



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2024,
Volumen 8, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1

ASCOPHYLLUM NODOSUM Y NITRATO DE CALCIO COMO BIOESTIMULANTES EN EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DE CULTIVO DE TOMATE

**ASCOPHYLLUM NODOSUM AND CALCIUM NITRATE AS
BIOSTIMULANTS IN THE DEVELOPMENT AND
PERFORMANCE OF TOMATO**

Raúl Morales-Meléndez

Univesidad Autonoma Agraria Antonio Narro, México

Amayrani Arroyo-Ramírez

Univesidad Autonoma Agraria Antonio Narro, México

Neymar Camposeco-Montejo

Univesidad Autonoma Agraria Antonio Narro, México

Alonso Méndez-López

Univesidad Autonoma Agraria Antonio Narro, México

Mari Carmen López-Pérez

Univesidad Autonoma Agraria Antonio Narro, México

Ascophyllum Nodosum y Nitrato de Calcio como Bioestimulantes en el Desarrollo y Rendimiento de Cultivo de Tomate

Raúl Morales-Meléndez¹

rqaulmorales@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6757-9251>

Univesidad Autonoma Agraria Antonio Narro
México

Amayrani Arroyo-Ramírez

ing.arroyoca@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6550-7193>

Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro
México

Neymar Camposeco-Montejo

neym_33k@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0638-2452>

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
México

Alonso Méndez-López

alonso1977@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4356-0409>

Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro
México

Mari Carmen López-Pérez

mcloper@outlook.com

<https://orcid.org/0000-0002-7694-5102>

Universidad Estatal de Sonora
México

RESUMEN

La agricultura mundial se enfrenta a la demanda de alimentaria debido al crecimiento de la población, por otro lado, los cultivos se ven afectados por una serie de factores ambientales. Ante estas problemáticas se han buscado alternativas que puedan frenar los efectos del estrés y mejoren la actividad fisiológica, además de que favorezca en la mejora de la calidad de los frutos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de bioestimulantes en plantas de tomate desarrolladas bajo la condición de campo abierto, se diseñó un experimento bloques al azar. Se aplicó 1g L^{-1} de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y extractos de algas (*Ascophyllum nodosum*) (An) a 500mg L^{-1} y a 2500mg L^{-1} (3 aplicaciones con intervalos de 15 días) vía foliar durante el ciclo del cultivo se tomó variables del tipo vegetativo, variables de calidad de fruto. La aplicación de An obtuvo un incremento significativo en las variables Altura y diámetro de tallo, por otro lado, la aplicación de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ en combinación con An mejoró de manera significativa la calidad de frutos de tomate. La aplicación de extractos de algas del *Ascophyllum nodosum* en combinación de un mineral como es el nitrato de calcio de forma foliar, favorece a la activación metabólica de las plantas ayudando a la regulación, mitigando cualquier tipo de estrés que se presente, reflejando así, los efectos positivos que forman parte de una biostimulación generada por el calcio, este elemento mejora la calidad y la firmeza en los tejidos vegetales. El *Ascophyllum nodosum* es un precursor del metabolismo secundario, puede activar el mecanismo de defensa apoyando a la mitigación del estrés y aumenta las propiedades organolépticas de las plantas.

Palabras clave: bioestimulantes, calidad, fruto, vegetal

¹ Autor principal.

Correspondencia: rqaulmorales@gmail.com

Ascophyllum Nodosum And Calcium Nitrate as Biostimulants in the Development and Performance of Tomato

ABSTRACT

World agriculture is facing food demand due to population growth, on the other hand, crops are affected by a number of environmental factors. Faced with these problems, alternatives have been sought that can curb the effects of stress and improve physiological activity, in addition to favoring the improvement of the quality of the fruits. The objective of this research was to evaluate the effect of biostimulants in tomato plants developed under the condition of open field, a random blocks experiment was designed. 1g L⁻¹ of Ca (NO₃)₂ and extracts of algae (*Ascophyllum nodosum*) (An) were applied at 500mg L⁻¹ and at 2500 mg L⁻¹ (3 applications with 15-day intervals) foliar route during the crop cycle Vegetative type variables were taken, fruit quality variables. The application of An obtained a significant increase in the variables Height and stem diameter, on the other hand, the application of Ca (NO₃)₂ in combination with An significantly improved the quality of tomato fruits. The application of algae extracts of *Ascophyllum nodosum* in combination with a mineral such as calcium nitrate in foliar form, favors the metabolic activation of plants, helping regulation, mitigating any type of stress that may arise, thus reflecting the positive effects that are part of a biostimulation generated by calcium. This element improves the quality and firmness of plant tissues. *Ascophyllum nodosum* is a precursor of secondary metabolism, can activate the defense mechanism supporting stress mitigation and increases the organoleptic properties of plants.

