

# Suplementación nutricional del tomate con el alga marina (*Ascophyllum nodosum*)

## Nutritional supplementation of tomato with the marine algae (*Ascophyllum nodosum*)

Daniela Blanch-Bermúdez<sup>1</sup>, Rubén Calderón–Cerdas<sup>2</sup>

---

Fecha de recepción: 29 de junio, 2025  
Fecha de aprobación: 18 de octubre, 2025

Blanch-Bermúdez, D; Calderón–Cerdas, R. Suplementación nutricional del tomate con el alga marina (*Ascophyllum nodosum*). *Tecnología en Marcha*. Vol. 39 Nº 2. Abril-Junio, 2026. Pág. 63-73.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v39i2.8006>



- 1 Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Agronegocios, Cartago, Costa Rica.  
 [dani.blanchb@gmail.com](mailto:dani.blanchb@gmail.com)  
 <https://orcid.org/0009-0007-6559-331X>
- 2 Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Agronegocios, Cartago, Costa Rica.  
 [racalderon@itcr.ac.cr](mailto:racalderon@itcr.ac.cr)  
 <https://orcid.org/0000-0002-2791-0106>

## Palabras clave

Nutrición vegetal, fertirriego, *Ascophyllum nodosum*, tomate hidropónico.

## Resumen

Para 2025, la producción mundial de tomate superó los 188 millones de toneladas. En los últimos 30 años el rendimiento del tomate se duplicó, lo que conllevó al uso intenso de fertilizantes. El uso de abonos orgánicos y otras fuentes de nutrientes toman importancia para la producción de alimentos. Las macroalgas como *Ascophyllum nodosum*, son de interés como biofertilizantes ya que promueven el crecimiento, resistencia al estrés abiótico y mejora la calidad física y química de los suelos. Se estableció un ensayo con el objetivo de valorar la eficiencia de las algas como fertilizante. Para ello, se comparó una solución nutritiva elaborada con fertilizantes químicos solubles y otra solución formulada con algas más una suplementación de fertilizantes químicos solubles. Los cálculos se realizaron de manera en que ambas formulaciones tuvieran el mismo aporte químico de nutrientes. El ensayo se estableció bajo un ambiente protegido utilizando fibra de coco como sustrato y con fertirriego por goteo. Se sembraron 90 plantas por cada tratamiento. Se evaluó el rendimiento del cultivo, índice de área foliar, número de hojas, altura de la planta, análisis químico foliar y peso de los frutos. En el caso de la calidad de los frutos, se analizó el color, la firmeza, contenido de sólidos solubles y vida en anaquel. Se encontró que el peso fresco de la cosecha fue mayor para el tratamiento químico. Con respecto a la calidad del fruto, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

## Keywords

Plant nutrition, fertigation, *Ascophyllum nodosum*, hydroponic tomato.

## Abstract

By 2025, global tomato production exceeded 186 million tons. Over the past 30 years, tomato yields have doubled, leading to intensive use of fertilizers. The use of organic fertilizers and other nutrient sources is becoming important for food production. Macroalgae such as *Ascophyllum nodosum* are of interest as fertilizers since they promote growth, resistance to abiotic stress, and soil quality. A trial was established with the aim of assessing the efficiency of algae as a fertilizer. To do this, the use of soluble chemical fertilizers was compared against a fertilization plan that included algae in addition to a chemical fertilizer supplement. The calculations were made so that both formulations had the same nutritional contribution. The trial was established under a protected environment using coconut fiber as a substrate and with drip fertigation. 90 plants were planted for each treatment. Crop yield, leaf area index, number of leaves, plant height, chemical analysis of leaves and fruit weight were evaluated. In the case of fruit quality, color, firmness, soluble solids content and shelf life were analyzed. It was found that the fresh weight of the harvest was higher for the chemical treatment. Regarding fruit quality, no significant differences were found between treatments.

## Introducción

El tomate es uno de los cultivos hortícolas más importantes del mundo debido a su consumo en fresco y procesado. El aumento en área de siembra del tomate ha sido sostenido [1]. En Costa Rica, el tomate se siembra durante todo el año y representa un cultivo de interés económico

para el país, pues es la hortaliza de mayor consumo en Costa Rica. La producción del tomate está en manos de más de mil productores, los cuales generan 50.000 toneladas en total por año. Esto significa ingresos totales de diez mil millones de colones [2].

