

Efecto de *Ascophyllum nodosum* en el crecimiento y producción del cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.)

Effect of *Ascophyllum nodosum* on growth and yield of carrot (*Daucus carota* L.)

Daniela Alexandra Martínez Vargas¹, Carlos Andrés Bolaños Carriel², Ana Ruth Álvarez Sánchez³, Yordy Ariel Arcos Palma¹, Alex Darling Bravo Sánchez³

¹Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador

²Universidad Central del Ecuador

³Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador

Autor de correspondencia: daniela.martinez9589@utc.edu.ec

Recibido: 14/12/2025. Aceptado: 23/04/2026.

Publicado el 3 de julio de 2026.

Resumen

La zanahoria (*Daucus carota* L.) es una hortaliza de gran importancia para el Ecuador, su siembra se realiza principalmente en la región Sierra, donde las temperaturas moderadas, humedad constante, suelos sueltos y profundos favorecen el desarrollo de raíces de buena calidad. En la Costa ecuatoriana, el cultivo es menos frecuente debido a temperaturas más altas, mayor humedad relativa y suelos arenosos; condiciones que pueden limitar el desarrollo y rendimiento. Frente a estos desafíos, los bioestimulantes elaborados a partir del alga *Ascophyllum nodosum* (L.) se han convertido en una alternativa prometedora para mejorar el desarrollo del cultivo y promover prácticas agrícolas más sostenibles. Su aplicación contribuye a mejorar la nutrición vegetal favoreciendo la asimilación y optimización del uso de los nutrientes disponibles en el suelo. En este sentido, se evaluó el efecto de cuatro concentraciones de un extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* (100, 75, 50 y 25%) en variables de crecimiento y producción del cultivo de zanahoria (variedad Chantenay Red core) bajo condiciones de la región Costa. Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con seis tratamientos y fertilización mínima. Los resultados mostraron un efecto positivo y significativo ($p < 0,001$) sobre el desarrollo de la planta y el rendimiento de raíz, destacando que las concentraciones de 50 % y 75 % produjeron los mayores valores en las variables evaluadas. Estos resultados sugieren que el bioestimulante a base de A. nodosum puede mejorar el crecimiento y rendimiento de la zanahoria bajo condiciones de la costa ecuatoriana y fertilización limitada.

Palabras clave: algas, agricultura, bioestimulante, sostenibilidad.

Abstract

Carrots (*Daucus carota* L.) are a very important vegetable in Ecuador. They are mainly grown in the Sierra region, where moderate temperatures, constant humidity, and loose, deep soils favor the development of good-quality roots. On the Ecuadorian coast, carrots are grown less frequently due to higher temperatures, higher relative humidity, and sandy soils, conditions that can limit development and yield. Against these challenges, biostimulants made from *Ascophyllum nodosum* (L.) seaweed have become a promising alternative for improving crop development and promoting more sustainable agricultural practices. Their application contributes to improving plant nutrition by promoting the assimilation and optimization of the use of nutrients available in the soil. In this regard, the effect of four concentrations of a commercial extract of *Ascophyllum nodosum* (100, 75, 50, and 25 %) was evaluated on growth and production variables of carrot crops (Chantenay Red core variety) under conditions in the Costa region. A completely randomized block design (CRBD) was used, with six treatments and minimal fertilization. The results showed a positive and significant effect ($p < 0.001$) on plant development and root yield, with the 50 % and 75 % concentrations producing the highest values in the variables evaluated. These results suggest that the A. nodosum-based biostimulant can improve carrot growth and yield under conditions on the Ecuadorian coast and with limited fertilization.

Keywords: algae, agriculture, biostimulant, sustainability.

Introducción

La zanahoria (*Daucus carota* L.) es una planta bianual, herbácea, de la familia Apiaceae (Rodríguez *et al.*, 2021). Es una de las hortalizas más comercializadas a nivel mundial, debido a su alto valor nutritivo y beneficios para la salud humana relacionados a sus propiedades anticancerígenas, antioxidantes y cicatrizantes (Nagraj *et al.*, 2020). El principal país productor de zanahoria es China con alrededor de 18.381.577 toneladas, le sigue Uzbekistán con 3.349.345 toneladas y Estados Unidos con 1.367.587 toneladas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2023). En Ecuador, para el año 2023 se cosecharon un total de 6.831 hectáreas de zanahorias y nabos, con una producción de 42.975,68 toneladas anuales (FAO, 2023). Siendo en la región de la Sierra ecuatoriana, donde se alcanzan los mayores rendimientos, en provincias como Chimborazo, Cotopaxi y Tungurahua (Huespe *et al.*, 2022).