Keywords: biostimulants, quality, fruit, vegetable

Artículo recibido 20 diciembre 2023
Aceptado para publicación: 22 enero 2024



INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el mundo enfrenta una serie de problemáticas que amenazan nuestros recursos naturales debido al incremento de la población humana, esto ha provocado una creciente demanda en la producción agroalimentaria, otros factores que disminuyen la tasa de producción agrícola mundial son; cambio climático, plagas y enfermedades, lo que derivó en la búsqueda de nuevas tecnologías y alternativas que potencialicen el crecimiento, desarrollo y productividad de plantas (Castro, 2017). En respuesta a esta necesidad, los bioestimulantes han ganado terreno en el mercado ya que poseen propiedades que cumplen con los principios de sostenibilidad (Calvo et al. 2014), además de ofrecer un enfoque novedoso en la regulación o modificación de los procesos fisiológicos en las plantas para estimular crecimiento, mitigar limitaciones por estrés y mejorar el rendimiento (Yakhym, et al. 2017). Este tipo de productos pueden contener sustancias o microorganismos, los cuales pueden ser aplicadas sobre la superficie del follaje, vía riego o bien inoculados vía drench para estimular los procesos fisiológicos y moleculares y así mejorar la absorción de nutrientes y la tolerancia al estrés en el cultivo (Du Jardín 2015; Bulgari et al. 2015; Van Oosten et al. 2017). Se ha reportado que los extractos de algas marinas procedentes de *Ascophyllum nodosum* son fuentes de compuestos bioactivos los cuales contienen compuestos fenólicos como florotaninos que son los únicos polisacáridos, es decir, ácido algínico (28%), fucoidanos (11.6%), manitol (7.5%) y laminarina (4.5%) (Yuan y Macquarrie, 2015; Moreira et al. 2017), estos componentes generan distintas respuestas como tolerancia al estrés por mencionar alguna, esto conlleva a ciertas modificaciones metabólicas como fisiológicas a la larga esto puede ocasionar altos rendimientos, se ha señalado que el los extractos de *Ascophyllum nodosum* contienen sustancias que promueven el crecimiento de las plantas de los cuales destacan auxinas, citoquininas, betaínas, giberelinas de origen orgánico, también pueden contener amino ácidos, macronutrientes y oligoelementos que mejoran el rendimiento y la calidad de las plantas (Sathya et al. 2013).

Los efectos positivos en el proceso metabólico que esta alga proporciona en las plantas se han reflejado en el incremento del rendimiento (Ali et al. 2016; Mattner et al. 2018). mejoran la tasa fotosintética, incrementan grosor de tallo, longitud del botón floral y en consecuencia la productividad (Medjdoub, 2020). También mejoran las tasas de germinación de semillas y vigor de las plántulas, crecimiento y



rendimiento de cultivos (Ali et al. 2016, Arioli et al. 2015).

Cabe remarcar que la aplicación de algunos nutrimentos puede incrementar la eficiencia de los bioestimulantes, ya que existe una sinergia entre los nutrimentos y algún bioestimulante que contribuye al desarrollo de los cultivos (Valverde-Lucio et al., 2020).

En este sentido, el calcio es un elemento que contribuye a las funciones fisiológicas de las plantas, algunas de ellas son que, mantiene la turgencia celular, firmeza de los tejidos y el retardo de catabolismo de lípidos de membrana y como consecuencia se amplía la vida de almacenamiento de los productos hortofrutícolas frescos con buenas condiciones de calidad (Pérez y Quintero, 2015).

La aplicación de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ con otros cofactores permite el rendimiento y atributos de calidad de los frutos y en consecuencia mayores beneficios económicos (Cardona 2017). Los requerimientos de Ca en la zona de fructificación son considerablemente superiores a los requeridos para el crecimiento vegetativo, por lo tanto, aplicaciones de este elemento favorecen su absorción en frutos en formación y crecimiento (Morla et al. 2016).

El $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ es una fuente convencional de Ca muy utilizado y se caracteriza por una baja solubilidad y alta dependencia del agua (Morla et al. 2016). Las aplicaciones foliares de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ presentan diferencias en la calidad del fruto, de igual manera trae resultados favorables ya que incrementa el número de frutos, colocando a este como un bioestimulante que participa en el rendimiento y en la calidad de frutos (Berdeja- Arbeu et al. 2016), estas aplicaciones fortalecen el porcentaje de frutos sanos, por lo que la vía foliar es una alternativa para suministrar calcio en condiciones adversas que provocan distintos tipos de estrés como el provocado por altas o bajas temperaturas, condiciones de baja radiación, que dificulten la absorción o el transporte de calcio hacia el fruto (Rodríguez-Mendoza et al. 2015). El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del calcio y *Ascophyllum nodosum* en el desarrollo vegetativo y la calidad en frutos de tomate desarrollados bajo la condición de campo abierto.

METODOLOGÍA

Desarrollo del experimento

La investigación se desarrolló en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Saltillo, Coahuila, ($100^\circ 59' 57''$ y $25^\circ 23' 42''$). el cual presenta un clima seco o



estepario con clasificación Bslhx^o (W) (E) W^o. Con temperatura media anual de 18.8 °C, con un promedio anual de precipitación de 340 mm.

Manejo del cultivo

Se utilizaron plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L) TJ-003 material experimental que se resguarda en el Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, de la UAAAN, las cuales fueron trasplantas a los 30 días después de la siembra. El cultivo se estableció en campo abierto, se utilizó el tutoreo tipo español en las plantas durante todo el ciclo del cultivo. El riego se llevó a cabo mediante un sistema de riego por goteo, por el cual se regó dos horas al día con un gasto por hora de 800ml. Para la fertilización se aplicó FERTIDRIP (20-30-10) + micronutrientes en seis ocasiones siendo a los 3 días después del trasplante la primera aplicación del fertilizante. Se realizó una aplicación de un programa de manejo integrado de plagas y enfermedades para el control de organismos bióticos indeseados.

