

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

“EXTENSIÓN PEDERNALES”



Carrera de Biología

Obtención del título de Bióloga

TEMA

Elaboración de abono foliar de extracto de algas marinas como
alternativa sostenible en el cultivo de maíz (*Zea Mays*)

AUTOR

Martínez Moncayo Nayell Daniela

TUTOR

Ing. Raúl Macías Chila

PEDERNALES – MANABÍ – ECUADOR

2025

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

El tribunal evaluador

Certifica:

Que el trabajo de fin de carrera modalidad proyecto de investigación titulado: Elaboración de abono foliar a partir de extracto de algas marinas (*Espirulinas, Tetraselmis, Talashiosira*) como alternativa sostenible para la agricultura moderna en el cultivo de maíz (*Zea Mays*). Realizado y concluido por Martínez Moncayo Nayell Daniela, ha sido revisado y evaluado por los miembros del tribunal.

El trabajo de fin de carrera antes mencionado cumple con los requisitos académicos, científicos y formales suficientes para ser aprobados.

Pedernales, 18 de agosto de 2025

Para dar testimonio y autenticidad firman:

Arq. Byron Simón Baque Solís, Mg.
PRESIDENTE DE TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Cristopher Adrián Andrade Mendoza, Mg.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Tyrone Antonio Zambrano Barcia Mg.

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En calidad de docente tutor de la Extensión Pedernales de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, **CERTIFICO:**

Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación, bajo la autoría de la Martínez Moncayo Nayell Daniela, legalmente matriculada en la carrera de Biología, período académico 2025 (1), cumpliendo el total de 400 horas, bajo la opción de titulación de trabajo de investigación, cuyo tema del proyecto es **Elaboración de abono foliar a partir de extracto de algas marinas (*Espirulinas*, *Tetraselmis*, *Talashiosira*) como alternativa sostenible para la agricultura moderna en el cultivo de maíz (*Zea mays*).**

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Pedernales, 18 de agosto de 2025.

Lo certifico:



Ing. Macías Chila Raúl

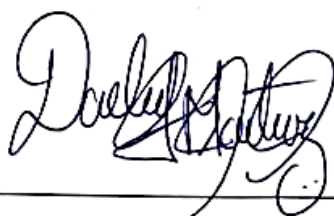
Docente Tutor

AUTORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Martínez Moncayo Nayell Daniela**, con cedula de identidad No 131395847-0, declaro que el presente trabajo de titulación **“Elaboración de abono foliar a partir de extracto de algas marinas (*Espirulinas, Tetraselmis, Talashiosira*) como alternativa sostenible para la agricultura moderna en el cultivo de maíz (*Zea mays*)”** ha sido desarrollada considerando los métodos de investigación existente y respetando los derechos intelectuales de terceros considerados en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que las ideas y contenidos expuestos en el presente trabajo son de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación antes mencionada.

Pedernales, 18 de agosto de 2025



Martínez Moncayo Nayell Daniela

C.I.

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios por permitirme lograr una meta más en mi vida. A mis padres, por su amor y apoyo incondicional, por enseñarme a nunca rendirme pese a situaciones complicadas, a mi novio Jasson por siempre estar en las buenas y en las malas y ser fuente de inspiración para este proceso.

A mi hermana Fabiana que estuvo siempre pendiente en cada paso durante este trayecto, brindándome su apoyo y comprensión en los momentos que lo he necesitado.

A los profesores que me brindaron su conocimiento y dedicación, los cuales han sido fundamentales en mi desarrollo académico y personal. A mis amigos que de una u otra forma estuvieron ahí apoyándome en lo que se pudiera y sea necesario.

A todas las personas que, de alguna manera, contribuyeron a que este sueño se hiciera realidad. Esta tesis es el resultado de un esfuerzo colectivo de todas esas personas que me apoyaron, de las cuales siempre quedaré totalmente agradecida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco siempre a Dios por darme las fuerzas para continuar en este proceso y poder haberlo culminado. A mis padres por darme la vida y apoyarme día a día para poder lograr una meta más en mi vida.

A mi novio por siempre estar apoyándome durante este desafío, por estar en las buenas y en malas. A mi familia por su comprensión y estímulo constante, además su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios. A los docentes de la ULEAM que en determinado momento nos transmitieron sus enseñanzas y aprendizajes, los cuales nos ayudaron para culminar con éxito esta carrera universitaria.

A mis compañeros y amigos, por su comprensión, compañerismo, y tiempo compartido durante el periodo de estudio, por compartir con sus experiencias que me ayudaran en mi desarrollo como persona y como futuro profesional.

Al tutor académico, el Ing. Raúl Macías Chila por la paciencia y compromiso y asesoría a lo largo de este tiempo.

A Don Omar Chiquito por brindarme sus conocimientos y abrirme las puertas de su prestigioso laboratorio, el cual fue el pilar fundamental para llegar a cabo la tesis.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el cantón Montecristi parroquia la Pila, con una duración de dos meses y 15 días con el objetivo de desarrollar un abono foliar a partir de extracto de algas marinas (*Espirulinas*, *Tetraselmis*, *Talashiosira*) y medir su efecto sobre el desarrollo del cultivo de maíz (*Zea mays*), como alternativa sostenible para la agricultura moderna en la actualidad, con una metodología experimental de campo, descriptiva-cuantitativa y de observación con un enfoque inductivo, con variables cuantitativas como: altura del tallo, número de hojas, ancho de hojas, largo de hojas y número de nudos. logrando un alcance descriptivo, aplicando un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con tres tratamientos en estudio (Concentración de extracto de algas al 1%, 3% y 5%). Mediante el análisis estadístico aplicado por medio del software MINITAB con un Análisis Multivariado de Varianza (MANOVA) se obtuvieron los siguientes resultados: Los análisis de laboratorio realizados muestran que los extractos de *espirulinas tetraselmis*, *talashiosira* presentan en su composición nutricional macro y micro elementos como: (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn) indispensables para el desarrollo del cultivo de maíz, también se encontró proteína 87,5% lo que permite el uso de estas algas para otras actividades como cosmética, medicina y alimentación, en cuanto a su aplicación en el cultivo los resultados ($p \leq 0.05$) muestran que las concentraciones mayor a 3% presentan mejores resultados sobre las variables desde su primera aplicación desde el día 10, 30 y 60, presentándose como un excelente fertilizante biológico.

Palabras claves: Abono, extracto de algas, efecto, cultivo de maíz, micro y macro elementos.

ABSTRACT

This study was carried out in the Montecristi canton, La Pila parish, lasting two months and 15 days with the aim of developing a foliar fertilizer from seaweed extract (Spirulinas, Tetraselmis, Talashiosira) and measuring its effect on the development of corn (Zea mays) crops as a sustainable alternative to modern agriculture today. Using a field experimental methodology, descriptive-quantitative and observational, with an inductive approach, with quantitative variables such as: stem height, number of leaves, leaf width, leaf length, and number of nodes. Achieving a descriptive scope, applying a Completely Randomized Block Design (CRBD), with three treatments studied (seaweed extract concentrations of 1%, 3%, and 5%). Through statistical analysis using MINITAB software with a Multivariate Analysis of Variance (MANOVA), the following results were obtained: Laboratory analyses show that extracts of Spirulina Tetraselmis and Talashiosira contain macro and micro elements such as (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, and Mn), essential for the development of corn crops. Protein levels were also found at 87.5%, allowing the use of these algae for other activities such as cosmetics, medicine, and food. Regarding their application in crops, the results ($p \leq 0.05$) show that concentrations greater than 3% present better results on the variables from their first application, starting on days 10, 30, and 60, presenting themselves as an excellent biological fertilizer.

Keywords: Fertilizer, algae extract, effect, corn crop, micro and macro elements.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN¡Error!

Marcador no definido.

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD	iii
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN	7
ABSTRACT.....	8
INDICE DE TABLAS	13
CAPITULO I	18
1. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.1. Introducción.....	18
1.2 Planteamiento del Problema.....	21
1.2.1 Formulación del Problema	23
1.2.2 Preguntas de investigación o hipótesis.....	24
1.3 Identificación de variables	24
1.3.1 Variable independiente.....	24
1.3.2 Variable dependiente.....	24
1.3.3 Hipótesis.....	25
Hipótesis Nula (H0)	25

Hipótesis Alternativa (H1).....	25
1.4 Objetivos del proyecto de investigación	26
1.4.1 Objetivo general	26
1.4.2 Objetivos específicos.....	26
1.5 Justificación.....	27
1.6 Marco Teórico.....	29
1.6.1 Antecedentes	29
1.7 Bases teóricas	31
1.7.1 Tetraselmis sp.....	31
1.7.2 Thalassiosira.....	32
1.7.3 Espirulina	35
1.7.4 Cultivo de Maíz (Zea mays).....	37
1.7.5 Morfología de la planta del maíz.....	39
1.7.6 Fertilización.....	42
1.7.7 Plagas	43
1.7.8 Enfermedades.....	45
1.7.9 Aplicación de extractos de alga en cultivo de maíz	49
CAPITULO II	51
2. DESARROLLO METODOLÓGICO (MATERIALES Y METODOS).....	51
2.1.1 Enfoque de la Investigación.....	51

2.1.2 Ubicación del sitio	51
2.1.3 Duración.....	52
2.2 MÉTODO Y TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN	52
2.2.1 Método de investigación.....	52
2.3 Técnicas de investigación	52
2.4 Tipo y diseño de la investigación.....	53
2.4.1 Diseño de la investigación	53
2.4.2 Estructura de los tratamientos.....	53
2.4.3 Características generales de la parcela experimental.....	54
2.4.4 Análisis de Variancia	54
2.4.5 Modelo aditivo lineal	55
2.5 Materiales y Equipos.....	55
2.5.1 Material experimental	56
2.6 Manejo del ensayo	56
2.6.1 Limpieza y manejo del experimento.....	56
2.6.2 Trazado y demarcación del terreno.....	56
2.6.3 Siembra	56
CAPÍTULO III.....	57
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
3.1 Resultado de métodos y técnicas de investigación.....	57

3.1.1	Comprobación de hipótesis o contestación a las preguntas de investigación	57
3.1.2	Determinar la composición nutricional de los extractos de espirulinas tetraselmis, talashiosira para su uso como abono foliar.....	58
3.1.3	Aplicar los extractos de espirulinas tetraselmis, talashiosira como abono foliar para optimizar el desarrollo del cultivo de maíz (Zea mays)	59
3.1.4	Modelo lineal general: Tallo 30 días; Número de hoja 30 días; Ancho de hoja 30 días; Largo de hoja 30 días; Número de nudos 30 días vs. concentración M. Algas% ...	59
3.1.5	Modelo lineal general: Tallo 60 días; Número de hoja 60 días; Ancho de hoja cm 60 días; Largo de hoja cm 60 días; Número de nudos 60 días vs. concentración M. Algas%	66
3.1.6	Realizar un MANOVA general de las variables biométricas del cultivo de maíz (Zea mays), después de aplicar las diferentes concentraciones de los extractos de algas espirulinas tetraselmis, talashiosira.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2	Desarrollar un análisis económico de los tratamientos aplicados en el cultivo de maíz	76
3.3	Discusión.....	79
4.	CONCLUSIONES	82
5.	RECOMENDACIONES.....	84
6.	BIBLIOGRAFÍA	85
7.	ANEXOS	93

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Taxonomía del alga Tetraselmis sp.	32
Tabla 2.	Taxonomía de la Alga "Thalassiosira".	34
Tabla 3.	Taxonomía de la Alga "Spirulina".	36
Tabla 4.	El esquema del Análisis de la Varianza se indica a continuación.	54
Tabla 5.	Equipos y herramientas	55
Tabla 6.	Información del factor	59
Tabla 7.	Análisis de varianza para Tallo 30 dias, utilizando SC ajustada para pruebas	59
Tabla 8.	Resumen del modelo	60
Tabla 9.	Análisis de varianza para Número de hoja 30 dias, utilizando SC ajustada para pruebas	60
Tabla 10.	Resumen del modelo	60
Tabla 11.	Análisis de varianza para Ancho de hoja 30 dias, utilizando SC ajustada para pruebas	60
Tabla 12.	Resumen del modelo	61
Tabla 13.	Análisis de varianza para Largo de hoja 30 dias, utilizando SC ajustada para pruebas	61
Tabla 14.	Resumen del modelo	61
Tabla 15.	Observaciones inusuales de Largo de hoja 30 dias	61
Tabla 16.	Análisis de varianza para Número de nudos 30 dias, utilizando SC ajustada para pruebas	62

Tabla 17.	Resumen del modelo	62
Tabla 18.	Observaciones inusuales de Número de nudos 30 días	62
Tabla 19.	Pruebas MANOVA para concentración M.Algas%.....	62
Tabla 20.	Información del factor	66
Tabla 21.	Análisis de varianza para Tallo 60 días, utilizando SC ajustada para pruebas 66	
Tabla 22.	Resumen del modelo	66
Tabla 23.	Análisis de varianza para Número de hoja 60 días, utilizando SC ajustada para pruebas 66	
Tabla 24.	Resumen del modelo	67
Tabla 25.	Análisis de varianza para Ancho de hoja cm 60 días, utilizando SC ajustada para pruebas 67	
Tabla 26.	Resumen del modelo	67
Tabla 27.	Análisis de varianza para Largo de hoja cm 60 días, utilizando SC ajustada para pruebas 67	
Tabla 28.	Resumen del modelo	67
Tabla 29.	Análisis de varianza para Número de nudos 60 días, utilizando SC ajustada para pruebas 68	
Tabla 30.	Resumen del modelo	68
Tabla 31.	Pruebas MANOVA para concentración M. Algas%.....	68
Tabla 32.	Información del factor	72

Tabla 33.	Análisis de varianza para Tallo 10 Dias, utilizando SC ajustada para pruebas	72
Tabla 34.	Resumen del modelo	72
Tabla 35.	Análisis de varianza para Número de hoja10 Dias, utilizando SC ajustada .	72
Tabla 36.	Resumen del modelo	72
Tabla 37.	Observaciones inusuales de Número de hoja10 Dias.....	72
Tabla 38.	Análisis de varianza para Ancho de hoja, utilizando SC ajustada para pruebas	73
Tabla 39.	Resumen del modelo	73
Tabla 40.	Análisis de varianza para Largo de hoja, utilizando SC ajustada para pruebas	73
Tabla 41.	Resumen del modelo	73
Tabla 42.	Observaciones inusuales de Largo de hoja	73
Tabla 43.	Análisis de varianza para Número de nudos, utilizando SC ajustada para pruebas	73
Tabla 44.	Resumen del modelo	74
Tabla 45.	Pruebas MANOVA para concentración M. Algas%.....	74
Tabla 46.	Costos de aplicar Extractos de Algas en cultivo de maíz.....	77
Tabla 47.	Costos de Producción para una hectárea de maíz	77
Tabla 48.	Rendimiento del cultivo de maíz y margen de ganancia para 1 hectárea	78

Índice de figuras

Figura 1. Alga "Tetraselmis sp".	31
Figura 2. Alga "Thalassiosira"	33
Figura 3. "Spirulina".	36
Figura 4. Maíz (<i>Zea mays</i>)	39
Figura 5. Morfología interna y externa del maíz amarillo.	40
Figura 6. Sistema radicular y tallo de la planta de maíz	41
Figura 7. Hojas y Mazorcas de maíz	42
Figura 8. Gusano cogollero (Plaga del maíz).	44
Figura 9. Gusano barrenador de tallo (Plaga del maíz).	45
Figura 10. Enfermedades del Maíz (<i>Puccinia sorghi</i> y <i>P. polysora</i>).	45
Figura 11. : Enfermedades del Maíz (<i>Helminthosporium maydis</i>) y (<i>Helminthosporium turcicum</i>)	46
Figura 12. Enfermedades del Maíz (Mancha negra de la hoja)	47
Figura 13. Daño de mazorca (<i>Fusarium moniliforme</i>).	48
Figura 14. Daño causado por (<i>Ustilago maydis</i>).	49
Figura 15. Ubicación del ensayo	51
Figura 16. Composición nutricional	58
Figura 17. Contenido de carbón, materia orgánica y proteína	58
Figura 18. Gráfica de efectos principales para Tallo y Número de hojas 30 días	63

Figura 19.	Gráfica de efectos principales para Ancho y Largo de hoja 30 dias.....	64
Figura 20.	Gráfica de efectos principales para Número de nudos 30 dias	65
Figura 21.	Gráfica de efectos principales para Tallo y Número de hojas a los 60 dias .	69
Figura 22.	Gráfica de efectos principales para Ancho de hoja y largo de hoja en cm 60 dias	70
Figura 23.	Gráfica de efectos principales para Número de nudos 60 dias	71
Figura 24.	Gráfica de efectos principales para Tallo 10 Dias y Número de hoja10 Dias	74
Figura 25.	Gráfica de efectos principales para Ancho de hoja y Largo de hoja	75
Figura 26.	Gráfica de efectos principales para Número de nudos	76

CAPITULO I

1. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

Las microalgas, son un grupo muy diverso de microorganismos, tanto en tamaño como en morfología, son una fuente de una amplia variedad de productos químicos con aplicaciones en alimentos como suplementos nutricionales, cosméticos, farmacéuticos e incluso biocombustibles. Debido a la composición nutricional de su biomasa se derivan sus aplicaciones para la producción de suplementos nutricionales para humanos y animales y gracias a sus pigmentos carotenoides son utilizados en el sector avícola y piscícola dando valor agregado a carnes y huevos. Adicionalmente, su capacidad fotosintética le permite capturar dióxido de carbono y por lo tanto son fijadoras biológicas de este gas de efecto invernadero. En los últimos años se ha incrementado el uso de las microalgas como alimento en acuicultura por su alto valor alimenticio, buena digestibilidad, buen perfil de aminoácidos entre otras características (Montoya & Acosta, 2021).

Los extractos de algas marinas se usan en agricultura por sus componentes bioactivos únicos y sus efectos; tienen propiedades Fito estimulantes que provocan un aumento en el crecimiento vegetal y el rendimiento de muchos cultivos, entre los componentes de los extractos de algas marinas están: glúcidos, hormonas vegetales, aminoácidos, proteínas y osmoprotectores, entre otros; su uso en los cultivos produce una mejora en la absorción de minerales, el crecimiento, la fotosíntesis, el rendimiento, el sistema radical, la floración, la calidad del fruto, el sabor, y la vida postcosecha de los productos (Salazar et al., 2022).

Los compuestos bioactivos presentes en las algas marinas aportan nutrientes esenciales, lo que les otorga un papel crucial en la fisiología de las plantas durante su periodo de desarrollo. Facilitan el desarrollo de raíces, el crecimiento de las plantas y las protegen de factores bióticos y abióticos. Es importante mencionar que para obtener extractos bioactivos de buena calidad, se deben emplear métodos de extracción que permitan dividir y purificar dichos extractos. Cada día, las nuevas tecnologías avanzan para optimizar la eficacia de estos compuestos (Montece, 2025).

