

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Concentraciones de Potasio y Aspersión Foliar de Algas Marinas en la Producción de Calabacita (*Cucúrbita pepo* L.) Var. Grey zucchini

Por:

BRANDON JAVIER GALLARDO MEZA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Concentraciones de Potasio y Aspersión Foliar de Algas Marinas en la Producción
de Calabacita (*Cucúrbita pepo* L.) Var. Grey zucchini

Por:

BRANDON JAVIER GALLARDO MEZA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Armando Hernández Pérez

Asesor Principal



M.C. Belén Guadalupe Muñoz Rocha

Asesor Principal Externo



Dr. Valentín Robledo Torres

Coasesor



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal

Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2024

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante

Brandon J. Gallardo M.
Brandon Javier Gallardo Meza

AGRADECIMIENTOS

A dios y al santo niño perdido. Les agradezco profundamente por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida y lograr cumplir esta gran meta y nunca dejarme solo en esos momentos difíciles, por darme valor, la fuerza y la salud para poder cumplir esta gran meta en mi vida.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Mi Alma Mater)** por abrirme las puertas y convertirse en mi segunda casa, por la sabiduría adquirida y por darme la oportunidad de conocer a muchas personas amigos y muy buenos profesores, por tantos buenos momentos que pase dentro y fuera de ella siempre te llevare en mi corazón y pondré en alto tu nombre **Mi Alma Mater**.

Al Dr. **Armando Hernández Pérez:** Le agradezco profundamente al Dr. Armando por darme la oportunidad de realizar este proyecto de investigación, por la orientación y ayuda brindada no solo a en este proyecto si no a lo largo de mi carrera universitaria en cada clase que nos impartía sin duda un excelente profesor y amigo.

A **mi papa** por su apoyo incondicional y motivación para que yo lograra cumplir esta meta. Por todo el esfuerzo que hizo para que yo tuviera un mejor futuro.

A mis **hermanos**, por todo el apoyo brindado para que yo lograra este gran objetivo en mi vida, con constancia y un gran esfuerzo día a día supieron otorgarme un apoyo incondicional sin importar las circunstancias.

DEDICATORIA

A mi mamá Rosa María Meza Rodríguez †, todo esto es para ella hasta el cielo, fue mi pilar y siempre me alentó para que yo lograra entrar a esta gran universidad, fue mi motivación para que yo lograra cumplir este sueño, siento que donde ella se encuentra se siente orgullosa de todo lo que he logrado, agradezco cada uno de los consejos que me dio para mejorar en cada aspecto de mi vida, cada una de sus palabras y enseñanzas las llevo gravadas en mi mente y en mi corazón. Te quiero mucha madre esto es para ti hasta el cielo.

A mi padre Fidencio Gallardo Pérez, por todo el apoyo y consejos que me ha dado y siempre estar ahí en los momentos difíciles, esto es para usted.

A mis hermanos, les doy las gracias por nunca dejarme solo y siempre estar apoyándome.

Contenido general

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA.....	III
ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	VIII
1.- INTRODUCCION	1
1.1.-Objetivo General	2
1.2.- Objetivo Especifico.....	2
1.3.- Hipótesis	2
2.- REVISION DE LITERATURA.....	3
2.2.- Importancia a nivel nacional.....	3
2.3.- Importancia a nivel mundial.....	3
2.4.- Consumo per cápita	4
2.4.- Nutricion mineral	4
2.5.- Funciones del potasio en las plantas	5
2.6.- Nitrato de potasio	5
2.7.- Efecto de potasio en la producción de los cultivos.....	6
2.5.- Bioestimulantes en la agricultura	6
2.5.2.- Que son los bioestimulantes	7
2.6.- Modo de acción de los bioestimulantes.....	8
2.7.- Clasificación de los bioestimulantes.....	8
2.7.1.-Ácidos húmicos y fúlvicos	9
2.7.2.-Hidrolizados de proteínas y otros compuestos que contienen nitrógeno	9
2.7.3.- Quitosano y otros biopolímeros.....	10
2.7.4.- Compuestos inorgánicos.....	10
2.7.5.- Hongos benéficos	10
2.7.6.- Bacterias benéficas.....	11
2.7.7.- Extractos de algas.....	11
2.8.- Efectos de las algas marinas como bioestimulante en diferentes cultivos	12
3.1.- Ubicación del experimento.....	14
3.2.- Material vegetal.....	14

3.3.- Instalación del experimento.....	14
3.3.1.- Preparación del terreno.....	14
3.3.2.- Siembra.....	15
3.4.- Tratamientos	15
3.5.- Diseño experimental.....	15
3.6.- Manejo del cultivo	15
3.6.1.- Riegos	15
3.6.2.- Fertilización	15
3.6.3.- Aspersión foliar de algas marinas	17
3.6.4.- Control de Plagas y enfermedades	17
3.7.- Variables evaluadas	17
3.7.1.- Rendimiento	17
3.7.2.- Rendimiento estimado por hectárea.....	17
3.7.3.- Diámetro polar (DP) y ecuatorial (DE) de los frutos	18
3.7.4.- Crecimiento	18
3.7.5.- Concentración de iones (NO ₃ ⁻ , K ⁺ y Ca ²⁺) en la savia del peciolo.....	18
3.7.6.- Biomasa	18
3.8.- Análisis estadístico.....	18
4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
5.- CONCLUSIÓN	33
6.- LITERATURA CITADA.....	34

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Efecto de las concentraciones de potasio y la aplicación de algas marinas en el crecimiento de las plantas de peso fresco de plantas de las calabacita var. Grey zucchini.	30
Cuadro 2. Efecto de las concentraciones de potasio y la aplicación de algas marinas la concentración de iones en la savia del peciolo de la calabacita var. Grey zucchini.	32
Cuadro 3. Efecto de las concentraciones de potasio y la aplicación de algas marinas en el rendimiento la calabacita var. Grey zucchini.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Efecto de la interacción entre concentraciones de K y la aspersion de algas marinas en el diámetro de dallo de calabacita Var. Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.....35
- Figura 2.** Efecto de la interacción entre concentraciones de K y la aspersion de algas marinas en la longitud de tallo de calabacita Var. Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.....36
- Figura 3.** Efecto de la interacción entre concentraciones de K y la aspersion de algas marinas en el peso fresco de las hojas de calabacita Var. Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.37
- Figura 4.** Efecto de la interacción entre concentraciones de K y la aspersion de algas marinas en el peso fresco de los tallos de calabacita Var. Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.....37
- Figura 5.** Efecto de la interacción entre concentraciones de K y la aspersion de algas marinas en el peso fresco aéreo de calabacita Var. Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.....38
- Figura 6.** Efecto de la interacción entre concentraciones de K y la aspersion de algas marinas en la concentración de nitrato en la savia del peciolo en calabacita Var. Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.....39
- Figura 7.** Efecto de la interacción entre concentraciones de K y la aspersion de algas marinas en la concentración de calcio en la savia del peciolo en calabacita Var. Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.....39
- Figura 8.** Efecto de la interacción entre concentraciones de K y la aspersion de algas marinas en el peso promedio de fruto de calabacita Var. Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.....40
- Figura 9.** Efecto de la interacción entre concentraciones de K y la aspersion de algas marinas en el rendimiento por planta de calabacita Var. Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.....41
- Figura 10.** Efecto de la interacción entre concentraciones de K y la aspersion de algas marinas en el rendimiento estimado por hectárea de calabacita Var. Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.....42

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de K y de la aspersión de algas marinas en el crecimiento y rendimiento de calabacita (*Cucúrbita pepo* L) Var. Grey zucchini. Los tratamientos utilizados fueron cinco concentraciones de K (150, 174, 200, 250 y 300 ppm, respectivamente) y dos concentraciones de algas marinas (0 y 4 ml L⁻¹). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial de 2x5 con un total de 10 tratamientos. Se evaluaron, diámetro y longitud de tallo, peso fresco de tallo y hojas, concentración de nitratos, potasio y calcio en la savia del pecíolo, diámetro del fruto, peso promedio, rendimiento por planta y rendimiento estimado por hectárea. Una concentración de 200 ppm de K⁺ sin asperjar algas se observó un aumento en el diámetro de tallo, similar efecto se obtuvo en la longitud de tallo, pero con la asperjando algas marinas. Los pesos frescos de los órganos se aumentaron a una concentración de 300 ppm de K⁺ y con asperjando algas marinas. La concentración de NO₃⁻ en la savia fue mayor con las concentraciones de 150 y 200 ppm de K y sin la aspersión de algas marinas. La mayor concentración de Ca²⁺ en la savia fue a una concentración de 150 ppm de K sin la aplicación de algas marinas. El rendimiento por planta o por hectárea se aumentó cuando se suministró de 200 ppm de K y con la aspersión algas marinas.

Palabras clave: Savia, ion potasio, ion calcio, peso fresco, rendimiento estimado.

1.- INTRODUCCION

La nutrición constituye un proceso fundamental para el desarrollo, crecimiento y supervivencia de los organismos vivos, y en el caso de las plantas, representa un mecanismo de suma complejidad y trascendencia. A diferencia de los animales, las plantas poseen la capacidad única de sintetizar sus propios nutrientes mediante la fotosíntesis, lo que las convierte en organismos autótrofos por excelencia. Esta característica les permite transformar elementos básicos como agua, dióxido de carbono y energía solar en compuestos orgánicos esenciales para su metabolismo. Las plantas requieren de mínimo 16 nutrientes para llevar a cabo sus procesos fisiológicos. Estos nutrientes se clasifican de acuerdo a la capacidad de absorción, en macro y micronutriente, los macronutrientes [Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Azufre (S), Calcio (Ca), Magnesio (Mg)] son aquellos que las plantas necesitan en mayores cantidades, mientras que, los micronutrientes (hierro, zinc, boro, molibdeno, manganeso, el cloro y el cobre) son aquellos que las plantas necesitan en menores cantidades.

Es importante destacar que el potasio juega un papel fundamental en el desarrollo de las plantas de manera que mantiene el equilibrio iónico y el estatus hídrico dentro de la planta, está involucrado en la producción y transporte de azúcares, activación de enzimas, y síntesis de proteínas. El potasio también es necesario para la síntesis de pigmentos, sobre todo licopeno (YARA, 2024). Por tal motivo, la aplicación de fertilizante a base de potasio es fundamental para la producción agrícola.

Por otra parte, los extractos de algas marinas (*Ascophyllum nodosum* L.) han sido utilizados como bioestimulantes, debido a su contenido como vitaminas, carbohidratos y proteínas, los cuales favorecen el crecimiento de la planta, retrasan la senescencia, y mejoran la adaptación a condiciones de estrés, lo que genera una mayor producción de los cultivos (Carbajal y Mera, 2010). En varios estudios se ha enfatizado la importancia de los extractos de algas y su uso con resultados significativos para mejorar la germinación de las semillas, el crecimiento y el

rendimiento de las plantas, acrecentando la productividad de los cultivos. Por lo tanto, la búsqueda de extractos efectivos que estimulan el desarrollo de las plantas se considera prioritaria (Hernández-Herrera *et al.*, 2018). Los biofertilizantes a base de extractos de algas marinas, son materiales bioactivos naturales solubles en agua, son fertilizantes orgánicos naturales que promueve la germinación de semillas, incrementan el desarrollo y rendimiento de cultivos (Norrie y Keathley, 2005).

1.1.-Objetivo General

- ❖ Evaluar el efecto de las concentraciones de K y de la aspersion de algas marinas en el crecimiento y rendimiento de calabacita (*Cucúrbita pepo* L.) var. Grey zucchini.

1.2.- Objetivo Especifico

- ❖ Obtener una concentración optima de potasio que mejore el crecimiento y rendimiento de calabacita var. Grey zucchini.
- ❖ Obtener una dosis adecuada de algas marinas que mejore el crecimiento y rendimientos del fruto de calabacita var. Grey zucchini.
- ❖ Determinar el efecto de la interacción entre las diferentes concentraciones de potasio y la aspersion de algas marinas en el crecimiento y rendimiento y calidad de fruto de calabacita var. Grey zucchini

1.3.- Hipótesis

Al menos una de las concentraciones de potasio y dosi de algas marinas, promoverá mayor crecimiento y rendimiento de los frutos de calabacita (*Cucúrbita pepo* L.) var. Grey zucchini.

