



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

TESIS DE GRADO

Evaluación del efecto de bioestimulantes en el desarrollo de
plántulas de chiltoma (*Capsicum annuum* L.) variedad Nathalie, en
vivero 2025

Pérez, I; Blandón, K.

Tutor(a)

Msc. Oscar Enrique Bustamante Morales

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DE ESTELÍ

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Centro Universitario Regional de Estelí

CUR-Estelí

Recinto Universitario “Leonel Rugama Rugama”

Departamento de Ciencias Tecnológicas y Salud

Evaluación del efecto de bioestimulantes en el desarrollo de plántulas de chiltoma (*Capsicum annum L.*) variedad Nathalie, en vivero 2025

Trabajo de investigación para optar al grado de
Ingenieros agrónomos

Autores

Isaias Antonio Pérez Rivera

Katiela Damaris Blandón Ortuño

Tutor

Msc. Oscar Enrique Bustamante Morales

Octubre, 2025



Dedicatoria

A Dios,

Por protegerme, darme fuerzas, sabiduría y entendimiento que tanto necesite en cada uno de los pasos durante este largo recorrido, por nunca dejarme solo en mis momentos más difíciles, por darme las fortalezas para salir adelante y poder ser alguien en la vida.

A mis padres,

Por estar a mi lado incondicionalmente, por amarme, cuidarme y criarme como un gran hombre, honrado, honesto, trabajador y respetuoso, por sacarme adelante a pesar de todas las carencias y dificultades, por inculcarme los mejores valores, por ser quienes enderezaban mis pasos si se desviaban y querer llevarme siempre por el buen camino, por sus consejos diarios y su valentía. Esto es gracias a ustedes espero poder hacerlos sentir orgullosos.

A mi novia,

Por estar a mi lado siempre que necesite de un apoyo, por cuidarme, quererme y nunca haberme dejado solo, por confiar en que todo lo que me propongo lo puedo lograr. Gracias, esto también lo he logrado por vos.

Agradecimiento

Este trabajo no habría sido posible sin la presencia y el apoyo de muchas personas a lo largo de este recorrido.

Agradecemos primeramente a Dios, por darnos la fortaleza en los momentos más difíciles y por permitirnos llegar hasta aquí con salud, propósitos y fe.

A nuestros padres, por ser la base fundamental de nuestros triunfos por el amor constante, por sus sacrificios y por enseñarnos que la dedicación, el esfuerzo y la paciencia siempre dan frutos.

A nuestras familias, por estar a nuestro lado, por su confianza y apoyo.

A nuestros maestros, por su apoyo y por compartirnos su conocimiento con generosidad, por guiarnos siempre y brindarnos sus palabras de aliento.

A todos los que, de una u otra forma, pusieron una palabra, o tiempo en este trayecto, gracias. Su presencia nos ayudó mucho.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL, ESTELÍ
“2025: Eficiencia y Calidad para seguir en victorias”
Departamento de Ciencias de la Educación y Humanidades

CARTA AVAL DEL TUTOR

Estelí, 13 de octubre de 2025

Por medio de la presente, en calidad de tutor(a) del trabajo de modalidad de graduación titulado: Evaluación del efecto de bioestimulantes en el desarrollo de plántulas de chiltoma (*Capsicum annum L.*) variedad Nathalie, en vivero 2025, elaborado por los estudiantes:

Isaias Antonio Pérez Rivera

21504438

Katiela Damaris Blandón Ortuño

21514877

Estudiante(s) de la carrera de **Ingeniería Agronómica**, hago constar que he brindado acompañamiento académico y metodológico durante el desarrollo de dicho trabajo, cumpliendo con lo establecido en el cronograma y en la normativa institucional vigente. Asimismo, avalo que el trabajo cumple con los requisitos formales, científicos y éticos exigidos por la Universidad, en cumplimiento de la modalidad de graduación correspondiente.

Atentamente,

Ph.D. Oscar Bustamante Morales

ORCID 0000-0003-3745-5749

UNAN-Managua/CUR-Estelí

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!

Barrio 14 de abril, contiguo a la subestación de ENATREL, Tel 27137734, Ext 7424
dceh.curesteli@unan.edu.ni

Resumen

El cultivo de chiltoma (*Capsicum annum* L.) ha tomado mayor relevancia por su valor nutricional, su rentabilidad y su aporte a la seguridad alimentaria. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos bioestimulantes en el desarrollo fenológico y la calidad de plántulas de chiltoma variedad Nathalie, bajo condiciones controladas en la Estación Experimental El Limón, Estelí. El estudio se realizó en 2025 utilizando un Diseño Completamente al Azar con tres tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron: T1, extracto de bambú; T2, lixiviado de raquis de banano enriquecido con harina de roca; y T3, testigo sin aplicaciones foliares. Se evaluaron variables de crecimiento como altura, diámetro del tallo, número de hojas, biomasa seca aérea y radicular, además de la relación raíz/tallo. También se efectuó un análisis de costos para determinar la relación beneficio/costo de cada tratamiento. Las variables fueron analizadas mediante ANDEVA y prueba de Tukey al 5 %. Los resultados mostraron diferencias significativas en la mayoría de variables. El tratamiento T2 destacó en altura, diámetro del tallo y número de hojas, evidenciando un crecimiento más vigoroso. El T1 sobresalió en biomasa seca radicular y en la relación raíz/tallo, indicando un mejor desarrollo del sistema de raíces. La rentabilidad, el T2 presentó la mejor relación beneficio/costo. Ambos bioestimulantes mejoran la calidad de las plántulas. El lixiviado de raquis enriquecido fue el más efectivo en el desarrollo general, mientras que el extracto de bambú favoreció especialmente el crecimiento radicular, constituyendo alternativas viables y de bajo costo para viveros.

Palabras claves: Chiltoma, Bioestimulante, lixiviado, bambú

Abstract

The cultivation of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) has gained greater relevance due to its nutritional value, profitability, and contribution to food security. This research aimed to evaluate the effect of two biostimulants on the phenological development and quality of chili pepper seedlings, variety Nathalie, under controlled conditions at the El Limón Experimental Station in Estelí. The study was carried out in 2025 using a Completely Randomized Design with three treatments and three replications. The treatments were: T1, bamboo extract; T2, banana rachis leachate enriched with rock flour; and T3, control without foliar applications. Growth variables such as height, stem diameter, number of leaves, aerial and root dry biomass, as well as the root/stem ratio were evaluated. A cost analysis was also performed to determine the benefit/cost ratio of each treatment. The variables were analyzed using ANOVA and Tukey's test at 5%. The results showed significant differences in most variables. Treatment T2 stood out in height, stem diameter, and number of leaves, demonstrating more vigorous growth. T1 excelled in root dry biomass and the root/stem ratio, indicating better development of the root system. In terms of profitability, T2 presented the best benefit/cost ratio. Both biostimulants improved seedling quality. The enriched banana rachis leachate was the most effective in overall development, while bamboo extract particularly favored root growth, constituting viable and low-cost alternatives for nurseries.