En la actualidad existe la necesidad de descubrir nuevas estrategias para mejorar la productividad agrícola, al tiempo que se minimizan los efectos negativos en el sistema de cultivo. Las microalgas son importantes recursos biológicos que tienen una composición química equilibrada y se pueden utilizar para producir diversos productos y aplicaciones novedosos. Se pueden utilizar para mejorar el valor nutricional de alimentos y piensos, y para producir fertilizantes orgánicos. Las sustancias bioactivas presentes en los extractos líquidos de espirulina tienen un gran potencial para ser utilizadas como bioestimulantes para el crecimiento de las plantas en la agricultura. Estudios han demostrado que los bioestimulantes a base de *espirulina* pueden mejorar el estado mineral del suelo y tener un efecto positivo en el rendimiento de las plantas (Heydarnajad et al., 2024).

La conexión entre las algas y la agricultura es sumamente significativa para el futuro que se avecina. Muchos estudios han demostrado que, al introducir algas o sus derivados, como las enzimas, en el suelo, se producen o activan reacciones de hidrólisis enzimáticas catalíticas reversibles, que a menudo las raíces no pueden llevar a cabo de manera obvia, actuando como un claro estimulador del crecimiento. Su efecto más evidente consiste en incrementar la actividad

enzimática de los cultivos mediante la generación de fitohormonas. Por esta razón, se pueden emplear para satisfacer los requisitos o necesidades específicos en diversas fases fisiológicas, como la floración, el cuajado y al inicio del cultivo, entre otras. También son compatibles con productos fitosanitarios, complejos nutricionales y otros (Sembralia, 2021).

De acuerdo con lo dicho de los autores antes mencionados en la actualidad se busca mejorar la producción agrícola de forma eficiente y sustentable, para ello se han realizado investigaciones donde se utilizan los extractos bioactivos de las algas para la estimulación del crecimiento de las plantas. El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de desarrollar un abono foliar a partir de extracto de algas marinas (*Espirulinas*, *Tetraselmis*, *Talashiosira*) como alternativa sostenible para la agricultura moderna explorando su capacidad para mejorar la productividad y la salud del cultivo de maíz (*Zea Mays*), de forma que se reduzcan los impactos ambientales negativos asociados con el uso de fertilizantes químicos.

1.2 Planteamiento del Problema

La agricultura contemporánea hace frente a una serie de problemas actuales, en gran parte debido a prácticas como el monocultivo, que implica establecer un único tipo de planta en extensas áreas. Aunque este método permite minimizar costos y elevar la productividad, también hace que las plantas sean más susceptibles a plagas y enfermedades, como sucedió con la plaga del maíz de 1970, que impactó severamente la producción de maíz en Norteamérica. La dependencia de pesticidas químicos para solucionar estos inconvenientes ha llevado a problemas de contaminación y al surgimiento de plagas resistentes, mientras que la erosión y la degradación del suelo han intensificado los retos que enfrentan los agricultores (Knotwell et al., 2023).

Los fertilizantes y pesticidas deben ser usados en las cantidades adecuadas para que no causen problemas. En muchos lugares del mundo su excesivo uso provoca contaminación de las aguas cuando estos productos son arrastrados por la lluvia. Esta contaminación provoca eutrofización de las aguas, mortandad en los peces y otros seres vivos y daños en la salud humana. Especialmente difícil de solucionar es la contaminación de las aguas subterráneas con este tipo de productos. Muchos acuíferos de las zonas agrícolas se han contaminado con nitratos hasta un nivel peligroso para la salud humana, especialmente para los niños. Al mismo tiempo, en otros países, el uso de cantidades demasiado pequeñas de fertilizantes disminuye los nutrientes del suelo, con lo que contribuye a su degradación (Echarri, 2022).

Dentro del ámbito de la agricultura, donde el uso excesivo de pesticidas y fertilizantes químicos ha generado múltiples preocupaciones sobre la sostenibilidad medioambiental y la salud humana, los bioestimulantes naturales, como los extractos de algas, surge como una opción más viable y

prometedora (Montece, 2025). A nivel mundial se puede observar un aumento considerable en la preferencia de productos y agricultura orgánica y sostenible. Por lo tanto, el crecimiento en la adopción de productos biológicos representa un desafío para la agricultura contemporánea. En este sentido, el empleo de algas se presenta como una de las alternativas más viables en la actualidad. Las algas son organismos sencillos que realizan la fotosíntesis y habitan en aguas o en entornos muy húmedos (López et al., 2020).

Actualmente, la agricultura moderna tiene problemas importantes relacionados con la estabilidad, el agotamiento de los suelos y la dependencia de los recursos químicos, aunque el aumento del rendimiento, también tiene un impacto negativo en el ecosistema y la salud humana. Teniendo en cuenta los problemas antes mencionados, surge la necesidad de identificar y promover opciones de equilibrio para permitir la producción agrícola sin equilibrio ambiental. La opción prometedora es usar recursos naturales, como algas que contribuyen al crecimiento de las plantas, específicamente, especies como: (*Tetraselmis*, *Thalassiosira* y *Spirululinas*), mediante sus extractos y aplicación al cultivo de maíz (*Zea mays*) favorece el desarrollo vegetal y reduce el uso de agroquímicos perjudiciales tanto para el ecosistema como para el ser humano, dando solución a la problemática planteada.

1.2.1 Formulación del Problema

La presente investigación se planteó como respuesta a la problemática que existe en la agricultura al momento de aplicar nutrientes a los cultivos, donde en agricultura convencional se hace uso de fertilizantes químicos que ocasionan grandes problemas al suelo y su microbiología como para el ser humano a largo plazo, por lo que se realizaron extractos de algas marinas *Spirulina*, *Tetraselmis* y *Talashiosira*, para la fabricación de un fertilizante de tipo foliar el cual se considera un alternativa para el sector del agro. Este tipo de algas presentan en sus componentes nutrientes, fitohormonas y varios componentes que permiten que las plantas obtengan un desarrollo adecuado y resistencia. Por lo que con este ensayo se plantea el desarrollo de este biofertilizante que interviene favorablemente en los cultivos.

La aplicación de este tipo de biofertilizante es sostenible y presenta efectividad al ser aplicados a los cultivos por lo que se ha investigado como realizar el proceso para obtener resultados que se ven reflejados en la fase final de producción del cultivo, este tipo de abono orgánico permite el mejoramiento de los suelos, reduce los impactos al medio ambiente a causa de la agricultura intensiva, por lo que esta investigación permitió obtener un biofertilizante o abono orgánico amigable con el medio ambiente y su aplicación no causa impactos negativos para el suelo y el cultivo.

1.2.2 Preguntas de investigación o hipótesis

¿La composición nutricional de los extractos de algas utilizados en la presente investigación son adecuados para ser utilizados como abono foliar?

¿La aplicación de diferentes concentraciones de extractos de algas (*Espirulinas*, *Tetraselmis*, *Talashiosira*) permiten un adecuado desarrollo morfológico del cultivo de maíz (*Zea Mays*)?

¿Cómo se puede desarrollar un abono foliar efectivo y sostenible utilizando extracto de algas (*Espirulinas*, *Tetraselmis*, *Talashiosira*) como una alternativa viable para mejorar la productividad y la sostenibilidad de la agricultura moderna?

1.3 Identificación de variables

1.3.1 Variable independiente

Extracto de algas marinas *Tetraselmis Sp*, *Espirulinas*, y *Thalassiosira* en tres concentraciones (1%, 3% y 5%).

1.3.2 Variable dependiente

Toma de datos de variables biométricas del cultivo de maíz: Altura del tallo, número de hojas, ancho de hojas, largo de hojas u número de nudos.

1.3.3 Hipótesis

Hipótesis Nula (H0): No se presenta diferencia significativa al realizar la aplicación del abono foliar en diferentes concentraciones obtenido a partir de extractos de algas marinas (*Espirulinas*, *Tetraselmis*, *Talashiosira*) sobre las variables de crecimiento o desarrollo del cultivo de maíz (*zea mays*).

Hipótesis Alternativa (H1): Se presenta diferencia significativa al realizar la aplicación del abono foliar en diferentes concentraciones obtenido a partir de extractos de algas marinas (*Espirulinas*, *Tetraselmis*, *Talashiosira*) sobre las variables de crecimiento o desarrollo del cultivo de maíz (*Zea Mays*).

1.4 Objetivos del proyecto de investigación

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar un abono foliar a partir de extracto de algas marinas (*Espirulinas*, *Tetraselmis*, *Talashiosira*) como alternativa sostenible para la agricultura moderna.

1.4.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar la composición nutricional de los extractos de *Espirulinas Tetraselmis*, *Talashiosira*. para su uso como abono foliar.
- ✓ Aplicar los extractos de *Espirulinas Tetraselmis*, *Talashiosira* como abono foliar para optimizar el desarrollo del cultivo de maíz (*Zea Mays*).
- ✓ Evaluar como las distintas concentraciones de extractos de microalgas influyen de manera simultánea en las variables biométricas del maíz (*Zea Mays*).

1.5 Justificación

Los extractos de algas marinas favorecen la actividad de los microorganismos en el suelo, lo que provoca una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas, facilitando su absorción, disminuyendo la compactación y mejorando la aireación y la capacidad de retención de agua en el suelo. Además, las algas marinas repercuten positivamente en la actividad biológica, como la respiración y la movilización del nitrógeno en el suelo, ya que promueven la diversidad microbiana, creando un entorno favorable para el desarrollo de las raíces. Al quemar algas marinas, se obtiene un residuo de cenizas que es de cinco a seis veces más que el que producen las plantas, lo que implica una mayor cantidad de metabolitos y, por ende, más enzimas; así, el uso de algas marinas y/o sus derivados en la agricultura aporta un complejo enzimático adicional tanto al suelo como a las plantas (Zermeño et al., 2015).

Los extractos bioactivos de las algas marinas son muy relevantes porque poseen componentes beneficiosos que actúan como bioestimulantes, tales como aminoácidos, polisacáridos, hormonas vegetales, fenoles, minerales y vitaminas los cuales son esenciales para el adecuado desarrollo y crecimiento de las plantas. Estos compuestos bioactivos mejoran el microbiota del suelo y ofrecen protección contra factores bióticos y abióticos, además de ser alternativas más sostenibles y ecológicas (Montece, 2025).

Los agricultores, las empresas productoras de alimentos y los consumidores y consumidoras deberán ser capaces de adaptarse y responder al mercado actual y a los nuevos desafíos que presenta la demanda de alimento para una alta población mundial. Deberán organizarse, incorporar algunas tecnologías modernas y otras ancestrales, adquirir conocimiento y cambiar de actitud para enfrentar los retos que requiere esta agricultura. Sabemos que la agricultura en su totalidad debe

ser el primer eslabón para conseguir alimentos, asegurar que se provean los productos necesarios a todos los sectores y que su calidad supere la de cualquier otro. Las nuevas formas de la agricultura deben satisfacer todas las demandas, mejorar las condiciones del medio ambiente y mantener un terreno activo, productivo y vivo para el futuro (Ortiz, 2013).

En la actualidad, la agricultura moderna enfrenta importantes desafíos relacionados con la sostenibilidad, la salud del suelo, la seguridad alimentaria y el impacto ambiental del uso excesivo de fertilizantes químicos. Por lo que en el presente estudio de investigación práctica se utilizaron métodos y técnicas que permitieron la realización y aplicación de extractos de algas marinas como insumo para la elaboración de abonos foliares representa una alternativa biotecnológica con alto potencial. Las algas *Spirulina*, *Tetraselmis* y *Thalassiosira* contienen compuestos bioactivos (fitohormonas, aminoácidos, vitaminas, minerales y polisacáridos) que promueven el crecimiento vegetal, mejoran la fotosíntesis, aumentan la resistencia a estrés abiótico y fortalecen la absorción de nutrientes.

1.6 Marco Teórico

1.6.1 Antecedentes

De acuerdo a Frikha et al., (2011) Al referirse a algas, se hace alusión a un amplio conjunto de organismos eucariotas que contienen clorofila y llevan a cabo la fotosíntesis, utilizando oxígeno y liberando agua como donador de electrones. Algunas algas, por otro lado, pueden usar O₂ en la fotosíntesis sin liberar oxígeno. Muchas de estas algas son fotótrofas, lo que implica que necesitan luz para crecer (Rendón et al. , 2015). Las microalgas, que se encuentran en todos los ecosistemas marinos y terrestres, representan una considerable diversidad de especies que prosperan en distintas condiciones ambientales. En general, las algas se recolectan y/o cultivan para diversos propósitos, como alimentos para humanos y animales, cosméticos, fertilizantes, entre otros.

Menciona Richmond, (2017) desde principios del siglo XX, la producción de proteínas a partir de microalgas se ha considerado una alternativa biotecnológica cuya viabilidad sigue siendo debatida en el manejo y aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas, representando una opción recurrente para transformar estas fuentes de contaminación en insumos útiles desde el punto de vista económico, nutricional e industrial.

Las microalgas son microorganismos fotosintéticos, que pueden ser procariotas o eucariotas, y crecen rápidamente gracias a su estructura, que puede ser multicelular, unicelular o simple. Estas microalgas están presentes en todos los ecosistemas de la Tierra, no solo en ambientes acuáticos y terrestres, lo que implica una gran diversidad de especies que habitan distintas condiciones ambientales. Se estima que existen más de 50,000 especies de microalgas, de las cuales solo alrededor de 30,000 han sido estudiadas y analizadas (Rendón et al., 2015).

En el estudio realizado por Pérez, (2020) utilizó el extracto de alga como bioestimulante para evaluar el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) y su rendimiento en la región de Babahoyo, con el propósito de explorar la utilización de bioestimulantes en plantaciones de maíz e identificar los beneficios que aporta el extracto de alga al rendimiento. Se concluyó que las áreas agrícolas emplean algas marinas como una fuente de materia orgánica para fertilizar sus cultivos, incorporándolas como complementos nutricionales entre los bioestimulantes; el uso de bioestimulantes derivados de algas marinas ha revolucionado la agricultura actual, mejorando los cultivos y produciendo efectos positivos en la cantidad, calidad y productividad de las cosechas; los productos formulados con extracto de algas marinas se presentan como opciones para aumentar la producción, ya que su efecto como precursor de citoquininas facilita la obtención de plantas resistentes a plagas y enfermedades, así como un desarrollo óptimo de los cultivos, con el objetivo de elevar los rendimientos.

Establece Pérez et al., (2020) que las algas han ganado gran atención por sus aplicaciones en la industria farmacéutica, como alimentos para peces, animales y seres humanos, así como en el ámbito agrícola. Poseen un gran potencial como bioestimulantes y biofertilizantes, y se pueden aplicar de diversas maneras, ya sea de forma foliar, como enmienda al suelo o mediante la imbibición de semillas. Los bioproductos derivados de algas contienen variados metabolitos, minerales y fitohormonas que fomentan el desarrollo y rendimiento de las plantas, mejoran las características biológicas del suelo y elevan la productividad en situaciones de estrés abiótico y biótico. Además, su uso en la producción de distintos cultivos representa una alternativa económica que favorece una agricultura sostenible. Su aplicación reduce la dependencia de productos químicos y protege el entorno.

1.7 Bases teóricas

1.7.1 *Tetraselmis* sp.

Las algas *Tetraselmis* sp se destaca por ser uno de los géneros de flagelados unicelulares que se lo caracteriza por ser una célula elíptica o en muchas veces también esféricas con cuatro flagelos iguales en dos pares opuestos y una teca formada por escamas orgánicas. Estas algas normalmente se las encuentran en ambientes marinos, eurihalinos y de agua dulces y se la utiliza como fuente de alimento en la acuicultura. Estas algas se las conoce por ser verdes, motiles, y miden generalmente 10 µm de largo x 14 µm de ancho (Borowitzaka, 2018).

Tetraselmis posee un ciclo de vida formado por tres etapas, primero la etapa de flagelos, etapa sedentaria y etapa de quiste. Durante la etapa de flagelos, las células se mueven en línea recta por un tiempo extenso y luego cambian de dirección rápidamente sin detenerse, impulsadas por cuatro flagelos gruesos de longitud uniforme más cortos que la célula que surgen en pares. En la etapa de quiste, las células ya no poseen flagelos. La etapa sedentaria es la que predomina en la mayoría de las especies y es la etapa donde ocurre la división celular. Después de la división, las dos células resultantes pueden optar por permanecer inmóviles o por desarrollar flagelos de acuerdo a las condiciones del medio (Naturalista, 2024).

Figura 1. Alga "*Tetraselmis* sp".



Fuente: (Borowitzaka, 2018)

Tabla 1. Taxonomía del alga *Tetraselmis sp.*

Reino	<i>Plantae</i>
Filo	<i>Chlorophyta</i>
Clase	<i>Chlorodendrophyceae</i>
Orden	<i>Chlorodendrales</i>
Familia	<i>Chlorodendraceae</i>
Género	<i>Tetraselmis</i>

Fuente: (Borowitzaka, 2018).