2.- REVISION DE LITERATURA

2.1.- Origen y antecedentes de la calabacita

La calabaza (*Cucúrbita pepo* L.) es originaria del continente americano, principalmente de Mesoamérica y el sur de los Estados Unidos (Casas *et al.*, 2016).

La calabaza se extendió durante miles de años por todo el continente americano, pero a partir de descubrimiento del continente americano por los españoles la calabaza fue llevada a Europa donde fue domesticada y diversificada a todo el mundo (González, 2019).

2.2.- Importancia a nivel nacional

En el año de 2022, en México se destinaron aproximadamente 26 mil hectáreas (ha) de calabacita, en este caso italiana, obteniendo una producción de 552,404.74 toneladas (t), con esto México se ubica en el séptimo lugar a nivel mundial en la producción de calabacita. Los cuatro principales estados productores en México son:

- Sonora con: 144,781 t
- Puebla con: 76,235 t
- Sinaloa con: 66,921 t
- Michoacán con: 42,993 t

Es importante enfatizar, que, en conjunto concentran dos terceras partes de la producción anual. De igual forma, su cultivo a lo largo del país permitió generar un valor de 3,444 millones de pesos (SIAP, 2024).

2.3.- Importancia a nivel mundial

La calabacita representa uno de los cultivos más consumidos en el planeta, por esa razón es fundamental en la alimentación de la población. Se estima que la producción mundial de calabacita en 2021 fue de 23 millones de toneladas (Statista,

2023). A nivel mundial, China es el principal productor de calabacita, este país aporta la tercera parte de la producción de este cultivo.

2.4.- Consumo per cápita

La calabacita (*Cucúrbita pepo* L.) es una hortaliza de gran relevancia agrícola y social en México, está disponible durante todo el año en las estanterías de los mercados y por su precio resulta un alimento accesible para el consumidor (Camarillo *et al.*, 2021).

Se considera que al año cada mexicano consume 1.1 kg, en tanto que el volumen que se genera representa 3.4 % de la producción nacional de hortalizas (SIAP, 2024).

Sus propiedades nutricionales son además un atractivo que la hacen indispensable dentro de una dieta equilibrada: es rica en fibra, carbohidratos y potasio. También contiene calcio, magnesio, vitamina A, C, y es un antioxidante que ayuda a eliminar radicales libres previniendo el envejecimiento celular y además tiene gran importancia en la dieta porque es un precursor de la vitamina A (Apáez *et al.*, 2019).

2.4.- Nutrición mineral

Cada especie de planta requiere una nutrición mineral óptima para su normal crecimiento y desarrollo (Kovacik *et al.*, 2007). Asociado a ello, una adecuada nutrición mineral es fundamental para alcanzar una producción agrícola que garantice la seguridad alimentaria, de manera que soporte la creciente demanda de una población mundial que día a día aumenta (Díaz, 2006).

Los fertilizantes minerales son sales y otros productos inorgánicos, industriales y minerales que contienen elementos necesarios para el desarrollo de las plantas y la fertilidad del suelo y se utilizan para obtener rendimientos estables y altos. Más de 70 elementos químicos intervienen en la formación de tejido vegetal, su crecimiento y desarrollo. Los más importantes de ellos son el carbono, el oxígeno y el hidrógeno, que constituyen el 90 % de la masa seca de una planta. Estos diez elementos se denominan macroelementos. El 1-2 % restante es hierro, cobre, manganeso, zinc, molibdeno, cobalto y otros. Estas plantas necesitan cantidades muy pequeñas

(0.001-0.0001 %). Por eso se denominan microelementos. Las plantas obtienen la mayor parte del carbono, el oxígeno y el hidrógeno del aire y el agua, mientras que obtienen el resto del suelo (Bafoev *et al.*, 2022).

2.5.- Funciones del potasio en las plantas

El potasio está encargado de mantener el equilibrio iónico y el estatus hídrico dentro de la planta, contribuye a la apertura estomática donde las células guardan se abren con la acumulación del K y se cierran con su pérdida. Está involucrado en la producción y transporte de azúcares, activación enzimática, y síntesis de proteínas. Este mismo también es utilizado para la síntesis de pigmentos como el licopeno. Tiene una función importante en asegurar la calidad óptima del fruto determinando el nivel de azúcares, igual que características como la maduración y óptimo almacenaje. Un nivel inadecuado de K puede presentar una maduración con manchas y defectos de coloración, como, por ejemplo, el tejido interno blanco (Tavakol *et al.*, 2018; YARA, 2024).

2.6.- Nitrato de potasio

El nitrato de potasio es un compuesto químico perteneciente a los componentes de salitre, mismo que está formado por un átomo de potasio, uno de nitrógeno y tres átomos de oxígeno, cuya masa molar es de 101.10g mol^{-1} ; con una densidad de 2.1g cm^3 , además de un punto de fusión de 334 °C y un punto de ebullición de 400°C (Química, 2017).

El nitrato de potasio es uno de los fertilizantes más eficaces para ser asimilados por la planta ya que, el N y el K pueden ser transportados rápidamente por la acción que posee en nitrógeno nítrico lo cual ayuda a la inducción de las estructuras florales en la fecundación y transporte de carbohidratos (síntesis de proteínas) (Oliveros, 2013).

El nitrato de potasio (KNO_3), es uno de los fertilizantes más efectivos en comparación a otros fertilizantes potásicos al momento de actuar e incrementar el rendimiento y la calidad de los cultivos, gracias a las múltiples formas de aplicación, siendo las más eficientes la fertiirrigación, aplicaciones foliares, aplicaciones

dirigidas al suelo y fertilizaciones lentas mismas que aseguran el aporte de nutrientes (Haifa, 2021).

2.7.- Efecto de potasio en la producción de los cultivos

Mujica, (2012) reportó que, al evaluar el efecto de la fertilización con KNO_3 en ajo criollo morado en estados tempranos de crecimiento (fase vegetativa), este generó una influencia significativa sobre el Índice Relativo de Clorofila (IRC) a los 60 días después de la siembra, de tal forma que a medida que avanza el ciclo del cultivo, el IRC muestra una tendencia a disminuir, ya que, se observó que las medidas SPAD bajan conforme la planta bulbifica y madura.

Las plantas con aplicación de 1 % de KNO_3 + 0.5 % de sacarosa produjeron bulbos de cebolla con mayor peso fresco para la calidad 1 y 2, esto sugiere que la interacción de KNO_3 y sacarosa propicia un mayor flujo de fotosintatos y sustancias del metabolismo primario hacia los órganos de almacenamiento del vegetal (Marschner, 2012). Mientras tanto, Mondito y Araujo (2011), al evaluar el efecto de la aplicación foliar en diferentes épocas y dosis de KNO_3 sobre la cantidad y calidad de fibra de algodón afirman que aspersiones de 9 kg ha^{-1} al término de las 2 primeras semanas de floración aumentan 18.3 kg de fibra de algodón por cada kg de fertilizante empleado. Además, Quijada (1999), observó en mango que la aplicación de KNO_3 en dosis de 6 % (60 g de KNO_3 en 1 L de agua) y un suministro de 4 L planta^{-1} , redujo el periodo de cosechas entre 15 y 35 días menos que los controles y ubica en el primer mes de cosecha entre 50 % y 60 % del total de su producción anual.

2.5.- Bioestimulantes en la agricultura

Las plantas están sometidas muy frecuentemente a situaciones adversas para el desarrollo óptimo, ocasionadas por alteraciones en el medio ambiente. A este conjunto de situaciones adversas se le conoce con el nombre de estrés medioambiental (Benavides, 2002). Los factores externos a la planta que provocan de alguna manera condiciones de estrés pueden ser de dos tipos bióticos y abióticos (físicos, químicos y físico-químicos). Los abióticos cubren un amplio rango de factores ambientales entre los que se encuentran: el agua, las radiaciones, la

temperatura, las sustancias químicas entre otros. El estrés abiótico es la principal causa de pérdida de cultivos en el mundo y causa una importante disminución en el rendimiento de más del 50 % en la mayoría de los cultivos (Benavides, 2002).

2.5.2.- Que son los bioestimulantes

Los bioestimulantes agrícolas se definen como cualquier sustancia natural y/o microorganismo, aplicados a las plantas, semillas o rizosfera, esto con la finalidad de aumentar el crecimiento vegetal, el uso eficiente de nutrientes, la tolerancia al estrés y los parámetros de calidad de las cosechas (Du Jardin, 2015). Por otro lado, Chávez *et al.* (2019) mencionan que, los bioestimulantes son sustancias o microorganismos formulados de origen biológico aplicados a las plantas y son capaces de mejorar la asimilación y absorción de nutrientes. De igual manera Yakhin *et al.* (2017) definen que, un bioestimulante es un producto formulado de origen biológico que puede mejorar el rendimiento de las plantas como consecuencia de propiedades nuevas o emergentes de un sistema complejo y no solamente como consecuencia de nutrientes esenciales, reguladores del crecimiento o compuestos protectores de las plantas.

Existen diferentes maneras en las que se puede suministrar los bioestimulantes Kocira *et al.*, 2018).

- Vía foliar: para los que están hechos a base de extractos de plantas y algas.
- Vía riego: todas las sustancias húmicas y compuestos nitrogenados.
- Incorporación al suelo o sustrato: bioestimulantes granulados o polvos.
- Aplicación directa al fruto ya cosechado.

Los bioestimulantes en su forma foliar deben ser aplicados a las plantas en la mañana esto debido a que en ese lapso de tiempo los estomas en la planta se abren y por consecuencia la tasa de asimilación se encuentra en su punto máximo (Battacharyya *et al.*, 2015; Goñi *et al.*, 2018).

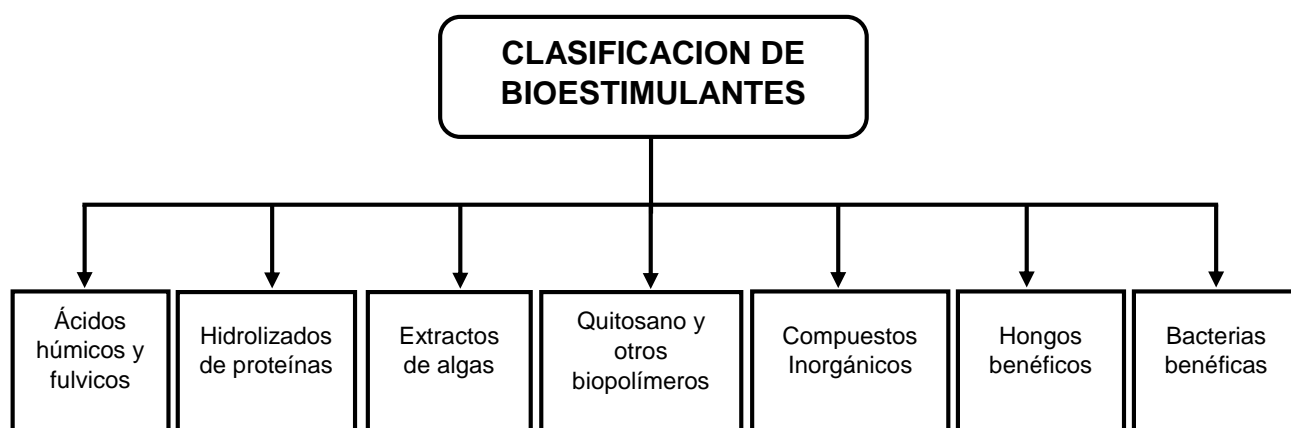
2.6.- Modo de acción de los bioestimulantes

Los bioestimulantes estimulan los procesos fisiológicos promoviendo con esto un mejor desarrollo de las plantas, elevando su crecimiento y producción. El uso de bioestimulantes influyen en presentar mayor tolerancia al estrés biótico y abiótico, facilitando la absorción y asimilación de nutrientes haciendo más eficiente el uso de los fertilizantes y con esto mejorar la calidad del producto; al ser aplicados a las plantas en la etapa de semilla, en el tejido vegetal o a nivel radicular (Traon *et al.*, 2014).