La zanahoria presenta un crecimiento vegetativo (formación de la raíz pivotante) y reproductivo (formación de flores, frutos y semillas), por lo cual, para su óptimo desarrollo, el cultivo requiere de suelos sueltos y profundos con un contenido de materia orgánica superior al 3,5 % y un pH entre 5 y 7 (Huespe *et al.*, 2022). Además, aunque se adapta a diversas condiciones climáticas, presenta un rendimiento óptimo en zonas de clima templado, como la Sierra ecuatoriana (Huespe *et al.*, 2022). Sin embargo, en la región costera del Ecuador, caracterizada por temperaturas elevadas y humedad relativa moderada, el cultivo enfrenta desafíos significativos, como el estrés térmico y la aceleración de procesos de envejecimiento, lo cual podría afectar la calidad y el rendimiento de los tubérculos.

En este contexto, el uso de bioestimulantes derivados de algas marinas, ha emergido como una estrategia prometedora para mitigar los efectos adversos del estrés abiótico en esta región, donde se desarrolló el presente estudio. En particular, el alga *Ascophyllum nodosum*, representa una alternativa relevante ya que contiene vitaminas, aminoácidos y sustancias que impulsan a la producción de hormonas como auxinas, citoquininas y ácido giberélico, características que la convierten en un excelente biorregulador (Kumari *et al.*, 2023). Además, funciona en procesos oxidativos, metabólicos y posee macro y micronutrientes que ayudan al crecimiento de las plantas (Pereira *et al.*, 2020).

Con la finalidad de evaluar el potencial real del extracto de alga utilizada bajo las condiciones edafoclimáticas de la región Costa se realizó una fertilización mínima con un fertilizante inorgánico comercial, según concentración del producto. Con lo cual se buscó reducir la influencia de fuentes externas de nutrientes y aislar el efecto fisiológico del bioestimulante sobre el cultivo. Al limitar la fertilización convencional, los resultados obtenidos reflejan principalmente

la respuesta propia del cultivo al alga aplicada, lo que permite determinar con mayor precisión su eficacia en promover el desarrollo vegetativo y el crecimiento radicular en condiciones de nutrición restringida.

En estudios recientes se han utilizado extractos de algas marinas, cuyos resultados han sido significativos en crecimiento y producción en plantas cultivadas en condiciones de invernadero y de campo (Espinosa-Antón *et al.*, 2020). Tal es el caso de hortalizas como tomate (Supraja *et al.*, 2020); sandía (Halfhide y Boodoo, 2020), pepino (Hassan *et al.*, 2021); pimiento (Tian *et al.*, 2022), trigo (Mutum *et al.*, 2023) y leguminosas como soya (Wang *et al.*, 2023).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento agronómico y productivo de la zanahoria (*Daucus carota* L.) en la costa ecuatoriana bajo la aplicación de *Ascophyllum nodosum* y un esquema de fertilización mínima como estrategia potencial para una producción agrícola ambientalmente responsable que contribuya a la sustentabilidad de los sistemas agropecuarios en beneficio de las generaciones presentes y futuras.

Materiales y métodos

Sitio experimental

El experimento se realizó en la finca experimental “La María” ubicada en el km 7,5 vía Quevedo - El Empalme, Cantón Mocache, provincia de Los Ríos, Ecuador. Situada geográficamente a una altura de 120 m sobre el nivel del mar y a 1°04'53.9"S y 79°30'10,1"W. Con una temperatura promedio de 25,4 °C, precipitación de aproximadamente 1.642 mm anuales y una topografía irregular (INAMHI, 2025).

El suelo del sitio experimental fue caracterizado mediante un análisis físico-químico previo a la instalación del estudio, realizado en el laboratorio de suelos, tejidos vegetales y aguas de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Esta caracterización inicial permitió establecer la línea base de las propiedades edáficas para evaluar el efecto del alga en el cultivo (ver Tabla 1).

El suelo del sitio experimental presentó un pH medianamente ácido. El contenido de nitrógeno amoniacal fue bajo (11–16 mg/kg), mientras que el fósforo disponible se encontró en niveles medios (10–11 mg/kg). El potasio mostró en general valores adecuados. El contenido de calcio y magnesio fueron adecuados en todas las muestras analizadas. Estas condiciones reflejan un suelo con fertilidad media y posibles limitaciones nutricionales, lo cual justifica el empleo de un bioestimulante.

Tabla 1. Análisis de suelo del sitio experimental

Nº muestra	pH	NH ₄	P	K	Ca	Mg
		mg/kg		meq/100 ml		
1	5,5	12	10	1,47	11	3,6
2	5,5	13	11	0,38	11	2,3
3	5,6	11	11	0,77	10	2,3
4	5,6	16	11	0,66	10	2,1

Manejo del experimento

Debido a la buena adaptación a las condiciones de la región Costa, su aceptación comercial y capacidad para producir raíces uniformes y de buen peso individual. Se utilizaron semillas certificadas de zanahoria (*Daucus carota* L.) de la variedad Chantenay red core como material de siembra. Estas características la convierten en una variedad estable y adecuada para evaluar con claridad los efectos de los tratamientos aplicados en el ensayo.