Keywords: Chiltoma, Biostimulant, leachate, bamboo

Índice

1. Introducción.....	1
2. Antecedentes	3
3. Planteamiento del problema	7
4. Justificación	8
5. Objetivos de investigación	9
5.1 Objetivo General.....	9
5.2 Objetivos específicos	9
6. Limitaciones del estudio.....	10
7. Hipótesis	11
8. Operacionalización de Variables	12
9. Marco Teórico.....	13
9.1 Clasificación de los bioestimulantes	13
9.1.1 Ácidos húmicos y fúlvicos:	13
9.1.2 Aminoácidos y mezclas de péptidos:.....	13
9.1.3 Extractos de algas y de plantas:	13
9.1.4 Compuestos inorgánicos:	13
9.2 Fitohormonas vegetales.....	14
9.2.1 Auxinas.....	14
9.3 Importancia de los bioestimulantes	15
9.3.1 Bioestimulante de bambú	15
9.3.2 Morfología del bambú	15
9.3.3 Bioestimulante a base de raquis de banano.....	16
9.3.4 Harina de rocas	17
9.3.5 Beneficio-costo de los bioestimulantes	18
9.4 Origen de la chiltoma.....	18
9.4.1 Importancia de la chiltoma	18

9.4.2 Clasificación taxonómica de la chiltoma	19
9.4.3 Fisiología de la planta	19
9.4.4 Descripción de la variedad de chiltoma Nathalie	19
9.5 Condiciones edáficas del cultivo.....	20
9.6 Temperatura	20
9.7 Manejo de plagas.....	21
9.8 Fertilización	21
9.9 Turba	22
10. Diseño metodológico.....	23
10.1 Tipo de investigación.....	23
10.2 Población y selección de la muestra	24
10.3 Área geográfica	24
10.4 Clima y suelo	24
10.5 Descripción del Diseño Experimental	24
10.6 Descripción de los tratamientos	26
10.7 Material genético	26
10.8 Procedimiento	26
10.8.1 Elaboración de los bioestimulantes.....	26
10.8.2 Llenado de bandejas	27
10.8.3 Siembra y establecimiento	27
11. Técnicas, instrumentos y procedimientos para la recolección de datos	27
11.1 Confiabilidad y validez de los instrumentos	29
11.2 Técnicas, instrumentos y procedimientos para el procesamiento y análisis de datos	29
12. Análisis y discusión de resultados.....	31
13. Conclusiones	43
14. Recomendaciones.....	44
15. Referencias	45

Índice de tablas

Tabla 1. Análisis químico de lixiviado de raquis de banano	16
Tabla 2. Diseño de campo.....	25
Tabla 3. Dosis aplicadas por tratamientos	26
Tabla 4. Relación beneficio costo por tratamientos.....	40
Tabla 5. Hoja de registro de campo de mediciones fenológicas.....	54
Tabla 6. Hoja de registro de cambio de variables datos morfológicos	55
Tabla 7. Hoja de registro de gastos por tratamiento	56

Índice de figuras

Figura 1. Altura de plántulas de chiltoma.....	31
Figura 2. Diámetro del tallo de plántulas de chiltoma.....	33
Figura 3. Número de hojas de plántulas de chiltoma	34
Figura 4. Biomasa seca aérea de plántulas de chiltoma	35
Figura 5. Biomasa seca radicular de plántulas de chiltoma.....	36
Figura 6. Relación Raíz / Tallo de plántulas de chiltoma	38

1. Introducción

En Nicaragua, el cultivo de chiltoma (*Capsicum annuum L.*) ha incrementado su importancia durante los últimos años esto debido a su valor nutricional, rentabilidad y aporte a la seguridad alimentaria. Junto con el tomate y la cebolla, la chiltoma se ubica entre los principales cultivos hortícolas del país, esto debido a las condiciones agroecológicas que permiten su producción durante gran parte del año (Loccsan, 2014). La mayor parte de su producción proviene de pequeños y medianos productores, quienes cultivan entre 1 y 5 mz, principalmente en sistemas de monocultivo. (Revista liveroamericana, 2022).

Sin embargo, la necesidad de incrementar los rendimientos de los cultivos ha generado una dependencia en el uso agroquímicos, con consecuencias ambientales y económicas preocupantes. El uso excesivo de fertilizantes provoca degradación del suelo, contaminación de fuentes hídricas y disminución de poblaciones de organismos benéficos, afectando tanto la sostenibilidad del sistema productivo como la salud humana (Pérez y Lira, 2015). Ante esta situación, la adopción de prácticas agrícolas más sostenibles que mantengan la productividad sin comprometer el medio ambiente se ha vuelto una prioridad.

En este contexto, los bioestimulantes representan una alternativa prometedora dentro de la agricultura sostenible. Estas sustancias o microorganismos, aplicados al suelo o a las plantas, favorecen procesos fisiológicos naturales que mejoran la absorción de nutrientes, aumentan la tolerancia al estrés abiótico y promueven un desarrollo vegetativo saludable (Tarazona, 2018). Elaborados a partir de fuentes naturales como extractos de algas, aminoácidos, fitohormonas y compuestos orgánicos, los bioestimulantes permiten reducir la dependencia de agroquímicos, con beneficios agronómicos, económicos y ambientales.

La aplicación de bioestimulantes de bajo costo y de fácil acceso en plántulas de chiltoma variedad Nathalie, puede mejorar su desarrollo fenológico y calidad de plántulas. Esto resulta especialmente relevante frente a las problemáticas actuales del cambio climático, el estrés hídrico y la necesidad de sistemas productivos más resilientes.

Por esta razón, la presente investigación evalúa el efecto de dos bioestimulantes, uno elaborado a base de extracto de bambú y otro a partir de lixiviado de raquis de banano enriquecido con harina de roca comparándolos con un manejo convencional sin aplicaciones foliares. La aplicación de los bioestimulantes se realiza desde los 15 días después de la germinación de la semilla hasta la evaluación de los parámetros morfológicos durante los 45 días después de la germinación, donde concluye el desarrollo vegetativo de las plántulas.

El presente estudio se estructura en once apartados. Siguiendo el formato institucional para investigaciones cuantitativas el cual proporciona una estructura ordenada y rigurosa. Este documento contiene apartados clave como: 1. Introducción, 2. Antecedentes, 3. Planteamiento del problema, 4. Justificación, 5. Objetivos, 6. Hipótesis, 7. Marco teórico, 8. Diseño metodológico, 9. Análisis de los resultados, 10. Conclusiones, 11. Recomendaciones.

2. Antecedentes

A continuación, se señalarán algunos estudios vinculados a bioestimulantes a base de bambú y extracto de raquis de banano enriquecido con harina de rocas para el desarrollo fenológico, los proyectos o investigaciones realizadas estarán ordenadas cronológicamente.

Internacional

De acuerdo a una tesis realizada en Ecuador por De La A Rivas (2022), titulada "Evaluación de dos bioestimulantes sobre el crecimiento inicial de pimiento (*capsicum annuum var. marconi*) en la parroquia anconcito, provincia de santa elena" con el objetivo de evaluar dos bioestimulantes sobre el crecimiento inicial de pimiento, se utilizó un total de 300 semillas/gr para los 2 tratamientos más un testigo y cuatro repeticiones (25 semillas por repetición). En la investigación se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA), considerando dos tratamientos de bioestimulante y un testigo sin bioestimulante. La aplicación de bioestimulantes Biodyne incrementaron al 96% el porcentaje de germinación, al igual que el índice de velocidad de emergencia con 19.8% en el trascurso de 14 días posterior a la siembra.