Las algas marinas y sus extractos son utilizadas como fertilizantes en la agricultura. Se ha estudiado de manera extensa el uso de algas como *Ascophyllum nodosum* y sus extractos debido a que mejoran el crecimiento de las plantas y promueven la tolerancia al estrés de los cultivos [3]. Los fertilizantes basados en algas marinas son alternativas efectivas a los fertilizantes químicos. Esto gracias a que son biodegradables descomponiéndose en nutrientes para la absorción por parte de las plantas. Adicionalmente, mejoran las cualidades del suelo como la aireación, absorción de nutrientes y la retención de humedad, promoviendo la fertilidad de los suelos [4]. El objetivo de este trabajo fue el de determinar experimentalmente el desarrollo y rendimiento del cultivo de tomate en condiciones de invernadero utilizando el alga *Ascophyllum nodosum* como suplemento orgánico a la fertilización química.

## Materiales y métodos

El ensayo fue realizado dentro de un ambiente protegido. Se tuvo dos tratamientos de nutrición. El primero de ellos consistió en el uso de fertilizantes solubles y el otro tratamiento fue a base de algas suplementado con fertilizantes solubles. Dentro del invernadero se sembraron 10 hileras con 18 plantas cada hilera. De manera aleatoria, 5 hileras se dedicaron a cada tratamiento. En total, cada tratamiento contó con 90 plantas. Se utilizó fibra de coco como sustrato. Cada maceta contuvo 5 L de fibra de coco.

La distancia entre las plantas fue de 35 cm. La parcela útil de cada hilera fue de 14 plantas, ya que se eliminaron dos plantas de cada extremo de cada hilera por efecto de borde. El sistema de hileras se estableció por la necesidad de contar con un sistema de riego que permita dosificar el fertilizante líquido de manera homogénea.

Las aplicaciones de los fertilizantes se realizaron mediante un sistema automatizado de riego. El cuadro 1 presenta las cantidades de nutrientes aplicados para las 72 plantas de tomate por tratamiento. La cantidad de fertilizante se calculó para un rendimiento esperado de 120 t/ha. Los cálculos se realizaron en base al estudio nutricional del tomate en condiciones de invernadero realizado por Quesada y Bertsch [5]. La cantidad de algas y el fertilizante suplementado resultaron en una paridad estequiométrica con el tratamiento químico.

**Cuadro 1.** Cantidades totales de los fertilizantes a aplicar por tratamiento (72 plantas por tratamiento).

	Fert. químico (g)	Fert. suplementado con alga (g)
Nitrato de amonio	7477	6753,6
Sulfato de magnesio	2707	180
Ácido bórico	43	43,2
Fosfato monopotásico	698	201,6
Nitrato de potasio	4183	2088
Nitrato de calcio	5472	5472
Alga	0	7213

Durante el desarrollo de las plantas, se evaluó varias variables, todas ellas de manera semanal. El índice de área foliar se midió con la aplicación Viticanopy de la Universidad de Adelaide. Para la altura de la planta se tomó la medida desde la base de la planta hasta el ápice. Además, se contó el número de hojas.

Se realizó un análisis químico foliar durante la semana 8 después de la siembra. Se tomó una muestra de un total de 30 hojas por tratamiento. El tejido que se envió a analizar fueron las hojas más jóvenes completamente expandidas. Las muestras fueron analizadas por el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. Por otro lado, para determinar el rendimiento, se pesaron los frutos durante toda la etapa de cosecha de tomate.

Para evaluar la calidad del fruto se evaluó el color, firmeza, vida en anaquel y contenido de sólidos solubles. Para el color, se empleó un colorímetro ColorTech-PCM. A cada fruto de tomate se le tomaron dos lecturas, una a cada lado del fruto en la línea ecuatorial. Las lecturas se hicieron a los días 1, 6, 13 y 17 después de la cosecha. Para cada día se tomó una muestra de 8 tomates por tratamiento para realizar estas mediciones.

