

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“EXTRACTO DE ALGAS MARINAS (*Ascophyllum nodosum*) Y
CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ EN VIVERO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERA AGRÓNOMA

MELISSA GUADALUPE ALEGRE PINEDA

LIMA – PERÚ

2024

tesis

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	revistas.rcaap.pt Fuente de Internet	<1%
2	repositorio.ual.es:8080 Fuente de Internet	<1%
3	revistas.ustabuca.edu.co Fuente de Internet	<1%
4	www.grupoandina.com.pe Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to Universidad Técnica Nacional de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1%
6	investigacion.unirioja.es Fuente de Internet	<1%
7	jci.ut.ac.ir Fuente de Internet	<1%
8	revistamvz.unicordoba.edu.co Fuente de Internet	<1%
9	zpio.unios.hr Fuente de Internet	<1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“EXTRACTO DE ALGAS MARINAS (*Ascophyllum nodosum*)
Y CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ EN VIVERO”**

MELISSA GUADALUPE ALEGRE PINEDA

Tesis para optar el Título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ph. D. Sady Javier García Bendezú
PRESIDENTE

Dr. Ricardo Roberto Borjas Ventura
ASESOR

Dr. Juan Waldir Mendoza Cortez
MIEMBRO

Ing. Mg. Sc. Juan Carlos Melchor Jaulis Cancho
MIEMBRO

LIMA – PERÚ

2024

DEDICATORIA

A mis padres y hermana, por su apoyo incondicional desde siempre.

A Julio, por apoyarme e impulsarme a ser mejor cada día.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor, el Dr. Ricardo Borjas por su acompañamiento, enseñanzas y paciencia en el desarrollo de la presente investigación.

Al Laboratorio e invernadero de Fertilidad del Suelo “Sven Villagarcía Hermosa” de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por brindarme las facilidades de desarrollar el ensayo de la mejor forma.

A mis compañeros, por cada palabra de ánimo y consejo brindado durante el desarrollo de la presente investigación.

A mi familia, por su apoyo incondicional y motivación a lo largo de este proceso.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	OBJETIVOS	2
1.1.1	Objetivo general	2
1.1.2	Objetivos específicos	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1	ORIGEN DEL CAFÉ	3
2.2	IMPORTANCIA DEL CAFÉ EN EL MUNDO	3
2.3	IMPORTANCIA DEL CAFÉ EN EL PERÚ	4
2.4	BOTÁNICA DEL CAFÉ.....	4
2.5	CULTIVAR CUSCATLECO.....	5
2.6	BIOESTIMULANTES	6
2.7	EXTRACTO DE ALGAS COMO BIOESTIMULANTES	7
2.8	EXTRACTO DE <i>Ascophyllum Nodosum</i>	10
III.	METODOLOGÍA	12
3.1	SITIO DE ESTUDIO.....	12
3.2	MATERIAL VEGETAL	12
3.3	SUSTRATO EXPERIMENTAL	13
3.4	EXTRACTO DE ALGAS MARINAS.....	13
3.5	TRATAMIENTOS	13
3.6	REPIQUE EN BOLSAS.....	15
3.7	FERTILIZACIÓN DE PLÁNTULAS.....	15
3.8	EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES.....	16
3.9	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	17
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
4.1	CRECIMIENTO DE LA PLANTA	19
4.1.1	Altura de la planta	19
4.1.2	Diámetro del tallo de la planta	23
4.1.3	Longitud de raíz	25
4.1.4	Número de hojas	26
4.2	BIOMASA DE LA PLANTA	28
4.2.1	Peso seco de las hojas, tallo y raíces	28

4.2.2 Relación peso seco parte aérea/raíz (A/R)	30
4.2.3 Índice de robustez – IR	31
4.2.4 Índice de calidad de Dickson	33
4.2.5 Porcentaje de nitrógeno, fósforo y potasio total.....	34
V. CONCLUSIONES.....	37
VI. RECOMENDACIONES.....	38
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	39
VIII. ANEXOS.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Figura 1: Ubicación del vivero de cultivos tropicales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.....	12
Figura 2: Instalación del ensayo. Izq.: llenado de sustrato en bolsas. Der.: repique de plántulas de café en estado mariposa.....	15
Figura 3: Proceso general del ensayo: arriba (izq. a der.: instalación de los tratamientos en vivero; preparación y aplicación de las diferentes dosis; medición final de las plantas de café; muestras de hojas, tallo y raíz en estufa), abajo (izq. a der.: pesaje de hojas secas en balanza analítica; hojas molidas para análisis de NPK; alicuotas obtenidas para análisis de NPK).....	18
Figura 4: Altura de planta en plantas de café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 26 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Ev 1 (54 ddr), Ev 2 (70 ddr), Ev 3 (85 ddr), Ev 4 (100 ddr) y Ev 5 (119 ddr).	20
Figura 5: Análisis de regresión de la altura final de planta (cm) bajo el efecto de dosis creciente total del extracto. Evaluación final (119 ddr).....	21
Figura 6: Plantas más representativas de los cuatro tratamientos (izq. a der.: T1, T2, T3 y T4)	22
Figura 7: Diámetro de tallo de plantas de café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 26 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Ev 1 (54 ddr), Ev 2 (70 ddr), Ev 3 (85 ddr), Ev 4 (100 ddr) y Ev 5 (119 ddr).	24
Figura 8: Análisis de regresión de diámetro de tallo (mm) bajo el efecto de dosis creciente total del extracto. Evaluación final (119 ddr).....	24
Figura 9: Longitud de raíz de plantas de café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 26 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Evaluación final (119 ddr).	25
Figura 10: Número de hojas en plantas de café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 26 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Ev 1 (54 ddr), Ev 2 (85 ddr) y Ev 3 (119 ddr).	27
Figura 11: Análisis de regresión de número de hojas (unidades) bajo el efecto de dosis creciente total del extracto. Evaluación final (119 ddr).....	27
Figura 12: Peso seco de hojas de café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 26 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Evaluación final (119 ddr).	28

Figura 13: Peso seco de tallo de plantas de café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 26 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Evaluación final (119 ddr).	29
Figura 14: Peso seco de raíz de plantas de café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 26 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Evaluación final (119 ddr).	30
Figura 15: Relación peso seco de parte aérea/raíz (A/R) en plantas de café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 26 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Evaluación final (119 ddr).	31
Figura 16: Índice de robustez (IR) de plantas de café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 26 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Ev 1 (54 ddr), Ev 2 (70 ddr), Ev 3 (85 ddr), Ev 4 (100 ddr) y Ev 5 (119 ddr).	32
Figura 17: Análisis de regresión de índice de robustez (cm/mm) bajo el efecto de dosis creciente total del extracto. Evaluación final (119 ddr).	33
Figura 18: Índice de calidad de Dickson de plantas de café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 26 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Evaluación final (119 ddr).	34
Figura 19: Porcentaje de nitrógeno total en café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 4 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Evaluación final (119 ddr).	35
Figura 20: Porcentaje de fósforo total en café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 4 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Evaluación final (119 ddr).	35
Figura 21: Porcentaje de potasio total en café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 4 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Evaluación final (119 ddr).	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ficha técnica del café var. Cuscatleco.....	6
Tabla 2: Tratamientos aplicados en el experimento con café var. Cuscatleco bajo condiciones de vivero en La Molina, Perú.	14

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Cronograma de actividades.....	49
---	----

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el efecto del uso de diferentes dosis de un bioestimulante a base de extracto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) sobre el crecimiento de plántulas de café (*Coffea arabica*) cv. Cuscatleco, en vivero bajo condiciones de La Molina, Perú. Se utilizó el diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y 26 repeticiones. Siendo los tratamientos los siguientes: T1: control, T2: plantas con Algax 5 ml/l, T3: plantas con Algax 7.5 ml/l y T4: plantas con Algax 10 ml/l. Se realizaron cuatro aplicaciones del extracto con un intervalo de 15 días. Se evaluaron los siguientes parámetros: altura, diámetro, longitud de raíz, número de hojas, peso seco (hojas, tallo, raíces), relación peso seco parte aérea/raíz (A/R), índice de robustez (IR), índice de calidad de Dickson, y porcentaje de nitrógeno, fósforo y potasio total. El efecto del uso de las diferentes dosis de *Ascophyllum nodosum* se hicieron evidentes sobre el crecimiento del café cv. Cuscatleco en condiciones de vivero. Para el caso de los parámetros: altura de planta, longitud de raíz, peso seco de hojas y tallos, relación peso seco parte aérea/raíz y porcentaje de fósforo, se encontraron diferencias estadísticas significativas en el tratamiento con dosis de 10 ml/l de Algax (T4). Mientras que para los parámetros: diámetro de tallo, número de hojas, peso seco de raíces, índice de robustez, índice de calidad de Dickson y porcentaje de nitrógeno y potasio, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Sin embargo, se observó una tendencia al aumento de todos los valores de los parámetros evaluados a medida que se incrementaron las dosis de *Ascophyllum nodosum*.

Palabras clave: café, bioestimulante, extracto de algas marinas, *Ascophyllum nodosum*, crecimiento.

ABSTRACT

The present research was carried out to evaluate the effect of using different doses of a biostimulant based on seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) on the growth of coffee seedlings (*Coffea arabica*) cv. Cuscatleco, in nursery conditions in La Molina, Peru. A completely randomized design with four treatments and 26 replications was used. The treatments were as follows: T1: control, T2: plants with Algax 5 ml/l, T3: plants with Algax 7.5 ml/l and T4: plants with Algax 10 ml/l. Four applications of the extract were made at an interval of 15 days. The following parameters were evaluated: height, diameter, root length, number of leaves, dry weight (leaves, stem, roots), aerial part/root dry weight ratio (A/R), hardness index (IR), Dickson's quality index, and percentage of nitrogen, phosphorus and total potassium. The effect of the use of different doses of *Ascophyllum nodosum* was evident on the growth of coffee cv. Cuscatleco under nursery conditions. For the parameters: plant height, root length, dry weight of leaves and stems, dry weight ratio of aerial part/root, and percentage of phosphorus, significant statistical differences were found in the treatment with a dose of 10 ml/l of Algax (T4). While for the parameters: stem diameter, number of leaves, root dry weight, robustness index, Dickson's quality index, and percentage of nitrogen and potassium, no significant statistical differences were found between treatments. However, there was a tendency for all the values of the parameters evaluated to increase as the doses of *Ascophyllum nodosum* were increased.

Keywords: coffee, biostimulant, seaweed extract, *Ascophyllum nodosum*, growth

I. INTRODUCCIÓN

El café es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial. Dependen de él cerca de 120 millones de personas alrededor del mundo (Figueroa *et al.*, 2015). En el Perú, el sector cafetalero tiene importancia en el desarrollo socioeconómico y ambiental. Su producción es el sustento de 223 000 familias; asimismo, se considera a la región Cajamarca como la principal región productora de café, concentrando un 25% de la producción nacional (León, 2023).

En los últimos 50 años los rendimientos del café no han mejorado mucho, debido a la escasa implementación de tecnologías agrícolas y al mal manejo aplicado por parte de los caficultores quienes, además desconocen el uso de los bioestimulantes. Lo cual limita el crecimiento y desarrollo del café en todas sus etapas.

Es importante mencionar que uno de los principales factores que permiten tener buen rendimiento en campo es la calidad de la planta en fase de vivero. Es decir, a mayor calidad de plántulas en vivero el éxito de la plantación en campo será muy alta, esperando así un café con alta calidad y productividad (CENICAFE, 2015).

El empleo de extracto de algas a base de *Ascophyllum nodosum* ha favorecido al crecimiento y desarrollo de diversos cultivos de importancia económica como tomate, vid, maíz, pimiento, etc., y además ha provocado aumento de rendimientos, producción, etc. (Blunden, 1973; Eris *et al.*, 1995; Herrera, 1995; Popescu, 2014)

En este sentido, se ha considerado su uso para determinar la dosis efectiva donde se pueda ver sus efectos en las plántulas de café y así sean ideales para su posterior trasplante a campo. Ya que, las experiencias en el empleo de estos extractos en el cultivo de café aún son muy escasas creando un vacío en la información que limita la producción exitosa de plántulas de café en vivero poniendo en riesgo la sustentabilidad de este grano.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de un bioestimulante a base de *Ascophyllum nodosum* sobre el crecimiento de plántulas de café cv. Cuscatleco en condiciones de vivero.

1.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del uso de diferentes dosis de un bioestimulante a base de extracto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) sobre el crecimiento de la parte aérea de las plántulas de café.
- Cuantificar el crecimiento radicular por el uso de diferentes dosis de un bioestimulante a base de extracto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) sobre plántulas de café.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ORIGEN DEL CAFÉ

El café es originario de Etiopía, África. Fue descubierto hace 890 años aproximadamente (Smith, 1985). Y se estableció en tierras altas a más de 1.000 msnm (Alvarado & Rojas, 2007). Siendo su procedencia el sotobosque para luego pasar al proceso de domesticación (IHCAFE, 2001). Bajo sistemas agroforestales las altitudes varían entre los 600 a 1 200 msnm (Wintgens, 2004). Además, con el avance de diversos estudios científicos, se ha podido secuenciar el genoma del *Coffea arabica* que es el resultado de una hibridación entre *Coffea canephora* y *Coffea eugenioides* (Scalabrin, 2020).

2.2 IMPORTANCIA DEL CAFÉ EN EL MUNDO

El café es un *commodity* más comercializado en el mundo después del petróleo. El valor del comercio de café es de más de USD 200 mil millones al año (ICO, 2021). Desde la década de 1990 la producción mundial del café ha incrementado en más de un 60% (en volumen) (ICO, 2019a). Este incremento significativo se vincula con el aumento de la producción del principal productor cafetalero: Brasil (Quintero y Rosales, 2014), quien representa cerca del 35% de la producción total, por lo tanto, su comportamiento influye en la tendencia de producción en el mundo (MIDAGRI, 2020).

Este cultivo también es relevante en el desarrollo socioeconómico y ambiental. Ya que forma parte fundamental de las economías de los países tropicales, brindándoles empleos e ingresos por la exportación (Quintero y Rosales, 2014). Siendo favorecidas 120 millones de personas que dependen del café a nivel mundial (Figuroa et al., 2015). Así mismo, el café al ser cultivado mayormente bajo sistemas agroforestales, favorece la conservación de la biodiversidad y los recursos naturales (Jha et al., 2014).