La tesis elaborada por De La A Rivas (2022), aporta evidencias al evaluar los efectos de bioestimulantes sobre el crecimiento de plantulas de pimieto (*capsicum annuum var. marconi*) un cultivo del mismo género de la chiltoma, implementando un DCA con testigo y repeticiones, asimismo también\

estudia variable como el porcentaje de germinación y velocidad de emergencia reforzando la idea de que los productos de origen biológico ayudan positivamente en las etapas tempranas del desarrollo de los cultivos.

Nacionales

Según el estudio realizado por Cruz Cruz & Uriarte Blake (2021), titulado Evaluación de dosis de fertilizante foliar y edáfico en el crecimiento y rendimiento del cultivo de chiltoma (*Capsicum annuum L.*) var. Nathalie, San Esteban #2, Jinotega, con el objetivo de evaluar el efecto de tres dosis de fertilizante foliar y tres dosis de fertilizante edáfica en variables, se estableció bajo un Diseño Jerárquico o Anidado, con tres repeticiones por cada dosis y por cada repetición se tomaron datos a 12 plantas. Los tratamientos evaluados consistieron en tres tipos de fertilizante foliar (Foltron), edáfico y el anidamiento de una dosis de foliar (2 l

ha-1) con las tres dosis del fertilizante edáfico (Convencional o sintéticos). Los resultados demostraron que La fertilización foliar y sus niveles afectaron significativamente a las variables diámetro del tallo, altura de planta y número de hojas por planta; de igual manera ocurrió en las variables de frutos por plantas y rendimiento con 36 460 kg ha-1.

La siguiente investigación elaborada Cruz Cruz & Uriarte Blake (2021) resulta pertinente para este estudio debido a que analiza el efecto de bioestimulantes biológicos aplicados en plántulas de chiltoma al igual que la presente investigación, asimismo también en este trabajo se evalúa el impacto de los tratamientos en el desarrollo vegetativo.

Según Rivas Cerda & Escorcía Ortega (2019), en su tesis titulada “Efecto del bioestimulante florone, sobre la calidad del grano de maní (*Arachis hypogea L.*), variedad Georgia 06-G, ciclo postrera León, con el objetivo de comparar las respuestas a la aplicación de diferentes dosis del bioestimulante florone sobre el comportamiento en la calidad del grano de maní. El diseño de la investigación es experimental con un diseño unifactorial de Bloques Completo al Azar (BCA) con cinco tratamientos y con cuatro repeticiones en campo, encontraron que al analizar económicamente los tratamientos se evidenció que utilizando dosis de 1 713 cc ha-1 se alcanza mayor rendimiento de grano de maní con una tasa interna de retorno de 1.93\$.

La tesis desarrollada por Rivas Cerda & Escorcía Ortega (2019) se relaciona con nuestra investigación al estudiar el efecto de un biostimulante comercial sobre la productividad y rentabilidad del cultivo de maní (*arachis hypogaea L.*), mediante un diseño experimental que incluye un enfoque con variables productivas con el análisis económico fortaleciendo la hipótesis que los bioinsumos pueden ser una opción rentable frente al manejo convencional.

Local

Flores Obando & Avilés Segura (2022), En su investigación titulada “Uso de tres dosis del bioestimulante ROBUST® para el crecimiento radicular y foliar en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L*) en Santa Cruz, Estelí”, con el propósito de evaluar la efectividad del inoculante biológico ROBUST® 9 WP (Aminoácidos + Rhizobacterias 0.3 x 10⁹ células viables/g). El ensayo se ejecutó con un diseño de bloques completos al azar (BCA), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones para un total de 16 unidades experimentales (UE). Como resultados encontraron que la aplicación de ROBUST® 9 WP a dosis de 600g, 800g y

1000 g/100 kg semilla de frijol variedad INTA Rojo mejoras variables de crecimiento vegetativo.

Este estudio realizado por Obando & Avilés Segura (2022), se relaciona de manera directa con la presente investigación al abordar el efecto de un bioestimulante foliar a base de aminoácidos y rizobacterias, sobre el crecimiento vegetativo en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L*), donde se observaron mejoras significativas en el desarrollo foliar y radicular lo que fortalece la base científica que sustenta el uso de bioestimulantes apoyando la hipótesis que los insumos de origen biológico pueden mejorar el desarrollo de los cultivos.

Según Morazán Calero & Rodas Moreno (2019), en su informe de tesis titulado “Efecto de bioestimulante a base de ácidos húmicos, fúlvicos y carbono orgánico presentes en el agua de riego y la absorción de nutrientes en plántulas de (*Nicotiana tabacum*), Este experimento evaluó el efecto de dos formulaciones con diferentes concentraciones (80 y 100%) de biopolímeros a base de ácidos húmicos y fúlvicos Estelí. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con tres bloques y siete tratamientos, incluyendo un testigo, Se aplicaron los tratamientos a los 15 y 30 días después de la siembra (DDS), encontraron que en las evaluaciones de absorción de nutrientes obtiene mejores resultados de Nitrógeno y Potasio en el uso de bioestimulantes a base de ácidos fúlvicos.

El informe de tesis elaborado por Morazán Calero & Rodas Moreno (2019), tiene una pequeña relación con este estudio, ya que se analiza el efecto de bioestimulantes orgánicos en plántulas de tabaco (*Nicotiana tabacum*). Al utilizar este producto de origen orgánico se evidenciaron mejoras en la absorción de nitrógeno y potasio, Esta investigación denota la efectividad de los bioinsumos al confirmar que estos aplicados en etapas de vivero pueden optimizar la nutrición y vigor de las plántulas, aspecto que también se evalúa en plántulas de chiltoma bajo condiciones similares.

De acuerdo a Zavala González & Soza Peralta (2017), en su estudio titulado “Influencia de tres bioestimulantes orgánicos en la tolerancia al estrés hídrico de plántulas de (*Nicotiana tabacum*) en invernadero, UCATSE - Estelí 2016-2017”, Con un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados, encontraron que entre los bioestimulantes evaluados en la producción de plántulas de tabaco en invernadero, la aplicación del purín de lombriz vía foliar proveniente del lixiviado de la lombriz (*E. foetida*) suministrada a una

concentración de 50cc/2lt agua diario en plántulas mostro mejor resultado en donde su incremento en relación al testigo fue un 20% en la coloración, un 40% en la biomasa seca de raíz, un 55.5% en la biomasa fresca de raíz y un 1% en la biomasa seca de la plántula.