Estas semillas se depositaron de forma manual directamente en el campo a una profundidad de 3 mm en época seca. Posterior a la siembra, se realizó el raleo en cuanto las plantas mostraron hojas verdaderas. El suministro de agua al cultivo se realizó dos veces a la semana.

Se utilizó un bioestimulante comercial formulado a partir del alga *Ascophyllum nodosum*, el cual contiene un 22 % p/v de materia seca (extracto de *A. nodosum*) y un 4,40% p/v de carbono orgánico. Se evaluaron cuatro concentraciones: 100 %, 75 %, 50 % y 25 %, adicional un tratamiento correspondiente a fertilización química y otro de control. La aplicación se realizó vía edáfica, iniciando a los 15 días después de la siembra y repitiéndose en dos ocasiones más con intervalos de 15 días entre aplicaciones.

Todos los tratamientos a excepción del control fueron fertilizados en la misma dosis mínima con un fertilizante inorgánico comercial, según recomendaciones del fabricante. Este fertilizante contiene varios nutrientes esenciales para el crecimiento del cultivo de zanahoria, destacando el nitrógeno (N) con una concentración del 16,51 %; el fósforo (P₂O₅) con 20,65 % y el potasio (K₂O) con 12,44 %. Además, contiene zinc (Zn) al 1,06 %, y boro (B) al 0,66 %.

En cuanto a manejo fitosanitario, el control convencional de maleza se llevó a cabo de forma manual una vez por semana. No hubo presencia de patógenos ni insectos plagas, por tanto, no fue necesario el uso de plaguicidas. Se cosechó manualmente una vez que toda la plantación había alcanzado madurez fisiológica (90 días).

Diseño experimental

Se usó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), formado por 6 tratamientos y 4 repeticiones cada uno (ver Tabla 2). El área total utilizada para el experimento fue de 69 m² y el tamaño de las parcelas de 9 m². Se realizaron 4 surcos por parcela, empleando una distancia de siembra de 30 cm

entre plantas, obteniendo un total de 40 plantas por parcela y 240 plantas en total por el experimento.

Tratamientos evaluados

Tabla 2. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Dosis extracto	Repeticiones
T1	<i>A. nodosum</i> 100 % + fertilización química	4
T2	<i>A. nodosum</i> 75 % + fertilización química	4
T3	<i>A. nodosum</i> 50 % + fertilización química	4
T4	<i>A. nodosum</i> 25 % + fertilización química	4
T5	Fertilización química	4
T6	Control experimental	4

Variables evaluadas

Las mediciones de las variables vegetativas se realizaron a los 30, 45 y 60 días después de la siembra. Las variables evaluadas incluyeron: altura de planta (cm), medida desde el suelo hasta el ápice de la hoja superior; largo de la hoja (cm), que se registró desde la base de la hoja más alta hasta su ápice; ancho de la hoja (cm), que corresponde al ancho de la misma hoja en la que se registró el largo; y número de hojas, con registros periódicos del total de hojas presentes en cada individuo.

Además, se registraron las variables de producción una vez que la zanahoria alcanzó su madurez fisiológica para ser cosechada. Las variables de producción incluyeron: altura de planta (cm), que se midió desde la punta de la raíz hasta el ápice de la hoja más alta de la planta, largo de la raíz (cm), medido desde la corona de la zanahoria hasta el ápice de la raíz; diámetro de la raíz (cm), tomado en la parte más ancha de la raíz; y peso de la raíz (g), registrado en el momento de la cosecha. Adicional, se evaluaron variables de laboratorio: la biomasa húmeda (g) se determinó mediante el pesaje de toda la parte vegetativa de la planta de zanahoria, incluyendo hojas y tallos. Este procedimiento se realizó inmediatamente después de la cosecha, sin realizar ningún tratamiento previo a la muestra. En el caso de la biomasa seca (g), la muestra fue sometida a un proceso de secado en estufa a una temperatura constante de 65 °C durante un período de

48 horas. Durante este proceso, las muestras se colocaron en bandejas de aluminio para asegurar una distribución uniforme del calor y una correcta eliminación de la humedad. Después de completar el secado, las muestras fueron enfriadas en un desecador para evitar la reabsorción de humedad y luego se procedió a su pesaje final.

Análisis estadístico

Los tratamientos se analizaron mediante un ADEVA de un factor. Para determinar las diferencias significativas se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0,05$) para comparar las medias entre los tratamientos. Para el análisis de los datos se utilizó el software estadístico InfoStat v.2023 (Di Rienzo *et al.*, 2023).