Generalmente la aplicación de bioestimulantes se realiza vía foliar, en la cual el bioestimulante se puede aplicar solo o combinado con productos fitosanitarios, también se puede aplicar por vía radicular por medio del sistema de riego (Saborio, 2002). Por otro lado, Carmona y Quesada.(2018) encontraron que, la aplicación de un fertilizante orgánico vía foliar en el cultivo de chile pimiento aumento significativamente la masa fresca promedio del fruto y el espesor del pericarpio.

2.7.- Clasificación de los bioestimulantes

Tipos de bioestimulantes (DuJardin,2015).



Esquema 1. Representación esquemática de la clasificación de los bioestimulantes.

2.7.1.-Ácidos húmicos y fúlvicos

Las sustancias húmicas son componentes naturales de la materia orgánica del suelo, resultantes de la descomposición de residuos vegetales, animales y microbianos, pero también de la actividad metabólica de los microbios del suelo que utilizan estos sustratos. Las sustancias húmicas son colecciones de compuestos heterogéneos y están categorizados según sus pesos moleculares y solubilidad en huminas, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos. Las sustancias húmicas y los complejos en el suelo son el resultado de la interacción entre la materia orgánica, los microbios y las raíces de las plantas. El uso de sustancias húmicas promueve el crecimiento y el rendimiento de los cultivos (Du Jardin, 2015). Un reciente metaanálisis de efectos aleatorios de sustancias húmicas aplicado a plantas concluye un aumento general del peso seco del 22 ± 4 % para los brotes y del 21 ± 6 % para las raíces (Rose *et al.*, 2014).

Las sustancias húmicas como bioestimulantes promueve la protección contra el estrés en las plantas. El metabolismo de los fenilpropanoides es fundamental para la producción de compuestos fenólicos, que a su vez están involucrados en el metabolismo secundario y en una amplia gama de respuestas al estrés. Se ha demostrado que las sustancias húmicas de alta masa molecular mejoran la actividad de enzimas clave de este metabolismo en plántulas de maíz cultivadas hidropónicamente, lo que sugiere una modulación de la respuesta al estrés por parte de las sustancias húmicas (Schiavon *et al.*, 2010; Olivares *et al.*, 2015).

2.7.2.-Hidrolizados de proteínas y otros compuestos que contienen nitrógeno

Las mezclas de aminoácidos y péptidos se obtienen por hidrólisis química y enzimática de proteínas a partir de subproductos agroindustriales, tanto de fuentes vegetales (residuos de cultivos) como de desechos animales, por ejemplo: colágeno y tejidos epiteliales (du Jardin, 2015; Calvo *et al.*, 2014).

Se ha demostrado que estos compuestos desempeñan múltiples funciones como bioestimulantes de las plantas. Los efectos directos que estos compuestos tienen en las plantas son la modulación de la absorción y asimilación de N, esto mediante

la regulación de las enzimas implicadas en la asimilación de N y de sus genes estructurales actuando sobre la vía de señalización de la adquisición de N en las raíces. Se han descrito efectos quelatantes para algunos aminoácidos, como la prolina, que protege a las plantas contra metales pesados y además contribuyen a la movilidad de micronutrientes (Calvo *et al.*, 2014).

Los efectos indirectos sobre la nutrición y el crecimiento de las plantas también son importantes en la práctica agrícola cuando se aplican estos compuestos a las plantas y al suelo. Estos compuestos aumentan en este caso la biomasa y la actividad microbiana, la respiración del suelo y en general la fertilidad del suelo. Se considera que las actividades quelatantes y complejantes de aminoácidos y péptidos específicos contribuyen a la disponibilidad y adquisición de nutrientes por las raíces (Calvo *et al.*, 2014).

2.7.3.- Quitosano y otros biopolímeros

El quitosano es un biopolímero que se obtiene de la quitina presente en el exoesqueleto de crustáceos e insectos, el cual se utiliza principalmente en la rama de la medicina y la agricultura. Los efectos fisiológicos del quitosano en las plantas resultan de la capacidad de este compuesto poli catiónico para unirse a los diferentes compuestos celulares, incluido el ADN, componentes de la membrana plasmática y la pared celular, y receptores específicos que activan los genes de defensa en la célula vegetal (Laranjeira y Favere, 2009).

2.7.4.- Compuestos inorgánicos

Son elementos químicos y solo benefician en el crecimiento a ciertas plantas, los principales elementos son el Al, Co, Na, Si y Se, los cuales estimulan el crecimiento vegetativo, el contenido nutricional y además ayudan en la defensa contra patógenos (Martinez-Alcantara y Quinones, 2017).

2.7.5.- Hongos benéficos

Los hongos que mayores beneficios le proporcionan a la planta son las micorrizas, ya que estas mejoran la tolerancia a la sequía y favorecen la fijación de fosforo y

nitrógeno, lo cual nos ayuda a tener plantas más vigorosas y resistentes a estrés hídrico (Fraggioli, 2023).

2.7.6.- Bacterias benéficas

Las principales bacterias que se utilizan en la agricultura son las rizobacterias sus principales funciones son: estimular el crecimiento vegetal, producción de fitohormonas, mejorar la calidad del suelo y reducir el uso de productos fosfatados, nitrogenados y fungicidas (Maquilon-Ortega, 2023), además tienen efectos positivos en el aumento de la germinación de las semillas (Marquina, Ramirez y Castro, 2018). Las bacterias que habitan la rizosfera o bacterias de vida libre estimulan el crecimiento de las plantas a través de diferentes mecanismos, como son: la síntesis de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, fijación de nitrógeno, solubilización de nutrientes, producción de sideróforos, así como el control de fitopatógenos del suelo y por lo tanto se han utilizado como bioestimulantes (Yagmur y Gunes, 2021).

2.7.7.- Extractos de algas

Los extractos de algas marinas (*Ascophyllum nodosum* L.) han sido utilizados como bioestimulantes, debido a su contenido como vitaminas, carbohidratos y proteínas, los cuales favorecen el crecimiento de la planta, retrasan la senescencia, y mejoran la adaptación a condiciones de estrés, lo que genera una mayor producción de los cultivos (Carbajal y Mera, 2010). Los extractos de algas marinas (EAM) han sido producidos comercialmente desde 1980. Pero con efectos bioestimulantes se han registrado recientemente (Craigie, 2011).

Las algas actúan sobre los suelos y las plantas. Se pueden aplicar al suelo, vía foliar o en soluciones hidropónicas. En las aplicaciones dirigidas al suelo, sus polisacáridos contribuyen a la formación de gel, retención de agua y aireación del suelo. Los compuestos polianiónicos contribuyen a la fijación e intercambio catiónico, lo que también es de interés para la fijación de metales pesados y para la remediación del suelo. También se han demostrado que hay desarrollo de bacterias promotoras del crecimiento de las plantas y antagonistas de patógenos en suelos supresores. En las plantas, los efectos nutricionales a través del suministro de micro

y macronutrientes indican que actúan como fertilizantes, además de sus otras funciones (Craigie *et al.*, 2009).

Los impactos en la germinación de la semilla, el establecimiento de las plantas y en el crecimiento y desarrollo posteriores están asociados con efectos hormonales, que son considerados las causas principales de la actividad de bioestimulación en las plantas que son cultivadas. Aunque también se han identificado citoquininas, auxinas, ácido abscísico, giberelinas y otras clases de compuestos similares a hormonas, como esteroides y poliaminas, en extractos de algas marinas mediante bioensayos y herramientas inmunológicas (Craigie J. S. 2011).

2.8.- Efectos de las algas marinas como bioestimulante en diferentes cultivos

En un estudio en el que se utilizó un extracto de *Ecklonia máxima* O. aplicado vía radicular a plantas de la especie *Brassica rapa* L. subsp. *Sylvestris*, se demostró que el crecimiento de las plantas y la actividad de enzimas antioxidantes aumentó tras su aplicación. Por otra parte, mejoró el contenido en nutrientes como el fósforo y el nitrógeno, la tasa fotosintética y el contenido en clorofilas. Las propiedades bioestimulantes que confiere el extracto de *Ecklonia máxima* O. se deben a la presencia de polisacáridos, osmoprotectores y compuestos derivados de las betaínas (Stasio *et al.*, 2017).

La aplicación foliar de un extracto de *Kappaphycus alvarezii* D. mejora el crecimiento de plantas de maíz sometidas a tratamientos de estrés hídrico moderado y severo en comparación con aquellas que se encontraban irrigadas. Las plantas tratadas con el extracto de *Kappaphycus alvarezii* D. presentaron una reducción en las especies reactivas de oxígeno, debido al incremento de antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos. La mejora en el crecimiento de las plantas probablemente fue debido a las altas concentraciones de potasio, glicina betaína y citoquininas presentes en el extracto de algas (Trivedi *et al.*, 2018).

El uso de extractos de algas también puede contribuir a disminuir las deficiencias en Fe o K. Según varios estudios, la utilización de extractos de algas procedentes de *Ascophyllum nodosum* L. y *Durvillea potatorum* L. mitiga la clorosis producida por deficiencias de hierro, aumenta la adquisición de potasio e incrementa la calidad de algunos productos vegetales como las lechugas (*Lactuca sativa* L. cv. Verdede), que pueden ser conservadas durante más tiempo tras su cosecha gracias a su mayor contenido en K. Todo ello gracias a la estimulación de los sistemas antioxidantes que incrementan su actividad frente a ROS (Carrasco-Gil *et al.*, 2018; Chrysargyris *et al.*, 2018; Saa *et al.*, 2015).

3.- MATERIALES Y METODOS

3.1.- Ubicación del experimento

El experimento se realizó a campo abierto durante el ciclo primavera-verano del año 2024, en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Buenavista, Saltillo, Coahuila, en el Departamento de Horticultura en las siguientes coordenadas: 25°21'22.2" Latitud Norte y 101°02'07.4" longitud oeste, con una altitud de 1761 msnm, durante el ciclo primavera-verano.

El clima de la zona se considera desértico-semicálido, con una temperatura promedio de 18.8 °C y una precipitación anual de entre 200 y 300 mm.

3.2.- Material vegetal

Para este experimento se utilizó semilla de calabacita de la variedad Grey Zucchini de la casa Seminis. Esta variedad se caracteriza por tener frutos de color verde grisáceo de tamaño recto y uniforme y plantas muy vigorosas, esta variedad en especial se puede sembrar todo el año.

3.3.- Instalación del experimento

3.3.1.- Preparación del terreno

El terreno se comenzó a trabajar el día 7 de mayo del 2024, primeramente, se eliminó la maleza que se encontraban en el terreno, después se realizó de manera manual la aradura del suelo a una profundidad de 30 cm aproximadamente, utilizando pico y azadón. El 11 de mayo se formaron cinco camas de 20.2 m de largo, 30 cm de alto y ancho, con una separación de 1.20 m entre cama. El día 13 de mayo instalo el sistema de riego, colocando una cintilla por cama de la marca Toro calibre 6,000 con goteros a una separación de 20 cm con gasto de 1 LPH. Posteriormente se colocó el acolchado, el cual era negro-plata, dejando el color negro arriba.

3.3.2.- Siembra

La siembra se realizó el día 15 de mayo del 2024, se colocó una semilla cada 40 cm a una hilera. El 90 % de las plantas comenzaron a emerger a los cinco días después de la siembra (dds).

3.4.- Tratamientos

Los tratamientos consistieron en la aspersión foliar de dos concentraciones de algas marinas (0 y 4 ml L⁻¹) y cuatro concentraciones de potasio (K) (150, 174, 200, 250 y 300 ppm) suministradas vía riego. La combinación de estos factores dio un total de 10 tratamientos, cada tratamiento estuvo conformado por ocho repeticiones.

3.5.- Diseño experimental

los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño de bloques completo al azar con arreglo factorial 2 x 5, con 5 repeticiones por tratamiento de las cuales se seleccionaron y evaluaron al azar dos plantas, dando así un total de 100 unidades experimentales evaluadas.

3.6.- Manejo del cultivo

3.6.1.- Riegos

Antes de la siembra se realizó el primer riego con una duración de ocho horas para llevar el suelo a capacidad de campo. Una vez emergida la planta se procedió a continuar con los riegos, realizándolos cada tercer día con una duración de 30 minutos, por dos semanas. Posteriormente el tiempo de riego incremento entre 1 a 2 horas, dependiendo los requerimientos de la planta y las condiciones climáticas. Las ultimas cuatros semanas del experimento fueron días muy calurosos y secos, por tal motivo, el riego se realizó todos los días, el tiempo de riego en promedio fue de 1 hora con 30 minutos.