La Firmeza del fruto fue evaluada con un texturómetro TAXTplus. La firmeza del fruto se determinó a partir de la resistencia a la penetración en la línea ecuatorial, a una velocidad de 1mm/s, fuerza de 20g y distancia de 25mm. Para determinar este parámetro se tomó una muestra de 8 tomates por tratamientos, a los cuales se les midió la firmeza. Estos datos fueron recolectados en el transcurso de 13 días, tomando mediciones al día 1, 5, 9 y 13 después de la cosecha.

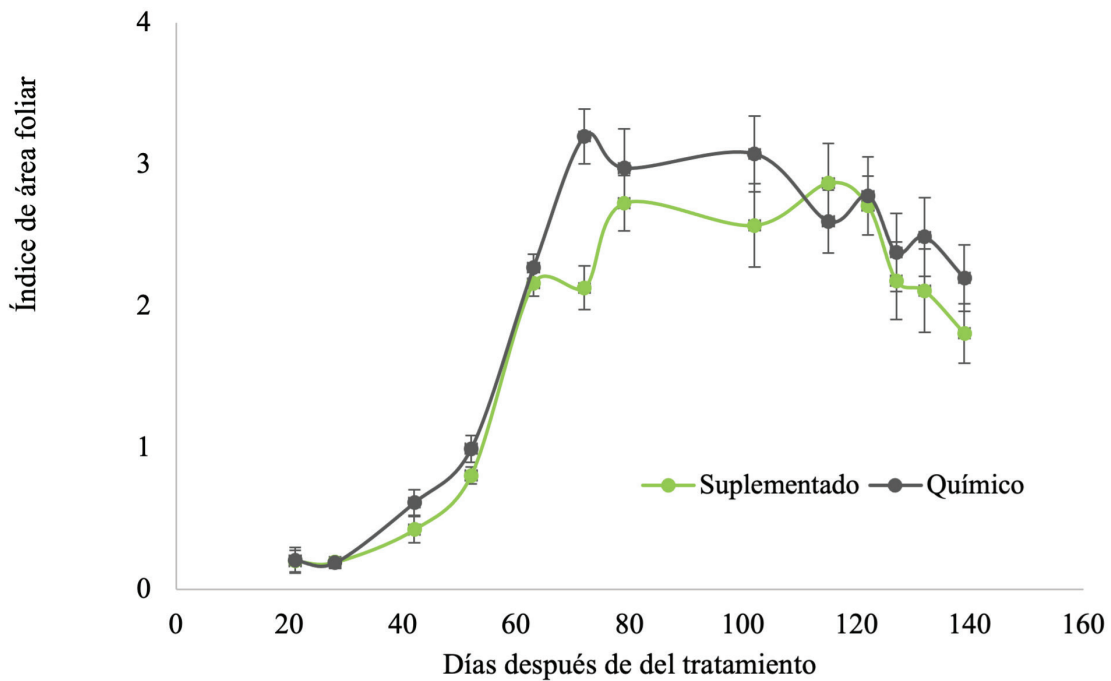
El contenido de sólidos solubles se midió triturando y se separó la pulpa del jugo. El jugo se exprimió del fruto, se tomaron dos gotas y se realizaron medidas de grados Brix utilizando un refractómetro digital marca Luzeren. El contenido de sólidos solubles se midió a los días 1, 6, 13 y 17 después de la cosecha. Para cada día se tomaron mediciones de una muestra de 8 tomates por tratamiento.

### **Análisis estadístico**

A todos los datos recolectados para cada variable se les realizó una prueba de Shapiro-Wilk para el análisis de la normalidad de los datos y la prueba F para determinar la homogeneidad de las varianzas. Para las variables que cumplieron con este supuesto, se les procedió a realizar un análisis de varianzas mediante la prueba al 95% de confianza que es equivalente a la prueba T-Student para dos muestras independientes. En el caso de las variables cuyos datos carecieron de una tendencia normal y varianzas homogéneas, se utilizó una prueba de estadística no paramétrica. Para estos casos se utilizó la prueba H de Kruskal-Wallis para corroborar si existen diferencias significativas entre tratamientos a un 95% de confianza, que es equivalente a la prueba Mann Whitney U.