1.7.2 *Thalassiosira*

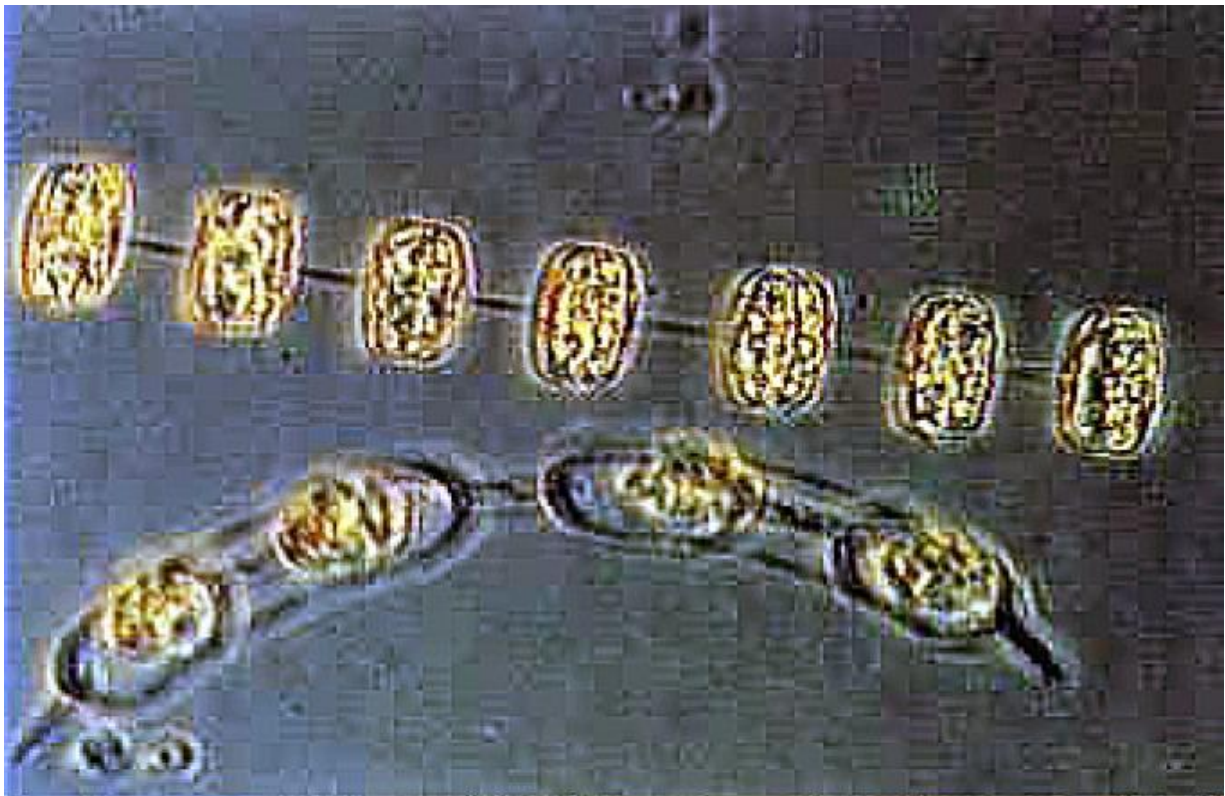
El alga *Thalassiosira* además ser de gran aporte para la producción agrícola esta microalga se utiliza en la industria de cultivos de larvas del camarón y mariscos debido a que se la suministra en todas las fases larvarias considerándose como único alimento algal que cumple con las mejores condiciones nutritivas mejorando la supervivencia y un crecimiento extraordinario (Ibarra & Muñoz, 2011).

Microalgas del grupo de las diatomeas, que pertenecen al género *Thalassiosira*, son algas marinas de gran tamaño (20-30µm) que contienen altos niveles de glucosa, lípidos, pigmentos carotenoides, vitamina B y clorofila. Son adecuadas para el alimento de crustáceos en etapa de larvas y postlarva, en copepódos y *Artemia* se los utiliza para dietas de mantenimiento y en fase de preengorde para moluscos como: mejillones, almejas, ostras, y pectínidos que sobrepasan los 150 µm, también se utilizan para el acondicionamiento de reproductores. Se producen y envasan

en condiciones libres de contaminantes y/o patógenos, lo que garantiza una nutrición integral y promueve el crecimiento y la salud de los animales. Esto también ayuda a reducir costos al disminuir la necesidad de producir microalgas de forma propia. Facilita la alimentación de larvas durante todo el año (Acuinuga , 2018).

La diatomea *T. pseudonana* se ha empleado en la acuicultura marina como alimento vivo debido a su valor nutritivo, especialmente para moluscos y crustáceos, además tiene la capacidad de crecer en cultivos a gran escala, produciendo densidades celulares elevadas, lo que la convierte en una especie perfecta para investigaciones, particularmente en el área de optimización de su producción (López et al., 2009).

Figura 2. Alga "Thalassiosira"



Fuente: (Acuinuga, 2015)

Tabla 2. Taxonomía de la Alga "*Thalassiosira*".

División	<i>Chrysophyta</i>
Clase	<i>Bacillariophyceae</i>
Orden	<i>Centrales</i>
Suborden	<i>Discoideae</i>
Familia	<i>Coscinodiscaceae</i>
Subfamilia	<i>Skeletoneminae</i>
Género	<i>Thalassiosira</i>
Especie	<i>Weissflogii</i>
Nombre común	<i>Thalassiosira</i>

Fuente: (Ibarra & Muñoz, 2011)

El alga *Thalassiosira* es un género de microalga de gran aplicación en acuocultivos, como alimento de peces y camarones especialmente en las etapas de larva, para crustáceos y rotíferos, esto se debe a su tamaño, facilidad para el cultivo y composición bioquímica, se han establecido determinados parámetros importantes para el cultivo de microalgas y con ello garantizar un adecuado crecimiento de la biomasa (Montoya & Acosta, 2021). Es utilizada como alimento en acuicultura y utilizada también en la agricultura debido a que su valor nutricional está influenciado por las condiciones de crecimiento a través de bases orgánicas (Suárez et al., 2013).

1.7.3 *Espirulina*

La *Espirulina* pertenece al dominio de las bacterias y contiene un elevado contenido de proteínas, ácidos grasos indispensables, minerales y vitaminas. Es una cultura ideal para las áreas del desierto y aún más, donde el agua es alcalina. Es fácil de reproducir y producir económicamente (Gonzalez, 2020).

Son unas algas cianófitas filamentosas no diferenciadas, cultivadas para alimentación humana por su contenido nutricional, habitan en lagos alcalinos. Desde el punto de vista nutricional, las algas se caracterizan por presentar un elevado porcentaje de proteínas, bajo contenido calórico y las cantidades de grasas son mínimas, poseen polisacáridos no digeribles por enzimas digestivas humanas y glúcidos (Guillen et al., 2020).

Orozco, (2022) la *Espirulina* es un alimento con algunos aminoácidos esenciales, hierro, ácidos grasos, vitaminas y minerales”, y aunque sus propiedades nutricionales dependen de las condiciones de cultivo, en términos generales destacan las siguientes características:

- ✓ Bajo aporte calórico
- ✓ Alto contenido en fibra (aporta saciedad)
- ✓ Rica en proteínas (60-70% de su peso seco)
- ✓ Aporte discreto de grasas (entre el 5-10% del peso seco), insaturadas, tipo omega 6 y omega 9 similares a los de aceites vegetales como el de oliva
- ✓ Contiene betacarotenos que son precursores de la vitamina A, que es esencial para una buena visión.
- ✓ Minerales: rica en hierro, calcio y fósforo

- ✓ Es importante destacar que las cantidades que se suelen consumir son relativamente pequeñas, por ejemplo, de 10 gramos en polvo, una cucharilla, por lo que realmente el aporte de nutrientes se reduce considerablemente.



Figura 3. "Spirulina".

Fuente: (Green , 2019)

Tabla 3. *Taxonomía de la Alga "Spirulina".*

Dominio	Bacteria
Filo	<i>Cyanobacteria</i>
Clase	<i>Cyanophyceae</i>
Orden	<i>Oscillatoriales</i>
Familia	<i>Oscillatoriaceae</i>
Nombre científico	<i>Arthrospira platensis</i>
Nombre común	<i>Spirulina</i>

Fuente: (Gonzalez, 2020)

1.7.4 Cultivo de Maíz (*Zea mays*)

El maíz (*Zea mays* L.), es una de las gramíneas más antiguas en la alimentación. Forma parte de la familia Poáceas (Gramíneas), dentro de la tribu Maydeas, siendo la única especie cultivada dentro de este género. Este cultivo es uno de los más eficientes en términos de producción. Es una planta del tipo C4 que presenta una notable tasa de actividad fotosintética. Cuando se considera de manera individual, su proporción de multiplicación varía de 1:600 a 1000. Fue el primer cereal que experimentó cambios tecnológicos rápidos e importantes en su método de siembra, como se evidencia en la bien documentada evolución del maíz híbrido en Estados Unidos y luego en Europa. La adopción de tecnología científica en su cultivo ha promovido una revolución agrícola en diversas regiones del planeta (Paliwal, 2021).

Es una planta anual con un gran desarrollo vegetativo, tallo nudoso y macizo con quince a treinta hojas alargadas y abrasadoras. Es una planta monoica o sea que cada una lleva flores masculinas y femeninas. El cultivo requiere temperaturas de 18 a 26°C y un buen suministro de agua a través de su ciclo vegetativo, principalmente durante la floración. El cultivo requiere suelos de tipo intermedio, con buen drenaje, sueltos, aireados, planos o ligeramente quebrados. No son aconsejables suelos arcillosos debido a su alta retención de humedad, ya que esta condición disminuye el aire del suelo, esencial para el desarrollo de la planta (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1991).

Actualmente cultivado en la mayoría de los países del mundo y es el tercer producto de mayor importancia después del trigo y el arroz, constituye una fuente importante en la alimentación del hombre, así como en sus diferentes actividades. El Ecuador siembra anualmente alrededor de 250.000 hectáreas de maíz duro amarillo, con una producción promedio de 2.7 Tm/ha-1, que

significan alrededor de 595.000 toneladas métricas, frente a la necesidad de la industria de balanceados que es de 1'200.000 toneladas métricas; lo que pone de manifiesto la necesidad de disponer de híbridos de alto rendimiento, en la provincia de Manabí, Loja y parte del Guayas, la mayor parte del área sembrada utilizan el 70 u 80% de mano de obra durante la labor del cultivo, tiene importancia económica para esas provincias (Espinosa, 2011).

Una producción rentable de maíz para obtención de granos depende de un adecuado suministro de nutrientes esenciales al suelo, características químicas del suelo y del híbrido que se utilice en las diferentes zonas, una de las mejores innovaciones en el área de la agricultura es la implementación del mejoramiento genético vegetal es así donde se desarrolla el maíz híbrido, catalogándolo como el principal cultivo para alimentación del ser humano en ser transformado genéticamente desarrollando así una mayor productividad, esta información se ha dispersado a nivel mundial dando paso a la transformación del sector del agro y de otros cultivos de interés económico (Espinosa, 2011).

Figura 4. Maíz (*Zea mays*)

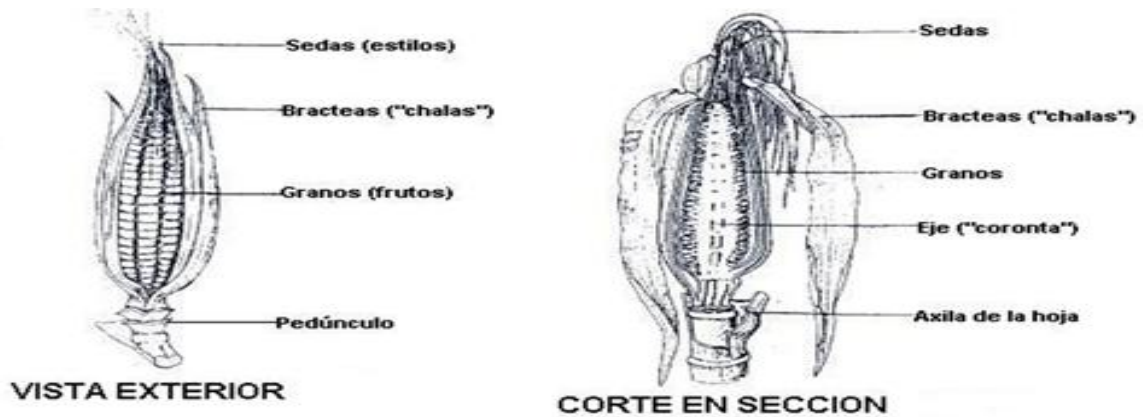


Fuente: (El Productor , 2019)

1.7.5 Morfología de la planta del maíz

La planta de maíz que crece en climas tropicales es alta y tiene muchas hojas, así como un sistema radicular fibroso, que generalmente consiste en un único tallo con hasta 30 hojas. En ocasiones, puede surgir una o dos yemas laterales en la parte superior de la planta, que terminan formando una inflorescencia femenina, la cual se convierte en una mazorca rodeada de hojas que la protegen; esta mazorca es la sección donde se almacenan las reservas. La parte elevada de la planta termina en una inflorescencia masculina o panoja, que cuenta con una espiga central prominente y varias ramificaciones laterales que contienen flores masculinas, todas las cuales producen una abundante cantidad de granos de polen (Paliwal, 2021).

Figura 5. Morfología interna y externa del maíz amarillo.



Fuente: (SAG, 2025)

Como menciona el autor en el párrafo anterior las raíces de la planta de maíz son seminales se originan de la radícula de la semilla a la profundidad donde fue sembrada. El desarrollo de estas raíces disminuye una vez que la plúmula emerge por encima del suelo y se detiene prácticamente por completo cuando la plántula alcanza la etapa de tres hojas. Las raíces adventicias comienzan a desarrollarse desde el nudo principal en el extremo del mesocotilo. Esto suele ocurrir a una profundidad más o menos uniforme, sin tener en cuenta la profundidad en la que se sembró la semilla. Un grupo de raíces adventicias se forma desde cada nudo subsiguiente hasta alcanzar entre siete y diez nudos, todos situados bajo el suelo. Estas raíces adventicias desarrollan una densa red de raíces fibrosas. El sistema de raíces seminales descrito anteriormente puede seguir activo durante la vida total de la planta, aunque su relevancia es mínima.

El mismo autor sigue manifestando que las plántulas de maíz se pueden observar en la superficie una vez que tienen tres hojas, aunque sus puntos de desarrollo todavía se encuentran bajo el suelo. Durante esta fase, la planta experimenta un desarrollo robusto que proviene de un único punto de crecimiento, el meristemo apical; todas las secciones del tallo de maíz, tanto las que son vegetativas como las reproductivas, derivan de este meristemo. El tallo está compuesto por cuatro

componentes fundamentales: los internudos, las hojas, el perfil y la yema o meristemo apical, que en conjunto se denominan fitómeros. La cantidad de fitómeros que se generan durante la etapa vegetativa está influenciada por factores tanto genéticos como ambientales.

Figura 6. Sistema radicular y tallo de la planta de maíz



Fuente: (Gouin, 2020)



Fuente: (Pasturas de America , 2024)

La estructura de la hoja del maíz ha recibido una atención considerable, sobre todo para comprender cómo se relaciona con la fotosíntesis en las plantas C4. Las plantas C3 y C4 poseen diferencias en su estructura y anatomía. Por ejemplo, los haces de cloroplastos alargados exhiben variaciones notables. Investigaciones bioquímicas comparativas realizadas en plantas C4 mencionan que la variación en la forma y en la ubicación de estos cloroplastos está asociada con múltiples actividades enzimáticas. La fotosíntesis C4 es especialmente relevante en plantas que se desarrollan a altas temperaturas, como en los trópicos, es crucial estudiar y aprovechar esta variabilidad en los genotipos de maíz tropical para mejorar su rendimiento (Paliwal, 2021).

La mazorca es una inflorescencia lateral, originada de la yema axilar de una hoja. La mazorca posee 12 a 20 hileras de óvulos insertas en un eje esponjoso llamado olote o coronta, y que terminan en largos estilos, las sedas, está protegida por 10 a 20 brácteas (hojas modificadas), las chalas, las primeras sedas visibles corresponden a los granos de la base, apenas visibles, ya son receptivas, la progresión de las sedas ocurre desde la base hacia el ápice de la mazorca. La función

de la seda es capturar el polen, de modo que este pueda fecundar el óvulo, después de desplazarse por el tubo polínico. La buena humedad del suelo durante la floración facilita la salida de las sedas, ya que el crecimiento de éstas se debe principalmente a elongación celular, para lo cual se requiere un alto grado de turgencia para que la pared celular se extienda, por lo que este crecimiento ocurre mayormente durante la noche, la salida completa tiene lugar en 4 a 6 días (Ministerio de Agricultura, 2024).

Figura 7. Hojas y Mazorcas de maíz



Fuente: (Shutterstock , 2025)



Fuente: (Enciclopedia Humanidades, 2025)

1.7.6 Fertilización

El maíz es muy exigente a elementos nutritivos, comparado con otros cultivos. En un plan de fertilización se debe tomar en cuenta, el análisis químico del suelo, la época más apropiada para abonar, la colocación del abono en el suelo y las formas y cantidades del fertilizante. El fósforo, potasio y una parte del nitrógeno se aplican a la siembra mediante fórmulas de fertilizante completo como 10-30-10 y 12-24-12. El resto del nitrógeno se aplica en una segunda abonada a las tres o cuatro semanas después de establecido el cultivo. En zonas muy lluviosas y de suelos muy arenosos, es aconsejable fraccionar esta fertilización en dos partes, una a las dos semanas después

de sembrar y la otra, tres o cuatro semanas luego de la siembra. Esta aplicación de nitrógeno, debe efectuarse sobre la superficie del terreno y cerca de la base de la planta, a chorro continuo en los surcos y después de que haya llovido. Las cantidades de abono a usar variarán de acuerdo a la fertilidad natural del suelo: para suelos de fertilidad medio a alta se recomienda las siguientes cantidades: 100 kg de N/ha, 60 kg de P/ha, 40 kg de K/ha. para suelos de baja fertilidad se utilizarán: 100 kg de N/ha, 90 kg de P/ha y 50 kg de K/ha (Paliwal, 2021).

1.7.7 Plagas

El gusano cogollero se clasifica dentro del orden Lepidoptera, en la superfamilia *Noctuidea*, familia *Noctuidae*, género *Spodoptera*, y especie *frugiperda*. Durante el día, las hembras se ocultan entre las hojas y al caer la tarde se muestran activas, apareándose y depositando sus huevos en las hojas del maíz, en el suelo, en malas hierbas o sobre restos de cosecha. Cada hembra pone entre 2. 500 y 3. 000 huevos, cantidad que fluctúa dependiendo de su alimento y la temperatura; suelen hacerlo en grupos o masas que rondan de 65 a 1. 300 huevos cada una, cubiertas por un delicado pelaje formado por escamas de la propia hembra. Las larvas que emergen de los huevos se alimentan del corión y las escamas, permaneciendo juntas durante varias horas, luego se dispersan en busca de alimentos y refugio (Pàliz & Mendoza, 1999).

Figura 8. Gusano cogollero (Plaga del maíz).



Fuente: (Cambiagro, 2023).

El autor antes mencionado afirma que el gusano barrenador o perforador del tallo pertenece al orden Lepidoptera y a la familia *Pyralidae*, dentro del género *Diatraea*, que incluye las especies como: *indigenella*, *rufescens*, *saccharalis*, *impersonatelia*, *lineolata*, *albicrinella*, *centrella*, *dyari*, *andina*, *rosa*, *ousckela*, *sauenarum*, *antropar*, *flauipennella*, *sauenarum*, entre otras. Este barrenador presenta un ciclo de metamorfosis completo que abarca las etapas de huevo, larva, pupa y adulto. El gusano perforador del tallo afecta diferentes partes de la planta: incluidas hojas, tallos, mazorcas y la base de la inflorescencia masculina; con la excepción de las raíces fibrosas y la nervadura principal de las hojas. El tallo es la parte más dañada, observándose un mayor número de perforaciones en los primeros, segundos, terceros y cuartos entrenudos, además de en la zona donde se inserta la mazorca, siendo menos intensas en los entrenudos superiores a esta intersección. Cuando el daño es severo, las mazorcas sufren daños en el pedúnculo, la base y el interior de la tusa, y ocasionalmente también en los granos.