Tratamientos

Se evaluaron dos productos: Ca(NO₃)₂ y extractos de alga (*Ascophyllum nodosum*), se realizaron tres aplicaciones foliares con intervalos de 15 días durante todo el ciclo del cultivo (Cuadro 1) en los cuales se consideraron los siguientes:

Tabla 1: Tratamientos considerados

Tratamientos	
T1Ca0 An0	Nitrato de calcio 0 <i>Ascophyllum nodosum</i> 0
T2 Ca 0 An 500 mg L ⁻¹	Nitrato de Calcio 0 <i>Ascophyllum nodosum</i> 500 mg L ⁻¹
T3 Ca0 An2500 mg L ⁻¹	Nitrato de Calcio 0 <i>Ascophyllum nosomun</i> 2500ppm
T4 Ca 1g An 0	Nitrato de calcio 1g <i>Ascophyllum nodosum</i> 0
T5 Ca 1g An 500 mg L ⁻¹	Nitrato de calcio 1g <i>Ascophyllum nodosum</i> 500 mg L ⁻¹
T6 Ca 1g An 2500mg L ⁻¹	Nitrato de calcio 1g <i>Ascophyllum nodosum</i> 2500 mg L ⁻¹ .

Variables evaluadas

Se evaluaron las variables de altura de planta (ALP) con un flexómetro Truper gripper de 3m, número de hojas (NH), grosor de tallo (GT) se realizó con un vernier digital Truper Modelo CALDI-6MP, la lectura se realizó en mm entre la hoja 4 y 5. Se contabilizó en número total de frutos (NTF) y se registró el peso total de frutos (PTF) en kilogramos por planta con una balanza digital Cobarcop modelo BCG,



se tomó la firmeza (FIR) en N con un penetrómetro digital Force gauge Modelo GY-4, Se obtuvieron los sólidos solubles totales (SST) con refractómetro ATAGO a temperatura ambiente (20°C). De acuerdo con la metodología propuesta por la A.O.A.C (1994), se tomaron 4 frutos de tomate por cada tratamiento se extrajo el jugo, se determinó el pH, conductividad eléctrica (CE) con la ayuda de un potenciómetro de la marca HANNA modelo H198130.. El diámetro polar fruto (DPF), diámetro ecuatorial fruto (DEF) se registraron con un vernier digital Truper Modelo CALDI-6MP, la lectura se cuantifico en mm, estos datos se tomaron con el fin de conocer su efecto en el desarrollo vegetativo de la planta y calidad de fruto.

Análisis estadístico

El diseño experimental se estableció como bloques completamente al azar, cada tratamiento consistió en cuatro repeticiones y cada repetición estaba formada por 8 plantas de tomate, teniendo 4 bloques y un total de 192 plantas. Los datos obtenidos fueron examinados mediante un análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y comparación de medias por el método de LSD Fisher ($p \leq 0.05$), para el análisis de los datos se utilizó el software INFOSTAT (2020) y las gráficas se desarrollaron bajo un programa de edición llamado Sigma Plot Versión 12.5.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables agronómicas

Los cuadrados medios del análisis de varianza para las variables agronómicas relacionadas con el crecimiento y desarrollo de planta se presentan en la tabla 2. Donde se encontraron diferencias significativas $p \leq 0.05$ entre tratamientos.

Tabla 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables agronómicas.

FV	GL	ALP (cm)	GT (mm)	NH	PTF (Kg)	NTF
MODELO	8	174.28*	1.14*	8.39*	4.36*	1106.92**
TRAT	5	203.56*	1.34*	2.59*	2.46*	1290.24**
BLOQUES	3	125.49*	0.81 ^{NS}	18.06*	7.48 ^{NS}	801.38*
ERROR	15	46.95	0.49	1.5	1.5	344.31
TOTAL	23					
C.V.		6.85	5.62	10.39	10.14	17.1

FV= Fuente de variación, C.V. Coeficiente de Variación, GL=Grados de Libertad, *=Significativo, **=Altamente Significativo, NS, No Significativo, ALP= Altura de Planta, GT=Grosor de Tallo, NH=Número de Hojas, PTF=Peso total de frutos, NTF=Número total de frutos.

Los extractos de algas a una concentración de 500 mg L⁻¹ indujeron mayor crecimiento en altura de

planta ya que superó en 26.4% al control, que no obtuvo aplicación de bioestimulantes, pero reflejó una similitud con el tratamiento 2500 mg L⁻¹, similar a la combinación Ca (NO₃)₂ 1g con 2500 mg L⁻¹ de extracto de alga, mismo que superó al control en 16.9% (figura 1a). Ali et al. (2019) indicaron que al aplicar extractos de *Ascophyllum nodosum* se incrementa la altura de planta de un 10 hasta 40%. También se puede destacar que con la aplicación de una concentración 500mg L⁻¹ de *Ascophyllum nodosum* se alcanza una altura mayor en las plantas (Mendonça, et al. 2019), también se ha reportado que, en el cultivo de soya, hubo un crecimiento del 12.68% al usar 500 mg L⁻¹ en comparación al control (Joshi-Paneri, et al. 2019). Los resultados obtenidos de Ghoname, et al. (2007) indican que una combinación de nitrato de calcio actúa de manera positiva, similar a lo observado en esta investigación. Sánchez et al. (2013) reportaron que existe una señalización de nitrato que controla el crecimiento de las plantas y su desarrollo, ya que se utilizan mecanismos moleculares que involucran las vías de señalización de fitohormonas como auxina, citoquinina y ácido abscísico. Así mismo en el grosor del tallo se apreció un incremento del 10.3% con en comparación al control, mientras que la combinación Ca (NO₃) 1g con An 2500 mg L⁻¹ supero al control en 7.5% (figura 1b). Al aplicar *Ascophyllum nodosum* a un porcentaje de 3% en combinación con una Fuente N, aumenta el grosor del tallo en hasta 25% superior al testigo (Stamatiadis et al. 2015). Este tipo de efecto se les atribuye a los extractos de algas, ya que participan en la activación de los reguladores de crecimiento, esta bioestimulación está relacionada con el crecimiento de las raíces que actúan en la absorción de minerales, lo cual conlleva a una respuesta en la mejora de la capacidad fotosintética y a la tolerancia al estrés (Khan et al. 2009). El modo de acción que se observó en una gramínea como el trigo, fue en la activación de citoquininas, la cual regula la productividad del amacollo y espigas mediante la movilización de nutrientes (Stamatiadis et al. 2015).