2.3 IMPORTANCIA DEL CAFÉ EN EL PERÚ

En el Perú, el café es uno de los productos principales de exportación, alrededor del 95% de la producción nacional se exporta. La producción inicia desde el mes de marzo, alcanzando su máximo en los meses de mayo y junio, debido a que la estacionalidad del café es marcada (CPC, 2017). Se produce exclusivamente café tipo arábica, siendo el 70 % de la variedad Típica, 20 % de Caturra y 10 % de otras variedades (JNC, 2020). Aunque, luego de la epidemia de la roya del 2013, algunos agricultores han cambiado de variedades susceptibles como el Caturra a variedades resistentes como los diferentes tipos de Catimor. Este cambio es más marcado en zonas bajas, mientras que, en zonas altas, 1 600 msnm aproximadamente, aún se mantienen variedades susceptibles a la roya.

Existen 223 000 familias productoras que dependen directamente de la producción del café (JNC, 2020). Siendo las principales regiones productoras: Cajamarca, San Martín y Junín. Se considera a la región Cajamarca como la principal productora de café, ya que concentra el 25% de la producción nacional. Esto debido a las buenas prácticas agrícolas y la asociatividad (León, 2023).

En el 2022, la producción nacional alcanzó las 234.200 toneladas, mostrando una caída de 14% con respecto al año 2021. Debido a los efectos del cambio climático, el ataque de roya y *Cercospora coffeicola* u “ojo de gallo”, así como la culminación del ciclo productivo de un 70 % de las plantaciones (León, 2023).

2.4 BOTÁNICA DEL CAFÉ

El café pertenece a la familia Rubiaceae y al género *Coffea*. Dentro de este género, las especies más importantes son: *Coffea arabica* L. (café arábica) y *Coffea canephora* P. (café robusta). *C. arabica* es la única especie genéticamente diferente a las demás ya que es un alotetraploide con 44 cromosomas (Rojo y Pérez, 2015), se autopoliniza y presenta 10 % de polinización cruzada (Carvalho y Mónaco, 1964).

Rojo y Pérez (2015) describen al café como un arbusto grande perenne, de 5 m de altura aproximadamente. Es de forma cilíndrica que cuenta con un brote principal del cual salen ramificaciones laterales plagiotrópicas principales y secundarias (Farah y Ferreira, 2015). El sistema radicular del café está compuesto por una raíz principal pivotante que penetra a profundidades de hasta 50 cm. De esta raíz se generan las raíces axiales y laterales que se

extienden horizontalmente y sirven de sostén a las raíces absorbentes o raicillas que se encuentran principalmente en la capa superficial del suelo (Vanegas, 2016).

Las hojas están dispuestas de forma opuesta y decusada en el tallo (Murphy y Naidu, 2012). Son elípticas, brillantes de color verde, algunas con matices purpúreos y aparecen por pares. Presentan peciolo cortos y pequeñas estípulas (Rojo y Pérez, 2015).

Las flores son blancas, conformadas por 5 pétalos y un cáliz con 5 estambres y 1 pistilo y se ubican en los nudos de las ramas, en la base de las hojas. Se forman grupos de 4 o más flores las cuales forman una inflorescencia de tipo glomerular. Y pueden existir de 3 a 5 glomérulos en la base de las hojas. Las cuales se abren después del periodo de lluvias (Wintgens, 2004; Vanegas, 2016).

Los frutos son bayas que contienen dos semillas, inicialmente son verdes y ovaladas tornándose rojos o amarillos (dependiendo del cultivar) en la madurez, después de 7 a 9 meses (Rojo y Pérez, 2015).

2.5 CULTIVAR CUSCATLECO

Esta variedad proviene del híbrido Sarchimor T-5296, originado del cruce de la variedad Villa Sarchí 971/10 y el híbrido de Timor CIFC 832/2. Fue creado en 1959 por el CIFC, pero se liberó en el 2007 en El Salvador por la Fundación Salvadoreña para Investigaciones de Café (PROCAFÉ) con el objetivo de ser sembrado en zonas donde es difícil aumentar la producción por daños de roya y nematodos especialmente del género *Meloidogyne* (Velásquez, 2019). Además, esta variedad es altamente productiva gracias a su porte intermedio, entrenudos cortos, alto vigor híbrido y sistema radicular profundo, capaz de sostener una vigorosa y compacta parte aérea. Así mismo, tiene follaje denso con hojas viejas de color verde intenso, grandes y corrugadas, mientras que las hojas nuevas son de color verde claro. Los frutos son de color rojo, grandes y alargados. A pesar, que el manejo agronómico sea conocido en otros países, en nuestras condiciones aún no sabemos de su comportamiento limitando un manejo adecuado lo cual a su vez puede tener efectos negativos en su producción (tabla 1).

Tabla 1: Ficha técnica del café var. Cuscatleco

Característica	Valor
Adaptabilidad	Zonas bajas a zonas medias
Productividad	Alta
Altura de planta (m)	2.40
Producción bienal	No
Entrenudos	Cortos
Color de brotes	Verde claro
Maduración del fruto	Intermedio
Color de fruto	Rojo
Tamaño del grano	Grande
Calidad de taza	Muy buena

Fuente: Velásquez (2019).

2.6 BIOESTIMULANTES

Los bioestimulantes son sustancias que promueven e inducen al crecimiento y desarrollo de las plantas (Lozada, 2017). Además, influyen en la eficiencia de su metabolismo y fotosíntesis, les permite ser más resistentes a condiciones de estrés causado por ambientes adversos, etc. (Torres, 2018).

Kauffmann et al. (2007) mencionan que los bioestimulantes son sustancias distintas a los fertilizantes y cuando se aplican en proporciones bajas favorecen el crecimiento de las plantas.

Pueden estar disponibles con diferentes ingredientes como fitohormonas (auxinas, giberelinas, etc.), extractos de algas marinas, aminoácidos, micronutrientes, que a su vez son promotores del crecimiento (Suquilanda, 2003).

Se puede decir que los bioestimulantes son auxiliares del mantenimiento fisiológico de las plantas pues les suministra muchos compuestos en pequeñas cantidades, lo cual les confiere resistencia a condiciones limitantes (mal clima, sequías, ataque de patógenos, etc.) (Díaz, 2009).

Sus funciones fisiológicas dentro de la planta son diversas, por ejemplo: la protección de los fotosistemas contra el daño de radiación excesiva o la multiplicación de raíces laterales. Los

mecanismos celulares o “modo de acción” respaldan estas funciones, como la actividad de los antioxidantes que captan el oxígeno reactivo, volviéndolo inofensivo. Por ende, explican las funciones agrícolas como la tolerancia al estrés abiótico o el manejo eficiente del uso de N. Lo que resulta en un buen rendimiento de los cultivos, mayor producción, ahorro de fertilizantes lo que da mejor rentabilidad (Du Jardín, 2015).

Estos pueden ser aplicados tanto de forma radicular como foliar. Si bien es cierto que los nutrientes no son absorbidos a través de las hojas, ya que estas tienen la función de producir los carbohidratos, sus características anatómicas le dan la ventaja para translocar rápidamente los nutrientes a las zonas de mayor demanda de la planta (Bidwell, 1979).

Según Gomis *et al.* (1987), la producción de plántulas en vivero es más eficiente con aplicaciones de bioestimulantes. Pues se obtienen plantas vigorosas, uniformes en cuanto a crecimiento y desarrollo, con buena resistencia a plagas y enfermedades. Logrando llegar rápidamente su etapa de paso a campo definitivo.

Díaz *et al.* (2016) señalaron que las aplicaciones del bioestimulante FitoMas-E, aceleró la germinación de semillas de café y posteriormente contribuyó en la mejora del crecimiento de plántulas en vivero. Y mientras se aumentaron las concentraciones los resultados fueron más favorables.

El uso de los bioestimulantes en la producción agrícola está aumentando en todo el mundo. Lo cual puede ser una solución eficiente ante el incremento de la demanda de alimentos por parte de la población mundial que está en aumento (Moreno, 2018).

2.7 EXTRACTO DE ALGAS COMO BIOESTIMULANTES

Las algas marinas también llamadas plantas talofitas porque carecen de raíz, tallo y hojas, pueden ser organismos unicelulares o pluricelulares que se desarrollan en el agua, presentan pigmentos como la clorofila que le da esa importancia ya que son capaces de elaborar compuestos orgánicos a partir de CO₂ (Robledo, 1997).

Los extractos de algas pardas son utilizados principalmente en cultivos hortícolas. Pues se ha visto efectos favorables en el crecimiento de las plantas y en la buena respuesta al estrés abiótico (sequías, salinidad, temperaturas extremas, etc.). Dentro de sus componentes químicos se pueden incluir a los ácidos grasos, vitaminas, polisacáridos, fitohormonas, etc.

Recientes estudios han demostrado que los extractos de algas son responsables de activar mecanismos moleculares en las plantas (Battacharyya *et al.*, 2015).

Además, existe un efecto sinérgico entre todos los componentes de los extractos de algas que lo hacen beneficioso, por lo que no se puede hablar del efecto de uno de los componentes en específico (Aguilar, 2015).

Existen diferentes especies de algas (principalmente algas pardas) las cuales son utilizadas para elaborar estos extractos. Al norte del océano atlántico se utilizan algas como *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria hyperborea*, *L. digitata*, *Fucus vesiculosus* y *F. serratus*. Al sur, *Ecklonia maxima* y *Durvillea potatorum* (Verkleij, 1992).

Según Gómez (2013), las algas pardas contienen cuatro familias de polisacáridos, que son los fucoidanos, laminaranos, alginatos y celulosa; siendo los laminaranos, polisacáridos de reserva ubicados en la vacuola y/o citosol, y el resto es parte de la pared celular.

Para García (2005), no se deben considerar a los extractos de algas como abono pues su aporte mineral es mínimo. Por lo tanto, indica que el efecto principal de estos es la estimulación del sistema radicular y del vigor de la planta. Así como el de estimular el desarrollo de su sistema inmunitario y de defensa. Además, señala que las paredes celulares de las algas contienen azúcares que generan la bioestimulación de la planta.

La utilidad de estos productos se justifica en que reponen los componentes hormonales y/o nutricionales de los cultivos acuáticos, para ser aplicados en la agricultura. Ayudan a las plantas a tener una mejor absorción y un manejo eficiente de nutrientes, logrando plantas más fuertes y vigorosas con una mayor producción y buena calidad de las cosechas. Además, son reguladores de crecimiento que aumentan los rendimientos, favorecen la fotosíntesis, floración, desarrollo de yemas, etc. (Velasquí, 1997).

Los extractos de algas marinas pueden ser aplicados al suelo, vía foliar y suelo más foliar. Sin embargo, se menciona que este último proporciona más rendimiento (Canales, 1999).

Además, Fox y Cameron (1961) y López *et al.* (1995) indican que, al hacer aplicaciones de extractos de algas marinas vía foliar, las plantas refuerzan su sistema de defensa, mejoran su nutrición y presentan mejor vigor gracias al trabajo de las enzimas que contiene el extracto.

Estudios realizados en maíz, trigo y arroz, a los cuales se les ha aplicado de 1 a 3 l/ha de ALGAENZIMS® (extracto de algas marinas) han obtenido rendimientos extras de 1 a 3 t/ha (Herrera, 1995).

Experimentos realizados en USA, en el cultivo de papa. Demuestran que cuando se les aplicó extracto de algas vía foliar en el momento de floración, las cosechas incrementaron en 36 % y la calidad del tubérculo mejoró. Para el caso del cultivo de tomate, cuando se hicieron aplicaciones de extractos de algas al suelo y dos veces vía foliar, la producción se incrementó en 20 % (Blunden, 1973). Aplicaciones en coliflor dieron como resultado un aumento significativo del diámetro de la flor (Abetz y Young, 1983).

Investigaciones recientes desarrolladas en plantas cultivadas en invernadero afirmaron el efecto benéfico del uso de los extractos de algas. Para el caso de la espinaca se demostró que con aplicaciones foliares se obtuvieron hojas más grandes, mayor contenido de clorofila, y buen contenido proteico y mineral (K, Mg y Na) (Rouphael *et al.*, 2018). Además, se vieron efectos positivos en plantas de tomate mediante la mejora de su rendimiento (Colla *et al.*, 2017).

Los efectos benéficos que se observan en la nutrición mineral de las plantas que se obtienen por parte de las algas marinas, puede deberse a la regulación diferencial de algunos genes específicos o a la estimulación de algunos procesos fisiológicos como la división celular que genera el incremento de la zona radicular (Ertani *et al.*, 2018; El Boukhari *et al.*, 2020).

La obtención de nutrientes en las plantas se da a través de un gradiente generado por la bomba de protones (H^+ -ATPasas). Según una investigación hecha por Mugnai *et al.* (2008), en vid, la entrada de NH_4^+ y K^+ a través de las raíces, ocurre en el ápice de la raíz en una región llamada “zona de transición” que presenta alta actividad metabólica. La bomba de protones ubicada en esa zona es regulada por auxinas y polisacáridos, y al aplicar extractos de algas que contengan auxinas y laminarias, afectará de forma positiva a su funcionamiento incrementando más protones a la zona de transición, por ende, absorberá más nutrientes como amonio y/o potasio.

Se debe tener en cuenta que los cultivos a los que se le harán aplicaciones de extractos de algas, deben ser cultivos de riego o que estén en constante humedad (lluvias), ya que las importantes reacciones enzimáticas que se dan son de hidrólisis y sin agua o con escasez de ella, no se dan o su actividad es menor (Canales, 1999).

Hacer aplicaciones de extractos de algas en la agricultura es una inversión, ya que es posible al obtener buenos rendimientos, disminuyendo el uso de grandes cantidades de fertilizantes y agroquímicos.

2.8 EXTRACTO DE *Ascophyllum Nodosum*

Ascophyllum nodosum es una especie de alga parda muy reconocida y comercializada para la elaboración de extractos y demás derivados que se utiliza en la agricultura (Norrie y Hiltz, 1999). Esta especie posee diversos reguladores de crecimiento como auxinas, giberelinas y citoquininas, además de un compuesto quelante llamado manitol que se encarga de convertir a los micronutrientes que están en el suelo en formas más asimilables por las plantas, pero que generalmente no pueden ser absorbidos por el sistema radicular (Baroja y Benitez, 2008).