Figura 9. Gusano barrenador de tallo (Plaga del maíz)



Fuente: (Lezaun, 2020).

1.7.8 Enfermedades

Ciertas enfermedades son comunes y ocurren en casi todos los lugares donde se cultiva maíz; entre ellas están los tizones, las royas y las manchas en hojas y tallos, así como la pudrición de la panoja. Hay otras enfermedades que tienen relevancia a nivel regional y pueden causar pérdidas económicas significativas, como es el caso de los mildios lanuginosos en Asia, que se están extendiendo además de África y América, el virus estriado del maíz en África subsahariana y el enanismo del maíz en México, Centroamérica y Sudamérica. Asimismo, la maleza parásita llamada *Striga* también ocasiona serias mermas en la producción maicera en la región de África subsahariana (Paliwal, 2021).

Figura 10. Enfermedades del Maíz (*Puccinia sorghi* y *P. polysora*)



Fuente: (Revista chacra , 2013)

La enfermedad de la helmintosporiosis foliar es provocada por *Helminthosporium carbonum* o *Bipolaris zeicola*; Estos hongos causan manchas y necrosis en las hojas, atacando a las espigas; se distinguen entre sí, principalmente, por la forma de las lesiones de las hojas. En todos los casos, los granos pueden quedar infectados, pero la desinfección de las semillas con productos mercuriales es eficaz y en la mayoría de las ocasiones suficiente para prevenir la enfermedad. Sin embargo, estos hongos sobreviven en el rastrojo, por lo que se pueden producir infecciones, a partir de este origen, incluso, puede producir una infección secundaria durante la floración. Las manchas producidas en los tejidos infectados pueden alcanzar a las flores y el micelio del hongo se establece en el grano antes de su madurez. Estos granos infectados en la floración presentan, en ocasiones, aspecto normal y, a veces, una ligera mancha parda en la extremidad inferior. Esta infección secundaria parece tener lugar solamente cuando la floración coincide con un tiempo húmedo y lluvioso (Besnier, 2020).

Figura 11. : Enfermedades del Maíz (*Helminthosporium maydis*) y (*Helminthosporium turcicum*)



Fuente: (Reyes , 2015)

La Mancha negra de la hoja se presenta en primer lugar en las hojas inferiores con lesiones húmedas y ovaladas que posteriormente se extienden hacia las hojas superiores, pueden adquirir forma de lesiones necróticas afiladas, debido a que se fusionan y se alargan. Cuando se presentan infecciones severas, las hojas tienden a deshidratarse por completo y morir antes de tiempo, especialmente si las plantas han sufrido estrés hídrico (Paliwal, 2021).

Figura 12. Enfermedades del Maíz (Mancha negra de la hoja)



Fuente: (Porres & Cuxil , 2024)

Fusarium moniliforme y su variante *F. m. subglutinans* Causado por el hongo *Fusarium verticillioides* (anteriormente llamado *Fusarium moniliforme*), que se encuentra en todos los lugares donde se cultiva maíz, puede infectar la planta directamente a través de las raíces, provocando la pudrición de la raíz y del tallo inferior, también puede infectar en los nudos cuando se dispersa en las hojas y se lava hacia la vaina, favorecido por un clima cálido y relativamente seco, estrés de las plantas después de la polinización y otras enfermedades. La enfermedad generalmente progresa durante las etapas reproductivas del desarrollo del maíz, por lo que suele

presentarse en un conjunto con otras pudriciones de raíz/tallo, incluidas *Gibberella*, *Diplodia* y *Antracnosis* (Jeschke, 2020).

Figura 13. Daño de mazorca (*Fusarium moniliforme*)



Fuente: (Lyzhechka, 2025)

El carbón es provocado por el hongo (*Ustilago maydis*) o también conocido como *U. zeae* y se presenta en todo el mundo en regiones que van de moderadamente secas a húmedas, aunque no es considerado una enfermedad muy grave. Cualquier parte visible de la planta de maíz puede ser afectada, generalmente tejidos jóvenes meristemos. Una gran parte del daño se produce cuando el meristemo apical de las plántulas resulta infectado. Los síntomas comunes incluyen la formación de agallas en el tallo y las hojas; si la enfermedad se manifiesta temprano, puede interrumpir el crecimiento y llevar a la pérdida de la planta. En las mazorcas, este hongo penetra por los estambres y genera notables agallas blancas en el área donde deberían estar los granos; cuando estas agallas se rompen, liberan una masa negra de esporas que puede infectar el cultivo siguiente. La utilización de germoplasma resistente, la prevención de daños mecánicos a las plantas y la eliminación y

quemado de las agallas antes de que liberen esporas pueden disminuir significativamente el nivel de la enfermedad (Paliwal, 2021).

Figura 14. Daño causado por (*Ustilago maydis*)



Fuente: (BIOPROI, 2024)



Fuente: (Dreamstime, 2025)

1.7.9 Aplicación de extractos de alga en cultivo de maíz

La aplicación de fertilizantes biológicos provenientes de extractos de algas marinas en el suelo y en las hojas de maíz forrajero ocasionó un aumento en el contenido de clorofila y en la tasa de transporte de electrones, lo que llevó a un crecimiento superior de las plantas, con mayor diámetro en el tallo y un incremento en el peso seco de las mismas (Zermeño et al., 2015).

La utilización de extractos de algas marinas está demostrando ser una innovadora estrategia para promover el desarrollo del maíz en condiciones de estrés, como la fitotoxicidad provocada por herbicidas o la falta de nutrientes. Los beneficios observados en el cultivo incluyen un

crecimiento más rápido de las plantas, una germinación ágil de las semillas, un retraso en la senescencia, aumento en la resistencia a enfermedades causadas por hongos y bacterias, así como una mejor adaptación a diferentes condiciones de estrés. Las algas tienen un efecto favorable en el desarrollo del maíz cuando se enfrenta a situaciones de fitotoxicidad. Se ha confirmado que las algas suministran macro y micronutrientes necesarios para las plantas, también compuestos naturales con efectos similares a los de los reguladores de crecimiento (Gleba, 2020).

La adopción de bioproductos a base de algas ha ganado popularidad en la producción agrícola gracias a sus componentes y efectos bioactivos distintivos. Tienen cualidades fitoestimulantes que resultan en un aumento del crecimiento y la productividad de diversas plantas en cultivos significativos. Presentan actividad fitoelectora, ya que los componentes que poseen provocan respuestas defensivas en las plantas, lo que ayuda a combatir plagas, enfermedades y diversos estreses abióticos, como la sequía, la salinidad y el frío. Los extractos de algas contienen una abundante cantidad de compuestos orgánicos, así como también pequeñas cantidades de nutrientes inorgánicos (Ali et al., 2021).

CAPITULO II

2. DESARROLLO METODOLÓGICO (MATERIALES Y METODOS)

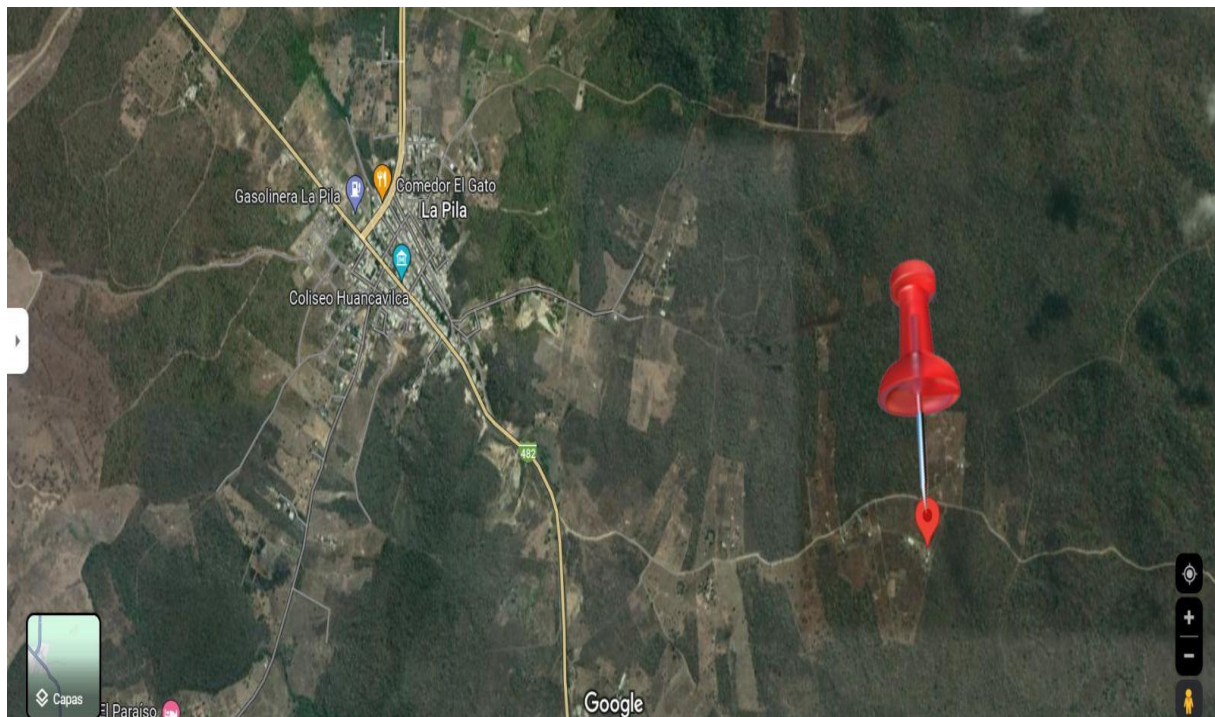
2.1.1 Enfoque de la Investigación

Mediante el estudio de la investigación se utilizó una combinación entre método experimental y analítico. En los cuales se pudo examinar y determinar los beneficios favorables de este biofertilizante a base de microalgas en el cultivo de maíz.

2.1.2 Ubicación del sitio

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el laboratorio OCHIQ ubicado en el Cantón Montecristi, parroquia La Pila, Ecuador. Las cuales se encuentran en las siguientes coordenadas $1^{\circ}07'00.2''\text{S}$ $80^{\circ}33'39.3''\text{W}$ -1.116709, -80.560905 (Google Maps, 2025). Ubicación del ensayo

Figura 15. Ubicación del ensayo



2.1.3 Duración

La investigación se desarrolló desde el 01 de abril de 2025 hasta el 15 de julio de 2025 con una duración de 2 meses y 15 días.

2.2 MÉTODO Y TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1 Método de investigación

El presente trabajo es de carácter experimental de campo, se aplicaron conocimientos y métodos como la observación y diferentes técnicas para la obtención de resultados, alternando diferentes números de tratamientos y componentes para un mayor alcance investigativo, los datos obtenidos de las variables en estudio fueron evaluadas a través del software estadístico MINITAB, mediante Análisis Multivariado de Varianza (MANOVA) con prueba de Tukey ($p < 0,05$) para la separación de medias.

2.3 Técnicas de investigación

Las técnicas que se utilizaron en la presente investigación se establecen bajo el criterio científico y de carácter experimental, debido a que la investigación es de tipo experimental-observacional, descriptiva y cuantitativa, se evaluó las variables de respuesta: (Datos biométricos del cultivo: altura del tallo, número de hojas, ancho de hojas, largo de hojas u número de nudos), para la obtención de datos por medio de la parte cuantitativa se utilizó el programa MINITAB.

2.4 Tipo y diseño de la investigación

En el presente ensayo se aplicó una investigación de tipo experimental, cualitativa-cuantitativa, el análisis de información se lo realizó por medio de revisiones de bibliografías de carácter científico donde se obtuvo información relevante referente al tema de estudio y los datos numéricos se recopilaron y posteriormente fueron tabulados y analizados por medio del software estadístico MINITAB, por medio de un modelo MANOVA General Multivariante.

2.4.1 Diseño de la investigación

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con diseño general unifactorial, con 3 tratamientos (Concentración de extracto de alga al 1%, 3% y 5%) para las comparaciones de rangos múltiples de promedios se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

2.4.2 Estructura de los tratamientos

Concentración M. algas 1%

Concentración M. algas 3%

Concentración M. algas 5%

Elaborado por Autor: (Martinez, 2025)

2.4.3 Características generales de la parcela experimental

- ✓ Número de hilera por tratamiento: 2
- ✓ Número de plantas por hilera: 30
- ✓ Distancia entre hileras: 20 cm
- ✓ Distancia entre plantas: 80 cm
- ✓ Ancho de la unidad experimental 30 m
- ✓ Largo de la unidad experimental 55 m
- ✓ Área de la unidad experimental 1650 m²
- ✓ Número de plantas: 1600 plantas.

2.4.4 Análisis de Variancia

Tabla 4. El esquema del Análisis de la Varianza se indica a continuación.

FUENTE DE VARIACIÓN	FÓRMULA	G.L.
Tratamientos	(t-1)	2
Repetición	(r-1)	5
Error	(r-1) (t-1)	10
Total	r.t-1	17
r = número de repeticiones		Donde; r = 6
t = número de tratamientos		t = 3

2.4.5 Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Resultado de una unidad experimental

μ = Media o promedio general

β_j = Efecto de bloques

τ_i = Efecto de tratamientos

ϵ_{ij} = Error unidad experimental

2.5 Materiales y Equipos

En la presente investigación se utilizaron materiales que permitieron la realización de las labores en campo y la aplicación de los tratamientos descritos a continuación:

Tabla 5. *Equipos y herramientas*

Pulverizador
Bomba de mochila de 20 litros
Machete
Balanza
Calibrador
Dendrómetro
Flexómetro
GPS
Recipientes.
Elaborado por Autor (Martínez, 2025)

2.5.1 Material experimental

El material utilizado para la investigación fue: Maíz híbrido Trueno NB-7443, donde se aplicó extractos de algas en diferentes concentraciones en etapa de desarrollo vegetativo cuando se estaban formando las hojas y el cultivo estaba en etapa de desarrollo.

2.6 Manejo del ensayo

2.6.1 Limpieza y manejo del experimento

Para esta labor se utilizó herramientas como machetes para eliminar la maleza y limpiar el terreno, el cual quedó apto para la siembra del maíz híbrido Trueno NB-7443 sin utilizar labranza.

2.6.2 Trazado y demarcación del terreno

De acuerdo a el diseño experimental se procedió a realizar el trazado del terreno por bloques, subparcelas, calles, para la demarcación se utilizaron piolas, flexómetro, estacas, letreros.

2.6.3 Siembra

Esta labor se realizó de forma manual, colocando una semilla de maíz híbrido Trueno NB-7443 en cada hoyo con una distancia de 20 cm entre plantas y 80 cm entre surco, dando una población de aproximada de 1.600 plantas, los datos de las variables biométricas estudiadas fueron tomados con una frecuencia de cada 15 días.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultado de métodos y técnicas de investigación

3.1.1 *Comprobación de hipótesis o contestación a las preguntas de investigación*

Después de realizar el respectivo análisis de datos estadísticos a través de un Diseño General Multivariante (MANOVA) y análisis de varianza, se acepta la hipótesis Alternativa (H_1) al evidenciarse diferencias significativas ($p < 0.05$) en las variables biométricas del cultivo de maíz (*Zea mays*) como resultado de la aplicación de abono foliar en diferentes concentraciones, elaborado a partir de extractos de algas marinas (*Spirulina*, *Tetraselmis*, *Thalassiosira*). La prueba de comparación múltiple de Tukey al 5% permitió identificar cuáles tratamientos presentaron efectos diferenciados de manera estadísticamente significativa, corroborando la influencia del tipo y concentración del biofertilizante foliar sobre el desarrollo morfológico del cultivo.

3.1.2 Determinar la composición nutricional de los extractos de espirulinas tetraselmis, talashiosira para su uso como abono foliar