La tesis elaborada por Zavala González & Soza Peralta (2017), presenta una significativa relación ya que trata sobre el efecto de bioestimulantes orgánicos aplicados en plántulas de tabaco específicamente en condiciones de estrés hídrico el uso de purín de lombriz presento mejoras significativas en la biomasa radícula y aérea mostrando evidencias que respaldan esta investigación al demostrar que los lixiviados biológicos como el raquis de banano que se aplicó en este estudio pueden mejorar el desarrollo morfológico

3. Planteamiento del problema

La agricultura convencional, ampliamente utilizada en Nicaragua y el mundo, se caracteriza por la alta dependencia a la aplicación de fertilizantes minerales para incrementar la productividad de los cultivos. Si bien la aplicación de estos insumos puede generar aumentos inmediatos en el rendimiento, su uso excesivo provoca impactos ambientales severos, tales como la degradación y acidificación de los suelos, la pérdida de biodiversidad, la contaminación de fuentes hídricas por lixiviación de nutrientes y la alteración de los ciclos biológicos (Ulibarry, 2019).

En la producción hortícola, y principalmente en el cultivo de chiltoma (*Capsicum annum L.*), esta dependencia crea un círculo vicioso: los suelos degradados demandan mayores cantidades de fertilizantes para mantener la productividad, lo que aumenta los costos de producción y empeora los problemas ambientales. Adicionalmente, el exceso de nitrógeno favorece la emisión de óxidos de nitrógeno (N₂O), un gas de efecto invernadero con alto potencial de calentamiento global (Delgado, 2025).

Los bioestimulantes, han demostrado efectos positivos en otras especies hortícolas, pero su aplicación específica en la variedad Nathalie bajo condiciones locales de Estelí no ha sido suficientemente evaluada. Esta falta de evidencia científica limita la adopción de tecnologías innovadoras por parte de los agricultores, perpetuando ineficiencias en la producción y reduciendo la competitividad del sector.

Por lo tanto, surge la necesidad de investigar el efecto de los dos bioestimulantes seleccionados en el desarrollo fenológico del cultivo de chiltoma, con el fin de proporcionar recomendaciones prácticas que optimicen la producción sostenible de este rubro en Estelí. Esta evaluación no solo contribuirá a mejorar la productividad agrícola local, sino que también promoverá prácticas ecológicas. Por tanto, surge la siguiente interrogante de investigación: ¿Cuál es el efecto de los dos bioestimulantes sobre el desarrollo fenológico y calidad de plántulas de chiltoma (*Capsicum annum L.*) variedad Nathalie, cultivadas condiciones controladas en la Estación Experimental El Limón, Estelí?

4. Justificación

Este trabajo de investigación surge por la necesidad de aportar información para contribuir al cambio de sistemas agrícolas convencionales en Nicaragua hacia modelos más sostenibles, principalmente en el cultivo de chiltoma (*Capsicum annum L.*), un rubro hortícola de gran importancia socioeconómica y alimenticia. De este modo, investigar el potencial de bioestimulantes elaborados con insumos orgánicos se convierte en una alternativa viable para mejorar la calidad del producto final, sin afectar al medio ambiente.

En la actualidad, el uso de bioestimulantes elaborados a partir de insumos de fácil acceso como brotes tiernos de bambú y lixiviado de raquis de banano enriquecido con harina de roca representa una opción de bajo costo para los productores. Realizar esta evaluación en condiciones controladas permite obtener datos confiables sobre su eficacia, lo cual puede facilitar su utilización en otros sistemas productivos.

Asimismo, esta investigación tiene un alcance social importante, ya que promueve prácticas agrícolas más sostenibles. Esto puede traducirse en menores costos de producción, mejor calidad, menos riesgos de afectaciones a la salud de los agricultores y un impacto positivo en la sostenibilidad de las economías rurales.

Desde el punto de vista científico, este trabajo aporta evidencia sobre el efecto de compuestos naturales en variables fenológicas y morfológicas claves durante la etapa de vivero del cultivo. Estos resultados no solo enriquecen el conocimiento sobre bioinsumos en horticultura, sino que también abren la puerta a futuras investigaciones enfocadas en fortalecer la agricultura ecológica en el trópico seco.

Metodológicamente, se plantea un diseño experimental, que integra indicadores agronómicos, morfológicos y económicos, con el propósito de evaluar los efectos de los tratamientos sobre las plántulas. Esta estructura permite que el estudio pueda ser replicado en otros cultivos, brindando un modelo confiable para validar tecnologías agroecológicas.

5. Objetivos de investigación

5.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de dos bioestimulantes en el desarrollo fenológico y la calidad de plántulas de chiltoma (*Capsicum annuum* L.) variedad Nathalie, bajo condiciones controladas en la Estación Experimental El Limón, Estelí.

5.2 Objetivos específicos

Determinar el efecto de dos bioestimulantes en las fases fenológicas iniciales de la chiltoma, mediante análisis de variables de crecimiento como altura de planta, número de hojas y diámetro del tallo.

Comparar el efecto de los bioestimulantes en la calidad de las plántulas, mediante la determinación de biomasa fresca y seca, relación tallo/raíz y vigor de las plantas.

Analizar la relación beneficio-costos del uso de dos bioestimulantes en la producción de plántulas de chiltoma, en comparación con el manejo convencional sin aplicaciones.

6. Limitaciones del estudio

Durante el desarrollo de esta investigación se identificaron algunas limitaciones que complicaron su realización, la principal fue la recolección de brotes tiernos de bambú para la elaboración del bioestimulante, estos no están disponibles todo el año debido a que su emergencia depende de los factores climáticos como la humedad del suelo y la temperatura. Estos factores exigieron una planificación precisa para poder encontrarlos en el momento exacto de brotación, lo que representó un desafío logístico y temporal para el equipo de investigación.

7. Hipótesis

Hipótesis nula (H_0):

No existen diferencias significativas en el desarrollo fenológico, ni en la calidad de plántulas de chiltoma (*Capsicum annuum* L) variedad Nathalie entre los tres tratamientos en condiciones de vivero en la Estación Experimental El Limón, Estelí.

Hipótesis alternativa (H_1):

Existen diferencias significativas en el desarrollo fenológico y en la calidad de plántulas entre los tres tratamientos en condiciones de vivero en la Estación Experimental El Limón, Estelí.

8. Operacionalización de Variables

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Instrumento	Indicadores	Fuente de datos
Determinar el efecto de dos bioestimulantes en las fases fenológicas iniciales de la chiltoma, mediante análisis variables de crecimiento como altura de planta, número de hojas y diámetro del tallo.	Desarrollo fenológico	El desarrollo fenológico se refiere a las fases de crecimiento observables y medibles de las plántulas	Se medirá semanalmente el crecimiento morfológico mediante observación directa y uso de instrumentos	Regla milimétrica, pie de rey, hoja de registro y observación directa	Altura (cm), N° hojas verdaderas, Diámetro tallo (mm),	Plántulas de chiltoma
Comparar el efecto de los bioestimulantes en la calidad de las plántulas, mediante la determinación de biomasa fresca y seca, relación tallo/raíz y vigor de las plantas.	Calidad de plántula	La calidad está determinada por la proporción de biomasa seca acumulada y su distribución en la planta	Se cuantificará la biomasa tras secado en estufa y se calculará la relación entre raíces y tallo	Balanza digital, estufa, calculadora y hoja de registro	Peso seco aéreo (g), Peso seco radicular (g), Relación raíz/tallo	Plántulas de chiltoma
Analizar la relación beneficio-costos del uso de dos bioestimulantes en la producción de plántulas de chiltoma, en comparación con el manejo convencional sin aplicaciones.	Relación beneficio-costos	Relación económica entre el costo de producción y el valor de venta potencial de las plántulas	Se calculará el costo por tratamiento (bioestimulantes) y el valor de plántulas viables por unidad	Ficha técnica de costos, calculadora, hoja de registro	Costo por plántula, ingreso estimado por venta, beneficio neto, relación beneficio/costo	Registros económicos del ensayo

9. Marco Teórico

9.1 Clasificación de los bioestimulantes

9.1.1 Ácidos húmicos y fúlvicos: Las sustancias húmicas son constituyentes naturales de la materia orgánica de los suelos, resultantes de la descomposición de las plantas, animales y microorganismos, pero también de la actividad metabólica de los microorganismos del suelo que utilizan estos compuestos como sustrato. Las sustancias húmicas son una colección de compuestos heterogéneos, originalmente categorizadas de acuerdo con su peso molecular y solubilidad en huminas, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos (Infoagronomo, 2021).