3.6.2.- Fertilización

La concentración de los nutrientes para la producción del cultivo de calabacita fue: 120 ppm de N, 80 ppm de P y 40 ppm de Mg. La concentración de potasio fue de acuerdo con los tratamientos antes mencionados. Como fuente de estos nutrientes

se utilizó: nitrato de potasio, fosfonitrato, fosfato monoamónico y sulfato de magnesio.

La fertilización se realizó vía riego, para ello se creó un mini sistema tipo Venturi (Ilustración 1) para inyectar el fertilizante.

Se realizó un calendario de fertilización de acuerdo con las etapas fenológicas del cultivo y sus requerimientos en las respectivas etapas, quedando de la siguiente manera:

- Etapa vegetativa: 20 % de la fertilización distribuido en tres semanas, con dos aplicaciones por semana.
- Etapa reproductiva: 50 % de la fertilización distribuido en 2 semanas, con dos aplicaciones por semana.
- Etapa de producción: 30% de la fertilización distribuido en semanas, con dos aplicaciones por semana.

Por otra parte, para aplicación de los micronutrientes se utilizó el producto comercial Micromix, el cual se aplicó de dos maneras. La primera forma de suministro fue vía foliar a una concentración de 2.0 ppm. La segunda manera de aplicación fue vía riego a una concentración de 100, estas formas de suministros se alternaban por semana.



Ilustración 1.- Mini sistema de venturi utilizado para llevar a cabo la fertirrigación.

3.6.3.- Aspersión foliar de algas marinas

Se realizaron tres aspersiones de algas marianas de acuerdo con los tratamientos antes mencionados. La primera aspersión fue en la etapa fenológica, la segunda en la etapa reproductiva y finalmente la tercera aplicación se realizó durante la etapa de producción.

3.6.4.- Control de Plagas y enfermedades

Durante el ciclo del cultivo se realizaron dos aplicaciones de repelente a base de extracto de ajo para controlar mosca blanca (*Bemisia tabaci*) con una dosis de 2 ml L⁻¹. También se realizó la aplicación de fungicida preventivo, se asperjo Mancozep para la prevención de mildiu de las cucurbitáceas (*Pseudoperonospora cubensis*) y mildiu polvoriento (*Podosphaera xanthii*), a una dosis de 4 g L⁻¹.

3.7.- Variables evaluadas

3.7.1.- Rendimiento

A los 35 dds se realizó el primer corte de calabacita, posteriormente, los siguientes 39 días fueron de cosecha. En cada corte realizado se registró el peso de los frutos en una balanza analítica y mediante una suma aritmética de los diferentes cortes se obtuvo el rendimiento de frutos por planta. Posteriormente se realizó los cálculos necesarios para determinar la media aritmética del peso promedio de fruto.

3.7.2.- Rendimiento estimado por hectárea

Para obtener el rendimiento estimado por hectárea, se realizaron los cálculos necesarios, el rendimiento por planta y la densidad de plantación (17,750 plantas h⁻¹).

3.7.3.- Diámetro polar (DP) y ecuatorial (DE) de los frutos

Al momento de realizar la cosecha se medían los frutos de manera horizontal para obtener el DE utilizando un vernier digital (Steren, HER-411), mientras que para obtener el DP se midieron los frutos verticalmente.

3.7.4.- Crecimiento

El diámetro de tallo (DT) se midió en la base de este, utilizando un vernier digital (Steren, HER-411). La longitud de tallo (LT) se determinó desde la base del tallo hasta la punta apical utilizando un flexómetro (Truper, Fa-3hd).

3.7.5.- Concentración de iones (NO₃⁻, K⁺ y Ca²⁺) en la savia del peciolo

Primeramente, se realizó la cosecha (entre las 10:00 y 11:00 am), de cuatro hojas de calabacita por tratamiento y se colocaron en una hilera para poder conservar su temperatura, posteriormente se extrajo el jugo celular del peciolo utilizando una prensa manual. El jugo celular se colocó en los Ionómetros Horiba luquatwin, para poder determinar la concentración de NO₃⁻, K⁺ y Ca²⁺.

3.7.6.- Biomasa

Una vez terminada la cosecha se procedió a quitar las plantas de calabacita, posteriormente se separaron las hojas de los tallos y se procedió a pesar cada órgano por separado para obtener el peso fresco de las hojas (PFH) y del tallo (PFT). Finalmente, mediante la suma aritmética de los pesos de cada órgano se obtuvo el peso fresco aéreo (PFA).

3.8.- Análisis estadístico

Los datos obtenidos en se sometieron un análisis de varianza (ANVA), bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 2 x 5, y una prueba de rango múltiple con el comparador Tukey ($\alpha \leq 0.05$), en el programa estadísticos SAS® versión 9.0.

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aspersión foliar de algas marinas afectó significativamente el diámetro de tallo (DT), largo de tallo (LT), peso fresco de hojas (PFH), peso fresco de tallo (PFT) y el peso fresco aéreo (PFA), a excepción del diámetro de tallo (DT), el cual no presentó diferencia significativa (Cuadro 1). Las diferentes concentraciones de potasio (K) afectaron significativamente en las variables antes mencionadas (Cuadro 1). Mismo efecto se presentó en la interacción entre las diferentes concentraciones de K y las dosis de algas marinas (Cuadro 1).

Las plantas que fueron asperjadas con algas marinas (4 ml L⁻¹) registraron un incremento en el LT, PFH, PFT y PFA, en comparación con las plantas que no se les aplicó este bioestimulante (Cuadro 1). El incremento en el LT, PFH, PFT y PFA, puede ser debido a que las algas marinas contienen varios compuestos estimulantes del crecimiento de los cultivos. Arun *et al.*, (2023) mencionan que, las algas marinas tienen citoquininas, auxinas, giberelinas y betainas, los cuales son compuestos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Por otra parte, el DT y LT aumentaron con el suministro de 200 ppm de K, concentraciones superiores a esta tienen disminuir el DT y LT (Cuadro 1). De acuerdo con estos resultados se puede inferir que el suministro de 200 ppm es la concentración óptima para tener un crecimiento adecuado en la calabacita var. Grey zucchini, lo que podría traducirse en una mayor cantidad de entrenudos y, por ende, mayor número de frutos. Shi- lin, (2005), menciona que una nutrición adecuada de potasio ayuda a un mejor crecimiento y desarrollo de los cultivos, lo que lleva a un mayor tamaño y rendimiento.

El K es esencial para la apertura y cierre de los estomas, controla la transpiración y el intercambio de gases, influyendo así en la fotosíntesis y la eficiencia en el uso del agua (Kumar *et al.*, 2022). Las plantas de calabacita que fueron nutridas con 300 ppm de K presentaron los mayores pesos frescos (PFH, PFT y PFA) (Cuadro 1). Este incremento puede ser debido a que esta concentración permitió una mayor acumulación de agua en las células y por lo tanto mayor turgencia celular. En este sentido, Osakabe *et al.* (2023), mencionan que el potasio contribuye al ajuste

osmótico, permitiendo a las plantas mantener la presión de turgencia, promoviendo la expansión celular y crecimiento general. Por su parte, Gomaa *et al.* (2021) y Li *et al.* (2024), mencionan que el potasio mejora la eficiencia fotosintética y el desarrollo radicular, lo que conduce a una mejor captación y utilización del agua, lo que se traduce en un mayor peso fresco.

Cuadro 1. Efecto de las concentraciones de potasio y la aplicación de algas marinas en el crecimiento de las plantas de peso fresco de plantas de las calabacita var. Grey zucchini.

Algas marinas (ml L ⁻¹)	DT (mm)	LT (cm)	PFH (g)	PFT (g)	PFA (Kg)
0	27.7a	83.7b	2783.5b	826.2b	3609.6b
4	28.1a	99.9a	3666.3a	979.7a	4646.0a
ANVA p≤	0.4445	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Concentración de potasio (ppm)					
150	25.9c	78.5c	2628.6c	869.9b	3498.6c
174	27.2bc	78.9c	3230.8b	914.9b	4145.6b
200	29.5a	108.8a	3038.3b	885.4b	3923.7b
250	28.6ba	98.9b	3113.1b	778.7c	3891.8b
300	27.9abc	93.9b	4113.6a	1065.8a	5179.4a
ANVA p≤	0.0013	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Interacción p≤	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
CV	5.63	5.96	7.49	4.87	6.42

ANVA= análisis de varianza, C.V.= Coeficiente de variación, Interacción= concentraciones de potasio*dosis de algas marinas, DT= diámetro de tallo, LT= largo de tallo, PFH= peso fresco de hojas, PFT= peso fresco de tallo, PFA= peso fresco aéreo. Las letras a, b y c, son las categorías obtenidas a partir de la comparación de medias con Tukey al 0.05.

La concentración de iones (NO₃⁻, K⁺, Ca²⁺) en la savia del peciolo no se vio afectada por la aspersión de las algas marinas (Cuadro 2). Por otra parte, las diferentes concentraciones de K afectaron significativamente la concentraciones de estos iones en la savia (Cuadro 2). La interacción entre las diferentes concentraciones de K y las dosis de algas marinas presentó efecto significativo en la concentración de NO₃⁻ y Ca²⁺ (Cuadro 2).

La aspersión foliar de algas marinas no influyo en la concentración de aplicación de NO_3^- , K^+ y Ca^{2+} en la savia de la calabacita var. Grey zucchini (Cuadro 2). Estos resultados difieren a lo reportado en otros trabajo. Mahajan (2017) menciona que, la aplicación de algas marinas tiene un impacto significativo en la concentración de iones en la savia de las plantas, mejorando la absorción de nutrientes y la salud general de las plantas. Asimismo, se ha reportado que los extractos de algas marinas, como IPA Y como IPA y *Ulva rigida*, aumentan significativamente los flujos de K^+ y Ca^{2+} en las plantas, lo que lleva a una mejor acumulación de nutrientes (Mancuso *et al.*, 2006; Latique *et al.*, 2020).

Las plantas de calabacitas que fueron fertirrigadas con las concentraciones de 150, 200 y 300 ppm de K, presentaron un incremento en la concentración del ion NO_3^- en la savia del peciolo, mientras que la menor concentración de este ion se presentó en las plantas que fueron tratadas con 174 y 250 ppm de K (Cuadro 2). Por otra parte, la concentración del ion K^+ en la savia se redujo con la fertilización de 250 ppm de K. Asimismo, la mayor concentración de ion Ca^{2+} se presentó con el suministro vía riego de 150 y 200 ppm de K (Cuadro 2). De manera general se observa una tendencia de la disminución del ion Ca^{2+} e incremento del ion NO_3^- cuando se aportan mayores concentraciones de K, lo que indica un efecto de antagonismo-sinergismo, respectivamente. Por su parte, Palani y Raju (2019), mencionan que el antagonismo de nutrientes puede ocurrir cuando un nutriente compite con otro por los sitios de absorción en el suelo. El potasio, cuando se aplica en exceso, puede conducir a una menor absorción de magnesio y calcio debido a su fuerte retención en el suelo, lo que puede crear un desequilibrio en la disponibilidad de nutrientes (Jakobsen, 1993). Por otra parte, el sinergismo de nutrientes ocurre cuando la presencia de un nutriente potencia la absorción o utilización de otro, resultando en mayores beneficios fisiológicos para las plantas (Townsend *et al.*, 2023). Zhan *et al.* (2010), mencionan que la interacción entre nitrógeno y potasio mejora la eficiencia de absorción de nutrientes, permitiendo un incremento en el crecimiento y rendimiento de los cultivos.

Cuadro 2. Efecto de las concentraciones de potasio y la aplicación de algas marinas la concentración de iones en la savia del peciolo de la calabacita var. Grey zucchini.