### **Resultados**

El índice de área foliar revela en buena parte el bienestar de la planta, su desarrollo y el potencial para producir frutos [6]. El área foliar no mostró diferencias entre los tratamientos. A pesar de que las algas tienen elementos esenciales que nutren a las plantas, su materia orgánica primeramente debe descomponerse para luego estar disponibles [7]. Con lo cual, los nutrientes disponibles para el tratamiento con suplementación de algas fueron insuficiente para que los dos tratamientos se comportaran de igual manera (figura 1).



**Figura 1.** índice de área foliar después del primer día de trasplante. n=30

A medida que la planta creció, aumentó su biomasa y área foliar, por lo tanto, pudo aumentar las tasas fotosintéticas [8]. Durante las etapas de floración y producción de frutos es cuando se producen cambios marcados en la translocación de nutrientes. Aquí la absorción y translocación de nutrientes como el nitrógeno, potasio y calcio a los frutos es determinante para el rendimiento del cultivo.

#### Altura y número de hojas

La altura y número de hojas fueron tomadas semanalmente durante el periodo. No hubo diferencias significativas en número de hojas ni en la altura de las plantas al comparar los dos tratamientos. Esto puede deberse a que, durante el periodo vegetativo de la planta, el tomate requiere principalmente nutrientes como el nitrógeno, potasio, fósforo, calcio y magnesio. El nitrógeno es importante para la síntesis de clorofila durante la fotosíntesis, ya que influye en el crecimiento de las raíces, tallo y el desarrollo de las hojas [9].

#### Análisis químico foliar

A la semana 8 del cultivo se muestrearon hojas de ambos tratamientos para un análisis químico completo. Nutrientes como nitrógeno, hierro y manganeso tuvieron algunas diferencias en su porcentaje para el tratamiento químico en comparación al suplementado. Del cuadro 2 y 3 se calcula que el régimen de fertilización suplementado consistió en un 90% sales inorgánicas y un 9,7% de fertilizante orgánico de algas.

Para el nitrógeno la muestra foliar del tratamiento suplementado tuvo un 8,5% menos que el químico ( $4,65/5,08 \times 100 = 8,5\%$ ). Este 8,5% es muy cercano a la diferencia en el aporte orgánico del tratamiento suplementado. Por este motivo se podría asumir que aproximadamente un 1,2% del nitrógeno orgánico proveniente del alga pudo ser mineralizado y aprovechado por las plantas. El restante N aportado por las algas aún no estaría en forma de nitratos o amonio.

**Cuadro 2.** Análisis químico foliar para el tratamiento químico y algas suplementado.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	%						mg/kg				
Fertilizante químico	5.1	0.22	3.28	1.71	0.27	0.74	148.7	3.06	12.8	127.8	157.3
Algas + fertilizante químico	4.7	0.23	3.12	2.38	0.27	0.71	303.3	4.56	14.6	257.4	215.7

El contenido de hierro hubo una diferencia en mg/kg de 154. Esto puede deberse al alto contenido en hierro (4537 mg/kg) que contiene el alga. En el caso del manganeso se presenta una situación similar donde el tratamiento suplementado obtuvo una mayor concentración en comparación al químico. Cabe destacar que las concentraciones foliares estuvieron dentro de los rangos óptimos para el cultivo.

### Peso del fruto

Durante el último mes del cultivo se realizó la cosecha de los frutos de cada planta de tomate y se tomó el peso de cada fila según su tratamiento. Estos frutos se clasificaron en peso total, frutos buenos y dañados, siendo los frutos dañados aquellos afectados por una infección o deficiencia de nutrientes.

El peso por planta para el tratamiento químico fue de 3,4 Kg. Para el tratamiento suplementado fue de 1,9 Kg/planta. Esto pudo deberse a que los nutrientes contenidos en la formulación de los fertilizantes inorgánicos están disponibles de inmediato y no necesita la descomposición [7]. Los fertilizantes solubles tienen la composición química que las raíces absorben y es por ello, que pueden ser absorbidos de inmediato. Por otro lado, los nutrientes presentes en la materia orgánica se liberan gradualmente al medio y requieren de microorganismos descomponedores. Durante este proceso de descomposición, parte de los nutrientes se inmovilizan y podrían provocar una deficiencia nutricional en el cultivo [7]. Este efecto puede ser más notorio en cultivos estacionales como el tomate, cuyo ciclo dura de 3 a 4 meses [10]. Por lo tanto, el rendimiento del tratamiento químico, en comparación con el orgánicos, puede deberse a la diferencia en disponibilidad de nutrientes [11].