De acuerdo con el análisis de varianza, existe diferencia significativa en la variable número de hojas (cuadro 2), en el cual las plantas tratadas con An 2500mg L⁻¹ tiene un comportamiento similar a los tratamientos tratados con An 500 mg L⁻¹ y Ca (NO₃)₂ 2500mg L⁻¹, de esta manera se obtiene un incremento de 20.03% y 12.15% respecto al testigo (figura 1b). Al aplicar *Ascophyllum nodosum* se obtuvo un mayor número de hojas, las cuales tienen como función captar la energía lumínica y activar el metabolismo de las plantas (Ali, 2019) la aplicación de nitrato de calcio 120 mg kg⁻¹ al cultivo de



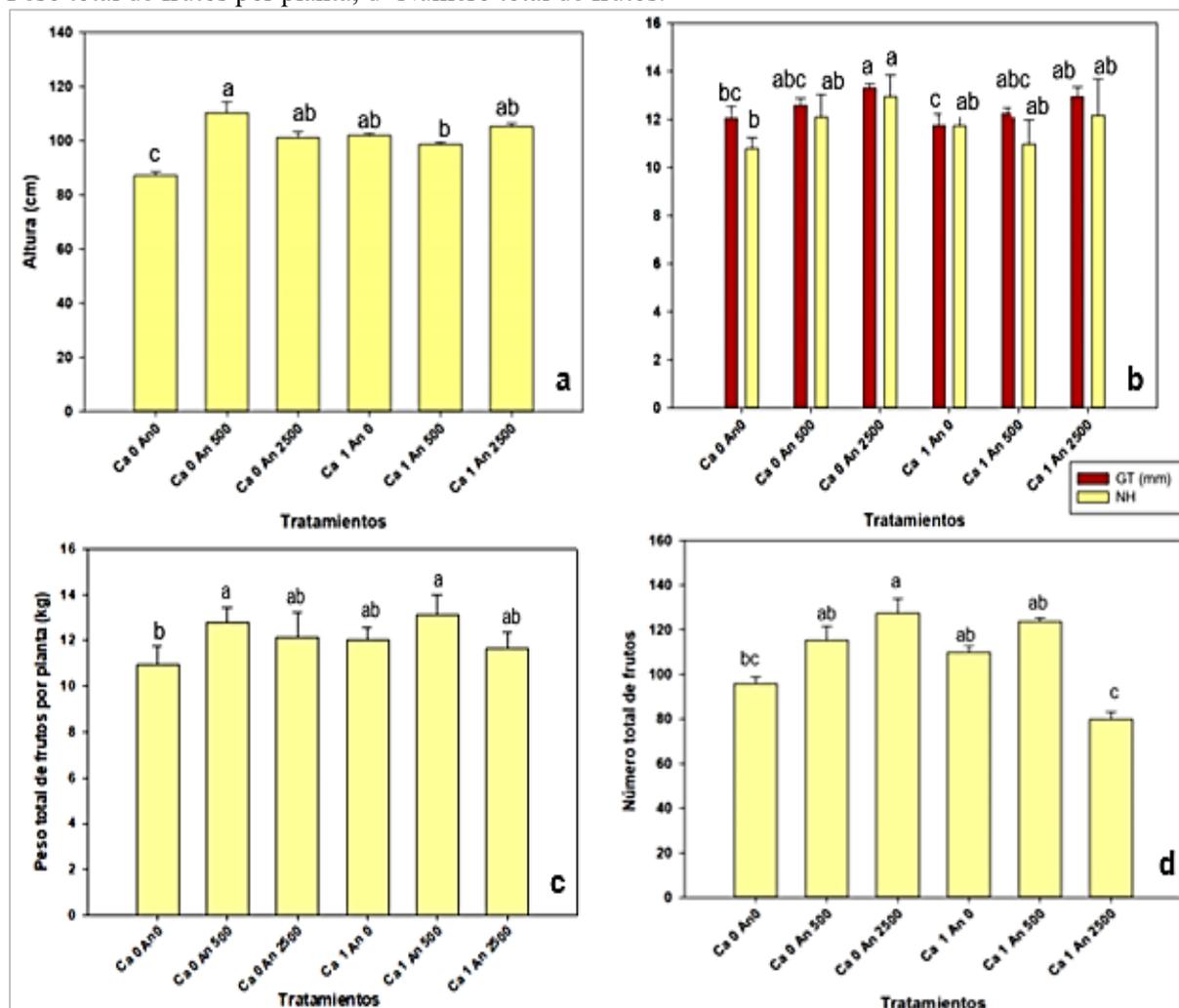
chile, aumento el número de hojas hasta un 71.05% en comparación al testigo (Akladios et al. 2018), se ha reportado también, que los tratamientos foliares con extracto de algas aumentaron la actividad nitrato reductasa y por ende el contenido de proteínas en hojas de berenjena, lo cual refleja un efecto positivo entre la aplicación combinada de estos dos productos (Ramya et al. 2015).