Algas marinas (ml L ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)
0	6225.0a	3180.0a	355.5a
4	4470.0b	3010.0b	307.b
ANVA p≤	0.0001	0.0001	0.0001
Concentración de potasio (ppm)			
150	5400.0a	3137.5a	388.75a
174	4900.0b	3250.0a	252.5c
200	5662.5a	3187.5a	370.0a
250	5062.5b	2675.0b	318.8b
300	5712.5a	3225.0a	326.3b
ANVA p≤	0.0001	0.0001	0.0001
Interacción p≤	0.0001	0.3905	0.0001
CV	4.22	3.78	5.57

ANVA= análisis de varianza, C.V.= Coeficiente de variación, Interacción= concentraciones de potasio*dosis de algas marinas, NO₃⁻= nitrato, K⁺= potasio Ca²⁺. Las letras a y b, son las categorías obtenidas a partir de la comparación de medias con Tukey al 0.05.

Las plantas de calabacita var. Grey zucchini, tratadas con aspersion foliar de algas marinas, presentaron un incremento en el peso promedio del fruto (PPF) y longitud del fruto (LF), mientras que, el diámetro de fruto (DF), rendimiento por planta (RPP) y rendimiento estimado (RE), no se vio afectado por la aplicación de este bioestimulante (Cuadro 3). Por otro lado, el suministro de las diferentes concentraciones de K, afectaron significativamente a la mayoría de las variables antes mencionadas excepción de LF y DF (Cuadro 3). La interacción entre las diferentes concentraciones de K y las dosis de algas marinas tuvieron efecto significativo en el PPF, RPP y RE (Cuadro 3)

La aspersion foliar de 4 ml L⁻¹ de algas en el cultivo calabacita var. Grey zucchini, incremento el PPF y LF, mientras que el DF fue mayor en las plantas que no fueron

tratadas con este bioestimulante (Cuadro 3). Lo anterior, puede ser atribuido, a que las algas marinas de manera general contienen macro y micronutrientes, así como hormonas que pudieron haber influenciado en el incremento de estas variables. Chanthini *et al.* (2019) y Mannino *et al.* (2020), mencionan que los extractos de algas marinas contienen minerales vitales como: sodio, magnesio, calcio, azufre, hierro, cobre y zinc, los cuales contribuyen a mejorar la calidad y el peso de los frutos. Por otra parte, los compuestos como las auxinas, citoquininas y giberelinas que se encuentran en las algas marinas estimulan la división celular y el alargamiento, promoviendo un mayor tamaño de fruto (Patel *et al.*, 2022). Asimismo, se ha reportado que la aplicación de extractos de algas marinas aumenta significativamente el rendimiento en el cultivo de tomate hasta un 110 % (Mannino *et al.*, 2020).

Las plantas que fueron nutridas con 150 ppm de K, presentaron el mayor peso promedio de fruto (Cuadro 3), sin embargo, este efecto pudiera ser debido a que estas mismas plantas tuvieron menos frutos (dato no presentado), en este sentido, se ha reportado correlaciones negativas significativas entre el peso del fruto y el número de frutos por planta, lo que indica que a medida que uno aumenta, el otro tiende a disminuir (Pachiyappan y Saravannan, 2016; Yadav *et al.*, 2019).

Por otro lado, las concentraciones de 200 y 250 ppm de K aplicadas en calabacita var. Grey zucchini incrementaron el RPP y RE, concentraciones diferentes a estas los rendimientos tienden a disminuir (Cuadro 3). Lo anterior sugiere que estas concentraciones son las óptimas para poder incrementar el rendimiento en este cultivo. Li *et al.*, (2024) mencionan que, los niveles adecuados de potasio mejoran la resiliencia y la productividad de los cultivos, lo que lleva a mayores rendimientos.

Cuadro 3. Efecto de las concentraciones de potasio y la aplicación de algas marinas en el rendimiento la calabacita var. Grey zucchini.

Algas marinas (ml L ⁻¹)	PPF (g)	LF (cm)	DF (cm)	Rendimiento (kg planta ⁻¹)	Rendimiento Estimado (t ha ⁻¹)
0	168.6b	13.1b	4.4a	2400.8a	42.57a
4	176.2a	13.4a	4.4b	2346.3a	41.60a
ANVA $p \leq$	0.0001	0.0017	0.0464	0.1006	0.1079
Concentración de potasio (ppm)					
150	179.1a	13.4a	4.5a	2224.9c	39.5c
174	163.3c	13.0a	4.3a	1789.6d	31.8d
200	172.2b	13.2a	4.5a	2738.a	48.5a
250	176.2ab	13.3a	4.5a	2641.7a	46.7a
300	171.3b	13.2a	4.5a	2472.9b	43.9b
ANVA $p \leq$	0.0001	0.170	0.0633	0.0001	0.0001
Interacción $p \leq$	0.038	0.0863	0.3495	0.0001	0.0001
CV	3.9	2.9	3.1	6.7	6.3

ANVA= análisis de varianza, CV= Coeficiente de variación, Interacción= concentraciones de potasio*dosis de algas marinas, PPF =peso promedio de fruto, LF=Longitud de fruto, DF= diámetro de fruto. Las letras a, b, c y d son las categorías obtenidas a partir de la comparación de medias con Tukey al 0.05.

El mayor diámetro de tallo se registró en aquellas plantas que recibieron una fertilización a una concentración de 200 ppm de K sin la aspersion de algas marinas (0 ml L⁻¹) mientras que, la aspersion de estas algas se incrementó el diámetro en las plantas irrigadas con 300 ppm de este nutrimento (Figura 1). Lo que sugiere que la aspersion de algas marinas requiere mayor fertilización a base de K, probablemente esto se deba a que estas algas promueven mayor crecimiento de las plantas. Por su parte, Abbas *et al.* (2020) señalan que, la aplicación foliar de 0.5 % del extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* aumentó significativamente el diámetro del bulbo y el rendimiento por hectárea de cuatro cultivares de cebolla, mismo que, mejoró el contenido de sólidos solubles totales, ácido ascórbico, N, K y P. Contrario a estos resultados fue reportado por Layten (2015) quienes indican que, las aspersion de extractos de

algas marinas en alcachofa, no se apreciaron diferencias estadísticas significativas en el peso promedio del capítulo, lo que nos indica aparentemente que los extractos de algas no afectan estas características relacionadas con la calidad del producto cosechado. Por otra parte, las plantas requieren altas cantidades de potasio y en forma frecuente para incrementar las características morfológicas, tales como mayor crecimiento y vigor de plantas, desarrollo de flores, frutos y semillas (Rodríguez, 1992).

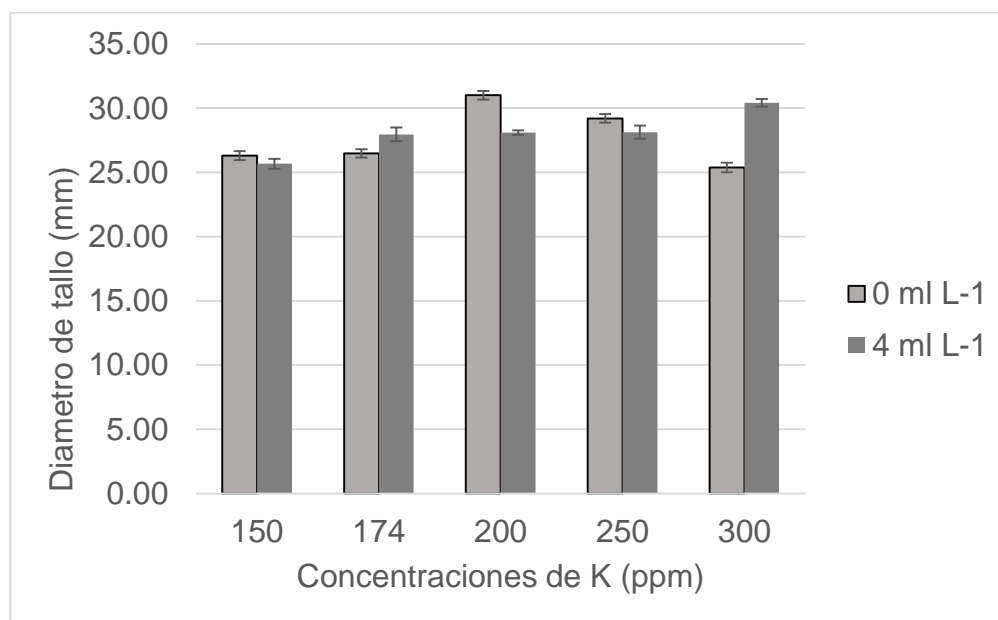


Figura 1. Efecto de la interacción entre concentraciones de K y la aspersión de algas marinas en el diámetro de tallo de calabacita Var. Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.

La longitud de tallo (LT) se incrementó en plantas nutridas a una concentración de 200 ppm de K y con la asperjando algas marinas, por otra parte, sin aplicación de algas marinas (0 ml L⁻¹) se obtuvo un ligero aumento en la LT pero con el suministro de 300 ppm de K (Figura 2). Lo anterior nos indica que la aplicación de algas marinas promueve mayor longitud de tallo, siempre y cuando no se exceda la concentración de K a los 200 ppm de K. La aplicación de algas marinas en el cultivo de gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolus) en condiciones de invernadero, se obtuvo un efecto positivo en el número de hojas, número de tallos, longitud de tallos y diámetro del capítulo o cabeza floral (García-Sahagún *et al.*, 2014).

Las plantas que recibieron una concentración de 300 ppm de K combinado con la aspersión de algas marinas se presentó un aumento del peso fresco de hojas, pero el menor peso fresco se obtuvo con la concentración de 150 ppm de K sin asperjar algas marinas. En general la aspersión de algas marinas fue mayor el peso fresco independientemente de la concentración de K suministrado (Figura 3). Similar efecto se observa en el peso fresco de los tallo, aunque el menor peso de este órgano se presentó con 250 ppm de K sin la aspersión de algas marinas (Figura 4). Pillimue *et al.* (1998) afirmaron que, la disminución en el área foliar se debe por una deficiencia de K, puede ser debida al papel que este nutriente cumple para equilibrar la absorción de nitrógeno, mantener la turgencia de las hojas y facilitar el transporte de asimilados. Por otra parte, Sabir *et al.* (2014) reportan, una mayor producción de área foliar en plantas de vid (*Vitis vinifera* L.) con una fertilización química (50 N-15 P₂O-50 K₂O, kg ha⁻¹) en combinación con la aplicación de algas marinas (0.3 g L⁻¹) en relación el testigo.

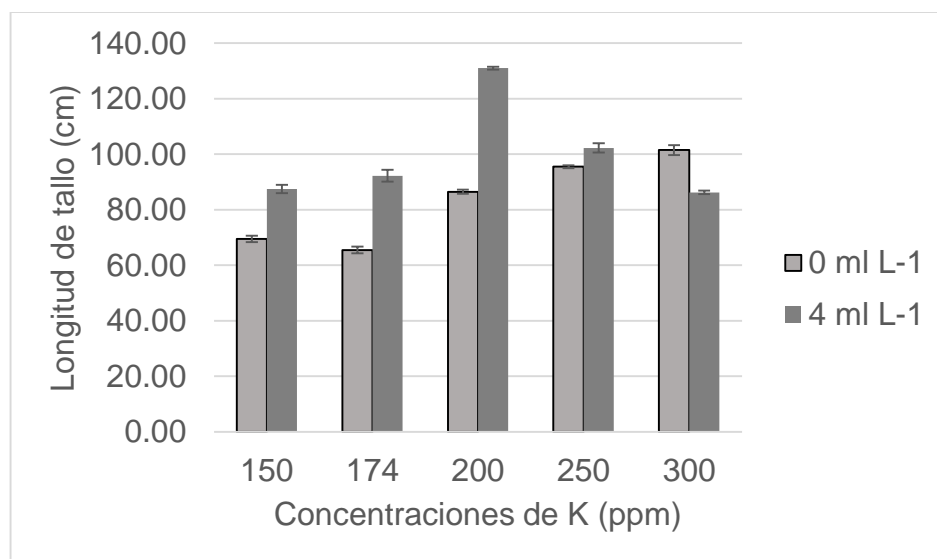


Figura 2. Efecto de la interacción entre concentraciones de K y la aspersión de algas marinas en la longitud de tallo de calabacita Var. Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.