Las algas tienen un efecto fitoestimulador y fitoelicitador sobre el cultivo de tomate. Las moléculas elicitoras presentes en los fertilizantes de algas pueden estimular el mecanismo de defensa de la planta [12]. Por ende, le confiere una resistencia inducida de amplio espectro contra virus, bacterias, nematodos y hongos. Dentro de estas moléculas se pueden encontrar glicoproteínas, lípidos, proteínas y polisacáridos.

**Cuadro 3.** Producción total de frutos de tomate, frutos buenos, dañados y porcentaje de pérdida de frutos de tomate para cada tratamiento.

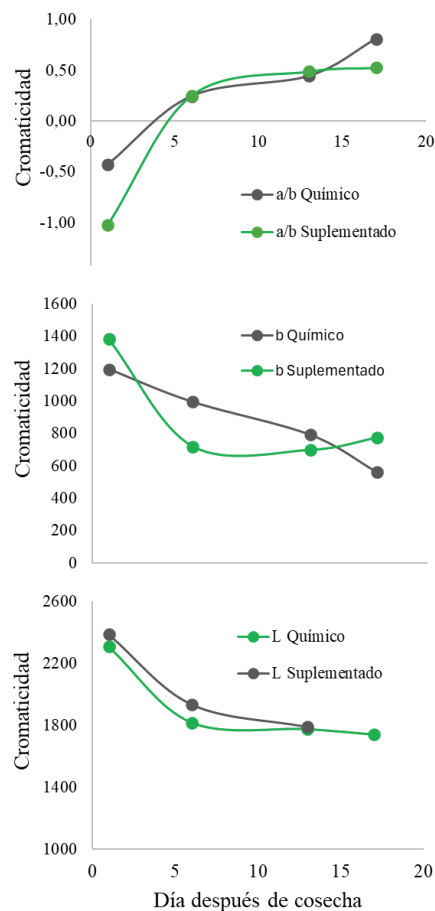
Tratamiento	Peso fruto sanos (kg)	Peso dañado (kg)	Peso total (kg)	% pérdida de cosecha	Diferencia en rendimiento (%)
Químico	3,30	0,18	3,48	27%	29,9
Suplementado	1,82	0,07	1,89	19%	

Las plantas fertilizadas únicamente con sales inorgánicas tuvieron un 30% más de frutos perdidos en comparación al tratamiento suplementado con Alga 18. Esto ocurre por las moléculas bioactivas presentes en los fertilizantes de algas ayudan a la planta mejorar su respuesta inmune ante estrés biótico y abiótico. Además, las plantas del tratamiento suplementado produjeron una menor cantidad de frutos, así los asimilados de la planta se distribuyeron en una menor cantidad de tomate, resultando estos con menos daños o defectos [13].

### Calidad de los frutos

El color de los frutos se midió con un colorímetro ColorTEC – PCM. Para el tomate es común utilizar el coeficiente a/b como indicador de color y maduración, aumentando su valor a medida que se va desarrollando el color rojo del fruto [14].

El índice de color rojo (a) y el índice de color amarillo (b) siguieron una tendencia similar para ambos tratamientos. Estos índices oscilaron entre -1412 – 407 y 668 – 1382 para el tratamiento suplementado, respectivamente (figura 2). Mientras que los índices del tratamiento químico oscilaron entre -508 – 453 y 561 – 1195, respectivamente. En ambos tratamientos se da un aumento del parámetro a y un descenso en los valores de b, demostrando el proceso de maduración del tomate. Siendo esta interacción entre ambos parámetros un indicio del consumo de clorofila y producción de pigmentos rojos-amarillos, como los carotenoides [11].



**Figura 2.** Desarrollo de valores cromáticos L, a y b para los frutos de tomate por tratamiento según día después de cosecha. n=10

### Firmeza del fruto

La firmeza del fruto de tomate es un parámetro de calidad importante, ya que esta favorece la vida en anaquel del producto. Este parámetro está relacionado a la turgencia, tamaño celular y estructura de la membrana celular del tomate [15]. Los datos de firmeza se obtuvieron después de la cosecha y se midieron 8 tomates por tratamiento. La resistencia fue de 3214 en el suplementado y de 3205 en el químico sin diferencias.