Para el peso total de frutos promedio por planta, se muestra diferencia significativa entre los tratamientos (cuadro 2). Ya que las plantas tratadas con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 0 An 500mg L^{-1} , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 0 An 2500 mg L^{-1} y $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1g An 500mg L^{-1} obtuvieron los mayores valores y en consecuencia, un incremento de 17.01%, 10.8% y 20.03% en comparación al testigo (figura 1c). estos resultados concuerdan con los reportado por Ali et al. (2016) donde se obtuvo que con la aplicación de *Ascophyllum nodosum*, el rendimiento por planta fue 53% superior al testigo. Se ha reportado también, que el tratamiento con el extracto también aumentó significativamente los rendimientos comercializables en un 8-19 % en el cultivo de fresa usando una dosis de 10 L Ha^{-1} (Mattner et al. 2018), también aumentan los rendimientos de berenjena que pueden ser superiores en 48% y 13%, en comparación con el control (Pohl et al. 2019), se ha demostrado documentado que la aspersión foliar con extractos de algas aceleran el desarrollo vegetativo, floración, fructificación en el cultivo de berenjena (Ramya et al. 2015).

Para la variable número de frutos se observa que existe diferencias significativas entre tratamientos, por consecuente la aplicación foliar de extractos de algas a concentraciones de 500mg L^{-1} y 2500 mg L^{-1} con y sin la combinación de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ manifestaron un incremento en el número de frutos del 20.3%, 32.89% y 28.9% (figura 1). Los extractos de *Ascophyllum nodosum* regula las actividades biofisiológicas, que mantienen una mayor actividad fotosintética de las hojas de tomate, lo que resulta en un aumento de la productividad de fotosintatos los cuales se ven reflejados en aumento de numero frutos (Khan et al. 2009; Van Oosten et al. 2017).



Figura 1. Graficas variables vegetativas a=Altura; b=GT grosor de tallo y NH número de hojas; c= Peso total de frutos por planta; d=Número total de frutos.



Variables de calidad de fruto

Con respecto al diámetro polar fruto (DPF) y Diámetro ecuatorial fruto (DEF), se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 3).

Tabla 3. Cuadros medios del análisis de varianza para las variables calidad de fruto.

FV	GL	DPF (mm)	DEF (mm)	FIR(N)	SST	pH	CE (mScm ⁻¹)
Modelo	8	149.36*	187.33**	10.85*	0.23*	0.75*	2.13**
Trat	5	236.6*	298.17**	12.1*	0.25*	1.16*	3.38**
Bloques	3	3.96 ^{NS}	2.6 ^{NS}	8.76*	0.19 ^{NS}	0.07 ^{NS}	0.03 ^{NS}
Error	15	19.55	18.26	2.7	0.13	0.19	0.06
Total	23						
C.V.		6.77	6.65	9.5	10.42	10.49	13.01

FV= Fuente de variación, C.V. Coeficiente de Variación, GL=Grados de Libertad, *=Significativo, **=Altamente Significativo, NS = No Significativo, DPF= Diámetro Polar de Fruto, DEF= Diámetro Ecuatorial de Fruto, FIR=Firmeza, SST=Solido Solubles Totales, pH=Potencial Hidrogeno, CE=Conductividad eléctrica.

En la variable de diámetro polar y diámetro ecuatorial de fruto, se obtuvieron resultados positivos en los tratamientos donde se trataron con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1g An 0, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1g An 500mg L^{-1} , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1g An 2500mg L^{-1} , en la segunda se obtuvieron resultados superiores al control en 21.73%, 30.34%, 20.55% respectivamente, mientras que en la primera fueron superiores en 33.88%, 25.88%, 30.4% (figura 2). El $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ contribuye al incremento del tamaño del fruto debido a que el calcio es un componente esencial en las paredes celulares y tiene también un efecto directo sobre los sistemas enzimáticos, actividad de fitohormonas y la absorción de nutrientes (Martínez-Martínez et al. 2013).

En la variable Firmeza el análisis de varianza arroja diferencia significativa en los tratamientos (Cuadro 2), en donde los resultados favorecieron a todos los tratamientos donde se hizo la aplicación de extracto de algas y $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, ya sea en combinación o por sí solos, y superan al control en 19.97% hasta 36.4% (Figura 2). Una de las principales causas de pérdida de firmeza en frutos es la actividad de enzimas, donde se hidrolizan los polisacáridos estructurales y de reserva, además, con la aplicación de extractos de algas se mitigan los efectos de las especies reactivas de oxígeno, de esta manera se incrementa la vida de anaquel de los frutos (Kades y Yahia et al., 2011). Paiva et al. (2020) reportó que al usar 40 ml L^{-1} de extractos de algas aumento la firmeza de los frutos de fresa 5.11%.