9.1.2 Aminoácidos y mezclas de péptidos: Se obtienen a partir de la hidrólisis química o enzimática de proteínas procedentes de productos agroindustriales tanto vegetales (residuos de cultivos) como animales (colágenos, tejidos epiteliales, etc.). Estos compuestos pueden ser tanto sustancias puras como mezclas (lo más habitual). Otras moléculas nitrogenadas también consideradas bioestimulantes incluyen betainas, poliaminas y aminoácidos no proteicos, que son muy diversas en el mundo vegetal y muy poco caracterizados sus efectos beneficiosos en los cultivos (Infoagronomo, 2021).

9.1.3 Extractos de algas y de plantas: El uso de algas como fuente de materia orgánica y con fertilizante es muy antiguo en la agricultura, pero el efecto bioestimulante ha sido detectado muy recientemente. Esto ha disparado el uso comercial de extractos de algas o compuestos purificados como polisacáridos de laminarina, alginato y carragenanos.

Otros compuestos que contribuyen al efecto promotor del crecimiento incluyen micro y macronutrientes, esteroides y hormonas. Quitosanos y otros biopolímeros. El quitosano es la forma deacetilada del biopolímero de quitina, producido natural o industrialmente. Los polímeros/oligómeros de tamaño variado se usan habitualmente (Du jardín, 2020).

9.1.4 Compuestos inorgánicos: Se suelen llamar “elementos beneficiosos” a aquellos elementos químicos que promueven el crecimiento de las plantas y que pueden llegar a ser esenciales para algunas especies, pero no para todas. Entre estos elementos se suelen considerar el Aluminio, Cobalto, Sodio, Selenio y Silicio; y están presentes tanto en el suelo

como en plantas como diferentes sales inorgánicas y como formas insolubles. Sus efectos beneficiosos pueden ser constitutivos, como el reforzamiento de las paredes celulares por los depósitos de silicio, o por la expresión en determinadas condiciones ambientales, como es el caso del selenio frente al ataque de patógenos (Du jardin, 2020).

9.2 Fitohormonas vegetales

Las fitohormonas son moléculas de señalización producidas por células vegetales y actúan sobre otras células como mensajeras químicas. Las hormonas vegetales son capaces de regular de manera predominante los fenómenos fisiológicos de las plantas en concentraciones extremadamente bajas en diferentes tejidos (raíces, hojas...) (Redagricola, 2017).

Las fitohormonas se encuentran en todo el reino vegetal, e incluso en las algas, donde tienen funciones similares a las que se observan en las plantas superiores. Algunas fitohormonas también se encuentran en microorganismos, como hongos unicelulares y bacterias, sin embargo, en estos casos no juegan un papel hormonal y es mejor considerarlas como metabolitos secundarios (Diaz Montenegro, 2019).

Las diferentes hormonas se pueden clasificar en diferentes clases o tipos, según sus estructuras químicas. Dentro de cada clase de hormona, las estructuras químicas pueden variar, La investigación inicial sobre hormonas vegetales identificó cinco clases ácido abscísico, auxinas, citoquininas, etileno y giberelinas.

9.2.1 Auxinas

Las auxinas son compuestos que influyen positivamente en el agrandamiento celular, la formación de yemas y el inicio de las raíces. También promueven la producción de otras hormonas y, junto con las citoquininas, controlan el crecimiento de tallos, raíces y frutos, y convierten los tallos en flores. Las auxinas fueron la primera clase de reguladores del crecimiento descubierta. Afectan el alargamiento celular al alterar la plasticidad de la pared celular. Estimulan la división del cámbium, un subtipo de células meristemáticas, y en los tallos provocan la diferenciación de la xilema secundaria.

Las auxinas actúan para inhibir el crecimiento de las yemas más abajo de los tallos en un fenómeno conocido como dominancia apical, y también para promover el desarrollo y crecimiento de las raíces laterales y adventicias. La abscisión de las hojas se inicia cuando el punto de crecimiento de una planta deja de producir auxinas. Las auxinas en las semillas regulan la síntesis de proteínas específicas. a medida que se desarrollan dentro de la flor después de la polinización, lo que hace que la flor desarrolle una fruta que contenga las semillas en desarrollo (Redagricola, 2017).

9.3 Importancia de los bioestimulantes

Un bioestimulante es cualquier sustancia o microorganismo que, al aplicarse a las plantas, es capaz de mejorar la eficacia de éstas en la absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés biótico o abiótico o mejorar alguna de sus características agronómicas, independientemente del contenido en nutrientes de la sustancia”. Por extensión, también se considera como un bioestimulante vegetal a los productos comerciales que contienen mezclas de estas sustancias o microorganismos (Jardin, 2018).

9.3.1 Bioestimulante de bambú

Los bioestimulantes obtenidos a partir de hormonas extraídas de brotes tiernos de bambú constituyen una alternativa orgánica y accesible para potenciar el crecimiento y desarrollo de diversos cultivos. Su elaboración casera mediante fermentación junto con melaza, aplicada en etapas desde el desarrollo vegetativo hasta la fructificación, promueve un crecimiento más vigoroso, una mayor brotación y mejor desempeño del cultivo, todo ello con reducidos costos de producción y enmarcado en prácticas de agricultura ecológica (Flores nelson y Morales, 2022).

9.3.2 Morfología del bambú

El tallo gramíneo es conocido con el nombre de “culmo”. Es un tallo leñoso dividido en anillos (nodos) y partes huecas (entrenodos) y crecen en grupos ramificados que surgen de un tallo subterráneo (rizoma grueso). De los nodos de culmos jóvenes nacen las hojas y las ramas con hojas crecen en los culmos más maduros. Florece y produce entre los 12 y los 120 años de crecimiento, y solo una única vez; La reproducción es en gran parte vegetativa.

Algunas especies se expanden de forma indiscriminada y forman una espesa maleza que perjudica a otras plantas (Franqui Hogar, 2018).