Sin embargo, se ha reportado que las algas tienen el potencial para mejorar la firmeza del fruto de tomate. Esto puede deberse al potasio presente en las algas, el cual fomenta la producción y transporte de azúcares, así como la síntesis de pigmentos como el licopeno. También pueden influir en la estructura celular del tomate, lo que mejora la firmeza del fruto [16].

### Sólidos solubles

Los datos para el tratamiento químico oscilaron entre 3,8 y 4,7 °Brix, mientras que los frutos del tratamiento suplementado estuvieron entre 4,4 y 5,5 °Brix por ello, no se hallaron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Para todas las mediciones de todos los días los frutos de aquellas plantas bajo una suplementación orgánica obtuvieron mejores resultados en contenido de sólidos solubles. Lo cual significa que las plantas suplementadas con algas produjeron frutos de tomate con mayor contenido de azúcares. Pequeños cambios en esta variable pueden significar que los frutos se destinen para ser procesados en subproductos, como salsas, o que se comercialicen para su consumo fresco [17].

**Cuadro 4.** Promedio de contenido total de sólidos solubles de los frutos de tomate de los tratamientos de fertilización química y alga suplementada después de 1, 6, 13 y 17 días de cosecha.

Día de cosechado	Sólidos solubles (°Brix)			
	1	6	13	17
Suplementado	5,5	4,5	4,4	5,3
Químico	4,7	4,6	3,8	4,4

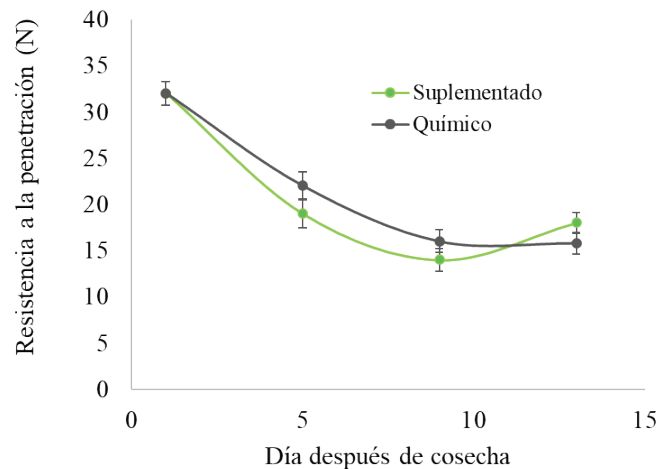
Algunos estudios han logrado aumentar hasta un 21% el contenido de sólidos solubles en frutos de tomate al suplementar con extractos de *Ascophyllum nodosum* [18]. Esta diferencia en comparación a una fertilización meramente química puede deberse a una mayor salinidad en el sustrato. A mayor salinidad se da un mayor estrés oxidativo que afecta a los frutos de tomate. Como consecuencia los frutos intentan reducir el potencial osmótico y facilitar la absorción de nutrientes, acumulando moléculas orgánicas como azúcares simples en ellos [19].

En el caso de los extractos es probable que se den diferencias más marcadas en el crecimiento del cultivo debido a que sus nutrientes están más disponibles, en comparación una fertilización con materia orgánica de la misma alga. Debido a que la materia orgánica del alga tiene que descomponerse antes en nutrientes asimilables por las plantas [7]. A esto podría atribuirse las pequeñas diferencias no significativas en sólidos solubles obtenidas entre el tratamiento suplementado y químico.

### Vida en anaquel

La vida en anaquel es un parámetro que tiene influencia directa en la decisión de compra de los consumidores. La maduración del fruto a lo largo del tiempo conlleva a una pérdida de firmeza del fruto debido a pérdidas de agua y degradación de la membrana celular del tomate [20].

Se encontró que hubo cambios leves en la fuerza a la penetración del fruto, siendo la diferencia más grande al día 5 con 228 g/mm de diferencia entre tratamientos. Tampoco se sigue una tendencia marcada de los datos, siendo los datos del día 1 y 13 mayores para el tratamiento suplementado, y los días 5 y 9, los datos fueron mayores para el tratamiento químico.