Resultados

Los resultados obtenidos a los 30 días después de siembra (DDS), después de la primera aplicación de *A. nodosum*, se presentan en la Tabla 3. Para la altura de planta, los tratamientos mostraron diferencias significativas ($p = 0,0011$), con valores promedio entre 11,28 cm (T1) y 15,68 cm (T5), con una media general de 13,27 cm. El tratamiento con fertilización química (T5) presentó la mayor altura, superando significativamente a los tratamientos con 100 % (T1) y 25 % (T4) del producto, mientras que el control (T6) mostró un comportamiento intermedio. Estos resultados indican un efecto positivo de la fertilización química sobre el crecimiento inicial de las plantas.

En cuanto a las variables foliares, se observaron diferencias significativas para ancho de hojas ($p = 0,0052$),

longitud de hojas ($p = 0,0044$) y número de hojas ($p = 0,0082$). El tratamiento con 25 % del extracto de alga (T4) presentó consistentemente los valores más bajos, diferenciándose del resto de los tratamientos, mientras que las dosis intermedias (50–75 %, T3–T2) y el fertilizante químico (T5) mostraron valores similares entre sí. Destaca el tratamiento con 50 % (T3), que presentó el mayor número de hojas, ancho y longitud foliar comparables al fertilizante químico, evidenciando una tendencia general de superioridad de las aplicaciones intermedias del biofertilizante sobre las dosis más altas.

Posterior a la segunda aplicación, a los 45 DDS, se observaron cambios significativos en las variables vegetativas, como se presenta en la Tabla 4. La altura de planta mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), siendo mayor con la aplicación de *A. nodosum* al 50 % (29,50 cm), superando significativamente a las concentraciones de 25 % y 100 %. La fertilización química presentó un valor intermedio (25,88 cm), similar estadísticamente a T3 (50 %), aunque inferior numéricamente.

De igual forma, se observaron efectos significativos sobre las variables foliares ($p < 0,05$). Para el ancho de hojas, los valores del T3 fueron comparables a los del fertilizante químico, destacando su superioridad frente al T4. La longitud de hojas fue mayor en los tratamientos con 50 y 75 % de *A. nodosum*, mientras que el número de hojas alcanzó su máximo con las concentraciones de 50 y 75 %, evidenciando nuevamente una tendencia general de superioridad numérica en el tratamiento T3 (50 %).

Tabla 3. Efecto de *A. nodosum* sobre las variables vegetativas del cultivo de zanahoria posterior a la primera aplicación 30 DDS

Tratamientos	Altura de planta	Ancho de hojas	Longitud de hojas	Número de hojas
T1: 100 %	11,28 c	5,78 a	5,55 a	3,33 bc
T2: 75 %	12,38 bc	5,91 a	5,35 a	4,13 ab
T3: 50 %	13,84 abc	6,28 a	5,61 a	4,30 a
T4: 25 %	11,60 c	3,95 b	3,80 b	3,15 c
T5: Fert. química	15,68 a	6,00 a	5,94 a	3,75 abc
T6: control	14,83 ab	5,60 ab	5,30 a	4,00 abc
$\bar{x}$	13,27	5,59	5,26	3,78
P > F	0,0011	0,0052	0,0044	0,0082

Tabla 4. Efecto de *A. nodosum* sobre las variables vegetativas del cultivo de zanahoria luego de la segunda aplicación 45 DDS

Tratamientos	Altura de planta	Ancho de Hojas	Longitud de hojas	Número de hojas
T1: 100 %	21,30 b	13,28 ab	12,93 a	5,85 b
T2: 75 %	25,79 ab	14,33 ab	13,94 a	8,28 a
T3: 50 %	29,50 a	17,56 a	14,80 a	8,83 a
T4: 25 %	19,58 b	9,43 b	8,88 b	5,03 b
T5: Fert. química	25,88 ab	12,75 ab	12,70 a	5,60 b
T6: control	23,08 ab	11,10 b	11,60 ab	4,98 b
$\bar{x}$	24,19	13,07	12,47	6,43
P > F	0,006	0,0041	0,0006	0,0000

A los 60 DDS, después de la tercera aplicación, se observaron cambios significativos en las variables vegetativas, como se muestra en la Tabla 5. La altura de planta presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), destacando los mejores resultados con la aplicación de *A. nodosum* al 75 % (T4, 34,78 cm), estadísticamente similar al fertilizante químico y al T3 (50 %). Estos resultados confirman la tendencia observada en las evaluaciones anteriores, indicando que las dosis intermedias de biofertilizante favorecen un crecimiento superior frente a las dosis extremas.