Figura 16. Composición nutricional

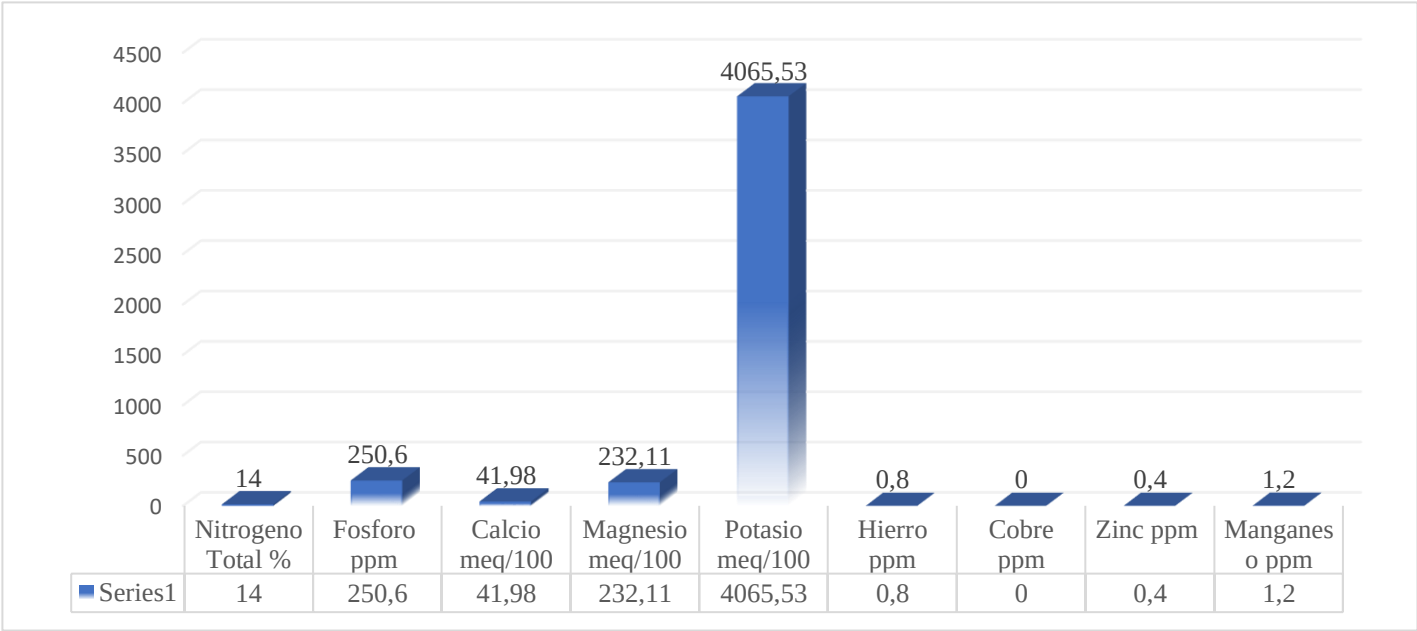
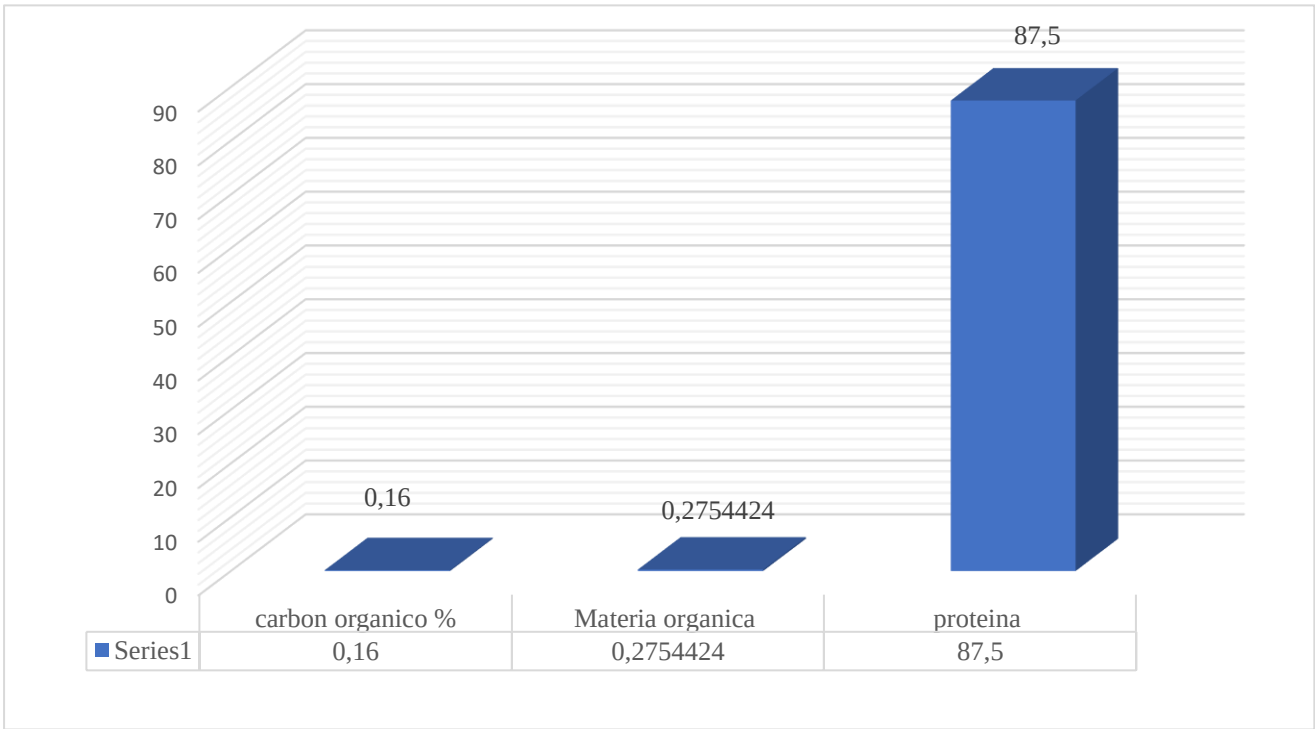


Figura 17. Contenido de carbón, materia orgánica y proteína



Al realizar el respectivo análisis de laboratorio, los resultados muestran que los extractos de *espirulinas tetraselmis*, *talashiosira*, tienen un bajo contenido de materia orgánica (MO) 0,2754424, el porcentaje de carbono orgánico es de 0,16% a diferencia del contenido de proteína el cual está en 87,5% sobre los parámetros establecidos por (Thakur et al., 2024) donde menciona que las microalgas presentan el mayor contenido proteico, con un rango de entre el 40 y el 70 % de su peso, mientras que las macroalgas suelen contener niveles de proteína que oscilan entre el 3 y el 47 %.

3.1.3 *Aplicar los extractos de espirulinas tetraselmis, talashiosira como abono foliar para optimizar el desarrollo del cultivo de maíz (Zea mays)*

3.1.4 *Modelo lineal general: Tallo 30 días; Número de hoja 30 días; Ancho de hoja 30 días; Largo de hoja 30 días; Número de nudos 30 días vs. concentración M. Algas%*

Tabla 6. *Información del factor*

Factor	Tipo	Niveles	Valores
concentración M.Algas%	Fijo	3	1; 3; 5

Tabla 7. *Análisis de varianza para Tallo 30 días, utilizando SC ajustada para pruebas*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
concentración M.Algas%	2	0,03111	0,03111	0,01556	0,15	0,866
Error	15	1,60667	1,60667	0,10711		
Total	17	1,63778				

Tabla 8. *Resumen del modelo*

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0,327278	1,90%	0,00%

Tabla 9. *Análisis de varianza para Número de hoja 30 días, utilizando SC ajustada para pruebas*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
concentración	2	0,1111	0,1111	0,05556	0,02	0,981
M.Algas%						
Error	15	43,5000	43,5000	2,90000		
Total	17	43,6111				

Tabla 10. *Resumen del modelo*

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
1,70294	0,25%	0,00%

Tabla 11. *Análisis de varianza para Ancho de hoja 30 días, utilizando SC ajustada para pruebas*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
concentración	2	0,05444	0,05444	0,02722	0,39	0,681
M. Algas%						
Error	15	1,03500	1,03500	0,06900		
Total	17	1,08944				

Tabla 12. Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0,262679	5,00%	0,00%

Tabla 13. Análisis de varianza para Largo de hoja 30 días, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
concentración	2	0,1878	0,1878	0,09389	0,42	0,667
M.Algas%						
Error	15	3,3833	3,3833	0,22556		
Total	17	3,5711				

Tabla 14. Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0,474927	5,26%	0,00%

Tabla 15. Observaciones inusuales de Largo de hoja 30 días

Obs	Largo de hoja 30 días	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar	
16	6,200	7,150	0,194	-0,950	-2,19	R

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

Tabla 16. *Análisis de varianza para Número de nudos 30 días, utilizando SC ajustada para pruebas*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
concentración	2	0,3333	0,3333	0,1667	0,08	0,920
M.Algas%						
Error	15	29,6667	29,6667	1,9778		
Total	17	30,0000				

Tabla 17. *Resumen del modelo*

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
1,40633	1,11%	0,00%

Tabla 18. *Observaciones inusuales de Número de nudos 30 días*

Obs	Número de nudos 30 días	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar	
16	9,000	6,333	0,574	2,667	2,08	R

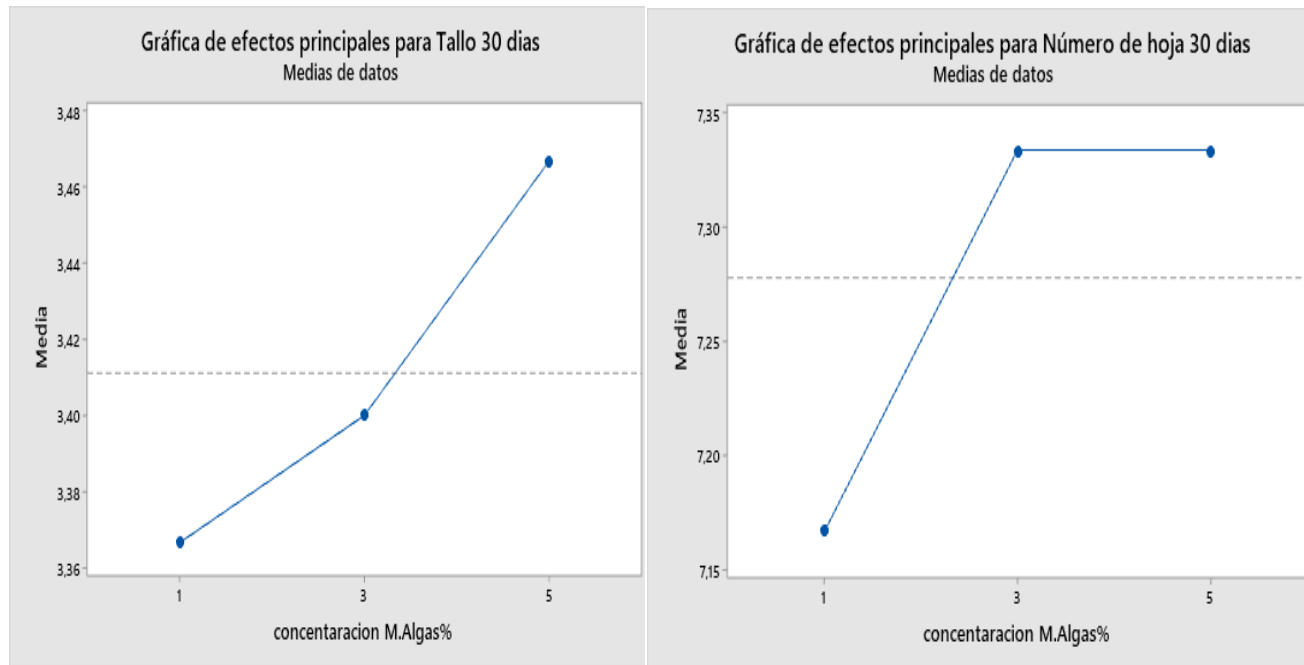
R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

Tabla 19. *Pruebas MANOVA para concentración M.Algas%*

	Estadística de prueba		GL		
Criterio		F	Núm	Denom	P
De Wilks	0,79673	0,265	10	22	0,983
Lawley-Hotelling	0,24550	0,246	10	20	0,987
De Pillai	0,21094	0,283	10	24	0,979
De Roy	0,19651				

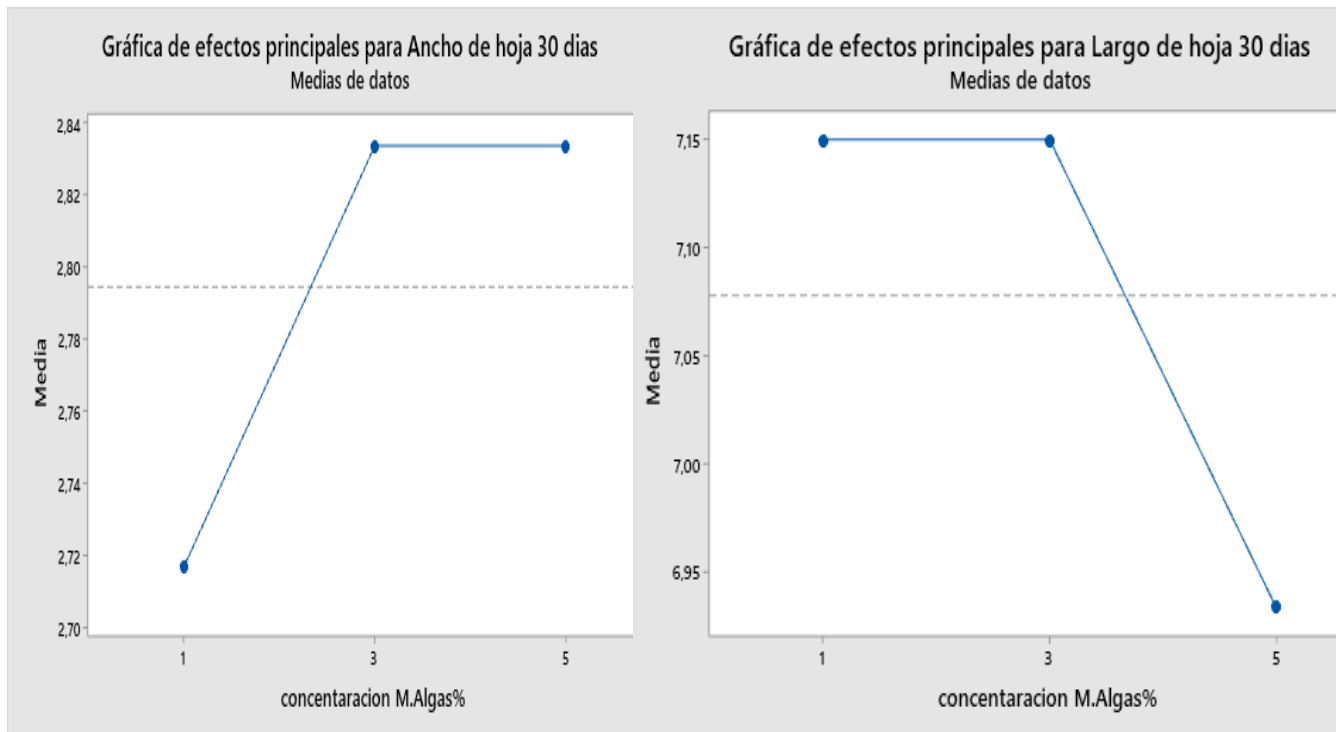
$$s = 2 \quad m = 1 \quad n = 4,5$$

Figura 18. Gráfica de efectos principales para Tallo y Número de hojas 30 días



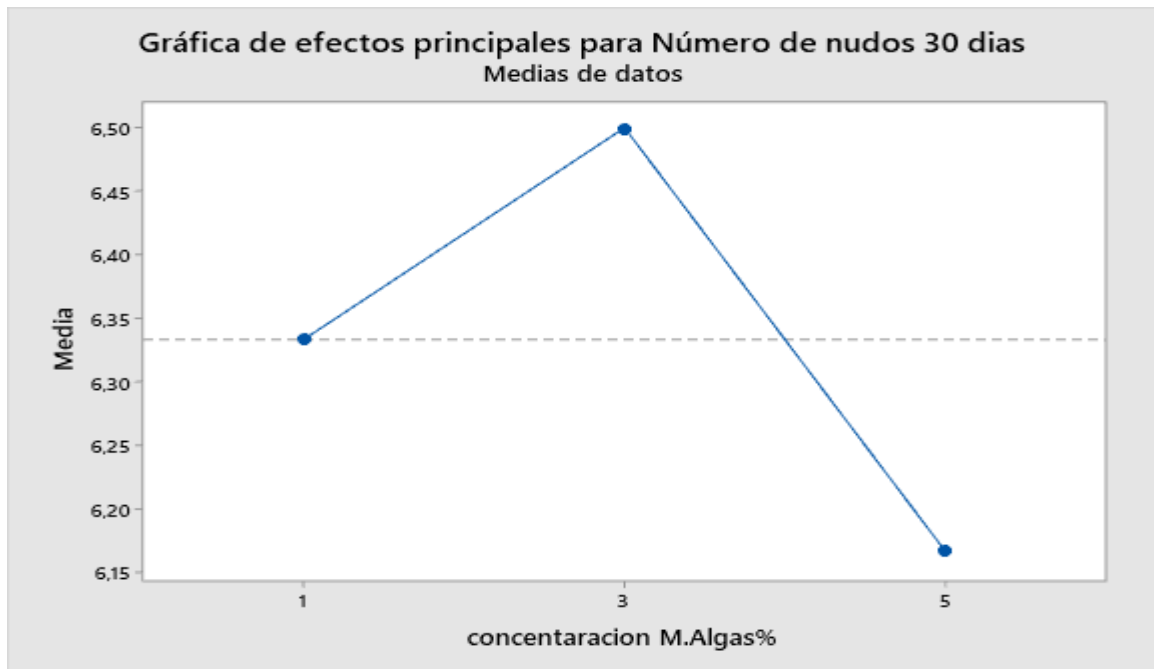
La Gráfica 18. de efectos principales para tallo y número de hojas a los 30 días muestran que el porcentaje de concentración de micro algas al 5%, presenta un mayor efecto sobre la variable altura de tallo, a diferencia de la variable número de hojas con datos tomados a los 30 días muestra que el porcentaje de concentración de micro algas al 3% y 5%, presentan un mayor efecto sobre esta variable.

Figura 19. Gráfica de efectos principales para Ancho y Largo de hoja 30 días



La Gráfica 19. de efectos principales para ancho y largo de hojas a los 30 días muestran que el porcentaje de concentración de micro algas al 3% y 5%, presenta un mayor efecto sobre la variable ancho de hoja con toma de datos a los 30 días, a diferencia de la variable largo de hojas con datos tomados a los 30 días muestra que el porcentaje de concentración de micro algas al 1% y 3% presentan un mayor efecto sobre esta variable, por lo que existe una variabilidad al aplicar las diferentes concentraciones de microalga debido a que en dosis alta actúa mejor sobre el ancho de las hojas y en dosis baja a media alta actúa mejor sobre el largo de las hojas.

Figura 20. Gráfica de efectos principales para Número de nudos 30 días



La Gráfica 20. de efectos principales para número de nudos a los 30 días muestran que el porcentaje de concentración de micro algas al 3%, presenta un mayor efecto sobre la variable número de nudos, a diferencia de la concentración de Microalgas al 1% su efecto no es relevante y la concentración de Microalgas al 5% que no presento ningún tipo de efecto sobre esta variable.

3.1.5 Modelo lineal general: Tallo 60 días; Número de hoja 60 días; Ancho de hoja cm 60 días; Largo de hoja cm 60 días; Número de nudos 60 días vs. concentración M.