9.3.3 Bioestimulante a base de raquis de banano

El lixiviado generado a partir del raquis de banano representa una alternativa eficiente y sostenible como biofertilizante, debido a su alta concentración de potasio, pH alcalino y abundante carga de microorganismos beneficiosos. Su aplicación en cultivos ha demostrado mejorar el desarrollo vegetativo, como el aumento de altura y número de hojas, sin causar efectos negativos en el suelo o sustrato. Además, posee una elevada conductividad eléctrica y sólidos totales que reflejan su potencial como fuente rica en nutrientes (Álvarez y Pantoja , 2018).

La propuesta de enriquecer este lixiviado con harina de rocas introduce un enfoque innovador que busca complementar los nutrientes orgánicos con minerales esenciales, favoreciendo la nutrición balanceada del cultivo y el mejoramiento progresivo de la fertilidad del suelo. Esta combinación tiene potencial para convertirse en una solución agroecológica integral, especialmente útil en sistemas agrícolas sostenibles.

Tabla 1. Análisis químico de lixiviado de raquis de banano

Determinación	Unidad	Valor medio	S
pH	---	8,2	0,2
CE	dS.m ⁻¹	18,9	0,9
Nitrógeno total (Nt)	mg.l ⁻¹	392,0	9,8
P	mg.l ⁻¹	124	2,5
K	mg.l ⁻¹	4.871,9	15,3
Ca	mg.l ⁻¹	74,5	3,2
Mg	mg.l ⁻¹	35,6	1,8
Na	mg.l ⁻¹	7,8	0,5

Fe	mg.l ⁻¹	2,1	0,1
Cu	mg.l ⁻¹	0,2	0,05
Mn	mg.l ⁻¹	0,2	0,05
Zn	mg.l ⁻¹	0,1	0,05
densidad	g.cm ⁻³	1,03	0,01
Sólidos totales (ST)	g.l ⁻¹	21,0	0,9
Presencia de coliformes		No detectada	

(Baridón y otros, 2024)

9.3.4 Harina de rocas

La harina de roca es un recurso global que permite la mineralización del suelo y que cada vez más se utiliza como sustituto de los fertilizantes químicos, usándose principalmente en agricultura orgánica, se obtiene moliendo rocas naturales hasta convertirlas en polvo, un método que ya se utilizaba en la antigüedad. El resultado es la creación de un fertilizante ecológico que evita el daño que ocasionan los productos químicos al ecosistema la harina de roca no contamina ni el suelo, ni el aire, ni el agua de los cultivos. Solo esto ya la convierte en una importante opción a considerar. Además, retiene la humedad del suelo, mejorando su estructura y estabilizando su pH. También disminuye la erosión, aumenta la materia orgánica y neutraliza las toxinas que pueda tener (Canteras del cerro, 2021)

La harina de rocas molidas fue la base de los primeros fertilizantes usados en la agricultura para asegurar el equilibrio nutricional de las plantas. Muchas rocas contienen minerales de alta calidad para la elaboración de la harina de rocas, ricas en elementos necesarios como el silicio, aluminio, hierro, calcio, magnesio, sodio, potasio, manganeso, cobre, cobalto, zinc, fósforo, azufre que permiten prevenir enfermedades como el cáncer, diabetes y muchas otras más (Rizo Herrera y otros, 2019).

9.3.5 Beneficio-costo de los bioestimulantes

La aplicación de bioestimulantes orgánicos, como el elaborado a base de bambú rico en auxinas naturales que estimulan el enraizamiento y el crecimiento vegetativo y el formulado a partir de raquis de banano enriquecido con harina de rocas que aporta macro y micronutrientes de liberación lenta, representa una alternativa con alto beneficio costo frente al manejo convencional con insumos químicos. Estos bioestimulantes, al aprovechar materias primas de bajo costo y de origen local, reducen la dependencia de fertilizantes sintéticos importados, disminuyendo los gastos de producción.

Además, promueven la salud del suelo, mejoran la eficiencia en el uso de nutrientes y favorecen un desarrollo más equilibrado de las plantas, lo que se traduce en rendimientos estables o superiores a largo plazo. En comparación, el manejo convencional puede generar resultados rápidos, pero implica mayores costos recurrentes y posibles impactos negativos sobre la microbiota del suelo, lo que a la larga reduce su sostenibilidad económica y ambiental (Yucong Ba & Changhong Mu, 2022).

9.4 Origen de la chiltoma

La chiltoma (*Capsicum annum L*), pertenece a la familia de las solanáceas, este cultivo es originario de regiones tropicales de América, específicamente de Bolivia y Perú. Durante la época precolombina, la chiltoma se difundió por la mayor parte del continente americano y durante los siglos XV y XVI los colonizadores españoles y portugueses la llevaron a Europa, África y Asia (Loccsan, 2014).

9.4.1 Importancia de la chiltoma

El fruto de esta hortaliza es muy importante para el consumo, por sus cualidades nutritivas, contribuyendo con un alto contenido de vitamina A y C, además su sabor agradable y estimulante hacen que esta hortaliza sea un ingrediente importante y casi esencial en la dieta alimentaria de los seres humanos.

En la actualidad la chiltoma se cultiva en la mayoría de los países tropicales y subtropicales del mundo siendo los principales productores, China, México, Turquía, Estados Unidos y España. En Nicaragua se estima que el área que se cultiva anualmente es de 415 a 467 hectáreas, localizándose casi la mitad de la producción en el valle de Sébaco (Matagalpa),

con rendimientos promedios de 15 toneladas por hectáreas. Otras regiones donde se cultiva a pequeña escala son: Ocotlán, Somoto, Estelí, Jinotega, Boaco, Granada, Managua, Juigalpa y Masaya (Laguna, et al., 2004).

9.4.2 Clasificación taxonómica de la chiltoma

División: *Embriophyta*

Subdivisión: Angiospermas

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Polmoniales

Familia: Solanáceas

Género: *Capsicum*

Especie: *annuum* (Gonzales y Blandon, 2007)

9.4.3 Fisiología de la planta

Dependiendo de la variedad, de las condiciones climáticas y del manejo, la planta de chiltoma es un semi arbusto de forma variable y puede alcanzar una altura entre 0.60m a 1.5m de altura; esta planta es monoica, tiene los dos sexos incorporados en una misma planta y es autógama, es decir se auto fecunda, aunque puede experimentar hasta un 45% de polinización cruzada, es decir se fecunda con el polen de una planta vecina (Gonzales y Blandon, 2007).

9.4.4 Descripción de la variedad de chiltoma Nathalie

La chiltoma “Nathalie” es una variedad de chiltoma de crecimiento determinado con más de tres cosechas, que puede desarrollarse en alturas comprendidas entre 50 y 2300 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). Las características morfológicas de sus frutos son triangulares, de coloración verde (todo el tiempo), las dimensiones varían entre 10 a 14 cm de largo y de 6 a 8 cm de ancho, el grosor del mesocarpo puede medir entre 4 y 6 cm, lo cual lo hace apto para el uso en ensaladas frescas (Aker, 2018).

Generalmente la producción de chiltoma, desde la siembra hasta la cosecha de sus primeros frutos dura entre 90 a 100 días, con rendimientos que van de 22 a 28 toneladas por hectárea.

