	60	BAJO	0,384	0,0610	0,2222	0,254	0,071	0,1411	0,037
S2F1D2	MK	120	BAJO	0,249	0,0402	0,1678	0,261	0,068	0,1092	0,077
	MK	120	BAJO	0,268	0,0477	0,2084	0,282	0,056	0,1055	0,013
	MK	120	BAJO	0,273	0,0471	0,2017	0,292	0,067	0,1154	0,049
S2F2D1	SM	60	BAJO	0,151	0,0540	0,0873	0,110	0,043	0,0696	0,056
	SM	60	BAJO	0,191	0,0393	0,1168	0,137	0,055	0,0819	0,054
	SM	60	BAJO	0,125	0,0409	0,0863	0,105	0,042	0,0645	0,047
S2F2D2	SM	120	BAJO	0,258	0,0856	0,2231	0,204	0,092	0,1684	0,058
	SM	120	BAJO	0,225	0,0685	0,2582	0,203	0,094	0,1906	0,093
	SM	120	BAJO	0,197	0,0805	0,1495	0,162	0,071	0,1161	0,019
CONTROL B			BAJO	0,240	0,0433	0,1757	0,190	0,056	0,0944	0,011
			BAJO	0,260	0,0543	0,2125	0,208	0,061	0,1047	0,013
			BAJO	0,271	0,0564	0,2060	0,215	0,053	0,1271	0,032

Anexo 6: Extracción de micronutrientes en cada uno de sus tratamientos y repeticiones.

TRATAMIENTO	FUENTE DE Mg	DOSIS DE Mg (ppm)	SALINIDAD	Cu	Mn	Fe	Zn	B
S1F1D1	MK	60	ALTO	0,038	0,62	1,267	0,381	0,374
	MK	60	ALTO	0,036	0,39	0,985	0,286	0,351
	MK	60	ALTO	0,038	0,70	1,558	0,494	0,540
S1F1D2	MK	120	ALTO	0,160	33,18	5,184	1,904	1,408
	MK	120	ALTO	0,405	36,08	6,230	2,464	1,830
	MK	120	ALTO	0,293	40,21	7,527	2,184	1,482
S1F2D1	SM	60	ALTO	0,410	8,81	10,955	3,198	11,824
	SM	60	ALTO	0,506	11,73	18,860	3,266	19,366
	SM	60	ALTO	0,511	10,29	9,417	4,526	10,950
S1F2D2	SM	120	ALTO	0,388	14,52	10,417	2,471	21,092
	SM	120	ALTO	0,391	16,63	8,443	2,738	25,787
	SM	120	ALTO	0,365	11,83	11,734	2,098	15,656
CONTROL A			ALTO	0,115	1,99	4,090	0,778	0,850
			ALTO	0,143	4,03	4,797	1,716	1,651
			ALTO	0,176	3,57	4,611	2,112	1,302
S2F1D1	MK	60	BAJO	1,118	32,85	43,043	7,482	7,525
	MK	60	BAJO	1,070	33,66	37,200	9,876	6,502
	MK	60	BAJO	1,248	34,08	52,704	5,184	9,216
S2F1D2	MK	120	BAJO	1,205	33,36	35,412	7,187	7,267
	MK	120	BAJO	1,256	33,48	43,608	9,960	8,872
	MK	120	BAJO	1,322	37,97	31,804	5,286	6,608
S2F2D1	SM	60	BAJO	0,626	17,06	25,855	3,974	12,766
	SM	60	BAJO	0,819	18,51	39,421	3,494	15,889
	SM	60	BAJO	0,581	18,72	19,713	4,980	12,450
S2F2D2	SM	120	BAJO	1,472	44,85	35,466	6,164	44,068
	SM	120	BAJO	1,221	39,91	29,672	6,197	37,372
	SM	120	BAJO	1,353	39,16	32,396	4,842	39,872
CONTROL B			BAJO	1,238	32,35	31,270	9,288	9,133
			BAJO	1,102	38,80	33,448	10,310	6,847
			BAJO	1,053	30,46	36,322	5,941	10,754