Algas%

Tabla 20. Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
concentración M.Algas%	Fijo	3	1; 3; 5

Tabla 21. Análisis de varianza para Tallo 60 días, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
concentración M.Algas%	2	0,1011	0,1011	0,05056	0,50	0,614
Error	15	1,5033	1,5033	0,10022		
Total	17	1,6044				

Tabla 22. Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0,316579	6,30%	0,00%

Tabla 23. Análisis de varianza para Número de hoja 60 días, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
concentración M.Algas%	2	3,444	3,444	1,722	0,52	0,605
Error	15	49,667	49,667	3,311		
Total	17	53,111				

Tabla 24. *Resumen del modelo*

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
1,81965	6,49%	0,00%

Tabla 25. *Análisis de varianza para Ancho de hoja cm 60 días, utilizando SC ajustada para pruebas*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
concentración	2	0,04111	0,04111	0,02056	0,14	0,868
M.Algas%						
Error	15	2,15000	2,15000	0,14333		
Total	17	2,19111				

Tabla 26. *Resumen del modelo*

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0,378594	1,88%	0,00%

Tabla 27. *Análisis de varianza para Largo de hoja cm 60 días, utilizando SC ajustada para pruebas*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
concentración	2	0,3011	0,3011	0,1506	0,89	0,431
M.Algas%						
Error	15	2,5350	2,5350	0,1690		
Total	17	2,8361				

Tabla 28. *Resumen del modelo*

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0,411096	10,62%	0,00%

Tabla 29. *Análisis de varianza para Número de nudos 60 días, utilizando SC ajustada para pruebas*

Fuente	GL	SC	SC	MC	F	P
		Sec.	Ajust.	Ajust.		
Concentración M. Algas%	2	2,778	2,778	1,389	0,61	0,558
Error	15	34,333	34,333	2,289		
Total	17	37,111				

Tabla 30. *Resumen del modelo*

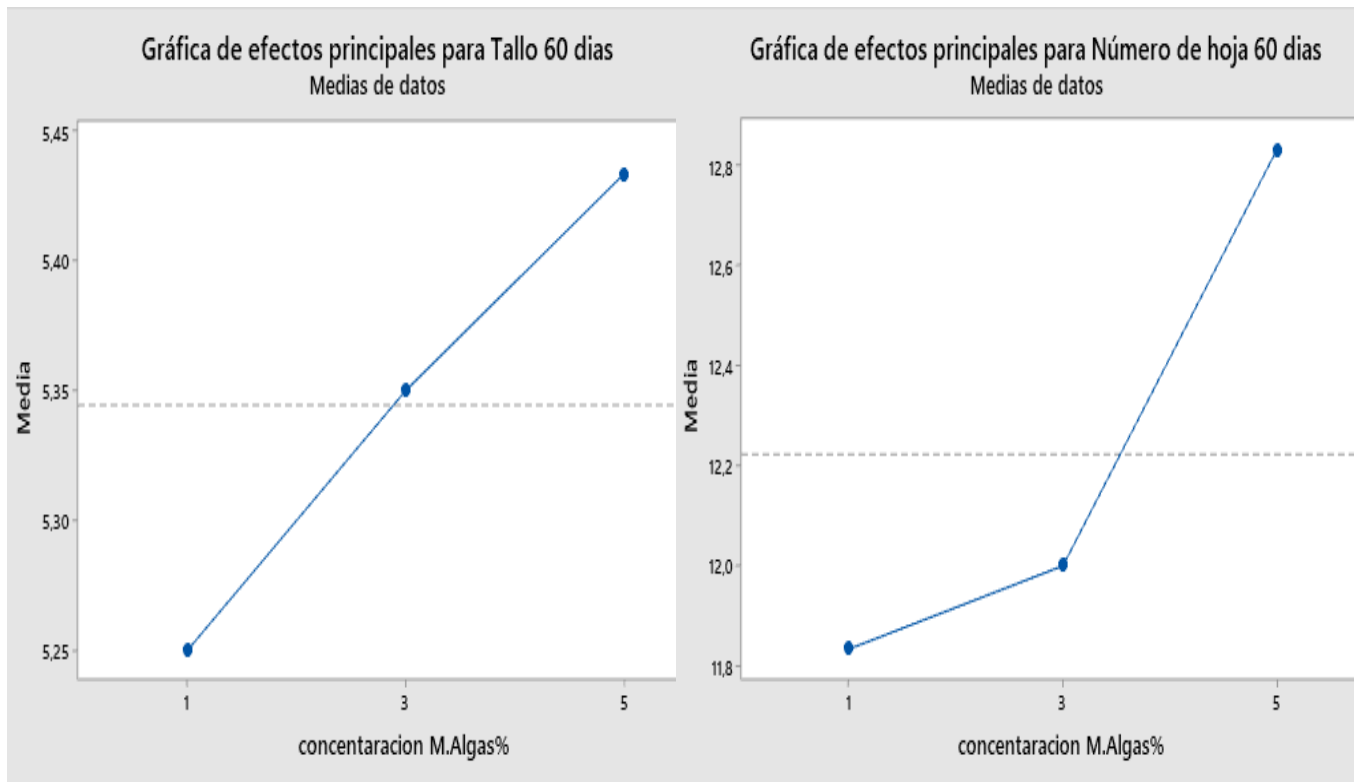
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
1,51291	7,49%	0,00%

Tabla 31. *Pruebas MANOVA para concentración M. Algas%*

	Estadística de prueba		GL		
Criterio		F	Núm	Denom	P
De Wilks	0,57799	0,694	10	22	0,720
Lawley-Hotelling	0,69625	0,696	10	20	0,717
De Pillai	0,44161	0,680	10	24	0,732
De Roy	0,64357				

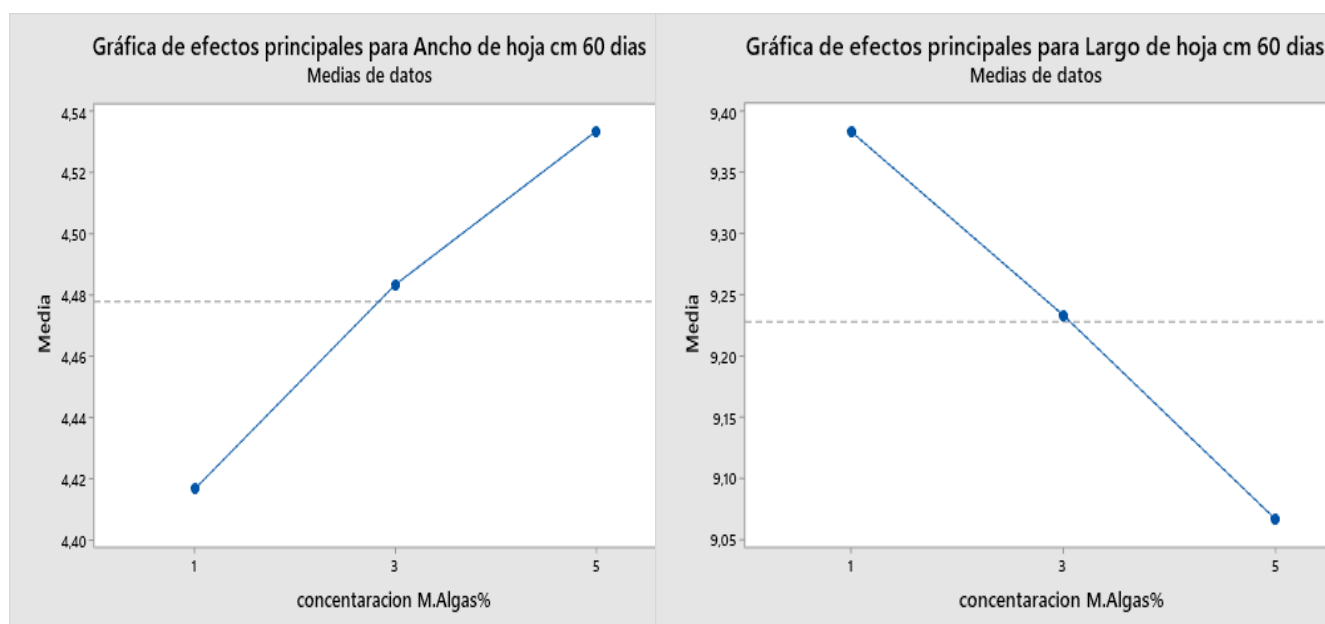
$$s = 2 \quad m = 1 \quad n = 4,5$$

Figura 21. Gráfica de efectos principales para Tallo y Número de hojas a los 60 días



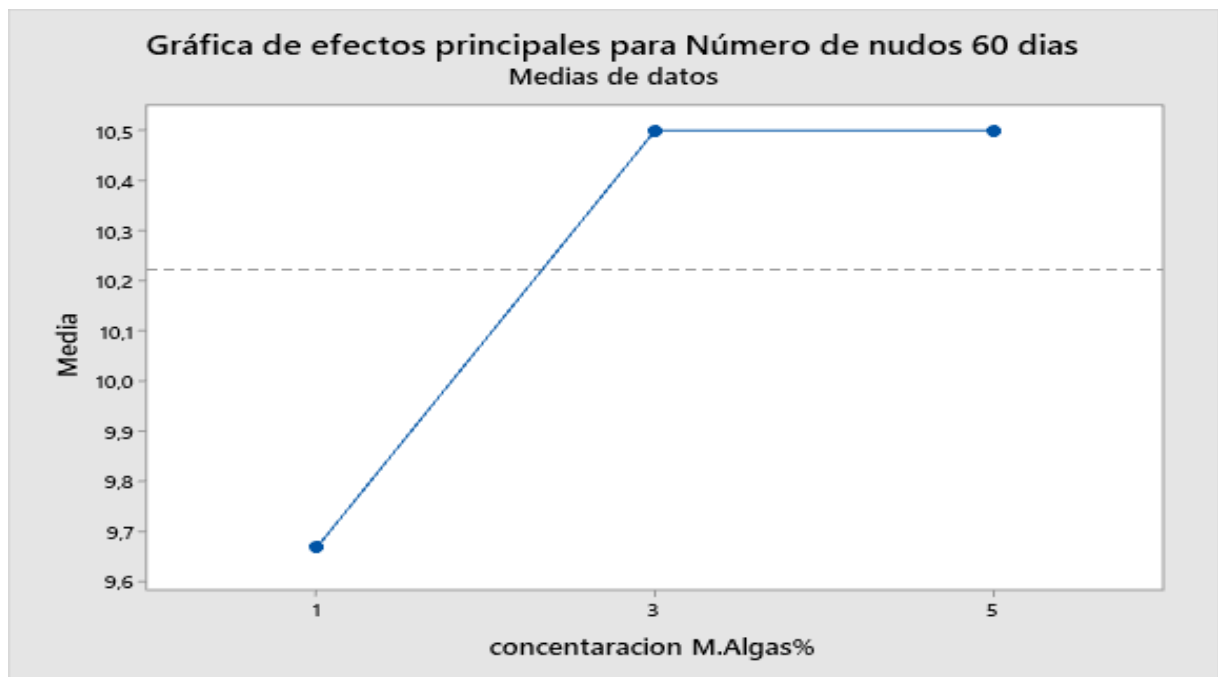
La Gráfica 21, correspondiente a los efectos principales sobre la variable altura del tallo a los 60 días, muestra que las concentraciones de microalgas al 3% y 5% presentan un efecto significativamente superior en comparación con las demás concentraciones evaluadas. En contraste, para la variable número de hojas, evaluada a los 60 días, se observa que la concentración del 5% genera el mayor efecto. Estos resultados evidencian una variabilidad en la respuesta del cultivo de *Zea mays* frente a las diferentes concentraciones de microalgas, lo que sugiere que dosis más elevadas tienden a ser más eficaces en la estimulación del crecimiento vegetal, dependiendo de la variable morfológica considerada. Esta tendencia indica una posible respuesta diferencial de los componentes fisiológicos del cultivo frente a la bioestimulación proporcionada por extractos de microalgas a mayores concentraciones.

Figura 22. Gráfica de efectos principales para Ancho de hoja y largo de hoja en cm 60 días



La Gráfica 22, correspondiente a los efectos principales sobre las variables ancho y largo de hoja a los 60 días, evidencia que las concentraciones de microalgas al 3% y 5% generan un mayor efecto sobre el ancho de las hojas en comparación con otras concentraciones evaluadas. En contraste, para la variable largo de hoja, los tratamientos con concentraciones al 1% y 3% mostraron un mayor efecto. Estos resultados indican una respuesta diferencial del cultivo de *Zea mays* frente a las distintas concentraciones de microalgas, sugiriendo que las dosis altas resultan más eficaces para incrementar el ancho foliar, mientras que las dosis bajas a medias tienden a favorecer un mayor alargamiento de las hojas. Esta variabilidad sugiere una posible respuesta del cultivo según el componente estructural de la hoja y la concentración del bioestimulantes aplicado.

Figura 23. Gráfica de efectos principales para Número de nudos 60 días



La Gráfica 23. de efectos principales para número de nudos a los 60 días muestran que el porcentaje de concentración de micro algas al 3% y 5%, presenta un mayor efecto sobre la variable número de nudos con toma de datos a los 60 días.

3.1.6 Evaluar como las distintas concentraciones de extractos de microalgas influyen de manera simultánea en las variables biométricas del maíz (*Zea mays*).

Tabla 32. Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
concentración M.Algas%	Fijo	3	1; 3; 5

Tabla 33. Análisis de varianza para Tallo 10 Días, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
concentración M. Algas%	2	0,02778	0,02778	0,01389	0,28	0,763
Error	15	0,75500	0,75500	0,05033		
Total	17	0,78278				

Tabla 34. Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0,224351	3,55%	0,00%

Tabla 35. Análisis de varianza para Número de hoja10 Días, utilizando SC ajustada

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
concentración M. Algas%	2	2,333	2,333	1,1667	1,44	0,268
Error	15	12,167	12,167	0,8111		
Total	17	14,500				

Tabla 36. Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0,900617	16,09%	4,90%

Tabla 37. Observaciones inusuales de Número de hoja10 Días

Obs	Número de hoja10 Dias	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar	
5	2,000	3,667	0,368	-1,667	-2,03	R

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

Tabla 38. *Análisis de varianza para Ancho de hoja, utilizando SC ajustada para pruebas*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Concentración M. Algas%	2	0,03444	0,03444	0,01722	0,43	0,656
Error	15	0,59667	0,59667	0,03978		
Total	17	0,63111				

Tabla 39. *Resumen del modelo*

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0,199444	5,46%	0,00%

Tabla 40. *Análisis de varianza para Largo de hoja, utilizando SC ajustada para pruebas*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Concentración M. Algas%	2	0,4211	0,4211	0,2106	0,52	0,604
Error	15	6,0500	6,0500	0,4033		
Total	17	6,4711				

Tabla 41. *Resumen del modelo*

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0,635085	6,51%	0,00%

Tabla 42. *Observaciones inusuales de Largo de hoja*

Obs	Largo de hoja	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar	
6	3,300	4,467	0,259	-1,167	-2,01	R

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

Tabla 43. *Análisis de varianza para Número de nudos, utilizando SC ajustada para pruebas*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
concentración M.Algas%	2	1,778	1,778	0,8889	1,07	0,369
Error	15	12,500	12,500	0,8333		
Total	17	14,278				

Tabla 44. Resumen del modelo

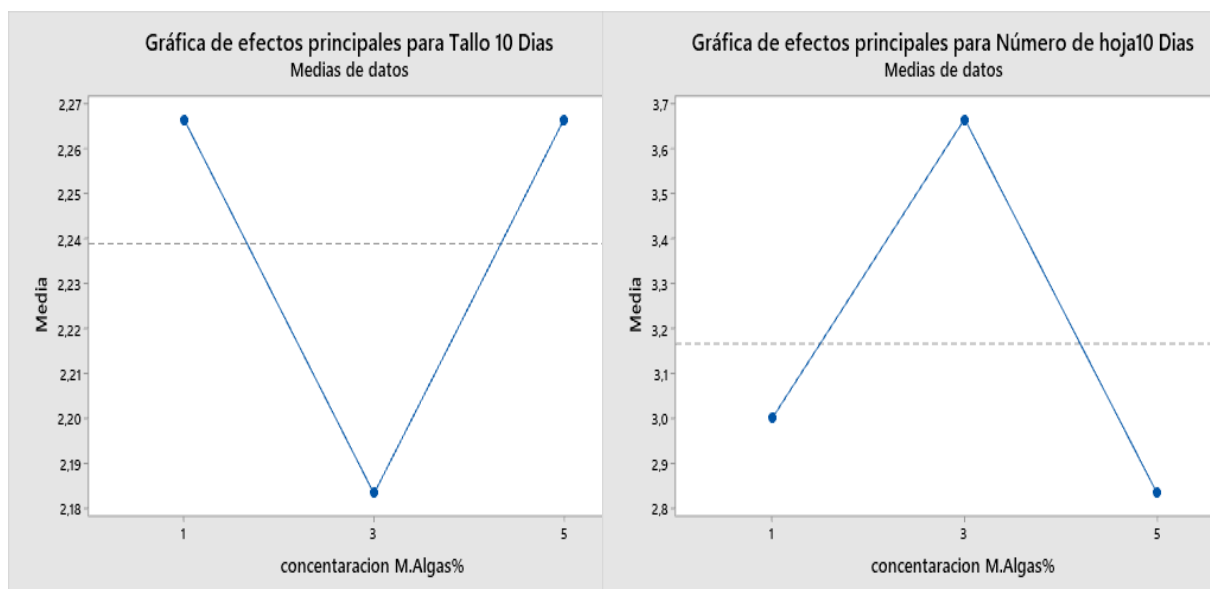
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0,912871	12,45%	0,78%

Tabla 45. Pruebas MANOVA para concentración M. Algas%

Criterio	Estadística de prueba	GL			P
		F	Núm	Denom	
De Wilks	0,54433	0,782	10	22	0,646
Lawley-Hotelling	0,76409	0,764	10	20	0,660
De Pillai	0,49543	0,790	10	24	0,638
De Roy	0,65207				

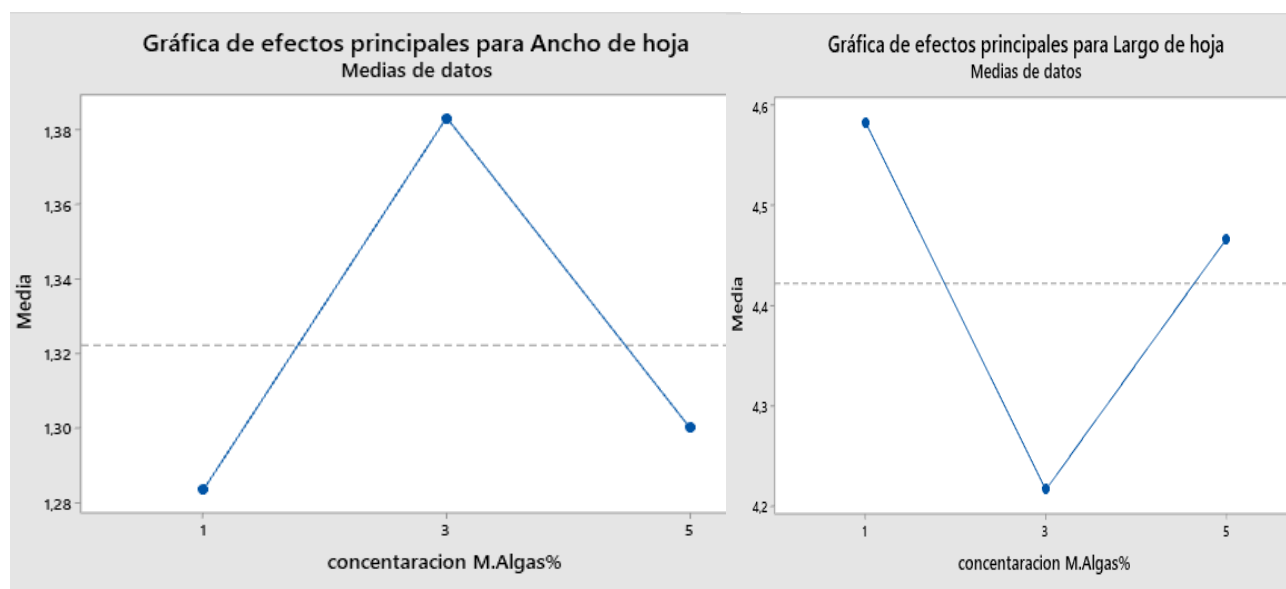
$$s = 2 \quad m = 1 \quad n = 4,5$$

Figura 24. Gráfica de efectos principales para Tallo 10 Días y Número de hoja10 Días



La Gráfica 24. de efectos principales para tallo y número de hojas a los 10 días muestran que el porcentaje de concentración de micro algas al 1% y 5%, presenta un mayor efecto sobre la variable altura de tallo con toma de datos a los 10 días, a diferencia de la variable número de hojas con datos tomados a los 10 días muestra que el porcentaje de concentración de micro algas al 3% presentan un mayor efecto sobre esta variable, por lo que existe una variabilidad al aplicar las diferentes concentraciones de microalga debido a que en dosis alta actúa mejor por lo que se recomienda su aplicación en concentraciones del 3% y 5% para optimizar de mejor forma los resultados.