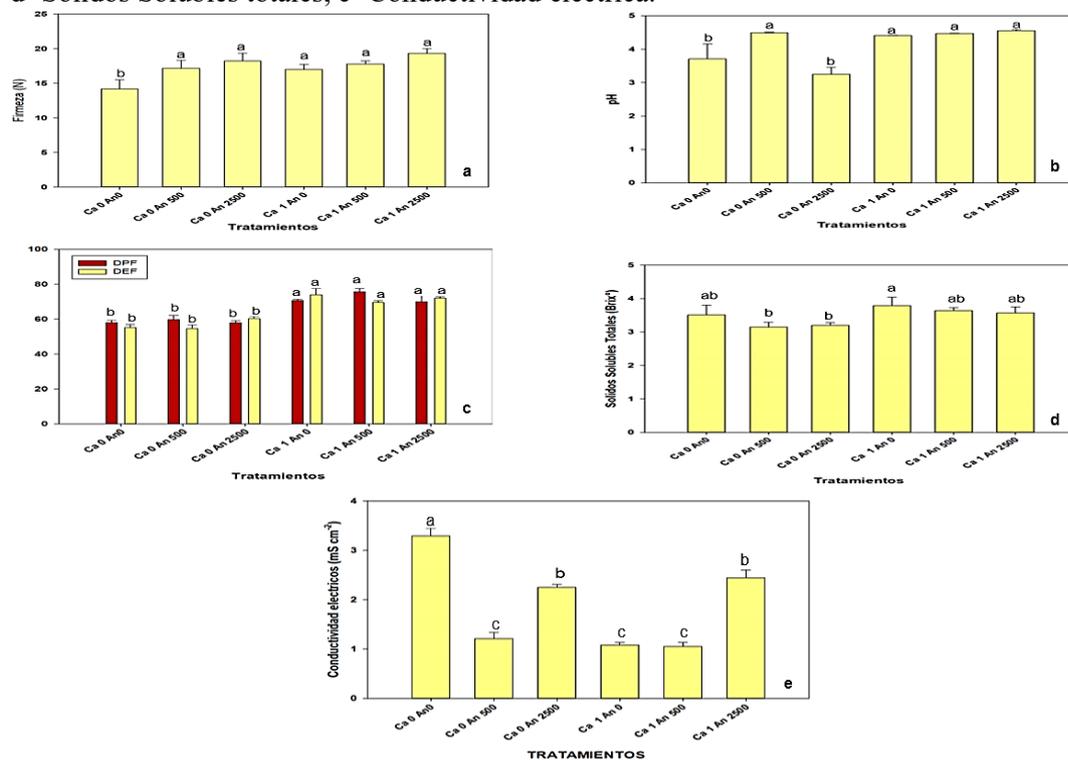
En la variable sólidos solubles totales se observó una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos probados (Cuadro 2), la aplicación de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1g An 0, obtuvo un incremento del 7.9% lo que muestra que, para contribuir a la firmeza del fruto se recomendaría la aplicación de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ vía foliar, y así, favorecer a los sólidos solubles totales del fruto de tomate (Figura 2), lo que permite suponer, que las aplicaciones de calcio, en pequeñas cantidades afectan la calidad de los frutos, pues les permite llegar a los valores establecidos por la norma (Báez-Sañudo y Bringas, 1995). Las aplicaciones de calcio a una dosis alta favorecen a la calidad de los frutos (Pérez y Quintero et al. 2020). Estudios realizados por Zhang et al. (2019) en pimiento morrón reportaron que el contenido de sólidos solubles aumentaron un 9.1% con una aplicación de 75mg L^{-1} de nitrato calcio. La aplicación foliar de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ afectó positivamente en la producción de *Berberis vulgaris* L, con un incremento del 21.61% respecto al testigo (Hosseini et al. 2021).

En la variable pH presentó diferencia significativa entre los tratamientos (cuadro 2). Ya que los tratamientos $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 0 An 500 mg L^{-1} , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1 An 0, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1 An 500 mg L^{-1} y $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

1 An 2500mg L⁻¹ superaron al control en 21.02%, 18.86%, 20.48% y 22.64% (Figura 2). La aplicación de Bioestimulantes estabilizaron los niveles del pH de las plantas, esto puede ser atribuido al efecto bioestimulante que modifica sus diferentes procesos metabólicos (Torres et al. 2019), también se ha reportado que la aplicación Ca (NO₃)₂ baja los niveles del pH Hosseini, et al. (2021). En esta investigación se reportó un incremento en el pH presente en los frutos de tomate. En el cultivo de uva se ha reportado un aumento con la aplicación de extractos de *Ascophyllum nodosum* manifestado porcentaje que va del 7% (Salvi et al., 2019).

En cuanto en la conductividad eléctrica, el análisis de varianza muestra diferencia altamente significativa (Cuadro 2), donde se vieron favoreciendo los tratamientos con la aplicación de Ca (NO₃)₂ 0 An 500mg L⁻¹, Ca (NO₃)₂ 1g An 0, Ca (NO₃)₂ 1 An 500mg L⁻¹ mismos que fueron inferiores al control en 63.2%, 67.1%, 68.08% (Figura 2), dichos resultados se le atribuyen a una dosis baja de extractó de algas, que incluso cuando se usa nitrato de calcio y dosis baja de extracto de algas, se obtienen los mejores resultados. *Ascophyllum nodosum* es un bioestimulante que a pequeñas dosis incentivan a la planta a producir sus propias hormonas, contribuyen en la absorción y translocación de nutrientes presentes en el suelo (Saeger,2020).

Figura 2. Variables calidad de fruto: a=DPE diámetro polar, DPP Diámetro polar; b=Firmeza; c=pH; d=Solidos Solubles totales, e=Conductividad eléctrica.