**Figura 3.** Resistencia a la penetración (g/mm) de los frutos de tomate según tratamiento y día después de cosecha. n=8

Existió esta tendencia similar entre tratamientos para la resistencia a la penetración del fruto. Sin embargo, algunos autores han notado diferencias en los frutos de tomate al utilizar extractos de alga. Estos extractos contienen más nutrientes biodisponibles para la planta, en comparación a fertilizantes elaborados a partir de la materia orgánica del alga [7]. La maduración de los frutos de tomate se da por la conversión de ACC (1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico) a etileno. Se ha reportado que *Ascophyllum nodosum* contiene antioxidantes, aminoácidos y azúcares que ayudan a evitar la pérdida de firmeza del fruto, al inhibir las enzimas responsables de la producción de etileno.

## Conclusiones

El alga aporta nutrientes a las plantas, sin embargo estos no están disponibles con la misma inmediatez que las sales químicas. Los sistemas de riego convencionales se obstruyen con facilidad debido al tamaño y crecimiento de las algas. En cuanto al rendimiento, la producción total del tratamiento de fertilización química fue mayor que el suplementado. En cuanto a sabor del fruto, el tratamiento suplementado fue más dulce que el químico.

## Recomendaciones

La aplicación de algas podría conllevar la sustitución de goteros que impidan la obstrucción de los mismos. Las algas son aprovechadas por microorganismos, que a su vez liberan al suelo los nutrientes esenciales. Esto lleva un tiempo por lo que la disponibilidad de los nutrientes no es inmediata. Por ello, se sugiere analizar la aplicación del alga en los sustratos tiempo antes de sembrar las plántulas.

## Agradecimientos

Agradecemos al Centro de Investigación y Extensión en Gestión Agroempresarial (CIGA), de la Escuela de Agronegocios. A Wendy Rivera Jiménez por su colaboración en el mantenimiento del ensayo.