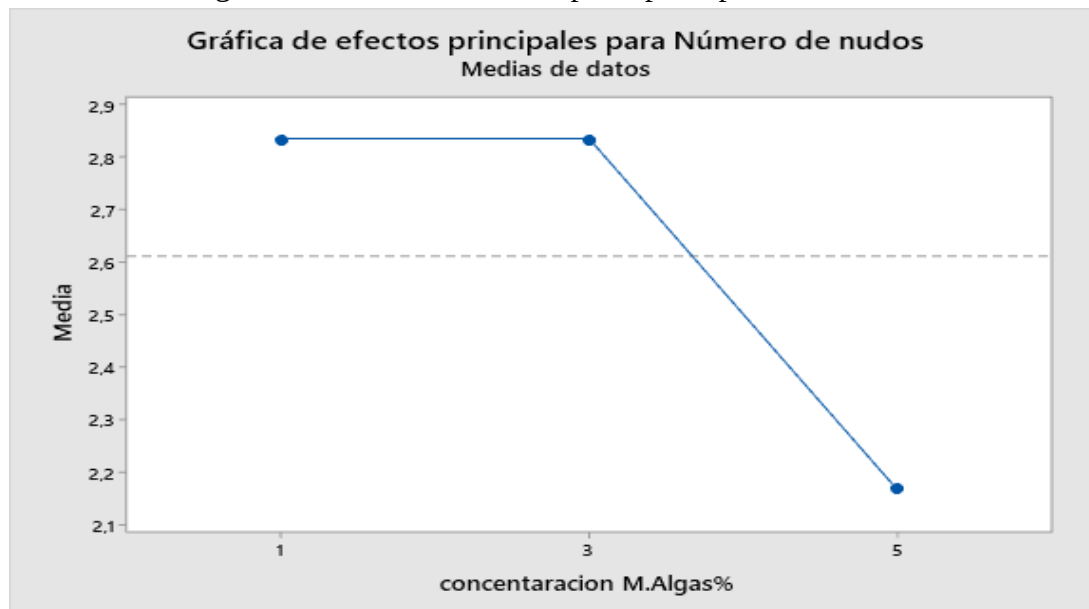
Figura 25. Gráfica de efectos principales para Ancho de hoja y Largo de hoja



La Gráfica 25. de efectos principales para ancho y largo de hojas a los 10 días muestran que el porcentaje de concentración de micro algas al 3% presenta un mayor efecto sobre la variable ancho de hoja con toma de datos a los 10 días, a diferencia de la variable largo de hojas con datos tomados a los 10 días muestra que el porcentaje de concentración de micro algas al 1% y 5% presentan un mayor efecto sobre esta variable, por lo que existe una variabilidad al aplicar las diferentes

concentraciones de microalga debido a que en dosis alta actúa mejor sobre el ancho de las hojas y en dosis baja y alta actúa mejor sobre el largo de las hojas.

Figura 26. Gráfica de efectos principales para Número de nudos



La Gráfica 26. de efectos principales para número de nudos a los 10 días muestran que el porcentaje de concentración de micro algas al 1% y 3%, presenta un mayor efecto sobre la variable número de nudos con toma de datos a los 10 días.

3.2 Desarrollar un análisis económico de los tratamientos aplicados en el cultivo de maíz

Área cultivada	1 hectárea (ha)
Tipo de cultivo	Maíz (<i>Zea mays</i>)
Tratamiento	Aplicación foliar de extractos de algas
Frecuencia de aplicación	Cada 15 días
Duración del ciclo	90 días (6 aplicaciones)

Dosis por aplicación	2,5 litros/ha
Precio por litro de extracto de algas	USD \$3,00/litro
Costo de aplicación (mano de obra + equipos)	USD \$20/aplicación

Elaborado por Autor: (Martinez, 2025)

Previo a la descripción de los costos básicos para una hectárea de maíz híbrido Trueno NB-7443 con aplicación de biofertilizante a base de extractos de algas se presenta la descripción de los costos que conllevó el manejo del cultivo, con los siguientes parámetros estudiados en la presente investigación.

Tabla 46. Costos de aplicar Extractos de Algas en cultivo de maíz

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Extracto de algas 1%	Litros	15	\$3,00	\$45,00
Extracto de algas 3%	Litros	15	\$3,00	\$45,00
Extracto de algas 5%	Litros	15	\$3,00	\$45,00
Mano de obra y aplicación	Aplicaciones	6	\$20,00	\$120,00
Total costos por biofertilizante				\$255,00

Tabla 47. Costos de Producción para una hectárea de maíz

Actividades	Costo Estimado (USD/ha)
Preparación del suelo y siembra	\$200,00
Semilla	\$150,00
Insumos agrícolas (Aplicando biofertilizantes)	\$150,00
Mano de obra	\$100,00
Costos indirectos	\$300,00
Costos totales aproximados	\$900,00

Tabla 48. Rendimiento del cultivo de maíz y margen de ganancia para 1 hectárea

Indicador	Resultado
Costo por ha	\$900,00
Rendimiento promedio por ha	130
Precio estimado de venta/qq	\$18,00
Ingresos brutos por ha	\$2340,00
Ganancia neta (ingresos - costos)	\$1140,00

La producción por quintales en la siembra de maíz híbrido Trueno NB-7443 en las condiciones del laboratorio OCHIQ ubicado en el Cantón Montecristi, parroquia La Pila, Ecuador recinto fue de 130 quintales/ha., con un costo de producción total de \$ 900,00 que al ser vendido en \$ 18,00/qq presento un ingreso bruto de \$ 2340,00 generando una utilidad de \$ 1140/ha.

3.3 Discusión

Los análisis realizados a los extractos de *espirulinas tetraselmis*, *talashiosira* de algas estudiados en el presente ensayo dan como resultado la presencia de macro y micro elementos como: (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn) por lo que menciona Gleba, (2020) las algas tienen efecto positivo para estimular el crecimiento del maíz en situaciones de fitotoxidad, se ha comprobado que las algas proporcionan a los cultivos, macro y micronutrientes que las plantas requieren y además sustancias naturales con efectos comparados a los reguladores de crecimiento. También actúan como agente recuperador en situaciones graves de estrés por Fitotoxicidades por uso de herbicidas en el cultivo de maíz, donde los resultados son muy visibles con el uso de las algas, por lo que con una sola aplicación es suficiente en cultivos de maíz y cereal.

Tras la realización del análisis correspondiente en laboratorio, se determinó que los extractos de *Spirulina*, *Tetraselmis* y *Thalassiosira* presentan un bajo contenido de materia orgánica (MO), con un valor de 0,2754424. Asimismo, se identificó un contenido de carbono orgánico del 0,16% y un elevado porcentaje de proteínas, alcanzando un 87,5%. Thakur et al., (2024) menciona que las microalgas se caracterizan por presentar un contenido proteico significativamente elevado, con valores que oscilan entre el 40 % y el 70 % de su peso seco, en contraste con las macroalgas, cuyo contenido proteico varía entre un 3 % y un 47 %. Además de proteínas, ambos grupos de algas contienen compuestos bioactivos de interés, tales como azúcares, carbohidratos, lípidos y minerales, que contribuyen a su valor nutricional y funcional. Las proteínas derivadas de algas, tanto macroalgas como microalgas, han demostrado aplicaciones potenciales en diversas industrias, incluyendo la alimentaria, farmacéutica y cosmética. Entre las especies de microalgas, *Spirulina* destaca por su elevado contenido proteico y por ser una de las más ampliamente empleadas. Estos antecedentes son consistentes con los resultados obtenidos en el presente estudio.

La aplicación de los diferentes tratamientos con extractos de algas (*Spirulina*, *Tetraselmis* y *Thalassiosira*) mostraron una respuesta positiva en las variables agronómicas evaluadas, evidenciando una mayor eficiencia en las dosis altas. Los efectos más destacados se observaron en las variables de altura del tallo, número de hojas, ancho y largo de hojas, así como en el número de nudos, particularmente en las evaluaciones realizadas a los 30 y 60 días después de la siembra del cultivo de maíz (*Zea mays*). Estos resultados sugieren que los extractos algas actúan como biofertilizantes eficaces, recomendándose su uso debido al efecto altamente significativo observado sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo. Por lo que la aplicación de fertilizantes biológicos a base de algas marinas, presentan un efecto significativo ($p \leq 0.05$) mayor en las plantas tratadas con fertilizantes biológicos por lo que es efectivo utilizar este tipo de fertilización.

Evaluar el impacto de la utilización de fertilizantes biológicos según lo mencionado por (Zermeño et al., 2015) mediante el empleo de extractos de algas marinas aplicados tanto al terreno como a las hojas en un cultivo de maíz forrajero (*Zea mays L*), las plantas que recibieron los fertilizantes biológicos mostraron resultados superiores ($p \leq 0.05$) de contenido relativo de clorofila (32.4%) y tasa de transferencia de electrones (17.8%), lo que provocó un aumento ($p \leq 0.05$) en la altura de la planta (17.3%), el grosor del tallo (10.5%) y el peso seco de la planta (14.8%) en comparación con las plantas que no recibieron fertilizantes biológicos.

La aplicación de las diferentes concentraciones de extractos de algas *espirulinas tetraselmis*, *talashiosira*, en porcentaje de 1%, 3% y 5% respectivamente son altamente eficientes sobre cada variable (altura del tallo, número de hojas, ancho de hojas, largo de hojas y número de nudos) por

lo que se recomienda su aplicación como fertilizante biológico, debido a que la respuesta se obtiene desde su primera aplicación al día 10, lo cual está acorde a los criterios establecidos por (Zermeño et al., 2015) donde la aplicación de fertilizantes biológicos incrementa la altura de la plantas ($p \leq 0.05$). En la primera evaluación las plantas con fertilización biológica fueron 17.3% más altas que las plantas sin aplicaciones. En la segunda evaluación la diferencia de altura fue 7.7% en las plantas con fertilización biológica. Estos resultados pueden atribuirse a que las algas marinas son una fuente natural de auxinas y citoquininas, que son un grupo de biorreguladores de crecimiento. La aplicación de la savia de algas marinas vía foliar (al 5%), incrementa en un 34% la altura de planta y 45% la longitud de raíz.

4. CONCLUSIONES

- ✓ Los análisis realizados a los extractos de *espirulinas tetraselmis*, *talashiosira* de algas estudiados destacan la presencia de macro y micro elementos como: (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn), los cuales intervienen en el desarrollo de los cultivos de maíz (*Zea mays*) por lo que aplicar este tipo de biofertilizante es importante para obtener resultados sobre el cultivo, debido a que este tipo de algas de acuerdo a lo estudiado posee efectos reguladores de crecimiento, agente regulador de fitotoxicidad por aplicación de fertilizantes, a pesar de que su contenido de (MO) 0,2754424, carbono orgánico 0,16% son bajos esto se compensa con el contenido de proteína del 87,5%, por lo que pueden ser utilizada en múltiples áreas.
- ✓ La aplicación de extractos de algas *espirulinas tetraselmis*, *talashiosira*, actúan tanto en dosis bajas como altas, pero se prefiere aplicar concentraciones mayores a 3% para optimizar su efecto sobre el cultivo de maíz, resultado de estas aplicaciones de evidencia un mayor desarrollo del cultivo a los 30 y 60 días después de sus aplicaciones debido a que presentan un efecto significativo ($p \leq 0.05$) sobre las variables de respuesta del cultivo.
- ✓ Las diferentes concentraciones de extractos de algas *espirulinas tetraselmis*, *talashiosira*, en porcentaje de 1%, 3% y 5% son altamente eficientes sobre las variables (altura del tallo, número de hojas, ancho de hojas, largo de hojas y número de nudos), presentándose como un excelente fertilizante biológico que además de intervenir eficientemente en el desarrollo del cultivo tiene otro tipo de funciones y usos, y su respuesta es inmediata y se pueden notar resultados desde la primera aplicación.

- ✓ La aplicación de una biofertilización a base de extractos de algas *espirulinas tetraselmis*, *talashiosira* al 1%, 3% y 5%, presentan un costo de \$255,00 USD, por tratamiento aplicado, para una hectárea de maíz híbrido Trueno NB-7443, presenta un costo de producción total de \$ 900,00 que al ser vendido en \$ 18,00/qq presento un ingreso bruto de \$ 2340,00 generando una utilidad de \$ 1140/ha.

5. RECOMENDACIONES

- ✓ De acuerdo a los resultados se establece que las dosis altas de extractos de algas *espirulinas tetraselmis*, *talashiosira*, específicamente los porcentajes de 3% y 5% actúan de forma eficiente sobre el cultivo de maíz, por lo que se recomienda subir las dosificaciones a un 6%, 8% y 10% para medir la respuesta de estas dosis un tanto elevadas y si la respuesta será igual de favorable al aplicarse en dosis únicas en épocas de 10, 30 y 60 días.

- ✓ La utilización de extracto de algas como parte de una fertilización biológica dentro de los cultivos, debido a que favorecen la actividad microbiana del suelo, promoviendo su fertilización de forma natural, de forma que se disminuye el uso de insumos de origen sintético y con ellos se contribuye a la restauración natural de los suelos y del medio en general.

- ✓ Replicar este ensayo, direccionándolo a otros cultivos de interés económico como cacao (*Theobroma cacao L*), plátano (*Musa × paradisiaca*), palma africana (*Elaeis guineensis*), entre otros cultivos, para medir la respuesta al aplicar las diferentes concentraciones de extractos de algas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Acuinuga . (07 de 03 de 2018). *Thalassiosira 18%*. Obtido em 03 de 08 de 2025, de <https://www.acuinuga.com/es/producto/thalassiosira-18/>
- Acuinuga. (07 de Marzo de 2015). Obtido de Acuinuga: <https://www.acuinuga.com/es/producto/thalassiosira->
- Ali, O., Ramsubhag, A., & aJayaraj, J. (12 de 03 de 2021). Propiedades bioestimulantes de los extractos de algas marinas en plantas: Implicaciones para la producción sostenible de cultivos. *Plantas*, 10. Obtido em 28 de 08 de 2025, de <https://doi.org/10.3390/plants10030531>
- Besnier, R. L. (2020). Helmintosporiosis y rincosporiosis . 21. Obtido em 20 de 06 de 2025, de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1971_21.pdf
- BIOPROI. (23 de Noviembre de 2024). Obtido de BIOPROI: <https://bioproai.com/blog/agricultura/huitlacoche-del-maiz-beneficios-propiedades-y-su-importancia-en-la-gastronomia-mexicana>
- Borowitzaka, M. (2018). Biología de las microalgas. *ScienceDirect*, 23 - 72. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811405-6.00003-7>
- Cambiagro. (2023). Obtido de Cambiagro: <https://blog.cambiagro.com/proteccion-y-bioestimulacion/control-del-gusano-cogollero-spodoptera-frugiperda-en-el-cultivo-de-maiz/>
- Doctoragro . (2013). Obtido de Doctoragro : <https://doctoragro.pe/problema/pudricion-del-tallo-diplodia-zeae-maydis-stenocarpella-maydis/>
- Dreamstime. (2025). Obtido de dreamstime: <https://es.dreamstime.com/pudrici%C3%B3n-de-tallo-bacteriano-ma%C3%ADz-la-se-debe-las-disoluci%C3%B3n-erwinia-image196027202>
- Echarri, L. (2022). *Impactos ambientales de la agricultura moderna*. Obtido em 10 de 08 de 2025, de

https://cidta.usal.es/contamin_agua/www1/www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/06Recursos/121ImpactAmbAgr.htm

El Productor . (2019). Obtido de El Productor : <https://elproductor.com/2019/12/ecuador-maiz-2019-buen-ano-en-produccion-mal-ano-en-precios/>

Enciclopedia Humanidades. (27 de Junio de 2025). Obtido de Enciclopedia Humanidades: <https://humanidades.com/maiz/>

Espinosa, C. J. (2011). *Fertilización química en híbridos de maíz (Zea mays) en la zona de Balzar, provincia del Guayas*. Obtido em 26 de 07 de 2025, de <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/ac147f2a-e2b1-4dd4-a0a0-c567c8f09188>

Frikha, M. K. (2011). Composición química y algunas actividades biológicas de algas marinas recolectadas en Túnez. *Ciencias marinas*, 37(02). Obtido em 07 de 08 de 2025, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-38802011000200001&script=sci_abstract

Gleba. (2020). *Algas para estimular el desarrollo del maíz*. Obtido em 26 de 07 de 2025, de <https://gleba.com.ar/algas-para-estimular-el-desarrollo-del-maiz/#:~:text=%E2%80%9CLas%20algas%20tienen%20efecto%20positivo,a%20los%20reguladores%20de%20crecimiento.>

Gonzalez, A. (2020). *Espirulina*. Obtido em 26 de 07 de 2025, de <https://www.utep.edu/herbal-safety/hechos-herbarios/hojas-de-datos-a-base-de-hierbas/espirlina.html>

Google Maps. (2025). *Laboratorio OCHIQ*. Obtido em 01 de 08 de 2025, de https://www.google.com/maps/search/laboratorio+ochiq+la+Pila/@-1.2355907,-78.6462477,14z/data=!3m1!4b1?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDgyNC4wIKXMDSOASAFQAw%3D%3D