Estudios afirman que los extractos de *A. nodosum* contienen sustancias similares a los reguladores de crecimiento como las auxinas, citoquininas y ácido abscísico. Y otras sustancias como betaínas, giberelinas, etileno y poliaminas (Crouch y Van Staden, 1992). Además, presenta un alto contenido de ácido indolacético, 50 mg/kg de peso seco del extracto (Khan *et al.*, 2009)

Sanderson y Jameson (1986) detectaron un complejo de citoquininas a través de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM) en un extracto comercial elaborado a base de *A. nodosum*.

Los alginatos son sustancias que se encuentran en la pared celular de *A. nodosum*, las cuales le brindan la capacidad de adaptación a fenómenos de estrés por efecto de las mareas. En el suelo, los alginatos se unen con metales libres y forman compuestos de alto peso molecular, que retienen la humedad y restablecen la estructura del suelo (Aguilar, 2015). La concentración de polifenoles que tienen alto poder antioxidante es mayor en los extractos de *A. nodosum* en comparación con otras algas. Además, las células vegetales producen estas sustancias para proteger sus paredes celulares cuando hay ataque de patógenos, ya que son precursores de polímeros de lignina (Íbid).

Otros ingredientes activos que se encuentran en los extractos de *A. nodosum* y son importantes de la defensa y desarrollo de la planta son la laminarina y los oligosacáridos que inducen glucanasas endógenas (Patier *et al.*, 1993).

Ruiz (2017) señala que al aplicar mayor dosis de extracto de *A. nodosum* a plántulas de café robusta, aumenta el tamaño, la longitud de raíces y el peso. Efectos similares se encontraron cuando se hicieron aplicaciones en el cultivo de vid. Incrementó el crecimiento vegetativo, la cantidad de clorofila, la tasa fotosintética y la más significativa fue el aumento de la

biomasa (materia seca de brotes y raíces) (Spinelli et al., 2010). Así mismo, Popescu (2014) afirma que dosis más alta de aplicaciones de extractos de *A. nodosum* (0.17 %) en vid aumenta el crecimiento vegetativo, el diámetro de brote y área foliar.

La aplicación de extracto de *A. nodosum* como bioestimulante + fertilización química (15-15-15) a plántulas de banano en vivero, aumentó el área foliar, el índice de calidad y el peso seco (Cedeño et al., 2021).

Di Stasio et al., (2018) realizaron aplicaciones probando dos extractos comerciales de *A. nodosum* en frutos de tomate y se mejoró el contenido de macronutrientes y micronutrientes.

De manera similar, plantas de olivo tratadas con una combinación de extracto de *A. nodosum*, NH_4NO_3 y bórax mostraron mayor absorción de K, Fe y Cu (Chouliaras et al., 2009).

Aplicaciones foliares de Bio-algeen ®, hecho a base de extracto de *A. nodosum*, incrementó el contenido mineral de nutrientes (N, P, K, Ca, Zn y Fe) en frutos de tomate cherry (Dobromilska et al., 2008).

Eris et al., (1995) señalan que al hacer aplicaciones foliares de extracto de *A. nodosum* en pimiento cv Wonder aumenta la producción en 30 % y el número de frutos en 40 %, esto debido a que existen sustancias similares a las citoquininas en este extracto.

Efectos positivos también se mostraron en cactus (*Rebutia heliosa* y *Sulcorebutia canigueralli*) ya que tras las aplicaciones con extractos de *A. nodosum* mostraron un aumento significativo en la altura de la planta, peso vegetativo y de las raíces, la circunferencia de la planta y número de flores (Prisa, 2020).

III. METODOLOGÍA

3.1 SITIO DE ESTUDIO

Este trabajo de investigación se desarrolló en el vivero de cultivos tropicales (18L 288420.00 mE 8662085 mS) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima-Perú) (Figura 1). El vivero estuvo cubierto por malla antiáfida. El ensayo no contó con ningún tipo de sombra y se desarrolló en el piso.

3.2 MATERIAL VEGETAL

El material vegetal utilizado fueron plántulas de café (*C. arabica*) cv. Cuscatleco en el estadio de mariposa. El mencionado cultivar fue obtenido de la finca La Herencia ubicada en el distrito de Villa Rica (provincia de Oxapampa). El ensayo se llevó a cabo desde marzo/2023 hasta julio/2023.



Figura 1: Ubicación del vivero de cultivos tropicales de la Universidad Nacional Agraria La Molina

3.3 SUSTRATO EXPERIMENTAL

Se utilizó un fardo del sustrato para almácigo Plugmix 8 (210 L). Contiene turba y 15 % de perlita. Sus propiedades fueron: pH:5.5, CE: 0.53 dS/m, NPK y micronutrientes (no especifican cantidad).

3.4 EXTRACTO DE ALGAS MARINAS

Se utilizó el bioestimulante Algax®, a base de algas marinas de la especie *Ascophyllum nodosum* cosechadas en el Atlántico Norte, cuya composición química es de:

- Extracto de Algas (*Ascophyllum Nodosum*) 100 g/l
- Ácido Algínico 20 g/l
- Manitol 4 g/l
- Quelatizados:
- Magnesio (MgO)₂ 600 ppm
- Hierro (Fe₂O₃) 660 ppm
- Zinc (Zn) 350 ppm
- Cobre (Cu) 380 ppm
- Manganeso (Mn) 480 ppm
- Materia Orgánica Total 65 g/l
- Nitrógeno (N) 100 g/l
- Fósforo (P₂O₅) 40 g/l
- Potasio (K₂O) 100 g/l

Este producto es manufacturado por la empresa Comercial Andina Industrial S.A.C

3.5 TRATAMIENTOS

Este experimento evaluó el efecto de la aplicación de diferentes dosis de bioestimulante a base de extracto de algas sobre el crecimiento de café. Para tal efecto, las plantas crecieron por dos meses sin ninguna aplicación como parte del proceso de aclimatación, luego de este tiempo los tratamientos recibieron las aplicaciones. Los tratamientos fueron: 1) Control (sin aplicación del bioestimulante); 2) 23 ml de solución (Algax 5 ml/l) por planta para la primera y segunda aplicación y 38 ml de solución (Algax 5 ml/l) por planta para la tercera y cuarta

aplicación ; 3) 23 ml de solución (Algax 7.5 ml/l) por planta para la primera y segunda aplicación y 38 ml de solución (Algax 7.5 ml/l) por planta para la tercera y cuarta aplicación; 4) 23 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta para la primera y segunda aplicación y 38 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta para la tercera y cuarta aplicación. El número de aplicaciones fueron 4 con un intervalo de 15 días, a los 54, 70, 85 y 100 días después del repique. Se utilizaron las dosis recomendadas e indicadas dentro del rango de la ficha técnica del bioestimulante (1-2 l/ha), ya que, a dosis diferentes, las plántulas de café pueden ser susceptibles a estrés y/o alterar su fisiología (Ruiz, 2017) (Tabla 2).

Tabla 2: Tratamientos aplicados en el experimento con café var. Cuscatleco bajo condiciones de vivero en La Molina, Perú.

Tratamientos	1era Aplic. (54 ddr)	2da Aplic. (70 ddr)	3ra Aplic. (85 ddr)	4ta Aplic. (100 ddr)	Gasto total de Algax (ml)
T1	Solo agua	Solo agua	Solo agua	Solo agua	0
T2	23 ml de solución (Algax 5 ml/l) /planta	23 ml de solución (Algax 5 ml/l) /planta	38 ml de solución (Algax 5 ml/l) /planta	38 ml de solución (Algax 5 ml/l) /planta	0.61 ml
T3	23 ml de solución (Algax 7.5 ml/l) /planta	23 ml de solución (Algax 7.5 ml/l) /planta	38 ml de solución (Algax 7.5 ml/l) /planta	38 ml de solución (Algax 7.5 ml/l) /planta	0.925 ml
T4	23 ml de solución (Algax 10.0 ml/l) /planta	23 ml de solución (Algax 10.0 ml/l) /planta	38 ml de solución (Algax 10.0 ml/l) /planta	38 ml de solución (Algax 10.0 ml/l) /planta	1.22 ml

Nota: ddr: días después del repique

Se utilizó un aspersor manual de 1 l de capacidad para las aplicaciones, mojando toda la planta de manera uniforme. El agua que se utilizó para hacer las aplicaciones fue agua ionizada para evitar alguna contaminación del extracto. El riego durante todo el ensayo se realizó con agua potable, se garantizó la capacidad de campo observando la salida del agua por los agujeros de la base de las bolsas.

3.6 REPIQUE EN BOLSAS

Se obtuvieron plántulas de café en el estado mariposa las cuales fueron repicadas en bolsas de polietileno negras de vivero de un litro de capacidad, haciendo uso del sustrato estéril, Plugmix #8.



Figura 2: Instalación del ensayo. Izq.: llenado de sustrato en bolsas. Der.: repique de plántulas de café en estado mariposa.

3.7 FERTILIZACIÓN DE PLÁNTULAS

A pesar que el sustrato tenía como componentes fertilizantes NPK, las cantidades no se especificaron. Por ende, no garantizaba los niveles óptimos de nutrientes en las plántulas. Se complementó con una fertilización a base de soluciones nutritivas hidropónicas, con dosis de 5 ml l⁻¹ para macronutrientes “A”, y dosis de 2 ml l⁻¹ para micronutrientes “B”. Dicha solución (A+B) fue agregada a razón de 100 ml por planta, y se aplicó una sola vez a todos los tratamientos uniformemente.

3.8 EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES

Se realizaron evaluaciones quincenales y mensuales, siendo un total de 5 evaluaciones durante el transcurso de la investigación (54, 70, 85, 100 y 119 después del repique). Las variables evaluadas fueron:

- **Altura de la planta (cm):** La medición se realizó previa aplicación del extracto, cada quince días. Se midió con una regla desde el cuello de la planta hasta el ápice superior.
- **Diámetro tallo de la planta (mm):** Se realizó previa aplicación del extracto, cada quince días. Se hizo con un vernier en el cuello de la planta.
- **Número de hojas:** Se realizó esta evaluación de forma mensual ya que cada 20-30 días se forma un par de hojas.
- **Peso seco de las hojas (g):** Se realizó en el laboratorio de semillas de la UNALM al finalizar el ensayo. Se secaron las hojas a 70°C por 24 horas en estufa. Con una balanza analítica se pesaron las hojas secas.
- **Peso seco del tallo (g):** Se realizó en el laboratorio de semillas de la UNALM al finalizar el ensayo. Se secaron los tallos a 70°C por 24 horas en estufa. Con una balanza analítica se pesó el tallo.
- **Peso seco de la raíz (g):** Se realizó en el laboratorio de semillas de la UNALM al finalizar el ensayo. Se secaron las raíces a 70°C por 24 horas en estufa. Con una balanza analítica se pesó la raíz.
- **Longitud de la raíz (cm):** La medición se realizó al finalizar el ensayo. Con una regla se midió la longitud de la raíz previo lavado y secado a ambiente.
- **Relación peso seco parte aérea/raíz (A/R).**
- **Índice de robustez (IR)**
- **Índice de calidad de Dickson:** para esta variable se usó la fórmula $PST/[(IR) + (A/R)]$, donde PST es el peso seco total.
- **Nitrógeno total:** se realizó a través del método de micro-Kjeldahl en el Laboratorio e invernadero de Fertilidad del Suelo “Sven Villagarcía Hermosa” – UNALM. Las hojas

fueron secadas en estufa a 70 °C por 24 horas, luego fueron molidas para posteriormente 0,1 g de cada muestra ser digerida con 3 ml de H₂SO₄ 1N usando una mezcla de 0,9 g de K₂SO₄ y 0,1 g de CuSO₄ como catalizador. El producto resultante fue sometido a destilación en presencia de NaOH al 50 %, y recogido en 20 ml de H₃BO₃ al 2 %. Este destilado fue titulado con H₂SO₄ 0,02N. Dicho gasto de ácido fue utilizado en la siguiente fórmula para hallar el % de Nitrógeno Total en cada muestra

$$\% \text{ de N} = \frac{V \times 0,02 \times 0,014 \times 100}{0,1^*}$$

Siendo:

V = Gasto en ml de H₂SO₄ 0,02N usado para la titulación.

*Hace referencia a los 0,1 gramos de material utilizado (Baker & Thompson, 1992)

- **Fósforo y potasio:** se realizó mediante digestión húmeda en el Laboratorio e invernadero de Fertilidad del Suelo “Sven Villagarcía Hermosa” – UNALM. Las hojas fueron secadas en estufa a 70 °C por 24 horas, para posteriormente 0,5 g de cada muestra ser digerida con 7 ml de ácido nítrico perclórico. El producto resultante fue filtrado con agua destilada y recogido en fiolas de 25 ml. Finalmente, las alícuotas obtenidas fueron llevadas al laboratorio de suelos, agua, plantas y fertilizantes (LASPAF), para que den la lectura correspondiente.

3.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos de las variables propuestas fueron analizados mediante el Paquete Estadístico AgroEstat, desarrollado por el Departamento de Ciencias Exactas de UNESP (Barbosa & Junior, 2010). Y se utilizó el diseño experimental completamente al azar (DCA). Dando un total de cuatro tratamientos. Cada tratamiento con 26 repeticiones. Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de variancia (ANVA) y las medias fueron comparadas mediante la prueba de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey (95%).



Figura 3: Proceso general del ensayo: arriba (izq. a der.: instalación de los tratamientos en vivero; preparación y aplicación de las diferentes dosis; medición final de las plantas de café; muestras de hojas, tallo y raíz en estufa), abajo (izq. a der.: pesaje de hojas secas en balanza analítica; hojas molidas para análisis de NPK; alicuotas obtenidas para análisis de NPK)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CRECIMIENTO DE LA PLANTA

4.1.1 Altura de la planta

Para la primera evaluación, realizada antes de la primera aplicación, el promedio de la altura de las plantas fue de 10.07 cm.

En la segunda evaluación, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, indica que el tratamiento con aplicación de 23 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4) mostró una altura superior al resto con 13.03 cm, seguido del T3 con 12.50 cm, T2 con 12.38 cm y T1 con 12.22 cm.

La tercera evaluación se encontró diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento control (T1) y el tratamiento con aplicación de 23 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4). La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 0.05, indica que el tratamiento 4 (T4) tuvo una altura superior a los demás (T3, T2 y T1), con 14.33 cm, seguido de 13.78 cm, 13.44 cm y 13.14 cm, respectivamente.

En la cuarta evaluación, hubo diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento control (T1) y el tratamiento con aplicación de 38 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4). Según la prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, el tratamiento 4 (T4) fue superior al resto (T3, T2 Y T1), con 14.82 cm, seguido de 14.35 cm, 13.77 cm y 13.60 cm, respectivamente.