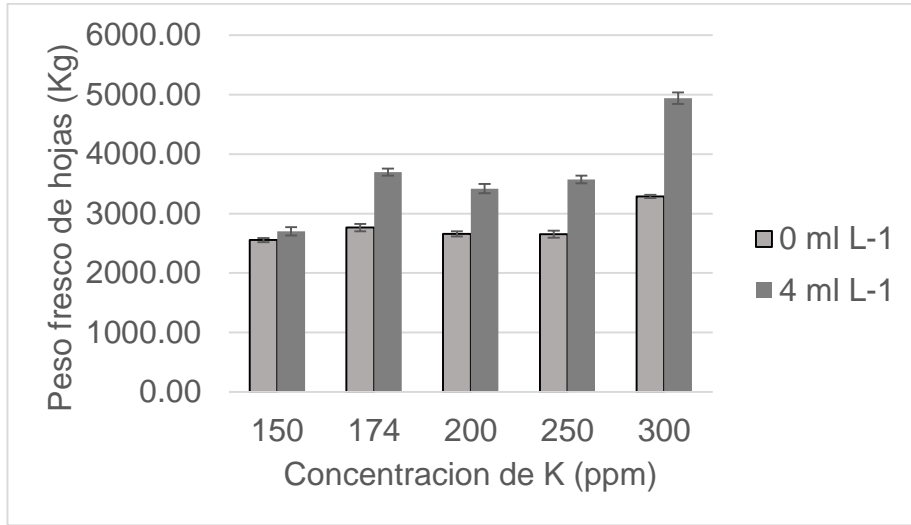


Figura 3. Efecto de la interacción entre concentraciones de K y la aspersión de algas marinas en el peso fresco de las hojas de calabacita Var. Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.

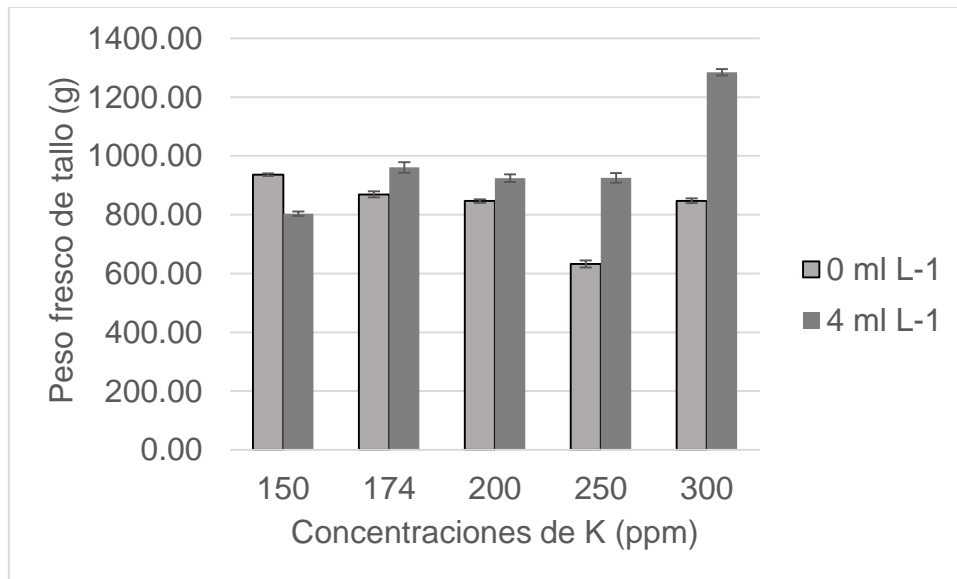


Figura 4. Efecto de la interacción entre concentraciones de K y la aspersión de algas marinas en el peso fresco de los tallos de calabacita Var. Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.

El mayor peso fresco aéreo se obtuvo en plantas irrigadas a una concentración de 300 ppm de K y asperjadas con algas marinas. Mientras tanto, aquellas plantas que recibieron 250 ppm de K y sin la asperjaron algas el peso fresco aéreo fue menor

(Figura 5). Esto puede deberse a que las algas marinas pueden estimular de forma positiva la velocidad de crecimiento del cultivo. Estos resultados fueron similares a lo reportado por, Díaz *et al.*, (2016) quienes observaron un incremento en la biomasa foliar en el cultivo de calabacita con el uso de *R. intraradices* en comparación al testigo. Mientras que, Rayorath *et al.* (2008) y Sariñana *et al.* (2021) indican que, la aplicación de extracto de algas marinas a diferentes concentraciones aumenta la producción de materia fresca en plantas de *Arabidopsis thaliana*, en espinaca y en tomate rojo. Wang *et al.* (2017) reportan que, el suministro de 6 mM de K (235 ppm) promovió el crecimiento y mejoró la actividad fotosintética de las hojas de las plantas de pera.

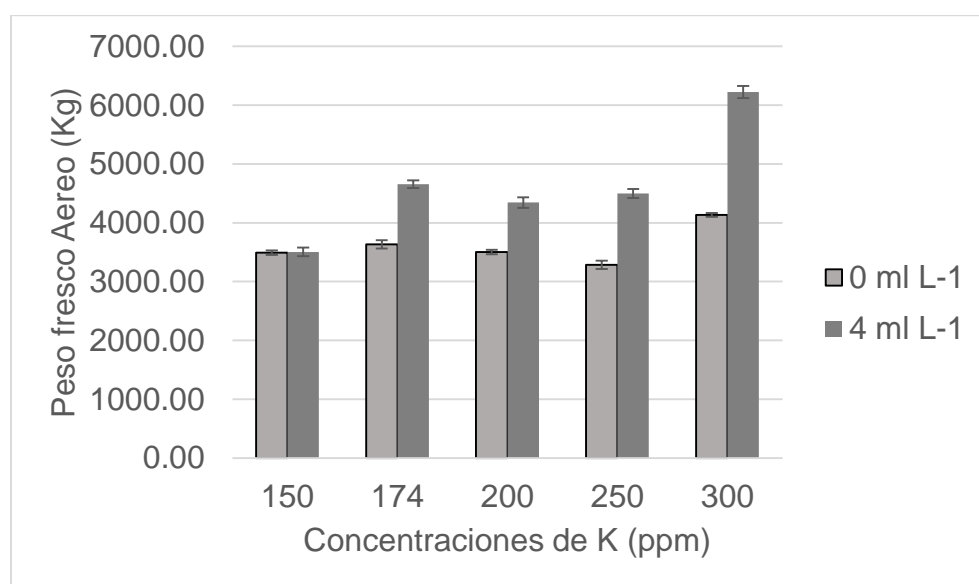


Figura 5. Efecto de la interacción entre concentraciones de K y la aspersión de algas marinas en el peso fresco aéreo de calabacita Var. Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.

Las soluciones que contenían una concentración de 150 ppm, 200 ppm y 250 ppm de K y sin asperjar algas (0 ml L⁻¹) promovió niveles más altos de NO₃⁻ en savia. Por otra parte, la aspersión de algas marinas y con la concentración de 300 ppm de K la concentración de NO₃⁻ en la savia se incrementó ligeramente. En general la mayor concentración de este ion en la savia se presentó en plantas que no recibieron algas marinas (Figura 6). La mayor concentración de Ca en la savia se registró a una concentración de 150 ppm de K sin aplicar algas marinas (0 ml L⁻¹) pero, a una concentración de 174 ppm de K y sin aplicar algas (0 ml L⁻¹) la concentración este

ion fue menor (Figura 7). Los resultados indican que las algas marinas influyen en la reducción de la concentración estos dos iones en la savia. Pero la aplicación de las algas incrementó el crecimiento de las plantas (Figura 5), por lo que probablemente la concentración de los iones se diluyeron por el mayor crecimiento.

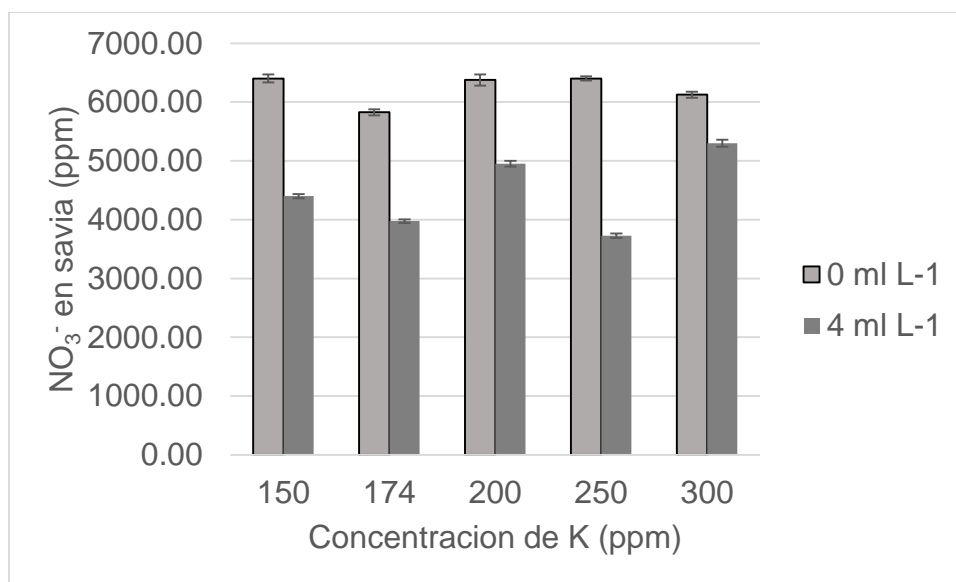


Figura 6. Efecto de la interacción entre concentraciones de K y la aspersion de algas marinas en la concentración de nitrato en la savia del peciolo en calabacita Var. Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.

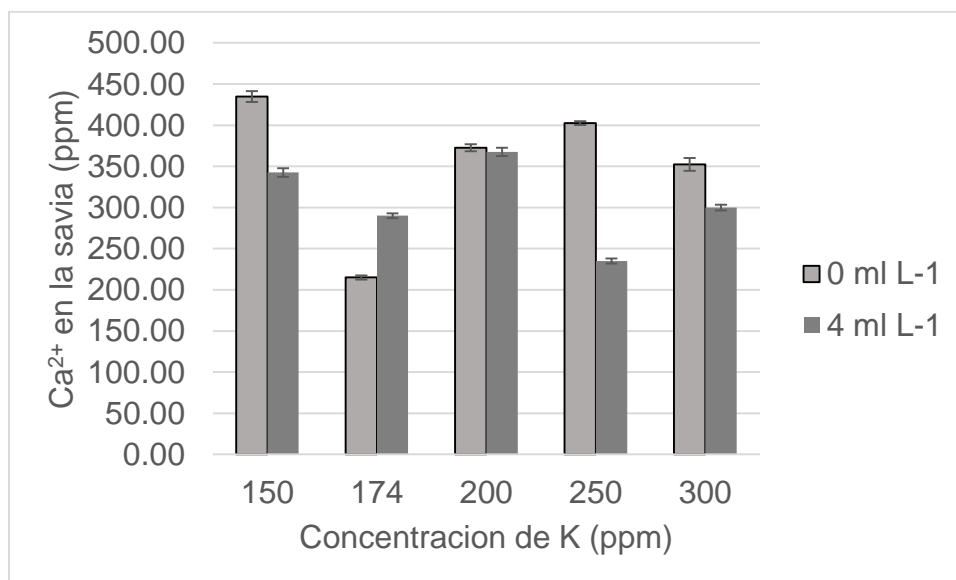


Figura 7. Efecto de la interacción entre concentraciones de K y la aspersion de algas marinas en la concentración de calcio en la savia del peciolo en calabacita Var. Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.

En general la aspersion de algas marinas promovió mayor peso de fruto, no obstante, la concentración de 150 ppm de K y asperjando de estas algas se obtuvo un mayor peso promedio de fruto. Mientras que, a 174 ppm (K) sin la aplicación de algas marinas este peso fue mucho menor comparada con las otras concentraciones de K (Figura 8). Esto indica que las algas marinas promovieron una mayor acumulación de fotoasimilados hacia el fruto, por lo que propició un incremento en el peso. En contraste al resultado obtenido se reporta por, Roupheal *et al.* (2016) quienes señalan que, no encontraron diferencias en el peso promedio del fruto con la aplicación de extracto de algas marinas en comparación al testigo. Mientras tanto, Aguilar-Carpio *et al.* (2022) demostraron que, el mayor peso de fruto fue obtenido con la aplicación del fertilizante químico al 100%, seguido de la asociación del fertilizante químico (50%) con las algas marinas. Thompson y Troeh. (1990) señalan que, el potasio interviene en la absorción de otros nutrientes y en el desplazamiento de los mismos dentro de planta, lo cual influye en el proceso de la fotosíntesis, favoreciendo la producción de sustancias orgánicas y por ende aumenta la firmeza y calidad de los frutos.