Anexo 7: Peso seco del maíz del efecto residual

PESO SECO - MAIZ						
FUENTE DE MG	DOSIS DE MG	SALINIDAD		R1	R2	R3
			Control A	51,48	51,69	51,8
MK	60	ALTO	MA-60	59,94	60,72	50,18
MK	120	ALTO	MA-120	60,72	51,07	55,96
SM	60	ALTO	SA-60	60,8	53,84	56,12
SM	120	ALTO	SA-120	51,86	49,34	58,33
			Control B	57,06	60,12	58,11
MK	60	BAJO	MB-60	61,55	63,69	64,65
MK	120	BAJO	MB-120	60,78	54,33	59,40
SM	60	BAJO	SB-60	55,96	56,36	56,69
SM	120	BAJO	SB-120	51,21	50,60	48,83

Anexo 8: Peso fresco del maíz del efecto residual

PESO FRESCO - MAIZ						
FUENTE DE MG	DOSIS DE MG	SALINIDAD		R1	R2	R3
			Control A	417,6	453,16	418,24
MK	60	ALTO	MA-60	490,72	494,46	435,64
MK	120	ALTO	MA-120	439,8	449,22	538,28
SM	60	ALTO	SA-60	536,53	575,36	564,98
SM	120	ALTO	SA-120	438,08	470,93	523,27
			Control B	449,7	443,57	449,29
MK	60	BAJO	MB-60	472,38	467,1	503,77
MK	120	BAJO	MB-120	516,32	499,93	515,35
SM	60	BAJO	SB-60	508,74	541,33	509,31
SM	120	BAJO	SB-120	477,77	404,43	494,38

Anexo 9. ANVA de datos de Materia seca

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Pr(>F)	
Tratamiento	9	19,0531	2,117	149,9895	2,22E-16	***
Salinidad (S)	1	10,5605	10,5605	748,2059	<2,2e-16	***
Fuente (F)	1	0,415	0,415	29,4032	2,62E-05	***
Dosis (D)	1	0,6288	0,6288	44,5491	1,70E-06	***
Salinidad x Fuente (SxF)	1	2,60066	2,60066	184,639	1,47E-11	***
Salinidad x Dosis (SxD)	1	0,0046	0,0046	0,3269	0,5738	
Fuente x Dosis (FxD)	1	0,0037	0,0037	0,2616	0,6146	
Salinidad x Fuente x Dosis (SxFxD)	1	1,1856	1,1856	83,9991	1,34E-08	***
Controles vs Factorial	1	0,0246	0,0246	1,7455	2,01E-01	
Control A vs Control B	1	3,6237	3,6237	256,7406	7,09E-13	***
Error	20	0,2823	0,0141			

Anexo 10. ANVA de datos de Altura de planta

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Pr(>F)	
Tratamiento	9	1529,57	169,95	55,7623	3,03E-12	***
Salinidad (S)	1	793,46	793,46	260,3401	6,22E-13	***
Fuente (F)	1	253,48	253,48	83,1679	1,45E-08	***
Dosis (D)	1	14,1	14,1	4,6268	4,39E-02	*
Salinidad x Fuente (SxF)	1	6,44	6,44	2,1145	1,61E-01	
Salinidad x Dosis (SxD)	1	37,91	37,91	12,4383	0,002119	**
Fuente x Dosis (FxD)	1	16,94	16,94	5,5581	0,0287	*
Salinidad x Fuente x Dosis (SxFxD)	1	26,87	26,87	8,8177	7,58E-03	**
Controles vs Factorial	1	0,35	0,35	0,1133	7,40E-01	
Control A vs Control B	1	380,01	380,01	124,684	4,80E-10	***
Error	20	60,96	60,96			

Anexo 11. ANVA de datos de diámetro de tallo

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Pr(>F)	
Tratamiento	9	26,4045	2,9338	93,5533	2,30E-14	***
Salinidad (S)	1	15,0575	15,0575	480,15	1,89E-15	***
Fuente (F)	1	0,7812	0,7812	24,9108	7,02E-05	***
Dosis (D)	1	1,3872	1,3872	44,2348	1,78E-06	***
Salinidad x Fuente (SxF)	1	0,6048	0,6048	19,2869	2,82E-04	***
Salinidad x Dosis (SxD)	1	0,1218	0,1218	3,8851	6,27E-02	
Fuente x Dosis (FxD)	1	1,3872	1,3872	44,2348	1,78E-06	***
Salinidad x Fuente x Dosis (SxFxD)	1	0,1855	0,1855	5,9153	0,0245	*
Controles vs Factorial	1	0,4725	0,4725	15,0672	9,28E-04	***
Control A vs Control B	1	6,4067	6,4067	204,2942	5,84E-12	***
Error	20	0,6272	0,0314			