En la última evaluación, se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos control (T1) y el tratamiento con aplicación de 38 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4). Así mismo, hay diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento con aplicación de 38 ml de solución (Algax 5 ml/l) por planta (T2) y el tratamiento con aplicación de 38 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4). Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento control

(T1) y el tratamiento con aplicación de 38 ml de solución (Algax 5 ml/l) por planta (T2). La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, indica que el tratamiento 4 (T4) mostró una altura superior a los demás tratamientos con una altura de 15.24 cm, seguido del T3 con 14.72 cm, T2 con 14.09 cm, y T1 con 13.92 cm (Figura 4).

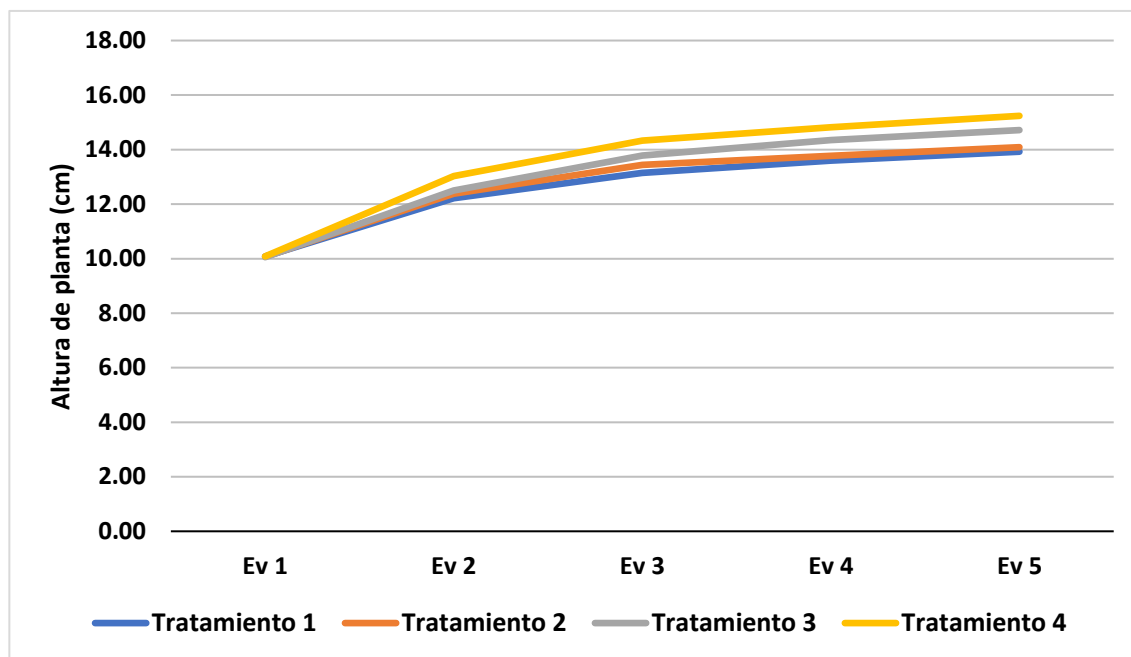


Figura 4: Altura de planta en plantas de café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 26 repeticiones según cuatro tratamientos

T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l.

Ev 1 (54 ddr), Ev 2 (70 ddr), Ev 3 (85 ddr), Ev 4 (100 ddr) y Ev 5 (119 ddr).

En la mayoría de las evaluaciones realizadas, se encontró que la mayor dosis de aplicación resultó en las plantas con mayor altura en tanto que el control mostró las de menor tamaño.

Además, se pudo observar en el análisis de regresión para la evaluación final, que al incrementarse la dosis del extracto se obtuvo un aumento de altura de la planta, entre las dosis que recibieron la aplicación del extracto con respecto al tratamiento control. Siendo 1.22 ml de extracto de algas la dosis total más significativa (Figura 5).

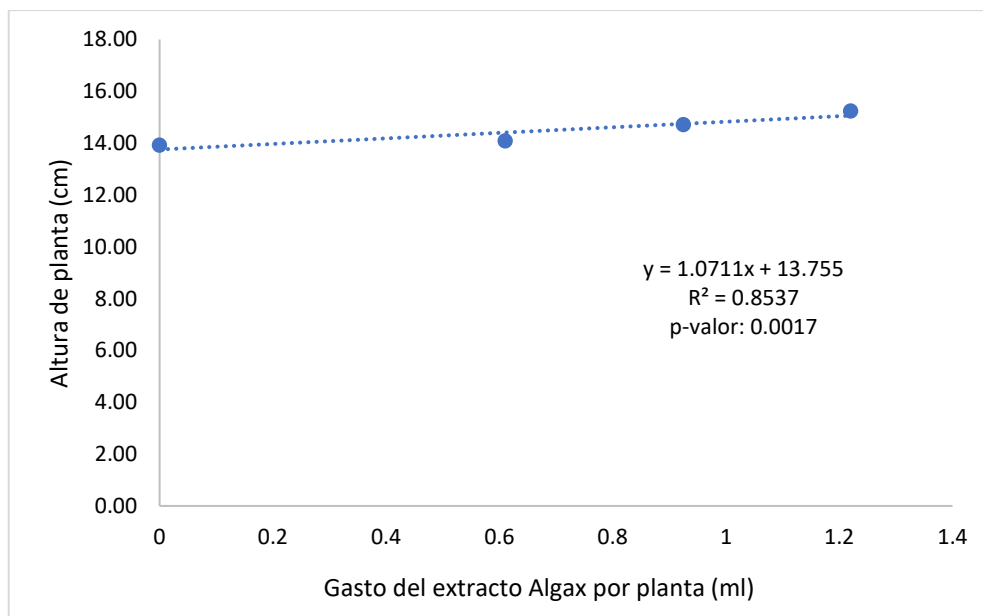


Figura 5: Análisis de regresión de la altura final de planta (cm) bajo el efecto de dosis creciente total del extracto. Evaluación final (119 ddr).

Los resultados coinciden con Ruiz (2017) y Amorim (2019), quienes observaron diferencias estadísticas significativas en la altura de planta entre el tratamiento con la mayor dosis de aplicación de *A. nodosum* y el tratamiento control. Además, de una leve tendencia al aumento en altura de planta a medida que se incrementaban las dosis, en plantas de *Coffea canephora* y girasol, respectivamente.

Por el contrario, Pedro *et al.*, (2022) y Amorim (2019), sí observaron un aumento estadístico significativo en la altura de planta a medida que las dosis de *Ascophyllum nodosum* se incrementaban, en plantas de café var. Arara y de tomate.

A su vez, Méndez (2014), menciona que los extractos de algas marinas a base de *Ascophyllum nodosum* incrementan el crecimiento de la planta.



Figura 6: Plantas más representativas de los cuatro tratamientos (izq. a der.: T1, T2, T3 y T4)

4.1.2 Diámetro del tallo de la planta

En la primera evaluación, realizada antes de las aplicaciones, las plántulas presentaron un promedio de 2.38 mm de diámetro de tallo.

En la segunda evaluación no hubo diferencias estadísticas significativas en todos los tratamientos. La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, indica que el tratamiento con aplicación de 23 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4), presentó mayor diámetro de tallo que los demás tratamientos (T3, T2 y T1), con 2.93 mm, seguido de 2.87 mm, 2.87 mm y 2.85 mm, respectivamente.

Para la tercera evaluación, no se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, muestran que el tratamiento con aplicación de 23 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4) presentó mayor diámetro de tallo que los demás tratamientos (T3, T2, y T1), con 3.20 mm, seguido de 3.17 mm, 3.13 mm y 3.13 mm, respectivamente.

En la cuarta evaluación, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento control (T1) y el tratamiento con aplicación de 38 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta. Así mismo, hay diferencias significativas entre el tratamiento con aplicación de 38 ml de solución (Algax 5 ml/l) por planta (T2) y el tratamiento con aplicación de 38 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento control (T1) y el tratamiento con aplicación de 38 ml de solución (Algax 5 ml/l) por planta (T2). Según la prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, el tratamiento 4 (T4) presentó mayor diámetro de tallo que el resto (T3, T2 y T1), con 3.47 mm, seguido de 3.31 mm, 3.21 mm y 3.19 mm, respectivamente.

Al finalizar el ensayo, no se pudo reconocer diferencias estadísticas significativas en todos los tratamientos. La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, indica que el tratamiento con aplicación de 38 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4) presentó mayor medida que los demás tratamientos (T3, T2 y T1), con un diámetro de 3,68 mm, seguido de 3.67 mm, 3.63 mm y 3.62 mm (Figura 7).

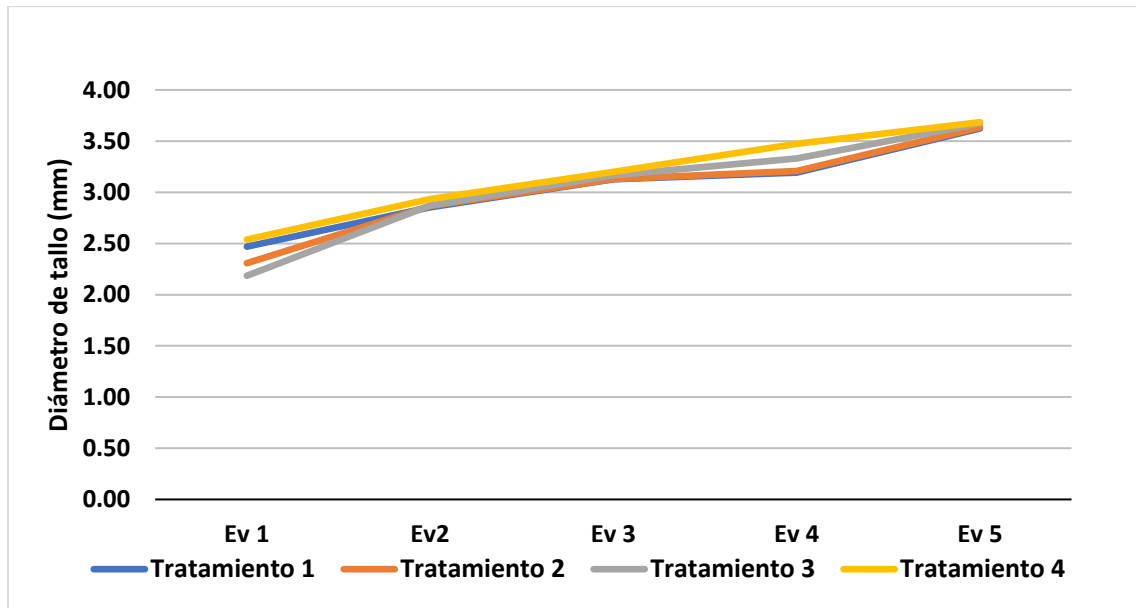


Figura 7: Diámetro de tallo de plantas de café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 26 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Ev 1 (54 ddr), Ev 2 (70 ddr), Ev 3 (85 ddr), Ev 4 (100 ddr) y Ev 5 (119 ddr).

En la evaluación final realizada, se encontró una tendencia al aumento del diámetro de tallo a medida que se incrementaba la dosis de del extracto, pero no fue significativa bajo el aumento de las diferentes dosis (Figura 8).

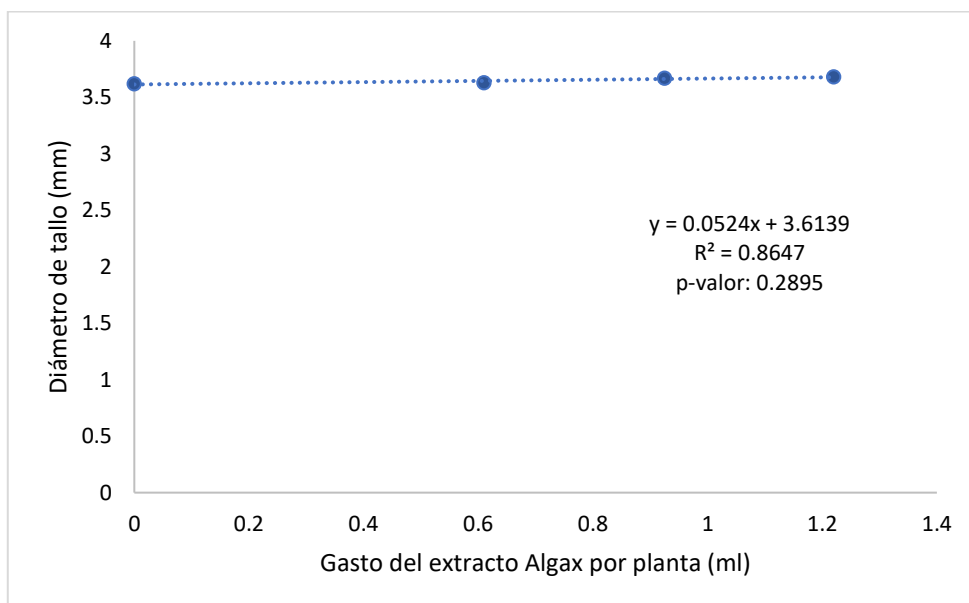


Figura 8: Análisis de regresión de diámetro de tallo (mm) bajo el efecto de dosis creciente total del extracto. Evaluación final (119 ddr).

Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Pedro *et. al.* (2022), donde al evaluar diferentes dosis de extractos de *Ascophyllum nodosum* en café, el diámetro de tallo fue estadísticamente igual en plantas que tenían diferentes dosis de aplicación.

También coincide con Costa y Leite (2014), quienes observaron que no se obtuvieron incrementos significativos en el diámetro del tallo al utilizar extractos de algas de la especie *Ascophyllum nodosum*.

4.1.3 Longitud de raíz

Al finalizar el ensayo se evaluó la longitud de raíz. No se halló diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos que recibieron las diferentes dosis de aplicación, pero si se encontró diferencias de estos (T2, T3 y T4) frente al tratamiento control (T1). La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, indica que el tratamiento con aplicación de 122 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4) posee un valor superior de longitud de raíz que el resto de los tratamientos (T3, T2 y T1), con 18.91 cm, seguido de 18.80 cm, 18.22 cm y 16.50 cm, respectivamente (Figura 9).