De manera consistente con las mediciones previas, el uso de *A. nodosum* tuvo un efecto significativo sobre las variables foliares ($p < 0,05$). El ancho de hojas mostró valores similares a la fertilización química para las concentraciones de 25, 50, 75 y 100 %. La longitud de hojas alcanzó su valor máximo con la concentración de 50 % (18,98 cm), mientras que el número de hojas fue mayor con las concentraciones de 50 y 75 % (11,83 y 12,35 hojas, respectivamente). En contraste, los tratamientos con 25 % y 100 % presentaron menor desempeño en varias variables.

Tabla 5. Efecto de *A. nodosum* sobre las variables vegetativas del cultivo de zanahoria posterior a la tercera aplicación 60 DDS

Tratamientos	Altura de planta	Ancho de hojas	Longitud de hojas	Número de hojas
T1: 100 %	26,73 b	16,03 a	16,30 ab	8,18 b
T2: 75 %	34,78 a	19,80 a	18,08 ab	12,35 a
T3: 50 %	34,58 a	19,33 a	18,98 a	11,83 a
T4: 25 %	28,05 ab	15,23 a	14,95 b	6,88 b
T5: Fert. química	34,65 a	19,95 a	18,45 ab	7,75 b
T6: control	33,98 ab	19,75 a	17,90 ab	8,00 b
$\bar{x}$	32,13	18,35	17,44	9,16
P > F	0,0046	0,0172	0,0302	0,0003

Una vez alcanzada la madurez fisiológica, se evaluaron las variables productivas del cultivo, incluyendo altura total (raíz + tallo), diámetro de raíz, biomasa fresca y biomasa seca, cuyos resultados se presentan en la Tabla 6. La altura mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,03$), con un promedio general de 57,3 cm. La mayor altura

se observó en el tratamiento T2 (75 %), alcanzando 61,5 cm, estadísticamente superior al T4 (25 %), que registró 53,8 cm. Los demás tratamientos, incluidos T1 (100 %), T3 (50 %), T5 (fertilización química) y T6 (control), se ubicaron en valores intermedios (55,6–58,1 cm), sin diferir significativamente de los extremos.

En relación con el diámetro de raíz, no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,25$), a pesar de que T2 (75 %) presentó el mayor valor con 6,75 cm y T4 (25 %) el menor con 3,53 cm. Sin embargo, el peso de la raíz mostró diferencias significativas ($p = 0,03$), destacando T2 (75 %) con 171,1 g, superando al T4 (25 %) que alcanzó 109,3 g, mientras que los demás tratamientos se ubicaron en un rango intermedio (135–154 g). De manera similar, tanto la biomasa fresca como la seca presentaron diferencias significativas ($p = 0,02$ y $p = 0,03$, respectivamente), siendo T2 (75 %) el tratamiento con los valores más altos con 106,6 g y 32,0 g, mientras que T4 (25 %) registró los menores con 65,3 g y 22,8 g. Los tratamientos restantes mostraron resultados intermedios sin diferencias significativas.

Estos resultados indican que la aplicación intermedia del biofertilizante promueve un crecimiento vegetativo vigoroso, aumentando la acumulación de biomasa y la eficiencia en la producción de materia orgánica, mientras que las dosis bajas

limitan la productividad. La fertilización química mostró resultados comparables a las aplicaciones intermedias, lo que sugiere que los biofertilizantes pueden funcionar como una alternativa efectiva para complementar la fertilización química sin comprometer el rendimiento del cultivo.

El análisis de rendimiento mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados ($p > F = 0,03$). El mayor rendimiento se registró en T2 (75 %), con 3.042,49 kg.ha⁻¹, destacándose significativamente frente a los tratamientos con dosis bajas y al control. El tratamiento con dosis máxima T1 (100 %) alcanzó 2.742,96 kg.ha⁻¹, ubicándose en el mismo grupo estadístico que T3 (50 %), T5 (fertilización química) y T6 (control), lo que indica que un aumento en la dosis no necesariamente incrementa la producción. Por su parte, T4 (25 %) presentó el menor rendimiento (1.942,82 kg.ha⁻¹), significativamente inferior al resto, evidenciando que dosis muy bajas resultan insuficientes para cubrir los requerimientos nutricionales (ver Tabla 7).