## Referencias

- [1] M. Zargar *et al.*, "Survey of biological components efficiency on safety and productivity of different tomato cultivars," *Res. Crops*, vol. 18, no. 2, p. 279, 2017, doi: 10.5958/2348-7542.2017.00048.1.
- [2] López Marín, L. M., "Manual técnico del cultivo del tomate: *Solanum Lycopersicum*." 2017. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/11324/3143>
- [3] J. Ahlawat, A. R. Sehrawat, R. Chaudhary, and D. Pandey, "Ascophyllum nodosum: a Potential Substitute for Synthetic Hormones for Tissue Culture Propagation of *Capparis decidua* (Forsk) Edgew," *Regen. Eng. Transl. Med.*, vol. 8, no. 1, pp. 145–151, Mar. 2022, doi: 10.1007/s40883-021-00215-0.
- [4] N. Verma *et al.*, "Potential Use of *Ascophyllum nodosum* as a Biostimulant for Improving the Growth Performance of *Vigna aconitifolia* (Jacq.) Marechal," *Plants*, vol. 10, no. 11, p. 2361, Nov. 2021, doi: 10.3390/plants10112361.
- [5] Quesada-Roldán, G., y Bertsch-Hernández, F., "Fertirriego en el rendimiento de híbridos de tomate producidos en invernadero," *Agronomía Mesoamericana*, vol. 23, no. 1, pp. 01–11, Mar. 2012.
- [6] C. Mendoza-Pérez, W. Ojeda-Bustamante, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, H. Flores-Magdaleno, and Colegio de Postgraduados, "Estimación de índice de área foliar y rendimiento de chile poblano cultivado en invernadero," *Ing. Agríc. Biosist.*, vol. 9, no. 1, pp. 37–50, Jun. 2017, doi: 10.5154/r.inagbi.2017.04.009.
- [7] Sharma, A. and Chetani, R., "A review on the effect of organic and chemical fertilizers on plants," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 5, pp. 677–680, 2017.
- [8] J. A. Monte, D. F. D. Carvalho, L. O. Medici, L. D. B. D. Silva, and C. Pimentel, "Growth analysis and yield of tomato crop under different irrigation depths," *Rev. Bras. Eng. Agríc. E Ambient.*, vol. 17, no. 9, pp. 926–931, Sep. 2013, doi: 10.1590/S1415-43662013000900003.
- [9] I. Bodale, G. Mihalache, V. Achiței, G.-C. Teliban, A. Cazacu, and V. Stoleru, "Evaluation of the Nutrients Uptake by Tomato Plants in Different Phenological Stages Using an Electrical Conductivity Technique," *Agriculture*, vol. 11, no. 4, p. 292, Mar. 2021, doi: 10.3390/agriculture11040292.
- [10] A. Bustamante, G. Reybet, P. Bucki, A. Suarez, and A. Escande, "EFECTO DE LA SOLARIZACION SOBRE MALEZAS DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) EN EL ALTO VALLE RÍO NEGRO Y NEUQUÉN," *Agro Sur*, vol. 31, no. 2, pp. 15–23, Dec. 2003, doi: 10.4206/agrosur.2003.v31n2-02.
- [11] B. S. De Paula *et al.*, "Algae-based biostimulants increase yield and quality of mini tomatoes under protected cultivation," *JSFA Rep.*, vol. 2, no. 4, pp. 155–160, Apr. 2022, doi: 10.1002/jsf2.36.
- [12] O. Ali, A. Ramsbhag, and J. Jayaraman, "Biostimulatory activities of *Ascophyllum nodosum* extract in tomato and sweet pepper crops in a tropical environment," *PLOS ONE*, vol. 14, no. 5, p. e0216710, May 2019, doi: 10.1371/journal.pone.0216710.
- [13] R. M. Hernández-Herrera *et al.*, "Seaweed Extract Improves Growth and Productivity of Tomato Plants under Salinity Stress," *Agronomy*, vol. 12, no. 10, p. 2495, Oct. 2022, doi: 10.3390/agronomy12102495.
- [14] Saad, A. M., Ayman Ibrahim, and Nazeer El-Biale, "Internal quality assessment of tomato fruits using image color analysis," *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, vol. 18, no. 1, pp. 339–352, 2016.
- [15] P. Jalali, H. R. Roosta, M. Khodadadi, A. M. Torkashvand, and M. G. Jahromi, "Effects of brown seaweed extract, silicon, and selenium on fruit quality and yield of tomato under different substrates," *PLOS ONE*, vol. 17, no. 12, p. e0277923, Dec. 2022, doi: 10.1371/journal.pone.0277923.
- [16] K. M.-P. Chanthini *et al.*, "The Macroalgal Biostimulant Improves the Functional Quality of Tomato Fruits Produced from Plants Grown under Salt Stress," *Agriculture*, vol. 13, no. 1, p. 6, Dec. 2022, doi: 10.3390/agriculture13010006.
- [17] D. Bilalis *et al.*, "Effects of organic and inorganic fertilization on yield and quality of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)," *Folia Hortic.*, vol. 30, no. 2, pp. 321–332, Dec. 2018, doi: 10.2478/fhort-2018-0027.

- [18] M. Ahmed, H. Ullah, A. Attia, R. Tisarum, S. Cha-um, and A. Datta, "Interactive Effects of *Ascophyllum nodosum* Seaweed Extract and Silicon on Growth, Fruit Yield and Quality, and Water Productivity of Tomato under Water Stress," *Silicon*, vol. 15, no. 5, pp. 2263–2278, Apr. 2022, doi: 10.1007/s12633-022-02180-x.
- [19] López-Martínez, J. D, Vázquez-Díaz, D. A, Esparza-Rivera, J. R, García-Hernández, J. L, Castruita-Segura, M. A, and Preciado-Rangel, P, "Yield and nutraceutical quality of tomato fruit produced with nutrient solutions prepared using organic materials," *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 39, no. 4, pp. 409–414, 2016.
- [20] N. Klaochanpong, C. Puttanlek, V. Rungsardthong, S. Puncha-arnon, and D. Uttapap, "Physicochemical and structural properties of debranched waxy rice, waxy corn and waxy potato starches," *Food Hydrocoll.*, vol. 45, pp. 218–226, Mar. 2015, doi: 10.1016/j.foodhyd.2014.11.010.

### **Declaración sobre uso de Inteligencia Artificial (IA)**

Los autores aquí firmantes declaramos que no se utilizó ninguna herramienta de IA para la conceptualización, traducción o redacción de este artículo.