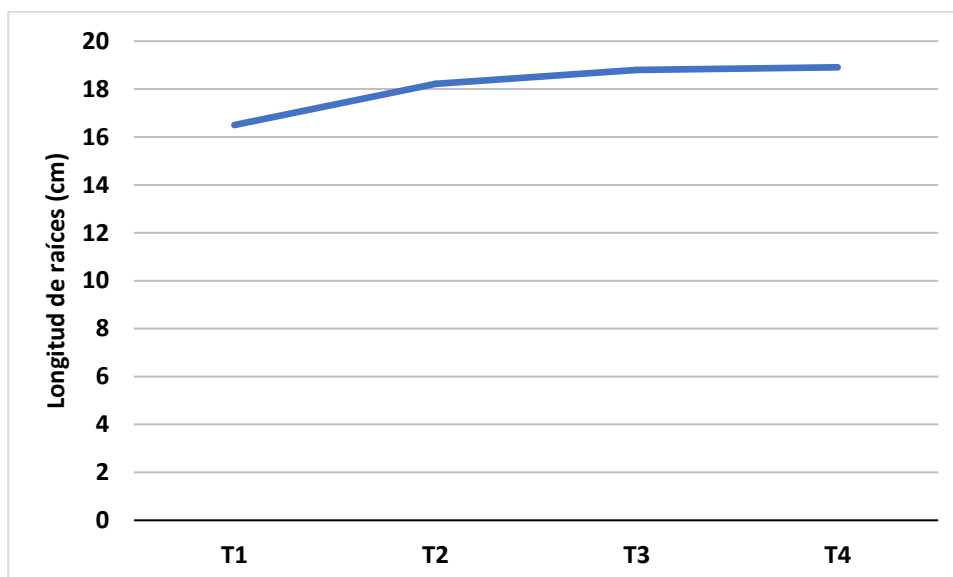


Figura 9: Longitud de raíz de plantas de café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 26 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Evaluación final (119 ddr).

Los resultados demuestran que a medida que las dosis incrementaron, la longitud de raíces mostró una tendencia al aumento, pero no fue significativo entre los tratamientos que recibieron el extracto. Esto coincide con lo expresado por Pedro *et al.* (2022), quienes tampoco encontraron incrementos significativos de la longitud de raíces entre los tratamientos que recibieron aplicaciones de extracto de *Ascophyllum nodosum*.

Por el contrario, aplicaciones de diferentes dosis *Ascophyllum nodosum* en trigo y café robusta (*Coffea canephora*) mostraron un aumento significativo en la longitud de raíces a medida que incrementaban las dosis (Silva, 2021; Ruiz, 2017)

Estos resultados obtenidos se deben generalmente a la actividad de las auxinas y citoquininas endógenas estimuladas por la aplicación del extracto de *Ascophyllum nodosum* y exógenas que se encuentran en el extracto y aportan a la planta (Wally et al., 2013; Rayorath et al., 2008; Vinoth et al., 2019)

4.1.4 Número de hojas

En la primera evaluación, la prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, indica que el número de hojas de todos los tratamientos fue de 6 unidades.

La segunda evaluación, se muestran diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento control (T1) y los tratamientos que recibieron el extracto de algas (T2, T3 y T4). Pero, no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos que recibieron la aplicación (T2, T3 y T4). La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, muestra que los tratamientos que recibieron el extracto de algas (T4, T3 y T2) presentaron un promedio de 9 hojas, y el tratamiento control (T1) presentó un promedio de 8 hojas.

Para la última evaluación, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, indica que el tratamiento con aplicación de 38 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4) presentó un promedio de 11 hojas, seguido del resto de los tratamientos (T3, T2, T1) que tuvieron 10 hojas (Figura 10).

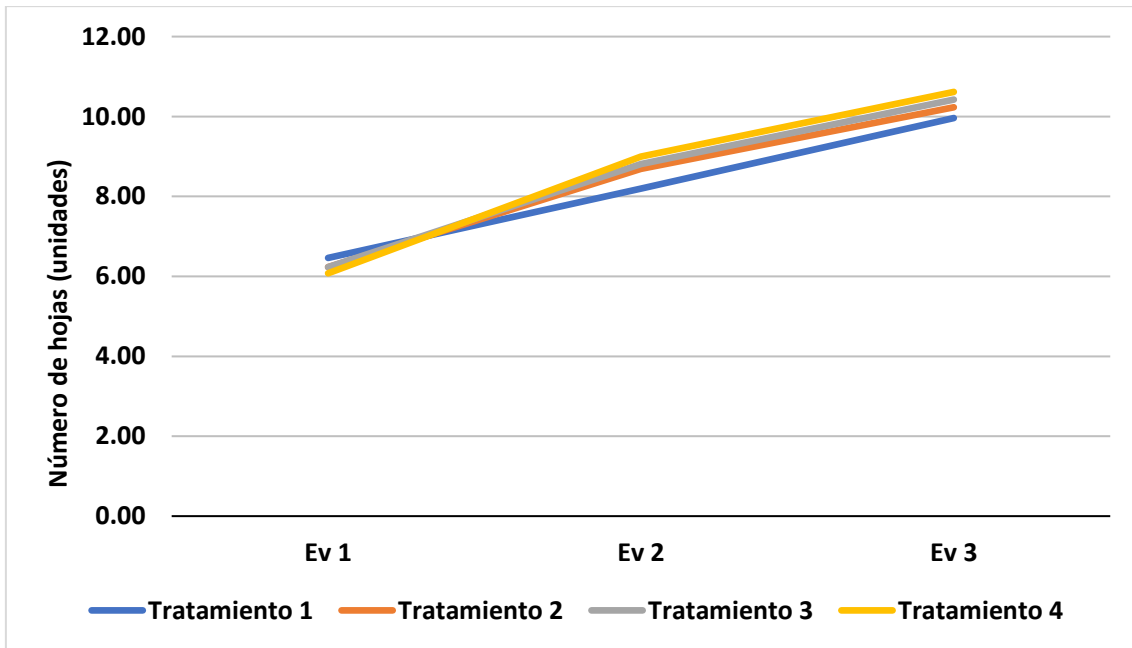


Figura 10: Número de hojas en plantas de café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 26 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Ev 1 (54 ddr), Ev 2 (85 ddr) y Ev 3 (119 ddr).

Durante todas las evaluaciones realizadas, hubo una tendencia de aumento del número de hojas a media que se aplicaban más dosis, a pesar de ello, no se encontraron diferencias estadísticas significativas al finalizar el ensayo (Figura 11).

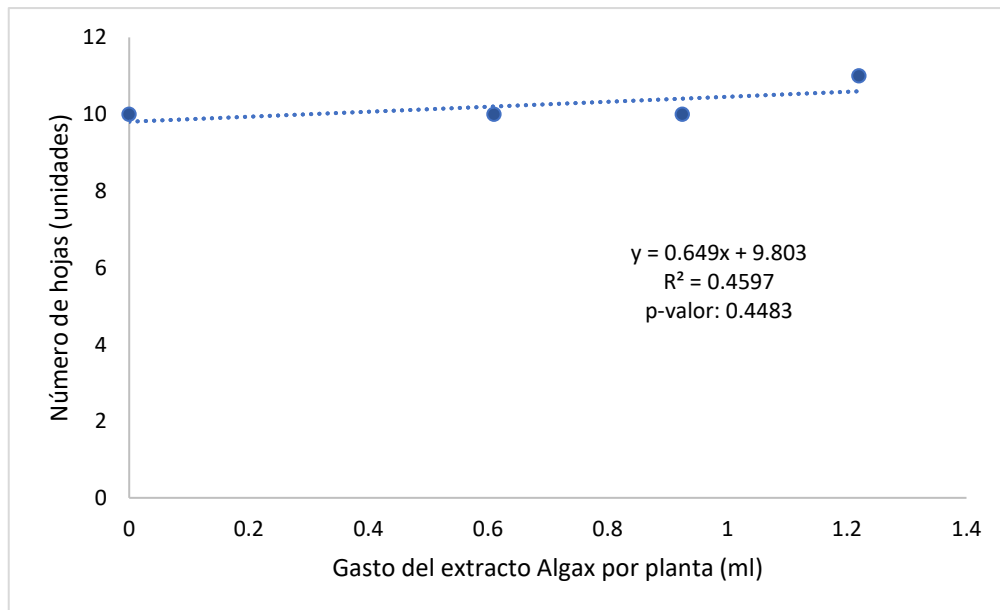


Figura 11: Análisis de regresión de número de hojas (unidades) bajo el efecto de dosis creciente total del extracto. Evaluación final (119 ddr)

Estos resultados coinciden con el bioensayo rápido realizado por Rayorat *et al.* (2008), en el cual las aplicaciones de extracto de *A. nodosum* no incrementó de manera significativa el número de hojas en *Arabidopsis thaliana*.

Por otro lado, contrastan con lo investigado por Sánchez (2016), quien aplicó diferentes dosis de extractos de *Ascophyllum nodosum* en fresa, y encontró que dosis altas de este extracto aumentó significativamente el número de hojas en la planta.

Así mismo Ali *et al.* (2019), mencionan que al aplicar extracto de *A. nodosum* en tomate y pimiento dulce el número de hojas aumentó, en comparación al tratamiento control. También se han reportado resultados similares en otros cultivos como pepino y zanahoria (Jayaraman *et al.*, 2011; Jayaraj *et al.*, 2008)

4.2 BIOMASA DE LA PLANTA

4.2.1 Peso seco de las hojas, tallo y raíces

En el caso del peso seco de las hojas, se halló diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento control (T1) y el tratamiento con aplicación de 122 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4). Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento con aplicación de 122 ml de solución (Algax 5 ml/l) por planta y el tratamiento con aplicación de 122 ml de solución (Algax 7.5 ml/l) por planta (T2 y T3). La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, señala que el tratamiento 4 (T4) presentó mayor peso seco, con 1.66 g, seguido por el T3 con 1.52 g, T2 con 1.31 g y T1 con 1.17 g (Figura 12)

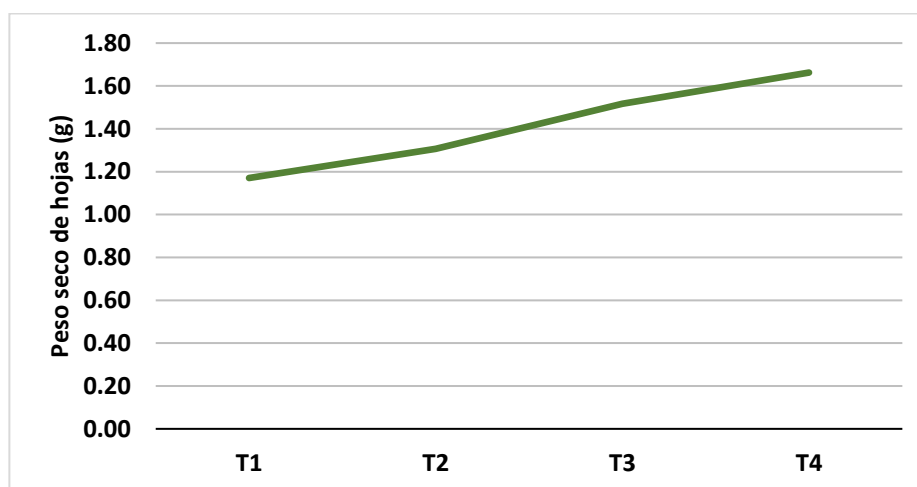


Figura 12: Peso seco de hojas de café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 26 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Evaluación final (119 ddr).

Mientras que para la variable peso seco del tallo, existen diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento control (T1) y el tratamiento con aplicación de 122 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4). Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento control (T1) y el tratamiento con aplicación de 122 ml de solución (Algax 5 ml/l) por planta (T2). La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, señala que el tratamiento 4 (T4) presenta mayor peso seco que los demás tratamientos, con 0.59 g, seguido por el T3 con 0.55 g, T2 con 0.51 g y T1 con 0.50 g (Figura 13).

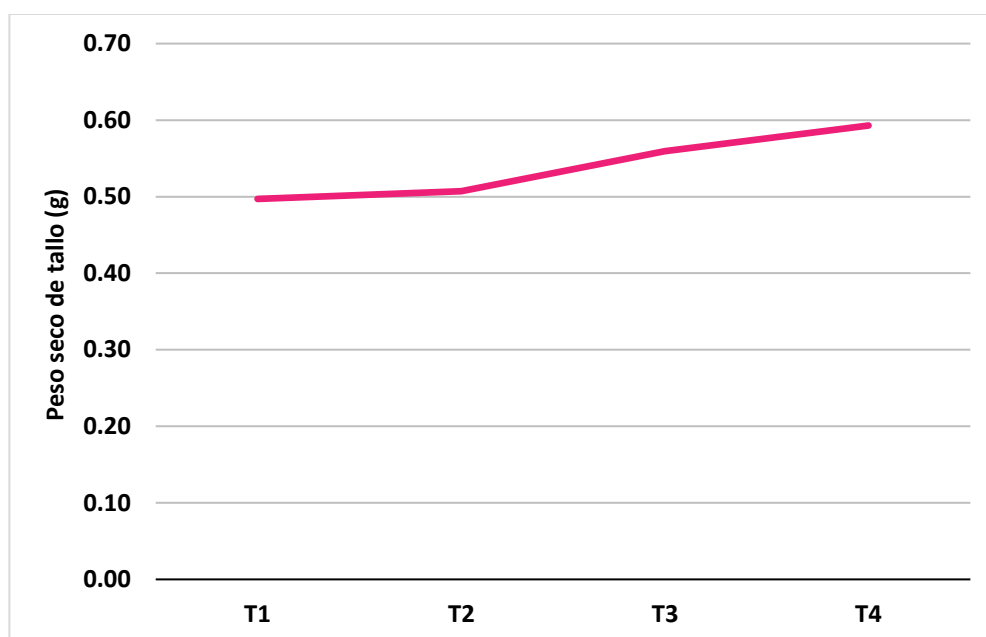


Figura 13: Peso seco de tallo de plantas de café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 26 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Evaluación final (119 ddr).

Para el peso seco de raíz, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos. La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, señala que el tratamiento con aplicación de 122 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4) presenta un ligero aumento del peso seco que los demás tratamientos, con 0.92 g, seguido por el T3 con 0.89 g, T2 con 0.88 g y T1 con 0.86 g (Figura 14).