Tabla 6. Efecto de *A. nodosum* sobre los parámetros productivos del cultivo de zanahoria al alcanzar la madurez fisiológica

Tratamiento	Altura total (cm)	Diámetro raíz (cm)	Peso de raíz (g)	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)
T1: 100 %	57,5 ab	4,54 a	154,3 ab	87,4 ab	25,2 ab
T2: 75 %	61,5 a	6,75 a	171,1 a	106,6 a	32,0 a
T3: 50 %	57,1 ab	4,52 a	147,4 ab	74,9 ab	24,1 ab
T4: 25 %	53,8 b	3,53 a	109,3 b	65,3 b	22,8 b
T5: Fert. Química	55,6 ab	4,30 a	135,1 ab	81,5 ab	27,5 ab
T6: control	58,1 ab	4,61 a	147,0 ab	88,9 ab	25,7 ab
$\bar{x}$	57,3	4,70	144,1	84,1	26,2
P > F	0,03	0,25	0,03	0,02	0,03

Tabla 7. Efecto de *A. nodosum* sobre el rendimiento del cultivo de zanahoria

Tratamiento	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)	
T1: 100 %	2.742,96	ab
T2: 75 %	3.042,49	a
T3: 50 %	2.620,93	ab
T4: 25 %	1.942,82	b
T5: Fertilización química	2.402,44	ab
T6: control	2.313,84	ab
$\bar{x}$	2.560,91	
P > F	0,03	

El rendimiento promedio del ensayo fue de 2.560,91 kg.ha⁻¹; aunque los pesos individuales de raíz estuvieron dentro de lo esperado para la variedad Chantenay Red Cored según González *et al.* (2010), la productividad por hectárea

fue relativamente baja. Esto puede atribuirse principalmente a la reducción de la densidad efectiva de plantas por unidad de superficie, debido a pérdidas durante el ciclo y de raíces no comerciales. Adicionalmente, el efecto de borde característico de parcelas experimentales pequeñas contribuyó a disminuir la cantidad total de biomasa cosechada, explicando la discrepancia entre el buen tamaño individual de raíz y el rendimiento expresado en kg.ha⁻¹.

Discusión

El análisis de suelo inicial reveló un pH ligeramente ácido (5,5–5,6) y bajos niveles de nitrógeno disponible, mientras que los contenidos de fósforo, potasio, calcio y magnesio se encontraban en rangos moderados según interpretación del laboratorio. Esto sugiere que el cultivo pudo beneficiarse de un aporte externo de nutrientes. Lo cual se revela en el tratamiento control, que presentó valores similares a los mejores tratamientos en la primera medición, lo que evidencia

una buena fertilidad inicial del suelo que favoreció el desarrollo temprano del cultivo.

En la primera medición de las variables vegetativas del cultivo (30 DDS) se evidenció para la variable altura de planta, que la fertilización química convencional presentó el mayor valor, indicando una mayor eficiencia en la promoción del crecimiento vegetativo inicial. Sin embargo, los tratamientos con extracto de *Ascophyllum nodosum* mostraron una respuesta dosis-dependiente, siendo el 50 % el que alcanzó los mejores resultados entre los tratamientos con alga. Tanto la concentración más baja (25 %) como la más alta (100 %) registraron alturas significativamente menores, lo que sugiere que existe un rango óptimo de aplicación, mientras que una sobredosis puede generar efectos inhibitorios sobre el crecimiento vegetativo.

En la segunda medición, a los 45 DDS, se marca una tendencia a una mejora de las variables con respecto al tratamiento con 50 % de aplicación del producto en comparación a los demás, lo cual coincide con el estudio de Ali *et al.* (2019), donde se menciona que las aplicaciones foliares de una dosis intermedia del producto (0,5 %) de extracto de *A. nodosum* en cultivo de tomate y pimiento dulce en un ambiente tropical, a intervalos de 10 días resultaron en un aumento significativo ($p < 0,05$) en los parámetros de crecimiento de las plantas, incluyendo la altura de la planta (40 %), el número de hojas (50 %), la biomasa seca de la planta (52 %), la longitud de la raíz (59 %) y el contenido de clorofila (20 %) en comparación con el control. Además, las plantas tratadas también tuvieron un número significativamente mayor de racimos florales, número de flores, frutos por racimo y rendimiento total de frutos cosechados.

En la tercera medición de las variables vegetativas, la tendencia se mantuvo, evidenciándose que la altura de planta, la longitud de hojas y el número de hojas fueron estadísticamente superiores en comparación con los demás tratamientos. Durante las fases tempranas del cultivo, la aplicación de una dosis del 50 % de extracto de *Ascophyllum nodosum* promovió valores más altos en altura y desarrollo foliar, lo que sugiere un efecto positivo sobre el crecimiento vegetativo inicial. En este sentido, Kumari *et al.* (2023) señalan que el uso de extractos de algas marinas, particularmente de *Ascophyllum nodosum*, mejora significativamente el crecimiento vegetativo en diversas especies, como *Petunia* y *Ageratum*.