Además de sus características de forma, el chiltoma Nathalie es característico por ser tolerante a Virus del Mosaico del Tabaco (TMV) y al Virus “Y” de la papaya (Papaya Ringspot Virus: PRV) (Aker, 2018)

9.5 Condiciones edáficas del cultivo

La Chiltoma se adapta a diferentes tipos de suelo, pero prefiere suelos profundos, de 30 a 40 centímetros de profundidad, de ser posible, franco-arenosos, con alto contenido de materia orgánica (3 - 4 %) y calcio, que sean bien drenados. Se debe evitar los suelos demasiados arcillosos (Aguilar Duarte y otros, 2016).

Se desarrolla mejor en suelos franco-arenosos, profundos (30 a 40 cm de profundidad), bien drenados, con alto contenido de materia orgánica (3 – 4 %) y calcio, que sean bien drenados porque es muy sensible a enfermedades. Los valores óptimos de pH oscilan entre 6.0 y 7.0, aunque puede tolerar ciertas condiciones de acidez (hasta un pH de 5.5); en suelos arenosos puede cultivarse con valores de pH próximos a 8 (Aker, 2018).

En cuanto al agua de riego el pH óptimo de la misma se encuentra en el rango de 5.5 a 7. La chiltoma es una especie de moderada tolerancia a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego. Durante la etapa de semillero el cultivo es sensible a la salinidad del suelo, pero a medida que se desarrolla se vuelve tolerante a ésta. En suelos con antecedentes de *Phytophthora* ssp., es conveniente realizar una desinfección previa a la plantación (Aker, 2018).

9.6 Temperatura

Para su desarrollo óptimo, la planta necesita una temperatura media diaria de 24 °C, cuando la temperatura es menor de 15 °C, el crecimiento es limitado y con temperaturas superiores a los 35 °C, la fructificación es muy débil o nula, sobre todo si el aire es seco. Las altas temperaturas provocan la caída de flores y frutos (Aguilar Duarte y otros, 2016)

9.7 Manejo de plagas

La semilla es afectada por insectos y patógenos que afectan el porcentaje de germinación, por ejemplo, las hormigas se llevan las semillas a sus nidos y los insectos conocidos como gusanos alambres que perforan las semillas afectan la germinación. La semilla también es afectada por algunos hongos que viven en el suelo, siendo uno de los más comunes *Pythium*, que provoca pudriciones en la semilla evitando la germinación (INATEC, 2018)

Gusano cachudo, gusano cornudo (*Manduca sexta*)

Las larvas son masticadoras voraces del follaje, consumen hojas enteras, empezando desde el borde hacia el centro de la hoja. También consumen frutos y tallos (INATEC, 2018).

Picudo o gorgojo (*Anthonomus eugeni*)

El adulto se alimenta de los frutos frescos y en ausencia de éstos de hojas tiernas. La larva, una vez eclosionada, se alimenta de la semilla en el interior del fruto y causa necrosis en el tejido y las semillas en formación (INATEC, 2018).

Minador de la hoja (*Liriomyza sativae*) El daño principal es ocasionado por la larva, la cual forma minas y galerías al alimentarse y desarrollarse dentro de la hoja. Las hojas más viejas a menudo son atacadas primero (INATEC, 2018).

Gusano Verde (*Spodoptera exigua* (Hubner)) El insecto pasa por cuatro etapas que son: huevo, larva, pupa y adulto. Los huevos son depositados en masas en las hojas, preferiblemente en el envés. Los daños son causados por las larvas al alimentarse de las hojas y frutos (INATEC, 2018).

9.8 Fertilización

Uno de los grandes desafíos que ha tenido la agricultura desde sus inicios ha sido el hecho de nutrir a las plantas. Las primeras fuentes de nutrimentos para el cultivo han sido los propios suelos que ofrecen su potencial mineral, originado en las rocas madre, y su

componente orgánico, derivado de la descomposición gradual y constante de los seres vivos (Intagri, 2017)

Es importante destacar que el suelo contiene nutrientes que aportan a la planta. Vega y Aragón (2018), afirman. “La fertilidad del suelo es la capacidad que posee el suelo para satisfacer las necesidades nutricionales de la planta garantizando su normal crecimiento y desarrollo, considerando las características físicas, químicas y biológicas de éste (Vega Miranda & Aragón Valerop, 2018).

9.9 Turba

La turba es un material orgánico formado por la descomposición parcial de plantas en ambientes húmedos, como pantanos y ciénagas, donde la descomposición es muy lenta debido a la falta de oxígeno. Este material se utiliza con frecuencia en la industria del cultivo como parte de los sustratos para plantas, ya que tiene una alta capacidad para retener agua y nutrientes, lo que favorece el crecimiento de las plantas (Posigreen, 2024).

10. Diseño metodológico

10.1 Tipo de investigación

La investigación es de enfoque cuantitativo porque se basa en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos a través de mediciones sobre variables fenológicas y morfológicas, buscando identificar diferencias significativas entre los tratamientos mediante el uso de análisis estadísticos.

Según el nivel de profundidad, es de tipo descriptiva y explicativa, ya que describe las características fenológicas y morfológicas de las plántulas de chiltoma y explica el efecto de los bioestimulantes sobre su desarrollo.

De acuerdo con el área de estudio, pertenece a las Ciencias Agropecuarias y por su modalidad, se clasifica como una investigación científica, desarrollada en condiciones controladas de vivero, con el propósito de generar información sobre el uso de bioinsumos en la producción de plántulas.

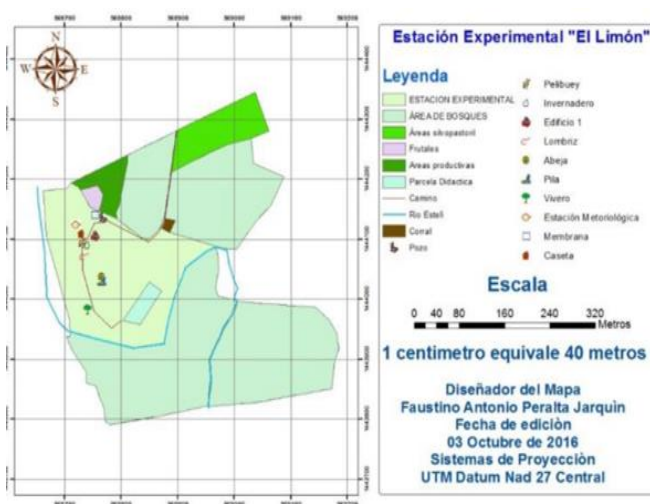
Respecto a la manipulación de las variables, el diseño es experimental, ya que se aplicaron dos tratamientos de bioestimulantes y un testigo, controlando las condiciones de manejo y observando su efecto sobre las variables dependientes. Asimismo, Respecto a su alcance temporal, Es longitudinal porque las mediciones de las variables se realizaron de forma periódica a lo largo del tiempo días (15, 22, 30, 37 y 45). permitiendo evaluar la evolución del efecto de los tratamientos.

Finalmente, este estudio se fundamenta en el paradigma positivista, el cual parte del principio de que la realidad puede observarse, medirse y comprobarse objetivamente (Meza Cascante., S F). Desde esta perspectiva, el conocimiento se obtiene a través de la experiencia empírica y el uso de métodos científicos que permiten evaluar los efectos. De esta manera, en esta investigación busca explicar el efecto de los bioestimulantes en el desarrollo de las plántulas mediante observaciones, mediciones y análisis que garanticen la validez de los resultados.