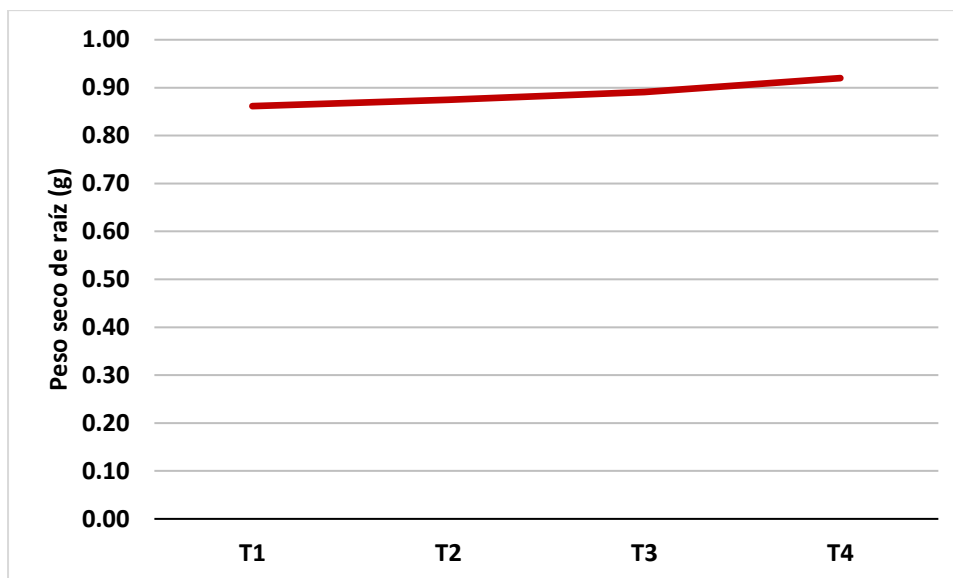


Figura 14: Peso seco de raíz de plantas de café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 26 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Evaluación final (119 ddr).

Por su parte, la hoja es el órgano principal para la fotosíntesis, mientras que el tallo se encarga del transporte de agua y nutrientes, además es el soporte fundamental de la estructura de planta y las raíces son el órgano por el cual la planta se ancla al suelo y absorbe agua y nutrientes para su crecimiento (Arcila *et al.*, 2007)

En este ensayo hubo un leve incremento de la biomasa de los órganos mencionados a medida que las dosis iban en aumento, lo que coincide con Pedro *et al.* (2022) quienes observaron que con la dosis más alta de *Ascophyllum nodosum* (1000 ml/ha) la masa seca total de plantas de café fue superior a comparación del tratamiento control.

También se encontró la influencia de la mayor dosis de aplicación de *Ascophyllum nodosum*, sobre el control en la masa seca de raíces de *Alibertia edulis* (Bernards *et al.*, 2023) y en la masa seca de brotes y raíces de girasol (Santos *et al.*, 2019)

4.2.2 Relación peso seco parte aérea/raíz (A/R)

En esta relación se encontraron diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento control (T1) y el tratamiento con aplicación de 122 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4). Así mismo, hay diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento control (T1) y el tratamiento con aplicación de 122 ml de solución (Algax 7.5 ml/l) por planta (T3). Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento con

aplicación de 122 ml de solución (Algax 7.5 ml/l) por planta (T3) y el tratamiento con aplicación de 122 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4). La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, señala que el tratamiento 4 (T4) presenta una mayor relación peso seco (parte aérea/raíz) que los demás tratamientos, con 2.48 g, seguido por el T3 con 2.44 g, T2 con 2.10 g y T1 con 1.99 g (Figura 15).

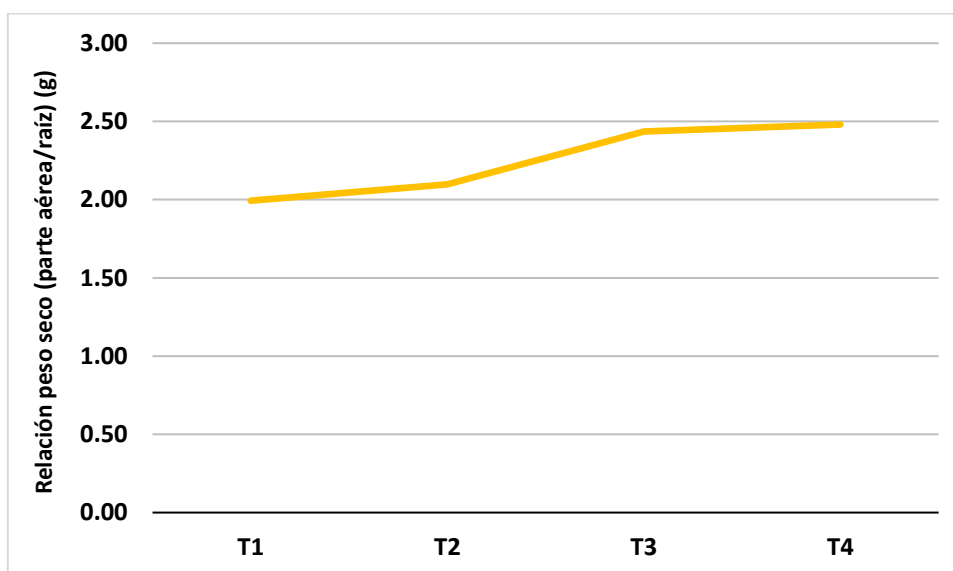


Figura 15: Relación peso seco de parte aérea/raíz (A/R) en plantas de café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 26 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Evaluación final (119 ddr).

Estos resultados indican un desequilibrio entre el crecimiento aéreo y radicular, es decir, el desarrollo de la parte aérea fue mayor al desarrollo de la raíz.

Por el contrario, los resultados obtenidos discrepan con lo encontrado por Pedro *et al.* (2022), que al aplicar diferentes dosis de extracto de *Ascophyllum nodosum* en café, la relación parte aérea/raíz fue menor en el tratamiento con la mayor dosis de aplicación. Encontrando así un equilibrio adecuado entre la parte aérea y las raíces. Así mismo, mencionan que es importante que esta proporción sea mínima para un desarrollo vigoroso del cultivo a futuro.

4.2.3 Índice de robustez – IR

En la primera evaluación, el promedio del índice de robustez (IR) de las plantas fue de 4.33 cm/mm.

Para la segunda evaluación, no se halló diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos. La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, señala que el

tratamiento que presentó un mayor de IR es el tratamiento con aplicación de 23 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4), seguido de T3, T2 y T1; cuyos valores son 4.45, 4.36, 4.35 y 4.30 cm/mm, respectivamente.

En la tercera evaluación, tampoco hubo diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos. La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, señala que el tratamiento que presentó mayor IR es el tratamiento con aplicación de 23 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4), seguido de T3, T2 y T1; con valores de 4.50, 4.37, 4.30 y 4.23 cm/mm, respectivamente.

Para la cuarta evaluación, no se evidenció diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos. La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, señala que el tratamiento que presentó el mayor IR es el tratamiento con aplicación de 38 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4), seguido de T3, T2 y T1; cuyos valores son 4.36, 4.34, 4.31 y 4.29 cm/mm, respectivamente.

En la evaluación final no se encontró diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos. La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, indica que el tratamiento que presentó el mayor IR es el tratamiento con aplicación de 38 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4), seguido de T3, T2 y T1; con valores de 4.16, 4.02, 3.90 y 3.88 cm/mm, respectivamente (Figura 16).

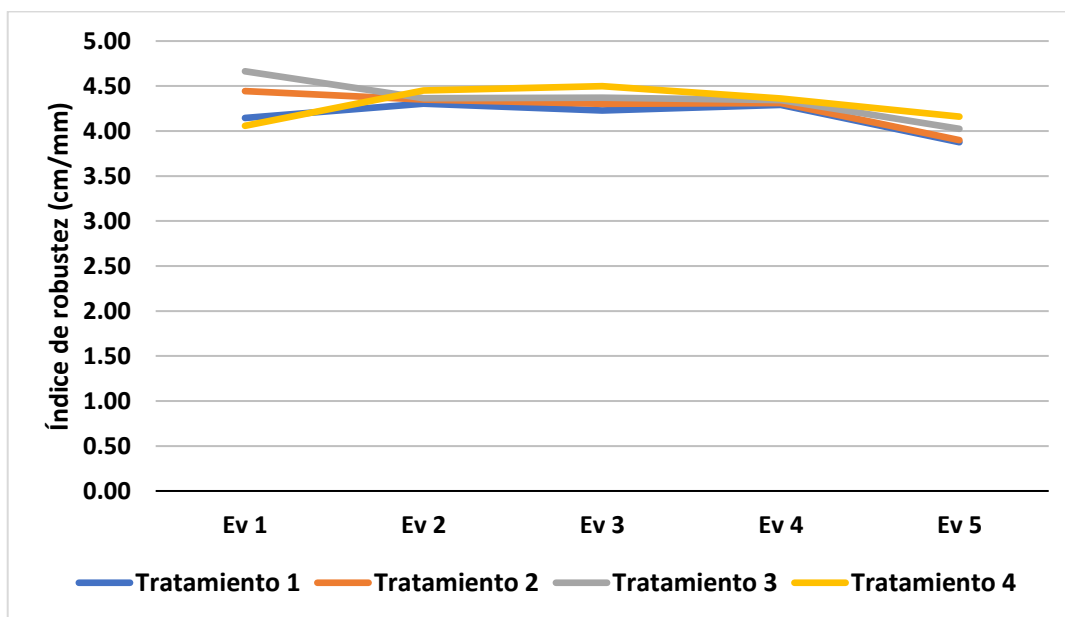


Figura 16: Índice de robustez (IR) de plantas de café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 26 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Ev 1 (54 ddr), Ev 2 (70 ddr), Ev 3 (85 ddr), Ev 4 (100 ddr) y Ev 5 (119 ddr).

En todas las evaluaciones realizadas, a medida que se incrementaba la dosis de aplicación de *Ascophyllum nodosum*, el índice de robustez (IR) aumentó ligeramente. El análisis de regresión también muestra que el tratamiento con dosis total de 1.22 ml presentó mayor índice de robustez que los demás tratamientos (Figura 17).

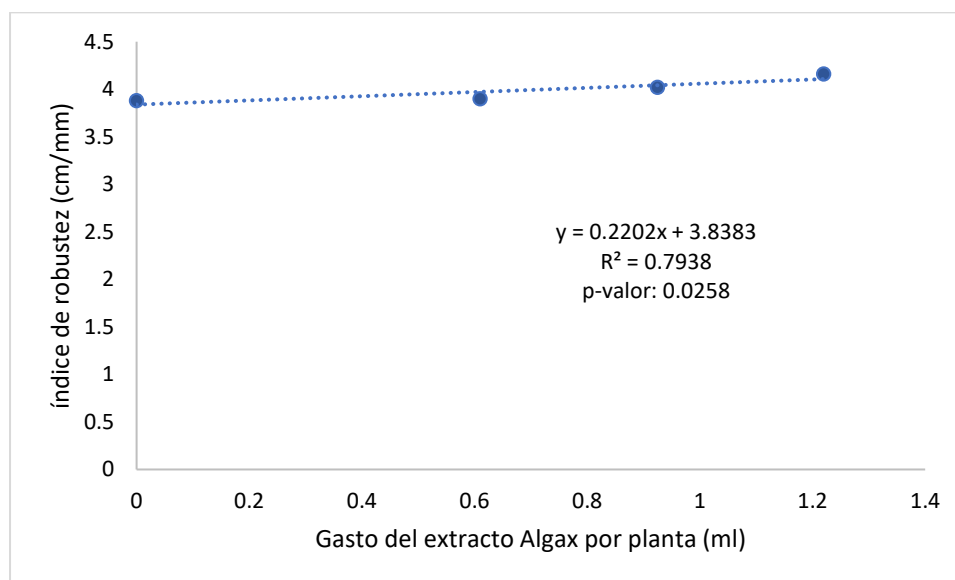


Figura 17: Análisis de regresión de índice de robustez (cm/mm) bajo el efecto de dosis creciente total del extracto. Evaluación final (119 ddr).

El índice de robustez es la relación entre la altura y el diámetro del tallo de la planta. Cibrian y Bello (2000), recomiendan que estos valores sean los más bajos posibles, lo que significa una planta más robusta y con menos probabilidad de que sufra algún daño físico en campo. Nuestros resultados sugieren que la planta responde a las aplicaciones de *Ascophyllum nodosum*, incrementando la parte vegetativa principalmente.

4.2.4 Índice de calidad de Dickson

Para el caso del índice de calidad de Dickson, no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, indica que el tratamiento con aplicación de 122 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4) presentan un ligero incremento del valor del índice de calidad de Dickson, en comparación a los demás tratamientos, con unos valores de 0.48, 0.47, 0.45 y 0.44 respectivamente (Figura 18).

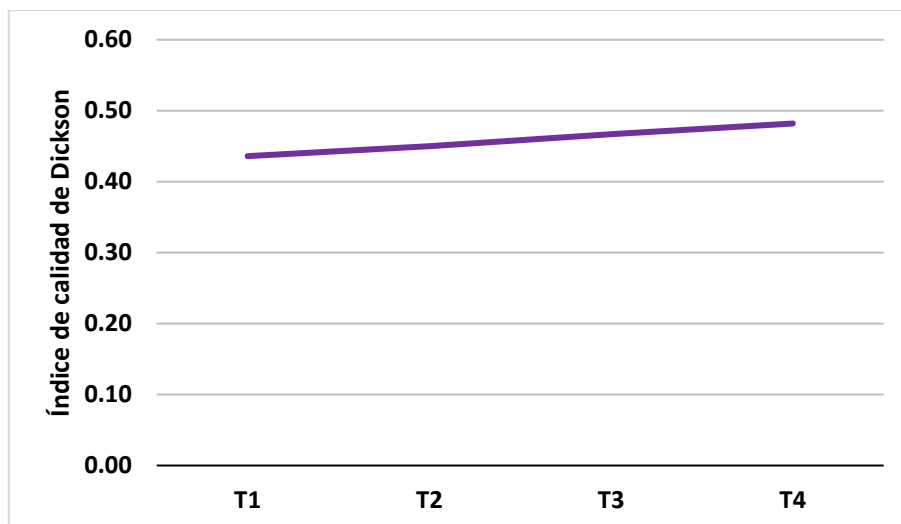


Figura 18: Índice de calidad de Dickson de plantas de café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 26 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Evaluación final (119 ddr).