Sin embargo, al final del ciclo, el tratamiento con 75 % fue el que alcanzó mayores valores en las variables productivas (diámetro y peso de raíz, biomasa fresca y seca). Esto sugiere que la dosis óptima para maximizar la productividad no coincide necesariamente con la que produce el crecimiento vegetativo más rápido, y que el extracto de alga actúa de manera diferenciada según la estructura vegetal y la fase del cultivo, favoreciendo la acumulación de biomasa en raíces a dosis ligeramente mayores. En concordancia con lo anterior, Kumari *et al.* (2023), señalan que los efectos positivos se logran principalmente cuando se aplican bajas concentraciones

del extracto. En estas dosis reducidas, estos productos regulan diversos procesos fisiológicos que estimulan el crecimiento, mejoran la eficiencia en la absorción de nutrientes y ayudan a las plantas a tolerar mejor el estrés biótico y abiótico.

La aplicación de *A. nodosum* contribuye significativamente al desarrollo vegetativo y productivo de la zanahoria. Esto coincide con estudios previos en otras hortalizas, como cebolla, donde concentraciones intermedias (0,55 %) de *A. nodosum* promovieron el mayor crecimiento vegetativo y rendimiento (altura de planta, número de hojas, tasa de crecimiento del cultivo y peso del bulbo) (Hidangmayum y Sharma, 2017). En el presente experimento, los tratamientos con 50 y 75 % de la dosis, mostró los valores más altos en gran parte de las variables evaluadas: altura de planta, ancho y longitud de hoja, número de hojas, diámetro y peso de raíz, así como biomasa fresca y seca.

El mayor diámetro y peso de la raíz indican que el sistema radical desarrolló mayor capacidad de exploración del suelo y acumulación de fotoasimilados, reflejado también en la biomasa fresca y seca. Además, al superar el rendimiento de los otros tratamientos, este resultado revela que existe una dosis óptima de bioestimulante, en este caso 75 %, más eficaz que la dosis máxima (100 %) o las más bajas, lo que coincide con estudios de respuesta dosis-efecto en bioestimulantes (Shukla *et al.*, 2019; Kumari *et al.*, 2023). En resumen, estos datos apoyan la hipótesis de que el extracto de *A. nodosum* puede mejorar significativamente el desarrollo y rendimiento de la zanahoria y, aunque no se midió directamente la reducción de fertilizante, el incremento en biomasa sugiere un uso más eficiente de los insumos aplicados.

Según el estudio “Comportamiento de algunas variedades de zanahoria (*Daucus carota* L.) durante el año 2016, en la zona de Vidra” de Șovărel *et al.* (2017), la variedad Chantenay Red Cored destacó por presentar los valores más altos en todos los parámetros evaluados, alcanzando un peso promedio de raíz de 130,2 g y un diámetro de 3,9 cm. En el presente estudio, los resultados obtenidos fueron superiores en el tratamiento T2 (75 %), donde se registró un peso promedio de raíz de 171,11 g y un diámetro de 6,75 cm. Esta diferencia sugiere que, bajo las condiciones experimentales empleadas y con la aplicación del bioestimulante a base de *Ascophyllum nodosum*, la variedad puede expresar un mayor potencial de desarrollo radicular; lo cual evidencia una respuesta favorable del cultivo y resalta el efecto positivo del tratamiento en el crecimiento individual de las raíces.

Conclusiones

La aplicación de extractos de *Ascophyllum nodosum* tuvo un efecto positivo sobre el crecimiento vegetativo y el rendimiento del cultivo de zanahoria, evidenciando mejoras en parámetros como número de hojas, longitud de raíz y peso fresco en comparación con el control sin aplicación. La implementación de una fertilización mínima permitió evaluar

con mayor claridad la respuesta del cultivo al bioestimulante, dado que la zanahoria cuenta con un sistema radicular eficiente capaz de explorar el suelo en busca de nutrientes.

Los tratamientos con dosis intermedias del extracto mostraron los mejores resultados, lo que sugiere que la eficiencia del bioestimulante depende de una concentración equilibrada que favorezca la absorción de nutrientes sin generar un gasto energético excesivo en la planta. Por otra parte, el uso de *A. nodosum* constituye una alternativa sostenible para los sistemas agrícolas de la costa ecuatoriana, contribuyendo a optimizar la eficiencia de los fertilizantes químicos y a reducir el impacto ambiental asociado a su uso.

Agradecimiento

Los autores agradecen a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, a la carrera de Ingeniería agropecuaria (Campus La María) por proporcionar el terreno y las instalaciones del laboratorio, lo que permitió la realización de este estudio.