CONCLUSIONES

La aplicación de extractos de algas procedentes de *Ascophyllum nodosum* en combinación del un mineral como es el nitrato de calcio de manera foliar, puede ayudar a la activación metabólica de las plantas ayudando a la mitigación de cualquier tipo de estrés que se presente, reflejando así, los efectos positivo de una biostimulación generada por el calcio, este elemento mejora la calidad y la firmeza en los tejidos vegetales, así como las características organolépticas, de manera fisiológica activa la síntesis y formación de moléculas complejas como la celulosa y pectinas, las cuales son importantes para la pared celular primaria trayendo como consecuencia una resistencia en los tejidos. El *Ascophyllum nodosum* es un precursor del metabolismo secundario que puede activar el mecanismo de defensa donde se puede ver reflejado la mitigación del estrés y aumenta las propiedades organolépticas de las plantas. La aplicación de los extractos de algas de *Ascophyllum nodosum* en combinación con una fuente mineral como el nitrato de calcio, puede traer efecto positivo en el desarrollo agronómico de las plantas de tomate, la dosis alta de extractos de algas promovió un comportamiento positivo, el cual indujo a un aumento al grosor del tallo y además un mayor número de hojas y en consecuencia en el rendimiento. Con respecto a la calidad de los frutos las variables evaluadas demostraron también un buen resultado en el uso de las fuentes minerales como nitrato de calcio combinado con extracto de algas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abdel, A.M.R., Tantaway, A.S., Hafez, M.M. & Habib, H.A.M., 2010, 'Seaweed Extract Improves Growth, Yield and Quality of Different Watermelon Hybrids', *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6(2), 161–168.
- Akladios, S. A., & Mohamed, H. I. (2018). Ameliorative effects of calcium nitrate and humic acid on the growth, yield component and biochemical attribute of pepper (*Capsicum annuum*) plants grown under salt stress. *Scientia Horticulturae*, 236, 244-250.
- Ali, N., Farrell, A., Ramsubhag, A. & Jayaraman, J., 2016, 'The effect of *Ascophyllum nodosum* extract on the growth, yield and fruit quality of tomato grown under tropical conditions', *Journal of Applied Phycology*, 28(2), 1353–1362.
- Ali, O., Ramsubhag, A. & Jayaraman, J., 2019, 'Biostimulatory activities of *Ascophyllum nodosum* extract in tomato and sweet pepper crops in a tropical environment', *PLoS ONE*, 14(5), 1–19.



- Arioli, T., Mattner, S.W. & Winberg, P.C., 2015, 'Applications of seaweed extracts in Australian agriculture: past, present and future', *Journal of Applied Phycology*, 27(5), 2007–2015.
- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC), 1994. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Vols. I & II, Association of Analytical Chemists, Arlington.
- Báez-Sañudo, R. y E. Bringas T. 1995. Elaboración de la norma mexicana de calidad para el mango fresco y su aplicación. *Proc. Interam. Soc. Trop. Hort.* 39: 127-140
- Berdeja-Arbeu, R., Hernández-Sayago, K., Salazar-Sandoval, R.I., Vázquez-Cruz, F., Méndez-Gómez, J. & Moreno-Velázquez, D., 2016, 'Aspersiones foliares con nitratos en lima "Persa"', *Acta Agrícola y pecuaria*, 2 (3), 72–77.
- Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A., Vernieri, P. & Ferrante, A., 2015, 'Biostimulants and crop responses: A review', *Biological Agriculture and Horticulture*, 31(1), 1–17.
- Calvo, P., Nelson, L. & Kloepper, J.W., 2014, 'Agricultural uses of plant biostimulants', *Plant and Soil*, 383(1–2), 3–41.
- Castro-Restrepo, D., 2017, 'Nanotecnología en la agricultura', *Bionatura*, 2(3), 384–389.
- Cardona, W. A. (2017). Requerimientos nutricionales (nitrógeno, fósforo, potasio y calcio) en etapa vegetativa y reproductiva de un cultivo de mora (*Rubus glaucus* Benth.), ubicado en el municipio de Silvania (Cundinamarca). *Escuela de Posgrados*.
- Craigie, J.S., 2011, 'Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture', *Journal of Applied Phycology*, 23(3), 371–393.
- Crouch, I.J. & Staden, J. Van, 2016, 'Commercial Seaweed Products as Biostimulants in Horticulture Commercial Seaweed Products as Biostimulants in Horticulture', *Journal of Home & Consumer Horticulture*, 4682(1:1), 19–76.
- de Mendonça Júnior, A. F., dos Santos Rodrigues, A. P. M., Júnior, R. S., Negreiros, A. M. P., Bettini, M. O., Freitas, C. D. M., & Gomes, T. R. R. (2019). Seaweed Extract *Ascophyllum nodosum* (L.) on the growth of watermelon plants. *Journal of Experimental Agriculture International*, 1-12.



- Du Jardin, P. (2015). Plants biostimulants: Definition, concept, main categories, and regulation. *Scientia horticulturae* (196), 3-14
- Ghoname, A., Fawzy, Z. F., El-Bassiony, A. M., Riadand, G. S., & Abd El-Baky, M. M. H. (2007). Reducing onion bulbs flaking and increasing bulb yield and quality by potassium and calcium application. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 1(4), 610-618.
- Espinosa-Antón, A. A., Hernández-Herrera, R. M., & González González, M. (2021). Potencial de las macroalgas marinas como bioestimulantes en la producción agrícola de Cuba. *Centro Agrícola*, 48(3), 81-92.
- Hidangmayum, A. & Sharma, R., 2017, '6-4-99-800', 6(4), 658–663.
- Hosseini, A., Moradinezhad, F., Khayyat, M., & Aminifard, M. H. (2021). Influence of foliar application of calcium nitrate and potassium nitrate on qualitative and quantitative traits of seedless barberry (*berberis vulgaris* L.). *Erwerbs-Obstbau*, 63(2), 151-161.
- Joshi-Paneri, J., Chamberland, G. & Donnelly, D., 2020, 'Effects of chelidonium majus and ascophyllum nodosum extracts on growth and photosynthesis of soybean', *Acta Agrobotanica*, 73(1), 1–6.
- Khan, W., Rayirath, U., Subramanian, S., Jithesh, M., Rayorath, P., Hodges, D.M., Critchley, A.T., Craigie, J.S., Norrie, J. & Prithiviraj, B. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation* 28: 386–399.
- Klarzynski, O., Descamps, V., Plesse, B., Yvin, J.C., Kloareg, B. & Fritig, B., 2003, 'Sulfated fucan oligosaccharides elicit defense responses in tobacco and local and systemic resistance against tobacco mosaic virus', *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 16(2), 115–122.
- Martínez-Martínez, L., Velasco-Velasco, V.A., Ruiz-Luna, J., Enríquez-del Valle, J.R., Campos Ángeles, G.V. & Montaña Lugo, M.L., 2013, 'Efecto del nitrato de calcio y sustratos en el rendimiento del tomate', *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (6), 1175–1184.
- Mattner, S.W., Milinkovic, M. & Arioli, T., 2018, 'Increased growth response of strawberry roots to a commercial extract from *Durvillaea potatorum* and *Ascophyllum nodosum*', *Journal of Applied Phycology*, 30(5), 2943–2951.