El índice de calidad de Dickson, al incluir diferentes parámetros de crecimiento en su fórmula, indica la proporción entre la distribución de la masa y la robustez de la planta, evitando descartar plantas de porte bajo, pero con mayor vigor. Este es un indicador usado para ver el manejo agronómico de la planta de café en vivero (Julca *et al.*, 2015). Por tanto, valores superiores de ICD corresponderán a plantas de mejor calidad que se desarrollaron de forma óptima y balanceada (Oliet, 2000). En este ensayo, el incremento de las dosis del extracto de *Ascophyllum nodosum* provocó un leve aumento del ICD, por lo que hubo una adecuada distribución de foto asimilados que influyó en morfología de la planta.

Con aplicaciones de dosis altas de extracto de *Ascophyllum nodosum* se pueden obtener plantas de buena calidad, tal es el caso de plántulas de *Alibertia edulis* (Bernards *et al.*, 2023); e incluso el ICD incrementa cuando va acompañado de una fertilización química, vista en plántulas de plátano en fase de vivero (Cedeño *et al.*, 2021).

4.2.5 Porcentaje de nitrógeno, fósforo y potasio total

En cuanto al porcentaje de N total, no existen diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos. La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, indica que el tratamiento con aplicación de 122 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4) presenta un mayor porcentaje de nitrógeno total en las hojas, que los demás tratamientos, con 5.11, seguido de T3 (con aplicación de 122 ml de solución, Algax 7.5 ml/l, por planta) con 4.70,

T2 (con aplicación de 122 ml de solución, Algax 5 ml/l, por planta) con 3.61 y T1 (control) con 3.42 (Figura 19).

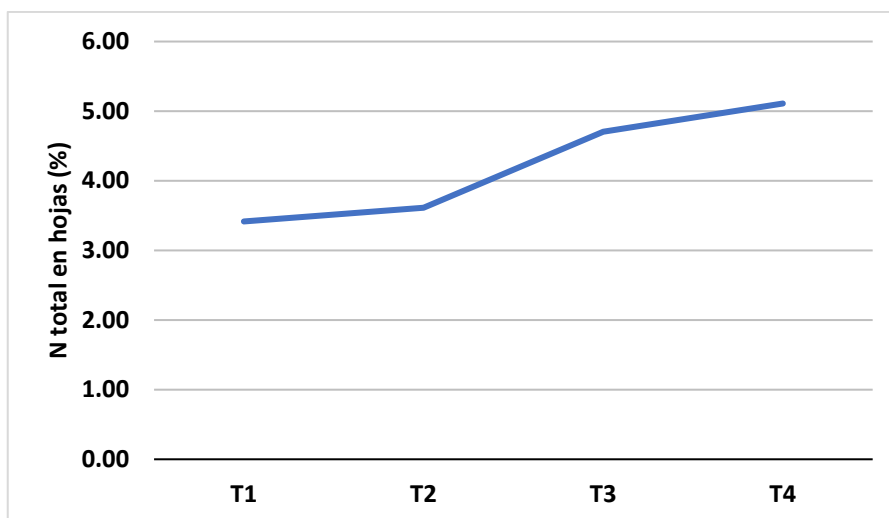


Figura 19: Porcentaje de nitrógeno total en café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 4 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Evaluación final (119 ddr).

Para el porcentaje de P total, existen diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento control (T1) y los tratamientos que recibieron aplicación. Así mismo, hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con aplicación de 122 ml de solución (Algax 5 ml/l y 10 ml/l) por planta (T2 y T4, respectivamente). La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, indica que el tratamiento 4 (T4) presenta un porcentaje de fósforo total mayor en las hojas, que los demás tratamientos T3, T2 y T1, con unos valores de 0.38, 0.34, 0.32 y 0.26 respectivamente (Figura 20).

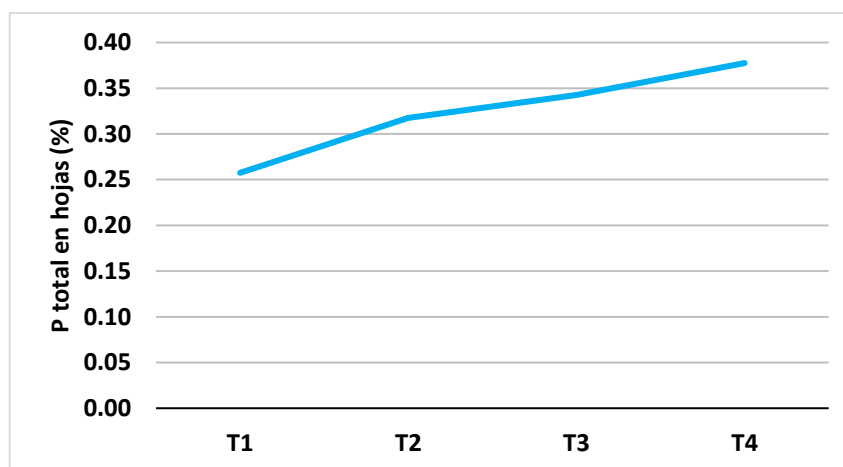


Figura 20: Porcentaje de fósforo total en café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 4 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Evaluación final (119 ddr).

En el caso del porcentaje de K total, no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95 %, indica que el tratamiento con aplicación de 122 ml de solución (Algax 10 ml/l) por planta (T4) presenta un alto porcentaje de potasio total en las hojas, seguido de T3, T2 y T1, con unos valores de, 1.72, 1.63, 1.60 y 1.52 respectivamente (Figura 21).

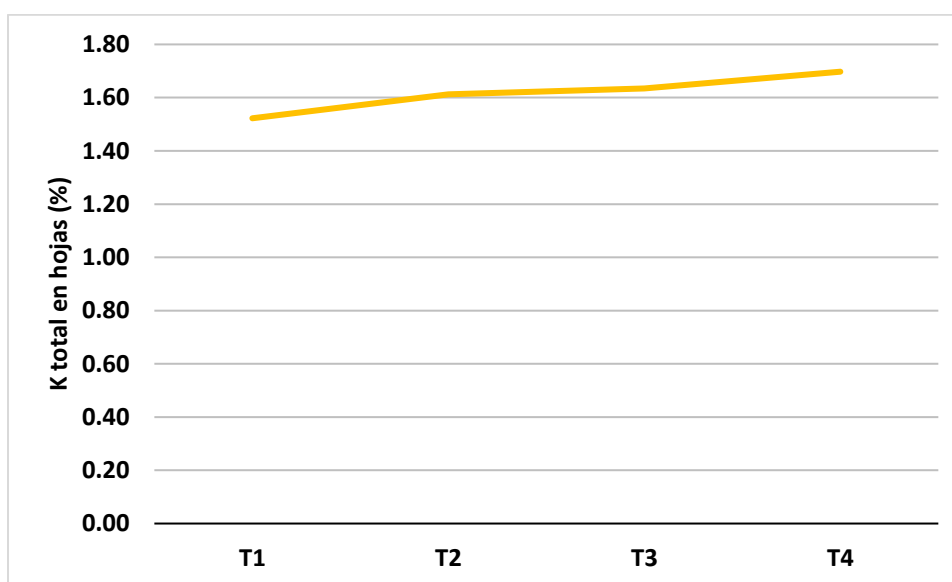


Figura 21: Porcentaje de potasio total en café cv. Cuscatleco, valores son promedio de 4 repeticiones según cuatro tratamientos T1: control; T2: Algax 5.0 ml/l; T3: Algax 7.5 ml/l; T4: Algax 10.0 ml/l. Evaluación final (119 ddr).

Los resultados muestran una ligera superioridad en el contenido de N y K, pero sí un mayor contenido de P en plantas de los tratamientos con la mayor dosis de aplicación de extracto de *Ascophyllum nodosum*. Esto puede ser debido al contenido nutricional del extracto empleado.

La aspersion foliar favorece la absorción de nutrientes que se encuentran en los extractos de algas a través de los estomas y poros hidrofílicos de la cutícula (Battacharyya *et al.*, 2015). En ese sentido, se reportó que aplicaciones foliares de extracto de *Ascophyllum nodosum* puede incrementar las concentraciones de nitrógeno (N) en robles. Así mismo, aumentar la concentración de potasio (K) en hojas de vainita y también puede lograr superar deficiencias de este nutriente en hojas de lechuga. (Ferrini y Nicese, 2002; Gutiérrez, Y., 2016; Chrysargyris *et al.*, 2018)

V. CONCLUSIONES

- El efecto del uso de diferentes dosis de un bioestimulante a base de extracto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) se hizo evidente sobre el crecimiento del café cv. Cuscatleco en condiciones de vivero.
- La aplicación del extracto de algas (*Ascophyllum nodosum*) influyó significativamente en variables como altura de planta, longitud de raíz, relación peso seco parte aérea/raíz, y peso seco de hojas y tallo. Además de incrementar el contenido de fósforo en las hojas.
- Con respecto a las demás variables, estas no fueron significativas. Sin embargo, se encontró una tendencia al aumento a medida que se incrementaron las dosis de extracto de algas.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el extracto de *Ascophyllum nodosum* a una dosis de 1.22 ml por planta en caso se requiera incrementar el crecimiento aéreo de la planta.
- Repetir el ensayo haciendo uso de otras variedades de café a fin de comparar los efectos del extracto de *Ascophyllum nodosum*.
- Realizar investigaciones similares con *Ascophyllum nodosum* en campo.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Abetz, P., y Young, C., L. (1983). The effect of seaweed extract sprays derived from *Ascophyllum nodosum* on lettuce and cauliflower crops. *Botánica Marina* 26: 487-492
- Aguilar, J. (2015). Algas marinas para la agricultura de alto rendimiento. Horticultura. <http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/136576-Algasmarinas-para-la-agricultura-de-alto-rendimiento.html>
- 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): e0216710. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216710>
- Alvarado Soto, M. y Rojas C., G. (2007). *El cultivo y beneficiado del café* (1. ed., 2. reimpr.). San José, C.R.: EUNED. 184 pp.
- Amorim Neto, A. F. (2019). Produção de mudas de tomate com extrato de algas marinhas. (Tesis de licenciatura, Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, <http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/1886/1/TCC%20Anibal%20F.%20Amorim%20Neto.pdf>)
- Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, L., & Hincapié, E. (2007). Crecimiento de la planta de café. En: *Sistemas de producción de café en Colombia* (pp. 22-60). Chinchiná: Cenicafé. <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo2.pdf>
- Baroja, D. & Benitez, M. (2008). Efecto de cinco bioestimulantes en el rendimiento de dos variedades de alcachofa *Cynara scolymus* L. en Pimampiro (Tesis de Ingeniero Agropecuario, Universidad Técnica del Norte).

- Battacharyya, D., Babgohari, MZ, Rathor, P. y Prithviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 39-48.
- Bernards, R. y S., Saints, SC, Saints, CC, Heid, DM, Scallop, M. y C., & Torales, EP. (2023). Extracto de alga *Ascophyllum nodosum* y nitrógeno mineral en plántulas de *Alibertia edulis*. *Revista Brasileña de Ingeniería Agrícola y Ambiental*, 27 (3), 173–180. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n3p173-180>
- Bidwell, R. G. S. 1979. *Plant Physiology*. New York: Macmillan Publishing Co., Inc
- Blunden, G. 1973. Effects of liquid seaweed extracts as fertilizers. Proc. Seventh International Seaweed Symposium. In ref. 3. School of Pharmacy, Polytecnic, Park Road, Portsmouth, Hants, England.
- Cámara Peruana del Café y Cacao. 2017. Estudio de mercado del café peruano: Posición Internacional y el seguimiento de café sostenibles. Proyecto Café y Clima. 41 pp. <https://camcafeperu.com.pe/admin/recursos/publicaciones/Estudio-de-mercado-del-cafe-peruano.pdf>
- Canales, B. (1999). Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. *Terra Latinoamericana*, 17 (3) <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317312.pdf>
- Carvalho, A. y Mónaco, L. C. 31 de agosto – 08 de Setiembre, 1964. Natural crosspollination in *C. arabica*. [Resumen de la presentación en el congreso]. International Horticultural Congress, Bruselas, Bélgica.
- Cedeño, G. A., Velásquez, S., Avellán, B. A., & López, G. A. (2021). Bioestimulante en el crecimiento y calidad de plántulas de plátano en fase de vivero. *Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103*, 12(2), 124-130.
- Centro Nacional de Investigadores en Café (CENICAFE) (2015). Almácigos para caficultura orgánica, alternativas y costos. Programa de Investigación Científica Fondo Nacional del Café- CENICAFE: Manizales.

- Chrysargyris, A., Xylia, P., Anastasiou, M., Pantelides, I., & Tzortzakis, N. (2018). Effects of *Ascophyllum nodosum* seaweed extracts on lettuce growth, physiology and fresh-cut salad storage under potassium deficiency. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), 5861-5872.
- Cibrian, T., & Bello, L. (2000). Calidad de planta. In *Memorias del Primer Congreso Nacional de Reforestación. SEMAR-NAP-Colegio de Postgraduados. Montecillos. México.*
- Colla, G.; Cardarelli, M.; Bonini, P.; Rouphael, Y. (2017). Las aplicaciones foliares de hidrolizado de proteínas, extractos de plantas y algas marinas aumentan el rendimiento, pero modulan diferencialmente la calidad de la fruta del tomate de invernadero. *HortScience*, 52, 1214–1220.
- Crouch, L. y Van Staden, J. (1992). Evidence of the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. Department of Botany, University of Natal, Republic of South Africa. Ed. Kluwer Academic Publishing. The Netherlands.
- Díaz D. 2009. Biorreguladores versus bioestimulantes. Investigación y desarrollo Agroenzimas. México D. F.
- Díaz Medina, A., Suárez Pérez, C., Díaz Milanes, D., López Pérez, Y., Morera Barreto, Y., & López, J. (2016). Influencia del bioestimulante FitoMas-E sobre la producción de posturas de cafeto (*Coffea arabica*). *Centro Agrícola*, 43(4), 29-35. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852016000400004
- Dobromilska, R., Mikiciuk, M., Gubarewicz, K., 2008. Evaluation of cherry tomato yielding and fruit mineral composition after using of Bio-algeen S-90 preparation. *J. Elem.* 13, 491–499
- Du Jardín, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14.