Referencias bibliográficas

- Ali, O., Ramsubhag, A. y Jayarama extract in tomato and sweet pepper crops in a tropical environme n, J. (2019). Biostimulatory activities of *Ascophyllum nodosum* nt. *PLoS One*, 14(5). <https://url-shortener.me/DCG1>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. W. (2020). [Software de cómputo]. Centro de transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.infostat.com.ar>
- Espinosa-Antón, A. A., Hernández-Herrera, R. M., y González-González, M. (2020). Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. *Biotecnología Vegetal*, 20(4), 257-282. <https://url-shortener.me/DCF1>
- González, G., Vanegas, J., y Vergara, A. (2010). *Manual de zanahoria minimamente procesada: Variedades Chantenay y Baby*. https://www.researchgate.net/publication/317177781_Manual_de_zanahoria_minimamente_procesada_Variedades_Chantenay_y_Baby
- Halfhide, T., y Boodoo, M. (2020). Microalgal Harvesting considering Moringa and Watermelon Seeds as Natural Flocculants. *Farm and Business-The Journal of the Caribbean Agro-Economic Society*, 12(1), 20-26. <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.307708>
- Hassan, S. M., Ashour, M., Sakai, N., Zhang, L., Hassanien, H. A., Gaber, A. y Ammar, G. (2021). Impact of seaweed liquid extract biostimulant on growth, yield, and chemical composition of cucumber (*Cucumis sativus*). *Agriculture*, 11(4), 320. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040320>
- Hidangmayum, A. y Sharma, R. (2017). Effect of different concentrations of commercial seaweed liquid extract of *Ascophyllum nodosum* as a plant biostimulant on growth, yield, and biochemical constituents of onion (*Allium cepa* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(4), 658–663. <https://url-shortener.me/3E81>
- Huespe, D., Solaro, C. y Ponce, J. P. (2022). Ensayo comparativo de rendimiento de Zanahoria (*Daucus carota* L.) para dos fechas diferentes de cosecha en la Región Semiárida Pampeana. *Semiárida*, 32(2), 57-64. [https://doi.org/10.19137/semiárida.2022\(02\).57-64](https://doi.org/10.19137/semiárida.2022(02).57-64)
- INAMHI. (2025). *Estación Meteorológica Pichilingue* [Datos meteorológicos]. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). <https://inamhi.gob.ec/info/>
- Kumari, S., Sehrawat, K. D., Phogat, D., Sehrawat, A. R., Chaudhary, R., Sushkova, S. N., Voloshina, M.S., Rajput, V.D., Shmaraeva, A.N. y Shende, S. S. (2023). *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, a pivotal biostimulant toward sustainable agriculture: A comprehensive review. *Agriculture*, 13(6), 1179. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061179>
- Mutum, L., Janda, T., Darkó, É., Szalai, G., Hamow, K. Á. y Molnár, Z. (2023). Outcome of Microalgae Biomass Application on Seed Germination and Hormonal Activity in Winter Wheat Leaves. *Agronomy*, 13(4), 1088. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041088>
- Nagraj, G. S., Jaiswal, S., Harper, N. y Jaiswal, A. K. (2020). Carrot. *Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables*, 323–337. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812780-3.00020-9>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). *Cultivos y productos de ganadería*. <https://url-shortener.me/3DZV>. (Consultado el 12 de septiembre de 2025)
- Pereira, L., Morrison, L., Shukla, P. S. y Critchley, A. T. (2020). A concise review of the brown macroalga *Ascophyllum nodosum* (Linnaeus) Le Jolis. *Journal of Applied Phycology*, 32, 3561-3584. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02246-6>
- Rodríguez-Izquierdo, L., China-Horta, A., Falcón-Rodríguez, A. y Ramos-León, J. Z. (2021). Crecimiento y relación fuente-demanda en plantas de zanahoria bioestimuladas con Quitomax® y Pectimorf®. *Cultivos Tropicales*, 42(4), 1-21. <https://url-shortener.me/DCIK>
- Shukla, P. S., Mantin, E. G., Adil, M., Bajpai, S., Critchley, A. T. y Prithiviraj, B. (2019). *Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: Sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. *Frontiers in Plant Science*, 10, 655. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655>

- Șovărel, G., Maior, L., Ivan, G. y Acatrinei, I. (2017). *Behavior of some carrot cultivars (Daucus carota L.) during 2016, in Vidra area. Current Trends in Natural Sciences*, 6(11), 53–57. <https://url-shortener.me/DCJ8>
- Supraja, K. V., Behera, B. y Balasubramanian, P. (2020). Efficacy of microalgal extracts as biostimulants through seed treatment and foliar spray for tomato cultivation. *Industrial Crops and Products*, 151, 112453. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112453>
- Tian, S. L., Khan, A., Zheng, W. N., Song, L., Liu, J. H., Wang, X. Q. y Li, L. (2022). Effects of Chlorella extracts on growth of *Capsicum annuum* L. seedlings. *Scientific Reports*, 12(1), 15455. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19846-6>
- Wang, M., Yin, Z., Sun, W., Zhong, Q., Zhang, Y. y Zeng, M. (2023). Microalgae play a structuring role in food: Effect of spirulina platensis on the rheological, gelling characteristics, and mechanical properties of soy protein isolate hydrogel. *Food Hydrocolloids*, 136, 108244. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108244>