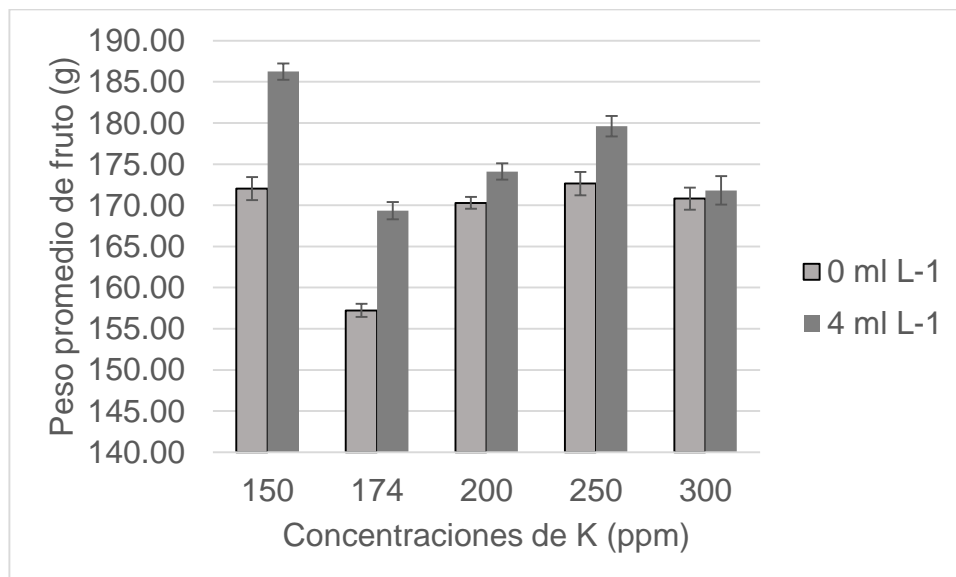


Figura 8. Efecto de la interacción entre concentraciones de K y la aspersion de algas marinas en el peso promedio de fruto de calabacita Var. Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.

El mayor rendimiento por planta de calabacita se obtuvo con una concentración de 200 ppm de K y con la aspersión de algas marinas ó con 250 ppm de K pero sin la aplicación de estas algas. El menor rendimiento se registro en plantas irrigadas con 174 ppm de K y asperjadas con algas marinas (Figura 9) este comportamiento fue igual al rendimiento estimado por hectarea (Figura 10). Aguilar-Carpio *et al.* (2022) mencionan que, al incorporar algas marinas al suelo estas impactan de forma positiva en el crecimiento y rendimiento del cultivo de calabacita y que potencialmente puede ayudar a disminuir la aplicación de fertilizantes inorgánicos y la contaminación ambiental. Por su parte, Yao *et al.* (2020) indican que, la aplicación de 30, 60 y 90 kg ha⁻¹ de extracto de *Sargassum horneri* incrementó de manera significativa el rendimiento neto del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en 4.6, 6.9 y 4.7 %, respectivamente. Por otra parte, Jiménez (2017) reporta que, el potasio en dosis adecuadas favorece el rendimiento y la calidad del fruto del tomate y en cantidades excesivas de este nutrimento disminuye el rendimiento.

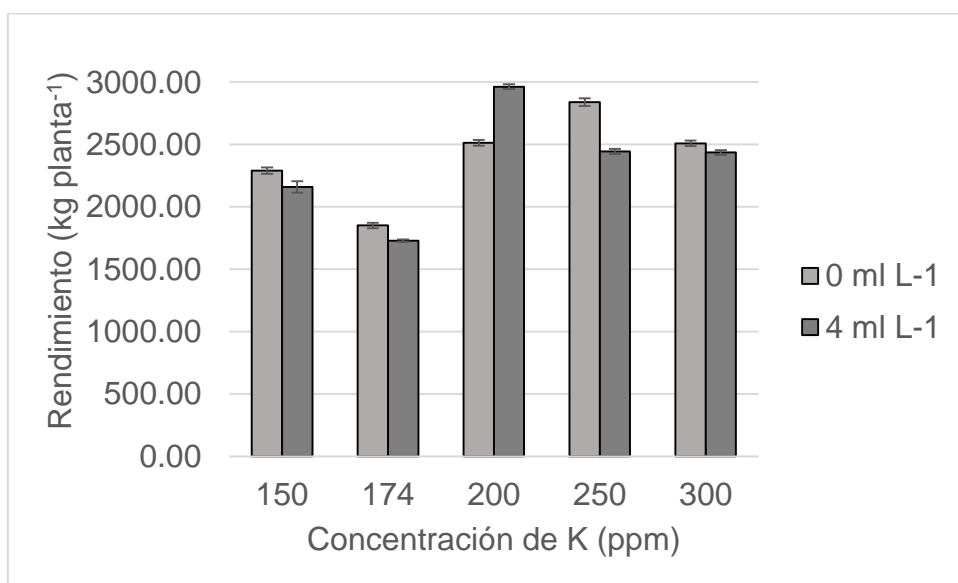


Figura 9. Efecto de la interacción entre concentraciones de K y la aspersión de algas marinas en el rendimiento por planta de calabacita Var. Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.

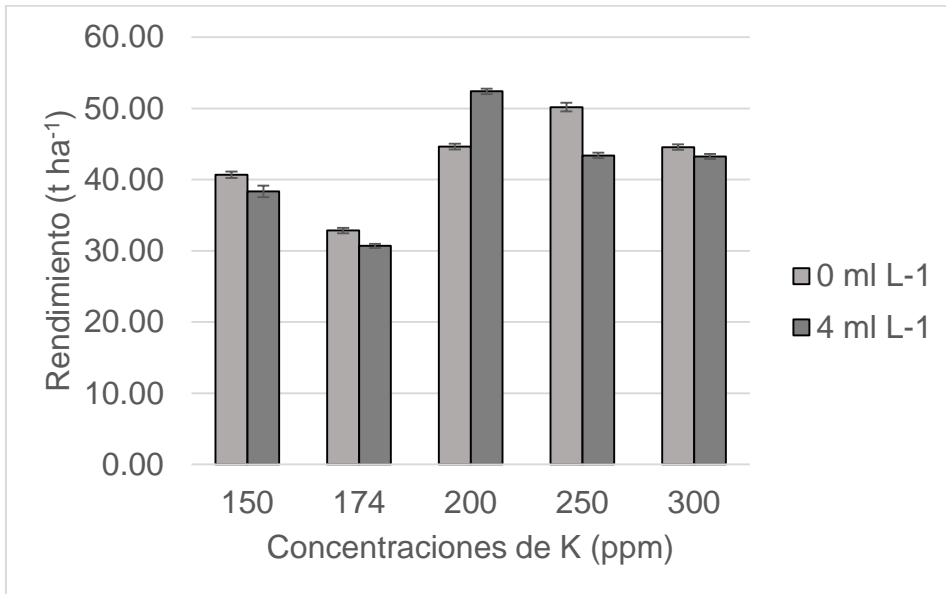


Figura 10. Efecto de la interacción entre concentraciones de K y la aspersión de algas marinas en el rendimiento estimado por hectárea de calabacita Var. Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.

5.- CONCLUSIÓN

La aspersión de algas marinas mejora el crecimiento de las plantas de calabacita, pero, disminuye la concentración de iones en la savia y el rendimiento de fruto. Una concentración de 200 y 250 ppm de K incrementa el crecimiento y rendimiento de fruto, pero la mayor concentración de iones en la savia fue en plantas nutridas con 200 ppm de K.

El mayor rendimiento por planta y por hectárea se presentó con la aspersión de algas marinas en combinación con el suministro de 200 ppm de K.

6.- LITERATURA CITADA

Abbas, M., Anwar, J., Zafar-ul-Hye, M., Iqbal Khan, R., Saleem, M., Rahi, A. A., ... and Datta, R. (2020). Effect of seaweed extract on productivity and quality attributes of four onion cultivars. *Horticulturae*, 6(2), 28.

Aguilar-Carpio, C., Cervantes-Adame, Y. F., Sorza-Aguilar, P. J., y Escalante-Estrada, J. A. S. (2022). Crecimiento, rendimiento y rentabilidad de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) fertilizada con fuentes químicas y biológicas. *Terra Latinoamericana*, 40.

Apáez-Barrios, P., Lara-Chávez, M. B. N., Apáez-Barrios, M., y Raya-Montaño, Y. A. (2019). Producción y rentabilidad de calabacita con aplicación de zeolita y fertilizante químico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(SPE23), 211-221.

Arun, M. N., Kumar, R. M., Nori, S., Sreedevi, B., Padmavathi, G., Revathi, P., Pathak, N., Srinivas, D. and Sundaram, R. M. (2023). Biostimulant properties of marine bioactive extracts in plants: incrimination toward sustainable crop production in rice. In *Marine Ecosystems-Biodiversity, Ecosystem Services and Human Impacts*. Intechopen.

Bafoev, A. X., Rajabboev, A. I., Niyozov, S. A., Bakhshiloev, N. K., & Mahmudov, R. A. (2022). Significance and classification of mineral fertilizers. *Texas Journal of Engineering and Technology*, 5, 1-5.

Battacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P., and Prithviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia horticulturae*, 196, 39-48.

Benavides, A. M. (2002). *Ecofisiología y bioquímica del estrés en plantas*. Buenavista, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Calvo, P., Nelson, L., y Kloepper, J. W. (2014). Usos agrícolas de bioestimulantes vegetales. *Plant Soil*, 383, 3-41.

Camarillo, D. A., Aguilar, L. A. V., Dovala, J. M. C., Arriaga, M. R., y Pineda, J. P. (2021). Aplicación fraccionada de fertilizantes vía fertirriego y la eficiencia del nitrógeno, fósforo y potasio en calabacita. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 7(1): 1-9.

Carvajal Muñoz, J. S., y Mera Benavides, A. C. (2010). Fertilización biológica: técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. *Producción+limpia*, 5(2), 77-96.

Casas, A., Parra, F., Blancas, J., Rangel-Landa, S., Vallejo, M., Figueredo, C. J., y Moreno-Calles, A. I. (2016). Origen de la domesticación y la agricultura: cómo y por qué. *Domest. en el Cont. Am*, 1, 189-224.

Carmona, L. M., y Quesada, M. S. (2018).

Efectos de un fertilizante foliar organico sobre parametros objetivos de calidad del fruto en el pimiento (*Capsicum annuum L.*). *InfoCiencia*, 22(2), 71-82.

Chanthini, K. M. P., Senthil-Nathan, S., Stanley-Raja, V., Thanigaivel, A., Karthi, S., Sivanesh, H. and Soranam, R. (2019). Chaetomorpha antennina (Bory) Kützing derived seaweed liquid fertilizers as prospective bio-stimulant for *Lycopersicon esculentum* (Mill). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 20, 101190.

Chávez, J. E. C., Castro, G. L. O., Tinoco, A. D. C. C., y García, G. A. C. (2019). Eficacia de bioestimulantes sobre el crecimiento inicial de plantas de fréjol común (*Phaseolus vulgaris L.*). *Revista Espamciencia ISSN 1390-8103*, 10(1), 14-22.

Chávez-Sánchez, E., Preciado-Rangel, P., Fortis-Hernández, M., Rocha-Valdez, J. L., y Salazar-Sosa, E. (2014). Fertilización nitrogenada y potásica en la

producción y calidad de fresa. In Memoria del XXXIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Ciudad Juárez, Chihuahua (pp. 30-33).

Craigie, J. S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of applied phycology*, 23, 371-393.