- El Boukhari, M. E. M., Barakate, M., Bouhia, Y., & Lyamlouli, K. (2020). Trends in seaweed extract based biostimulants: Manufacturing process and beneficial effect on soil-plant systems. *Plants*, 9(3), 359. <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/3/359>
- Eris, A., Sivritepe, H. Ö. y Sivritepe, N. (1995). El efecto del extracto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) sobre los criterios de rendimiento y calidad en pimientos. En *I Simposio Internacional de Solanáceas para Mercado Fresco 412* (pp. 185-192).
- Ertani A, Francioso O, Tinti A, Schiavon M, Pizzeghello D and Nardi S (2018) Evaluation of seaweed extracts from *Laminaria* and *Ascophyllum nodosum* spp. as biostimulants in *Zea mays* L. Using a Combination of Chemical, Biochemical and Morphological Approaches. *Front. Plant Sci.* 9:428.
- Ferraresso, J. (2020). Catuaí y Bourbon Amarillo: Guía a Las Variedades de Café de Brasil. <https://perfectdailygrind.com/es/2020/02/25/catuai-y-bourbon-amarillo-guia-a-las-variedades-de-cafe-de-brasil/>
- Ferrini, F., F.P. Nicese. 2002. Response of English oak (*Quercus robur* L.) trees to biostimulants application in the urban environment. *J. Arboric.* 28(2):70–75.
- Figuerola, H., E., Pérez, S., F. y Godínez, M., L. 2015. Importancia de la comercialización del café en México. En Pérez, S., F. Figuerola, H., E., y Godínez, M., L. Handbook (Ed) (pp. 64-82). ECOFAN <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/41277>
- Fox, B.A. y A.G. Cameron. 1961. Food science, nutrition and health. Sixth Edition. Ed. Edward Arnold, a division of Hodder Headline PLC, London NW1 3BH.
- García R. G. (2005). Efectos de un multiextracto de algas y cianobacterias sobre la producción y calidad de tomate ecológico e integrado. *Horticom.* (en línea).
- Gómez, E. (2013). Evaluación nutricional y propiedades biológicas de algas marinas comestibles. Estudios in vitro e in vivo (Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid). <https://eprints.ucm.es/id/eprint/20162/>

- Gomis, P.; Avila, L.; Ruhi, R.; Vilapahi, F. 1987. Fertilización a base de aminoácidos. *Fruticultura Profesional*. 12: 156-157
- Gutiérrez Gavonel, Y. K. (2016). Extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de La Molina.
- Herrera, A.J.A. 1995. Efecto de ALGAENZIMS® en el desarrollo de trigo (*Triticum aestivum*) var. AN-Tongo 91, en la Comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah., México.
- International coffee organization (2021). Overview of the ICO Coffee Development Report 2020. <https://www.ico.org/documents/cy2020-21/ed-2358c-overview-cdr-2020.pdf>
- International coffee organization (2019a). Coffee Development Report 2019 “Growing for Prosperity – Economic Viability as the Catalyst for a Sustainable Coffee Sector”. <http://www.ico.org/documents/cy2021-22/coffee-development-report-2019.pdf>
- Instituto hondureño del café (2001). Manual de Caficultura, Instituto Hondureño del Café. 3° edición. Tegucigalpa. Honduras. 328 pp. <https://www.ihcafe.hn/?mdocs-file=4277>
- Jayaraj, J., Wan, A., Rahman, M. y Punja, ZK (2008). El extracto de algas reduce las enfermedades fúngicas foliares en la zanahoria. *Protección de Cultivos*, 27 (10), 1360-1366.
- Jayaraman, J., Norrie, J., & Punja, Z. K. (2011). Commercial extract from the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* reduces fungal diseases in greenhouse cucumber. *Journal of Applied Phycology*, 23, 353-361.
- Jha, S., C.M. Bacon, S.M. Philpott, V.E. Méndez, R.A. Rice and P. Läderach (2014). Shade coffee: update on a disappearing refuge for biodiversity. *Bioscience* 416–428 <https://academic.oup.com/bioscience/article/64/5/416/2754235>
- Junta nacional del café (2020). <https://juntadelcafe.org.pe/el-cafe-de-peru/>

- Julca, O., A., Bello, S., Cruz, R., Borjas, R., & Gamboa, R. (2015). Efecto de seis fungicidas sobre el crecimiento in vitro de *Mycena citricolor* (Berk & Curt). *Saber y Hacer*, 2(1), 9-16.
- Khan, W.; Rayirath, U.; Subramanian, S.; Jithesh, M.; Rayorath, P.; Hodges, D.; Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(4): 386-399. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00344-009-9103-x>
- León, J. C. (03 de febrero, 2023). Producción peruana de café alcanzó las 234.200 toneladas en 2022, mostrando una caída de 14%. *Agraria.pe*. [https://agraria.pe/noticias/produccion-peruana-de-cafe-alcanzo-las-234-200-toneladas-en--30727#:~:text=\(Agraria.pe\)%20En%202022,JNC\)%2C%20Lorenzo%20Castillo%20Castillo.](https://agraria.pe/noticias/produccion-peruana-de-cafe-alcanzo-las-234-200-toneladas-en--30727#:~:text=(Agraria.pe)%20En%202022,JNC)%2C%20Lorenzo%20Castillo%20Castillo.)
- Lino, H. J. (2020). Determinación del comportamiento agronómico de cinco cultivares de café en etapa de vivero, con el uso de bioestimulantes. (Tesis de licenciatura, UNESUM)
- López, D.; Williams, R.; Miehle, K.; Mazana, J. (1995). *Las enzimas, la fuente de la vida*. Barcelona, España: Edikamed ediciones médicas.
- Lozada, C. (2017). Evaluación de tres bioestimulantes para el incremento de masa radicular y productividad en un cultivo establecido de fresa (*Fragaria × ananassa*). Universidad Técnica de Ambato.
- Martínez, L.J. y J. Salomon. 1995. Efecto de un extracto de algas y varios fitoreguladores sobre el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Gigant. Tesis doctoral. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Méndez, G. 2014. Fertilización a base de extractos de algas marinas y su relación con la eficiencia del uso de agua y de la luz de una plantación de vid y su efecto en el rendimiento y calidad de frutos. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Saltillo, Coahuila, México.

- MIDAGRI (2020). https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/2020/04/Reporte_Obs_Commodities_Cafe.pdf
- MIDAGRI (2022). <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/647409-peru-es-el-primer-productor-y-exportador-mundial-de-cafe-organico-junto-con-etiofia>
- Moreno Quinto, J. S. (2018). Aplicación de bioestimulantes en el desarrollo de plantas de café arábigo (*Coffea arabica*) en etapa de vivero (Tesis de licenciatura, UNESUM).
- Mugnai, S., Azzarello, E., Pandolfi, C., Salamagne, S., Briand, X., & Mancuso, S. (2008). Enhancement of ammonium and potassium root influxes by the application of marine bioactive substances positively affects *Vitis vinifera* plant growth. *Journal of Applied Phycology*, 20(2), 177-182. <https://doi.org/10.1007/s10811-007-9203-6>
- Murthy, PS y Naidu, MM (2012). Gestión sostenible de los subproductos de la industria del café y valor agregado: una revisión. *Recursos, Conservación y reciclaje*, 66, 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.005>
- Norrie, J. & Hiltz, D. (1999). Seaweed extract research and applications in agriculture. *Agro-Food Industry Hi-Tech* 10:15-18.
- Oliet, J. (2000). La calidad de la postura forestal en vivero. Eds. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes de Córdoba. España. 93 p.
- Patier, P., Yvin, J., Kloareg, B., Liénart, Y., y Rochas, C. (1993). Seaweed liquid fertilizer from *Ascophyllum nodosum* contains elicitors of plant D-glycanases. *Journal of applied phycology*, 5, 343-349. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02186237>
- Pedro, S. F., Júnior, K. S. F., Ribeiro, V. M., & Brigante, G. P. (2022). Efeitos do fertilizante a base de extratos de algas marinhas no crescimento inicial do cafeeiro. *Research, Society and Development*, 11(17), e79111738844-e79111738844.

- Popescu, G. & Popescu M. (2014). Effect of the brown alga *Ascophyllum nodosum* as biofertilizer on vegetative growth in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Current Trends in Natural Sciences*, 3(6)
- Prisa, D. (2020). Extracto de *Ascophyllum nodosum* sobre plantas en crecimiento en *Rebutia heliosa* y *Sulcorebutia canigueralli*. *Ciencias biológicas y farmacéuticas de GSC*, 10 (1), 039–045. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2020.10.1.0007>
- Rahn, E., Vaast, P., Läderach, P., Van Asten, P., Jassogne, L. y Ghazoul, J. (2018). Explorando estrategias de adaptación de la producción de café al cambio climático utilizando un modelo basado en procesos. *Modelado ecológico*, 371, 76-89.
- Rayorath, P., Jithesh, M. N., Farid, A., Khan, W., Palanisamy, R., Hankins, S. D., ... & Prithiviraj, B. (2008). Rapid bioassays to evaluate the plant growth promoting activity of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. using a model plant, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *Journal of applied phycology*, 20, 423-429.
- Robledo, D. (1997). Las algas y la biodiversidad. En: Conabio, *Biodiversidad* 13(1): 1-4.
- Rojo Jiménez, E., & Pérez Urria Carril, E. (2015). Café I (G. Coffea). *Ene*, 8, 42. <http://www.revistareduca.es/index.php/biologia/article/viewFile/1757/1770>
- Rouphael, Y.; Giordano, M.; Cardarelli, M.; Cozzolino, E.; Mori, M.; Kyriacou, M.; Bonini, P.; Colla, G. (2018). Los extractos a base de plantas y algas marinas aumentan el rendimiento, pero modulan diferencialmente la calidad nutricional de las espinacas de invernadero a través de la acción bioestimulante. *Agronomía* 8, 126.
- Ruiz Moreira, F. A. (2017). Evaluación del comportamiento de plántulas de café robusta *Coffea canephora* con la aplicación de varias dosis de *Ascophyllum nodosum* (Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil).
- Sánchez Bermeo, J. L. (2016). Efecto de tres dosis de *ascophyllum nodosum* y micronutrientes en el rendimiento y calidad de *fragaria vesca* l. var. aromas en quirihua, laredo–Trujillo.

- Sanderson, K. J. and Jameson, P. E. (1986). The cytokinins in a liquid seaweed extract: Could they be the active ingredients? *Acta Hort.* 179, 113-116.
- Santos, P. L. F. D., Zabotto, A. R., Jordão, H. W. C., Boas, R. L. V., Broetto, F., & Tavares, A. R. (2019). Use of seaweed-based biostimulant (*Ascophyllum nodosum*) on ornamental sunflower seed germination and seedling growth. *Ornamental Horticulture*, 25, 231-237. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v25i3.2044>
- Scalabrin, S., Toniutti, L., Di Gaspero, G., Scaglione, D., Magris, G., Vidotto, M., Pinosio, S., Cattonaro, F., Magni, F., Jurman, I., Cerutti, M., Liverani, F., Navarini, L., Del Terra, L., Pellegrino, G., Ruosi, M., Vitulo, N., Valle, G., Pallavicini, A., Graziosi, G., Klein, P., Bentley, N., Murray, S., Solano, W., Al Hakimi, A., Schilling, T., Montagnon, C., Morgante, M. & Bertrand, B. (2020) A single polyploidization event at the origin of the tetraploid genome of *Coffea arabica* is responsible for the extremely low genetic variation in wild and cultivated germplasm. *Sci Rep* 10, 4642 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61216-7>
- Shukla P., Mantin E., Adil M., Bajpai S, Critchley A. & Prithviraj B. (2019). *Ascophyllum nodosum* - Based Biostimulants: Sustainable Applications in Agriculture for the Stimulation of Plant Growth, Stress Tolerance, and Disease Management
- Silva, P. A. (2021). Uso de bioestimulantes a base de algas marinhas para tratamento de sementes de trigo. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Fronteira Sul.
- Smith, R., 1985. A history of coffee. Clifford, M.N., Willson, K.C. (Eds.), *Coffee: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage*, 1-12.
- Spinelli, F.; Fiori, G.; Noferini, M.; Sprocatti M.; Costa, G. (2010). A novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production. *Scientia Horticulturae*, 125(3). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423810001238>
- Stephenson, W.M. 1966. The effect of hydrolyzed seaweed on certain plant pest and diseases. *Proc. Int. Seaweed Symp.* 5: 405-415.

- Torres, J. (2018). Efecto de tres bioestimulantes orgánicos en el crecimiento y desarrollo de plantones de café (*Coffea arabica*), variedad Catimor, bajo condiciones de vivero distrito de Shunté, provincia de Tocache. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín
- Quintero Rizzuto, ML y Rosales, M. (2014). El mercado mundial del café: tendencias recientes, estructura y estrategias de competitividad. *Visión Gerencial*, (2), 291-307. <https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545897005.pdf>
- Vanegas, F. (2016). Coffee media. <https://www.yoamoelcafedecolombia.com/2016/08/31/taxonomia-del-cafe/>
- Velastegui, R. 1997. Formulaciones naturales y sustancias orgánicas y minerales para control sanitario. Ecuador. pp.110-130.
- Vega Castro, J. (2019). Efecto de un bioestimulante a base de algas marinas *Ascophyllum nodosum* sobre la longitud del tallo y en la producción de rosa tipo exportación, variedades Vulcano y Tressor, en Flores de Bojaca S.A.S. Villavicencio: Universidad de los Llanos.
- Vinoth, S., Gurusaravanan, P., Sivakumar, S., & Jayabalan, N. (2019). Influence of seaweed extracts and plant growth regulators on in vitro regeneration of *Lycopersicon esculentum* from leaf explant. *Journal of Applied Phycology*, 31, 2039-2052.
- Wally, O. S., Critchley, A. T., Hiltz, D., Craigie, J. S., Han, X., Zaharia, L. I., ... & Prithiviraj, B. (2013). Regulation of phytohormone biosynthesis and accumulation in *Arabidopsis* following treatment with commercial extract from the marine macroalga *Ascophyllum nodosum*. *Journal of plant growth regulation*, 32, 324-339.
- Wintgens J.N. 2004. The Coffee Plant. J. N. Wintgens (Ed.). *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. A Guidebook for growers, processors, traders, and researchers*, 1-24.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Cronograma de actividades

Actividades	Mes						
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
Llenado de sustrato en bolsas	8-Mar						
Repique de plántulas	13-Mar						
Aclimatación de plántulas en vivero	X	X					
Fertilización		30-Abr					
1° Aplicación del extracto			6-May				
1° Evaluación							
2° Aplicación del extracto			22-May				
2° Evaluación							
3° Aplicación del extracto				6-Jun			
3° Evaluación							
4° Aplicación del extracto				21-Jun			
4° Evaluación							
Evaluaciones finales (mediciones, pesaje)					10 - 13/07		
Secado de muestras en estufa y medición						14 - 15/08	
Análisis de nutrientes							04 - 15/09