- Moreira, R., Sineiro, J., Chenlo, F., Arufe, S., & Díaz-Varela, D. (2017). Aqueous extracts of *Ascophyllum nodosum* obtained by ultrasound-assisted extraction: effects of drying temperature of seaweed on the properties of extracts. *Journal of Applied Phycology*, 29(6), 3191-3200.
- Morla, F., Cerioni, G., Giayetto, O. & Fernandez, E.M., 2016, 'Fertilización Cálctica Con Nitrato De Calcio Y Rendimiento De Maní En La Región Manisera De Córdoba', *XXV Congreso Argentino de la Ciencia de Suelo At: Río Cuarto, Córdoba, Argentina*, (July), 1.
- Paiva, K. D., Martins, F. A., dos Santos, T. A., Rezende, D. C., Boas, B. M. V., & Xavier-Mis, D. M. (2020). *Ascophyllum Nodosum* seaweed extract as an alternative for control of post-harvest soft rot in strawberries. *Brazilian Journal of Development*, 6(3).
- Pérez, A. R., & Quintero, E. M. (2015). Funciones del calcio en la calidad poscosecha de frutas y hortalizas: una revisión. *Alimentos hoy*, 23(34), 13-25.
- Pohl, A., Grabowska, A., Kalisz, A. & Şekara, A., 2019, 'The eggplant yield and fruit composition as affected by genetic factor and biostimulant application', *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(3), 929–938.
- Ramya, S. S., Vijayanand, N., & Rathinavel, S. (2015). Foliar application of liquid biofertilizer of brown alga *Stoechospermum marginatum* on growth, biochemical and yield of *Solanum melongena*. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 4(3), 167-173.
- Rodríguez-Mendoza, M. N., Baca-Castillo, G., García-Cué, J. L., & Urrieta-Velázquez, J. A. (2015). Aclareo de frutos y aspersiones foliares de calcio y miel de abeja sobre la calidad de tomate tipo costilla. *Revista fitotecnica mexicana*, 38(2), 197-204.
- Sánchez, Z. G. (2013). Caracterización molecular y funcional de NRT1 de *Chlamydomonas* y su relación con otros transportadores de nitrato/nitrito (Doctoral dissertation, Universidad de Córdoba).
- Saeger, J. De, Praet, S. Van, Vereecke, D., Park, J., Jacques, S., Han, T. & Depuydt, S., 2020, 'Toward the molecular understanding of the action mechanism of *Ascophyllum nodosum* extracts on plants', *Journal of Applied Phycology*, 32(1), 573–597.



- Salvi, L., Brunetti, C., Cataldo, E., Niccolai, A., Centritto, M., Ferrini, F., & Battista, G. (2019). Plant Physiology and Biochemistry Effects of *Ascophyllum nodosum* extract on *Vitis vinifera*: Consequences on plant physiology, grape quality, and secondary metabolism. *Plant Physiology and Biochemistry*, 139(November 2018), 21–32
- Sathya, R., Kanaga, N., Sankar, P., & Jeeva, S. (2017). Antioxidant properties of phlorotannins from brown seaweed *Cystoseira trinodis* (Forsskål) C. Agardh. *Arabian Journal of Chemistry*, 10,S2608-S2614.
- Stamatiadis, S., Evangelou, L., Yvin, J. C., Tsadilas, C., Mina, J. M. G., & Cruz, F. (2015). Responses of winter wheat to *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. extract application under the effect of N fertilization and water supply. *Journal of applied phycology*, 27(1), 589-600.
- Torres, b. S. O., torres, ó. B., & peña, e. P. (2019). Producción y caracterización de bioestimulantes para la producción agrícola a partir de residuos locales. *Anfei digital*, (11).
- Valverde-Lucio, Y., Moreno-Quinto, J., Quijije-Quiroz, K., Castro-Landín, A., Merchán-García, W. & Gabriel-Ortega, J., 2020, ‘Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo del café (*Coffea arabica* L)’, *Journal of the Selva Andina Research Society*, 11(1), 18–28.
- Van Oosten, M. J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S., & Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(1), 1–12.
- Yakhin, O. I., Lubyantsev, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in plant science*, 7, 2049.
- Yuan, Y., & Macquarrie, D. (2015). Microwave assisted extraction of sulfated polysaccharides (fucoidan) from *Ascophyllum nodosum* and its antioxidant activity. *Carbohydrate polymers*, 129, 101-107
- Zhang, J., Lv, J., Dawuda, M. M., Xie, J., Yu, J., Li, J., & Gan, Y. (2019). Appropriate ammonium-nitrate ratio improves nutrient accumulation and fruit quality in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Agronomy*, 9(11), 683.