Craigie, J. S., MacKinnon, S. L., and Walter, J. A. (2009). Liquid seaweed extracts identified using ^1H NMR profiles. In Nineteenth International Seaweed Symposium: Proceedings of the 19th International Seaweed Symposium, held in Kobe, Japan, 26-31 March, 2007. (pp. 215-221). Springer Netherlands.

Diaz Franco, A., Alvarado Carrillo, M., Alejandro Allende, F., and Ortiz Cháirez, F. E. (2016). Growth, nutrition and yield of squash with biological and mineral fertilization. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 32(4), 445-453.

Díaz, J. M. G. (2006). La fórmula Penman-Monteith FAO 1998 para determinar la evapotranspiración de referencia, E_{To} . *Terra. Nueva Etapa*, 22(31).

Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia horticulturae*, 196, 3-14.

Faggioli, V. S. (2023). *La agricultura y las micorrizas*. EEA Marcos Juárez, INTA.

Gomaa, M. A., Kandil, E. E., El-Dein, A. A. Z., Abou-Donia, M. E., Ali, H. M., and Abdelsalam, N. R. (2021). Increase maize productivity and water use efficiency through application of potassium silicate under water stress. *Scientific reports*, 11(1), 224.

González Ramos, C. (2019). Ensayo comparativo de cultivares de calabacín redondo (*Cucurbita pepo* L.), bajo invernadero.

Goñi, O., Quille, P., and O'Connell, S. (2018). Ascophyllum nodosum extract biostimulants and their role in enhancing tolerance to drought stress in tomato plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 126, 63-73.

Hernández-Herrera, R. M., Santacruz-Ruvalcaba, F., Briceño-Domínguez, D. R., Filippo-Herrera, D., Andrea, D., y Hernández-Carmona, G. (2018). Las algas como potenciales estimulantes del crecimiento vegetal para la agricultura en México. *Hidrobiológica*, 28(1), 129-140.

Haifa, I. (2021). Potassium Nitrate Asosiation.

Jakobsen, S. T. (1993). Interaction between plant nutrients: III. Antagonism between potassium, magnesium and calcium. *Acta Agriculturae Scandinavica B-Plant Soil Sciences*, 43(1), 1-5.

Jiménez, B., y García-Seminario, R. (2017). Influencia del potasio en el rendimiento y calidad del fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). *Manglar*, 14(2), 125-131.

Kocira, A., Świeca, M., Kocira, S., Złotek, U., and Jakubczyk, A. (2018). Enhancement of yield, nutritional and nutraceutical properties of two common bean cultivars following the application of seaweed extract (*Ecklonia maxima*). *Saudi journal of biological sciences*, 25(3), 563-571.

Laranjeira, M., y Fávere, V. T. D. (2009). Quitosana: biopolímero funcional con potencial industrial biomédico. *Química Nova*, 32, 672-678.

Latique, S., Mrid, R. B., Kabach, I., Yasri, A., Kchikich, A., Nhiri, M., Kaoua, M.E., Douira, A. and Selmaoui, K. (2021). The effect of foliar application of *Ulva rigida* extract on the growth and biochemical parameters of wheat plants. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 234, p. 00103). EDP Sciences.

Layten Vera, C. N. (2015). Efecto de extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) cv. Lorca.

Li, D., Li, T., Gu, J., Wang, Y., Chen, X., Lu, D. and Zhou, J. (2024). Potassium resources management systems in Chinese agriculture: Yield gaps and environmental costs. *Resources, Conservation and Recycling*, 202, 107397.

Li, N., Wang, X. X., Xue, Z., and Li, Q. (2024). Water and potassium utilization efficiency and yield and quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Scientia Horticulturae*, 330, 113025.

MANDINO, M., y Araujo, L. (2011). Fertilización foliar con nitrato de potasio para mejorar la cantidad y calidad de fibra del algodón en surcos estrechos a 0,52 m. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 8.; COTTON EXPO, 1., 2011, São Paulo. Evolução da cadeia para construção de um setor forte: Anais. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2011.

Mannino, G., Campobenedetto, C., Vigliante, I., Contartese, V., Gentile, C., and Berteà, C. M. (2020). The application of a plant biostimulant based on seaweed and yeast extract improved tomato fruit development and quality. *Biomolecules*, 10(12), 1662.

Maquilon Ortega, K. L. (2023). Uso de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal para el desarrollo de la agricultura sostenible en el cultivo de café (*Coffea spp*) en el Ecuador (Bachelor's thesis, BABAHOYO).

Marquina, M. E., Ramírez, Y., y Castro, Y. (2018). Efecto de bacterias rizosféricas en la germinación y crecimiento del pimentón (*Capsicum annuum* L. Var. cacique gigante). *Bioagro*, 30(1), 3-16.

Martínez-Alcántara, B., y Quinones, A. (2017). Principales bioestimulantes y efectos en el cultivo de los cítricos. *Vida rural*, (436), 56-60.

Marschner, P. (2012). Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd Edition. Elsevier. Oxford, UK. 645 p.

Mujica Rivero, H. A. (2012). Crecimiento, desarrollo, producción y calidad del ajo (*Allium sativum* L.) en respuesta a la densidad de siembra y la nutrición potásica (Doctoral dissertation).

Norrie, J., and Keathley, J. P. (2005, June). Benefits Of *Ascophyllum Nodosum* Marine-Plant Extract Applications To Thompson Seedless Grape Production. In X International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production 727 (pp. 243-248).

Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Rosa, R. C. C., and Canellas, L. P. (2015). Substrate biofortification in combination with foliar sprays of plant growth promoting bacteria and humic substances boosts production of organic tomatoes. *Scientia Horticulturae*, 183, 100-108.

Oliveros, D. M. (2013). Diferencias en El Uso De Nitrato De Potasio y Sulfato De Potasio. Academia Edu.

Osakabe, Y., Arinaga, N., Umezawa, T., Katsura, S., Nagamachi, K., Tanaka, H., Ohiraki, H., Yamada, K., Seo, S., Abo, M., Yoshimura, E., Shinozaki, K. and Yamaguchi-Shinozaki, K. (2013). Osmotic stress responses and plant growth controlled by potassium transporters in *Arabidopsis*. *The Plant Cell*, 25(2): 609-624.

Pachiyappan, R., and Saravannan, K. (2016). Studies on genetic variability and correlation for fruit yield and fruit quantity characters of okra.

Patel, J. J., Mangroliya, R. M., and Patel, N. A. (2022). Effect of Seaweed Extracts on Growth, Yield, and Quality of Fruit Crops: A Review. *International Journal of Environment and Climate Change*, 12(11), 2001-2009.

Pillimue, G. A., Marín, N. B., y de Cantillo, S. H. (1998). Determinación de deficiencias de elementos mayores en plántulas de tomate de árbol *Solanum betacea* sinónimo, *Cyphomandra betacea* (cav) sendt. *Acta Agronómica*, 48(3-4), 62-67.

Quijada, O. (1999). Efecto de la aplicación de tres dosis de nitrato de potasio y el número de aplicaciones sobre la floración del mango Haden en la planicie de Maracaibo. *Revista Facultad Agronomía*, 16(4), 414-424.

Quimica, F. (2017). *Formulacion Quimica*. Obtenido de <http://www.formulacionquimica.com/KNO3/> Consultado 9 de Diciembre 2024.

Rose, M. T., Patti, A. F., Little, K. R., Brown, A. L., Jackson, W. R., y Cavagnaro, T. R. (2014). Un metanálisis y una revisión de la respuesta del crecimiento de las plantas a las sustancias húmicas: implicaciones prácticas para la agricultura. DS Sparks (Ed.) , *Avances en Agronomía*, 124, 37-89.

Rayorath, P., Jithesh, M. N., Farid, A., Khan, W., Palanisamy, R., Hankins, S. D., ... and Prithiviraj, B. (2008). Rapid bioassays to evaluate the plant growth promoting activity of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. using a model plant, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *Journal of applied phycology*, 20, 423-429.

Rouphael, Y., De Micco, V., Arena, C., Raimondi, G., Colla, G., and De Pascale, S. (2017). Effect of *Ecklonia maxima* seaweed extract on yield, mineral composition, gas exchange, and leaf anatomy of zucchini squash grown under saline conditions. *Journal of Applied Phycology*, 29, 459-470.

Saborío, F. (2002). Bioestimulantes en fertilización foliar. *Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones*, 107-126.

Sabir, A., Yazar, K., Sabir, F., Kara, Z., Yazici, M. A., and Goksu, N. (2014). Vine growth, yield, berry quality attributes and leaf nutrient content of grapevines as

influenced by seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) and nanosize fertilizer pulverizations. *Scientia Horticulturae*, 175, 1-8.

Sariñana-Aldaco, O., Benavides-Mendoza, A., Juarez-Maldonado, A., Robledo-Olivo, A., Rodríguez-Jasso, R. M., Preciado-Rangel, P., y Gonzalez-Morales, S. (2021). Efecto de extractos de *Sargassum* spp. en el crecimiento y antioxidantes de plántulas de tomate. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 8(2).

Schiavon, M., Pizzeghello, D., Muscolo, A., Vaccaro, S., Francioso, O., and Nardi, S. (2010). High molecular size humic substances enhance phenylpropanoid metabolism in maize (*Zea mays* L.). *Journal of chemical ecology*, 36, 662-669.

Shi-lin, D. (2005). Research progress on relationship between potassium nutrition and photosynthesis physiology and fruit quality of fruit trees. *Guangdong Agricultural Sciences*,

SIAP. 2024. Calabacitas tiernas... para el tradicional platillo a la mexicana. <https://www.gob.mx/siap/es/articulos/calabacitas-tiernas-para-el-tradicional-platillo-a-la-mexicana?idiom=es> Consultado 9 diciembre 2024.

Statista. 2023. Volumen anual de producción de calabacines en el mundo entre 2012 y 2021. <https://es.statista.com/estadisticas/529558/producciones-de-calabacines-en-el-mundo/>. Consultado 9 diciembre 2024.

Tavakol, E., Jákli, B., Cakmak, I., Dittert, K., Karlovsky, P., Pfohl, K., and Senbayram, M. (2018). Optimized potassium nutrition improves plant-water-relations of barley under PEG-induced osmotic stress. *Plant and Soil*, 430, 23-35.

Townsend, J. R., Kirby, T. O., Sapp, P. A., Gonzalez, A. M., Marshall, T. M., and Esposito, R. (2023). Nutrient synergy: Definition, evidence, and future directions. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1279925.

Traon, D., Laurence, A., Ferdinand, Z., & Du Jardin, P. (2014). Un marco legal para bioestimulantes vegetales y aditivos para fertilizantes agronomicos en la EU. Informe para la Direccion General de Empresa e industria de la comision Europea

Thompson, L. M., Troeh, F. R. (1990). Los suelos y su fertilidad. Reverté

Wang, Y. Z., Zhang, H. P., Huang, X. S., Wang, J. Z., Cheng, R., Chen, G. D., et al., (2017). Effect of potassium supply on plant potassium distribution and growth and leaf photosynthetic capacity of *Pyrus pyrifolia*. *J. Nanjing Agric. Univ.* 40,60-67.

Yadav, M. K., Ram, C. N., Yadav, G. C., Maurya, N., and Prasad, D. (2019). Character association and path analysis in tomato (*Solanum lycopersicon* [Mill.] Wettstd.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(1), 1323-1325.

Yagmur, B., and Gunes, A. (2021). Evaluation of the effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and quality parameters of tomato plants in organic agriculture by principal component analysis (PCA). *Gesunde Pflanzen*, 73(2), 219-228.

Yakhin, O. I., Lubyantsev, A. A., Yakhin, I. A., and Brown, P. H. (2017). Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in plant science*, 7, 2049.

Yao, Y., Wang, X., Chen, B., Zhang, M., y Ma, J. (2020). Seaweed extract improved yields, leaf photosynthesis, ripening time, and net returns of tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.). *ACS omega*, 5(8), 4242-4249.

YARA. 2024. Función del potasio en la producción de tomate.: <https://www.yara.com.mx/>. Consultado 9 diciembre 2024.

Zhang, F., Niu, J., Zhang, W., Chen, X., Li, C., Yuan, L., and Xie, J. (2010).
Potassium nutrition of crops under varied regimes of nitrogen supply. *Plant and soil*,
335, 21-34.