- Gouin. (03 de Agosto de 2020). *iStock* . Obtido de iStock :
<https://www.istockphoto.com/es/foto/primer-plano-del-sistema-radicular-cornstalk-de-la-planta-de-ma%C3%ADz-aislado-sobre-fondo-gm1263244996-369737703?searchscope=image%2Cfilm>
- Green , L. (03 de Julio de 2019). *iStock*. Obtido em 25 de 07 de 2025, de iStock:
<https://www.istockphoto.com/es/foto/los-cient%C3%ADficos-est%C3%A1n-desarrollando-investigaciones-sobre-algas-bioenerg%C3%ADa-gm1159565520-317108331>
- Guillen, M. d., Calvillo, F. A., & Mosqueda-Esparza Joyce Ivonne, R.-H. A.-G. (2020). Espirulina un suplemento alimenticio como posible alternativa en el control de peso. *Revista Selva Andina* , 11(01). Obtido em 10 de 08 de 2025, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942020000100006
- Heydarnajad, G. R., Torabi, G. M., Hatami, M., & Ghorbanpour, M. (20 de 09 de 2024). Potencial de estimulantes naturales y extractos de algas espirulina en la planta de uchuva: Un estudio sobre propiedades funcionales y actividad enzimática. *Ciencia de los alimentos y nutrición*, 12(11). Obtido em 01 de 08 de 2025, de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11606845/>
- Ibarra, C. Y., & Muñoz, B. J. (2011). *Evaluación del crecimiento poblacional de la diatomea Thalassiosira weissflogii a diferentes salinidades en condiciones de laboratorio*. Universidad de Nariño, Pasto. Obtido em 12 de 08 de 2025, de <https://sired.udenar.edu.co/14197/>
- Jeschke, M. (08 de 2020). Pudrición del tallo de maíz por Fusarium. 12. Obtido em 28 de 07 de 2025, de <https://www.corteva.es/content/dam/dpagco/corteva/eu/es/es/files/otros-documentos/Pudricion-del-tallo-de-maiz-por-Fusarium.pdf>

- Knotwell, J., Knotwell, D., Ness, B., & Slocum, E. (2023). *Agricultura: problemas modernos*.
Obtido em 06 de 08 de 2025, de EBSCO: <https://www.ebsco.com/research-starters/technology/agriculture-modern-problems>
- Lazarin , M. (25 de Junio de 2015). *Brasil Escola*. Obtido de Brasil Escola:
<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/algas.htm>
- Lezaun, J. (Agosto de 2020). *CropLife*. Obtido de CropLife:
<https://croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/barrenador-del-tallo-diatraea-saccharalis>
- López, E. J., García, L. N., Gutiérrez, L. R., & Aldaz, N. H. (2009). Crecimiento de la diatomea *Thalassiosira pseudonana* en cultivos estáticos . *Biotecnia* , 11(01). Obtido em 25 de 07 de 2025, de <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/download/48/44/100>
- López, P. I., Martínez, G. L., Pérez, D. G., Reyes-Guerrero, Y., Núñez-Vázquez, M., & Cabrera-Rodríguez, J. A. (03 de 04 de 2020). *Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada*. Obtido em 06 de 08 de 2025, de Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas:
<https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1554/html>
- Lyzhechka, O. (2025). *dreamstime*. Obtido de dreamstime: <https://es.dreamstime.com/las-mazorcas-de-ma%C3%ADz-se-ven-afectadas-por-el-fusarium-como-agente-causante-del-moniliforme-una-enfermedad-f%C3%BAngica-image259104672>
- Ministerio de Agricultura. (2024). *Morfología y órganos reproductores*. Obtido em 28 de 06 de 2025, de <https://www.sag.gob.cl/curso-de-semillas/2-morfologia-y-organos-reproductores>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (1991). *Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica*. San. Obtido em 26 de 07 de 2025, de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658maiz.pdf>

- Montece, G. I. (2025). *Potencial de los extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y protección en plantas*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO, FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, Babahoyo - Los Ríos - Ecuador. Obtido em 05 de 08 de 2025, de <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/17891/E-UTB-FACIAG-%20AGROP-000163.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Montoya, V. C., & Acosta, C. A. (2021). Crecimiento de *Tetraselmis* sp. Empleando fertilizante como medio de cultivo. *Revista ION*, 34(02). Obtido em 09 de 08 de 2025, de <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaion/article/view/11474>
- Naturalista. (2024). *género Tetraselmis*. Obtido em 25 de 07 de 2025, de <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/841202-Tetraselmis>
- Orozco, M. (22 de 07 de 2022). *Espirulina: lo que dice la ciencia sobre el «alga» de moda, incluido el beneficio de adelgazar*. Obtido em 28 de 07 de 2025, de <https://www.academianutricionydietetica.org/veggie/beneficios-espirulina-adelgazar/>
- Ortiz, A. E. (2013). LA AGRICULTURA MODERNA. *Revista Ambiental Corriente Verde* . Obtido em 07 de 08 de 2025, de <https://www.corrienteverde.com/agricultura/la-agricultura-moderna>
- Paliwal, R. L. (2021). *EL MAÍZ EN LOS TRÓPICOS: Mejoramiento y producción*. Obtido em 26 de 07 de 2025, de FAO: <https://www.fao.org/4/x7650s/x7650s00.htm#toc>
- Pàliz, V., & Mendoza, J. (1999). *PLAGAS DEL MAIZ (Zea mays)* . MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÌA . Obtido em 28 de 07 de 2025, de [https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1616/1/Plagas%20de%20maiz%20\(Paliz\)%20Comunicaic%C3%B3n%20t%C3%A9cnica%20sin%20n%C3%BAmero.pdf](https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1616/1/Plagas%20de%20maiz%20(Paliz)%20Comunicaic%C3%B3n%20t%C3%A9cnica%20sin%20n%C3%BAmero.pdf)

Pasturas de America . (2024). Obtido de Pasturas de America :
<http://www.pasturasdeamerica.com/utilizacion-forrajes/ensilado/maiz-planta/>

Pérez, B. L. (2020). *Uso del extracto de alga (Ascophyllum nodosum) como bioestimulador en el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.) en la zona de Babahoyo*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO, FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, Babahoyo - Los Ríos - Ecuador. Obtido em 08 de 08 de 2025, de
<https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8008/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000068.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pérez, M. Y., López, P. I., & Reyes, G. Y. (2020). Las Algas como alternativa natural para la producción de diferentes cultivos. *41*(02). Obtido em 07 de 08 de 2025, de
<https://www.redalyc.org/journal/1932/193264539009/html/>

Porres , V., & Cuxil , D. (23 de Mayo de 2024). *Cambiagro* . Obtido de Cambiagro :
<https://blog.cambiagro.com/maiz/enfermedades-del-maiz/>

Rendón, C. L., Ramírez, C. M., & Vélez, S. Y. (17 de 04 de 2015). *Microalgas para la industria alimenticia*. Obtido em 07 de 08 de 2025, de
<https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/2306>

Revista chacra . (13 de Noviembre de 2013). Obtido de Revista chacra :
<https://www.revistachacra.com.ar/cultivos/553/>

Reyes , C. (24 de Febrero de 2015). *Panorama Agro.com*. Obtido de Panorama Agro.com:
<https://panorama-agro.com/?p=801>

Richmond, A. (21 de 11 de 2017). *Manual de cultivo masivo de microalgas* (Vol. 1). Obtido em
09 de 08 de 2025, de

<https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/9780203712405/handbook-microalgal-mass-culture-1986-amos-richmond>

SAG. (Agosto de 2025). *Servicio Agrícola y Ganadero* . Obtido de Servicio Agrícola y Ganadero : <https://www.sag.gob.cl/curso-de-semillas/2-morfologia-y-organos-reproductores>

Salazar, S. W., Monge, P. J., & Loria, C. M. (2022). Aplicación foliar de extracto de algas y fertilizantes en pimiento (*Capsicum annuum*). *Cuadernos de Investigación UNED*, 14. Obtido em 10 de 08 de 2025, de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1659-42662022000200149&lng=pt&nrm=iso&tlng=es

Sembralia. (16 de 01 de 2021). *Efectos de los Extractos de Algas Marinas sobre los Cultivos Hortícolas*. Obtido em 02 de 08 de 2025, de [https://sebralia.com/blogs/blog/extractos-de-algas-](https://sebralia.com/blogs/blog/extractos-de-algas-marinas?srsId=AfmBOoo5PNn60EmkDtO_LxBuStsQEjuAztLiocUf1xpnW9AOffJAhr7)

[marinas?srsId=AfmBOoo5PNn60EmkDtO_LxBuStsQEjuAztLiocUf1xpnW9AOffJAhr7](https://sebralia.com/blogs/blog/extractos-de-algas-marinas?srsId=AfmBOoo5PNn60EmkDtO_LxBuStsQEjuAztLiocUf1xpnW9AOffJAhr7)
Shutterstock . (25 de Abril de 2025). Obtido de Shutterstock : <https://www.shutterstock.com/es/search/planta-de-ma%C3%ADz>

Suárez, A., Guevara, M., González, M., & Cortez, R. A. (09 de 2013). Crecimiento y composición bioquímica de *Thalassiosira pseudonana* (Thalassiosirales: Thalassiosiraceae) bajo cultivo semi-continuo en diferentes medios y niveles de irradiancias. *Revista de Biología Tropical*, 61(03). Obtido em 25 de 07 de 2025, de https://www.researchgate.net/publication/262467793_Crecimiento_y_composicion_bioquimica_de_Thalassiosira_pseudonana_Thalassiosirales_Thalassiosiraceae_bajo_cultivo_semi-continuo_en_diferentes_medios_y_niveles_de_irradiaciones#:~:text=Abstract%20and%20Figur

Thakur, A. (s.d.).

Thakur, A., Sharma, D., Saini, R., Suhag, R., & Thakur, D. (09 de 2024). Cultivando proteínas alimentarias azules: Innovando ingredientes de próxima generación a partir de macro y microalgas. *Biocatálisis y biotecnología agrícola*, 60. Obtido em 04 de 08 de 2025, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878818124002627>

Zermeño, G. A., Cárdenas-Palomo, J. O., Ramírez-Rodríguez, H., Benavides-Mendoza, A., Cadena-Zapata, M., & Campos-Magaña, S. G. (2015). Fertilización biológica del cultivo de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 06(12). Obtido em 09 de 08 de 2025, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015001002399

Zermeño, G. A., López, R. B., Melendres, A. A., Ramírez, R. H., Palomo, J. O., & López, J. P. (2015). Extracto de alga marina y su relación con fotosíntesis y rendimiento de una plantación de vid. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(12). Obtido em 03 de 08 de 2025, de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015001002437#:~:text=Estudios%20previos%20muestran%20que%20la,retenci%C3%B3n%20de%20agua%20del%20suelo%20\(](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015001002437#:~:text=Estudios%20previos%20muestran%20que%20la,retenci%C3%B3n%20de%20agua%20del%20suelo%20()

7. ANEXOS

Anexos 1. Tabla de Matriz SSCP (ajustada) para concentración M.Algas%

	Tallo 30 días	Número de hoja 30 días	Ancho de hoja 30 días	Largo de hoja 30 días
Tallo 30 días	0,0311111	0,0444444	0,0311111	-0,072222
Número de hoja 30 días	0,0444444	0,111111	0,0777778	-0,072222
Ancho de hoja 30 días	0,0311111	0,077778	0,0544444	-0,050556
Largo de hoja 30 días	- 0,0722222	-0,072222	- 0,0505556	0,187778
Número de nudos 30 días	- 0,0666667	-0,000000	- 0,0000000	0,216667
	Número de nudos 30 días			
Tallo 30 días	-0,066667			
Número de hoja 30 días	-0,000000			
Ancho de hoja 30 días	-0,000000			
Largo de hoja 30 días	0,216667			
Número de nudos 30 días	0,333333			

Anexos 2. Tabla de Matriz SSCP (ajustada) para error

	Tallo 30 días	Número de hoja 30 días	Ancho de hoja 30 días	Largo de hoja 30 días	Número de nudos 30 días
Tallo 30 días	1,60667	4,0000	0,35000	-1,42333	3,5000
Número de hoja 30 días	4,00000	43,5000	-0,95000	-0,01667	0,3333
Ancho de hoja 30 días	0,35000	-0,9500	1,03500	-0,54167	2,1333
Largo de hoja 30 días	- 1,42333	-0,0167	-0,54167	3,38333	-6,7833
Número de nudos 30 días	3,50000	0,3333	2,13333	-6,78333	29,6667

Anexos 3. Tabla de Correlaciones parciales para la matriz SSCP de error

	Tallo 30 días	Número de hoja 30 días	Ancho de hoja 30 días	Largo de hoja 30 días	Número de nudos 30 días
Tallo 30 días	1,00000	0,47847	0,27142	-0,61048	0,50696
Número de hoja 30 días	0,47847	1,00000	-0,14158	-0,00137	0,00928
Ancho de hoja 30 días	0,27142	-0,14158	1,00000	-0,28946	0,38499
Largo de hoja 30 días	- 0,61048	-0,00137	-0,28946	1,00000	-0,67707
Número de nudos 30 días	0,50696	0,00928	0,38499	-0,67707	1,00000

Anexos 4. Tabla de análisis de valores y vectores propios para
concentración M.Algas%

Valor propio	0,1965	0,04899	0,00000	0,00000	0,00000
Proporción	0,8005	0,19954	0,00000	0,00000	0,00000
Acumulada	0,8005	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
Vector propio	1	2	3	4	5
Tallo 30 días	0,0255	0,1299	-1,257	-0,1397	0,3079
Número de hoja 30 días	-0,0219	-0,0622	0,099	0,1558	-0,0294
Ancho de hoja 30 días	-0,4012	-0,9824	0,217	-0,1826	0,1576
Largo de hoja 30 días	0,6665	-0,2177	-0,387	-0,0430	0,3140
Número de nudos 30 días	0,2153	-0,0417	-0,000	0,0000	-0,1425

Anexos 5. Tabla de matriz SSCP (ajustada) para concentración M. Algas%

	Tallo 60 días	Número de hoja 60 días	Ancho de hoja cm 60 días	Largo de hoja cm 60 días
Tallo 60 días	0,101111	0,53889	0,064444	-0,173889
Número de hoja 60 días	0,538889	3,44444	0,338889	-0,961111
Ancho de hoja cm 60 días	0,064444	0,33889	0,041111	-0,110556
Largo de hoja cm 60 días	-0,173889	-0,96111	-0,110556	0,301111
Número de nudos 60 días	0,472222	1,94444	0,305556	-0,777778

	Número de nudos 60 días
Tallo 60 días	0,47222
Número de hoja 60 días	1,94444
Ancho de hoja cm 60 días	0,30556
Largo de hoja cm 60 días	-0,77778
Número de nudos 60 días	2,77778

Anexos 6. Matriz SSCP (ajustada) para error

	Tallo 60 días	Número de hoja 60 días	Ancho de hoja cm 60 días	Largo de hoja cm 60 días	Número de nudos 60 días
Tallo 60 días	1,50333	2,2833	0,21333	0,11167	0,9500
Número de hoja 60 días	2,28333	49,6667	-3,35000	-1,75000	17,1667
Ancho de hoja cm 60 días	0,21333	-3,3500	2,15000	1,73167	-0,5167
Largo de hoja cm 60 días	0,11167	-1,7500	1,73167	2,53500	-0,2333
Número de nudos 60 días	0,95000	17,1667	-0,51667	-0,23333	34,3333

Anexos 7. Correlaciones parciales para la matriz SSCP de error

	Tallo 60 días	Número de hoja 60 días	Ancho de hoja cm 60 días	Largo de hoja cm 60 días	Número de nudos 60 días
Tallo 60 días	1,00000	0,26425	0,11866	0,05720	0,13223
Número de hoja 60 días	0,26425	1,00000	-0,32419	-0,15596	0,41571
Ancho de hoja cm 60 días	0,11866	-0,32419	1,00000	0,74175	-0,06014
Largo de hoja cm 60 días	0,05720	-0,15596	0,74175	1,00000	-0,02501
Número de nudos 60 días	0,13223	0,41571	-0,06014	-0,02501	1,00000

Anexos 8. Análisis de valores y vectores propios para concentración M.

Algas%

Valor propio	0,6436	0,05268	0,00000	0,00000	0,00000
Proporción	0,9243	0,07566	0,00000	0,00000	0,00000
Acumulada	0,9243	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
Vector propio	1	2	3	4	5
Tallo 60 días	0,0922	-0,1839	0,4202	0,7128	0,181227
Número de hoja 60 días	0,0601	0,1328	-0,0936	0,0114	0,021627
Ancho de hoja cm 60 días	0,8739	0,1858	0,1017	-0,5156	0,373166
Largo de hoja cm 60 días	-0,8268	-0,0531	-0,2276	0,2587	0,310700
Número de nudos 60 días	0,0267	-0,1681	-0,0808	-0,0000	0,000000

Anexos 9. Matriz SSCP (ajustada) para concentración M. Algas%

	Tallo 10 Días	Número de hoja10 Días	Ancho de hoja	Largo de hoja	Número de nudos
Tallo 10 Días	0,027778	-0,25000	-0,030556	0,102778	-0,11111
Número de hoja10 Días	-0,250000	2,33333	0,266667	-0,866667	1,33333
Ancho de hoja	-0,030556	0,26667	0,034444	-0,118889	0,08889
Largo de hoja	0,102778	-0,86667	-0,118889	0,421111	-0,17778
Número de nudos	-0,111111	1,33333	0,088889	-0,177778	1,77778

Anexos 10. Matriz SSCP (ajustada) para error

	Tallo 10 Días	Número de hoja10 Días	Ancho de hoja	Largo de hoja	Número de nudos
Tallo 10 Días	0,755000	-0,0667	0,16500	0,38167	0,8833
Número de hoja10 Días	-0,066667	12,1667	-1,23333	-0,40000	-0,1667
Ancho de hoja	0,165000	-1,2333	0,59667	0,08000	0,1667
Largo de hoja	0,381667	-0,4000	0,08000	6,05000	0,0333
Número de nudos	0,883333	-0,1667	0,16667	0,03333	12,5000

Anexos 11. Correlaciones parciales para la matriz SSCP de error

	Tallo 10 Días	Número de hoja10 Días	Ancho de hoja	Largo de hoja	Número de nudos
Tallo 10 Días	1,00000	-0,02200	0,24584	0,17858	0,28754
Número de hoja10 Días	-0,02200	1,00000	-0,45775	-0,04662	-0,01351
Ancho de hoja	0,24584	-0,45775	1,00000	0,04211	0,06103
Largo de hoja	0,17858	-0,04662	0,04211	1,00000	0,00383
Número de nudos	0,28754	-0,01351	0,06103	0,00383	1,00000

Anexos 12. Análisis de valores y vectores propios para concentración

M. Algas%

Valor propio	0,6521	0,1120	0,00000	0,00000	0,00000
Proporción	0,8534	0,1466	0,00000	0,00000	0,00000
Acumulada	0,8534	1,0000	1,00000	1,00000	1,00000
Vector propio	1	2	3	4	5
Tallo 10 Días	-0,5679	0,1479	-0,5066	1,0007	-0,0255
Número de hoja10 Días	0,2550	0,0460	0,0006	0,0877	-0,1749
Ancho de hoja	1,0216	0,4770	-0,9008	-0,4401	0,0803
Largo de hoja	-0,0766	-0,1711	-0,1295	-0,1881	-0,2904
Número de nudos	0,1181	-0,2533	0,0000	0,0000	0,0966