10.2 Población y selección de la muestra

La población de este estudio está conformada por 360 plántulas de chiltoma (*Capsicum annuum L.*) variedad Nathalie, (9 bandejas \times 40 plántulas por bandeja). En total, la muestra estará constituida por un total de 90 plántulas seleccionadas al azar (10 plantas \times 3 repeticiones \times 3 tratamientos) que representan el 25% de la población.

10.3 Área geográfica



La investigación se llevará a cabo en la Estación Experimental para el estudio del trópico seco "El Limón", Comunidad El Limón, a 2.5 kilómetros al suroeste de la ciudad de Estelí, adscrita a la UNAN- Managua / CUR- Estelí, Nicaragua. Situada entre las coordenadas (UTM 0568720x y 1443707y), a 890 m.s.n.m (Velásquez

Cruz y otros, 2019).

10.4 Clima y suelo

La temperatura promedio anual en esta zona oscila entre 16 °C y 33 °C, con una humedad relativa media de 70% a 80%. La temporada lluviosa se extiende principalmente de mayo a octubre, con una precipitación anual promedio de 804 mm, mientras que la temporada seca abarca de noviembre a abril. La radiación solar es moderada a alta durante todo el año. El suelo, es franco - arcilloso de color café amarillento con abundantes rocas blandas (Lopez Benavidez & Peralta Jarquin, 2017).

10.5 Descripción del Diseño Experimental

El estudio se realizó mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA), por ser el más adecuado cuando las unidades experimentales presentan condiciones homogéneas y el ambiente es controlado. Este diseño permite que cada tratamiento tenga la misma

probabilidad de ser aplicado a cualquier unidad experimental, reduciendo el error y garantizando que las diferencias observadas se deban únicamente a los tratamientos.

Tabla 2. Diseño de campo

T2R1	T3R2	T1R3
T3R3	T3R1	T2R1
T1R2	T2R2	T1R3

En este estudio se evaluaron tres tratamientos con tres repeticiones cada uno, sembradas en sustrato homogéneo, bajo las mismas condiciones de riego, temperatura y manejo. La aplicación de los tratamientos se realizó por vía foliar en dosis iguales y con la misma frecuencia.

Los bioestimulantes se aplicaron de forma foliar con regadora, iniciando al día 15 después de la siembra. Se realizaron cinco aplicaciones de 20ml por tratamiento: al día 15, 22, 29, 36 y 44.

La dosis de 20 ml por bandeja se decidió tomando en cuenta que no existen investigaciones similares que hayan utilizado este tipo de bioestimulantes. Cada bandeja tenía 40 plantas, por lo que esta cantidad equivale a medio mililitro por plántula, suficiente para que el bioestimulante cubra bien las hojas sin que escurra ni se acumule en exceso. Además, es una cantidad fácil de aplicar y no representa riesgo de saturar el sustrato ni afectar el crecimiento de las plantas.

La frecuencia de cada 7 días se escogió porque las plántulas den esta etapa crecen rápido y necesitan un mayor aporte de nutrientes, tomando en cuenta que los bioestimulantes son de liberación lenta. Una aplicación semanal permite que la planta aproveche los compuestos del producto sin llegar a sobrecargarla. También es un intervalo práctico para manejar el vivero, facilitando el control de las aplicaciones y evita gastos innecesarios de tiempo y materiales.

10.6 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos evaluados consistieron en tres bioestimulantes foliares T1- Bioestimulante a base de extracto de brotes de bambú, T2- Bioestimulante a base de lixiviado de raquis de banano enriquecido con harina de roca, T3- Plántulas testigo sin aplicaciones.

Tabla 3. Dosis aplicadas por tratamientos

Tratamientos	Dosis
T1= Extracto de bambú	20 ml x bandeja
T2= Lixiviado de raquis + harina de roca	20 ml x bandeja
T3= Testigo	Sin aplicación

10.7 Material genético

Se utilizó material genético de chiltoma (*Capsicum annuum L.*) variedad Nathalie, seleccionada por su buen comportamiento agronómico y adaptabilidad a las condiciones agroecológicas del norte de Nicaragua. Las semillas fueron germinadas en bandejas con sustrato (Turba) previamente desinfectado.

10.8 Procedimiento

El desarrollo de la investigación se realizó a través de una serie de procedimientos secuenciales que abarcaron desde la preparación de los tratamientos hasta la evaluación de las variables experimentales. A continuación, se describen cada una de las fases:

10.8.1 Elaboración de los bioestimulantes

- **Bioestimulante a base de bambú (T1):** Se recolectaron brotes tiernos de bambú (culmos jóvenes), los cuales fueron picados con picadora de martillo hasta obtener una masa vegetal. Esta fue mezclada con agua no clorada en proporción 1:2 (kg de masa: L de agua), luego macerada y filtrada para obtener el extracto crudo. Se aplicó un proceso térmico (cocción suave por 15 minutos) para liberar fitohormonas como auxinas y citoquininas presentes en el tejido joven del bambú.

- **Bioestimulante de lixiviado de raquis de banano con harina de roca (T2):** Se utilizó lixiviado líquido obtenido por fermentación anaerobia de raquis de banano maduro durante 15 días, al cual se incorporó harina de roca fina 20g por cada litro, como fuente de micronutrientes minerales. La mezcla se homogeniza y se almacena en recipientes oscuros hasta su aplicación.

10.8.2 Llenado de bandejas

Se utilizó un sustrato comercial a base de turba, debido a sus excelentes propiedades físicas y químicas para la germinación y el desarrollo inicial de cultivos hortícolas. Este tipo de sustrato ofrece una estructura ligera, buena aireación, alta retención de humedad y un contenido equilibrado de materia orgánica las bandejas serán llenadas uniformemente, etiquetadas y ubicadas en camas elevadas dentro del vivero.

10.8.3 Siembra y establecimiento

Las semillas de chiltoma variedad Nathalie fueron sembradas directamente en los alvéolos. Una vez germinadas y alcanzado el desarrollo de hojas verdaderas (aproximadamente a los 15 días), se inició la aplicación de los tratamientos.

10.8.4 Manejo agronómico

Riego: Se aplicó riego manual cada dos días o según necesidad, garantizando una humedad constante sin encharcamiento.

Deshierbe: El control de malezas se realizó de forma manual cada semana.

Monitoreo sanitario: Se llevó un registro de la aparición de plagas y enfermedades visibles, sin aplicar productos químicos, salvo en caso de brotes severos.

11. Técnicas, instrumentos y procedimientos para la recolección de datos

Según (UNIR, 2024) las técnicas de recolección de datos son los procedimientos que permiten obtener información de manera sistemática, mientras que los instrumentos son los

medios físicos o digitales empleados para captar, registrar y organizar dicha información. En esta investigación se aplicaron diversas técnicas y sus respectivos instrumentos para garantizar la obtención de datos confiables, válidos y coherentes con los objetivos del estudio.

En primer lugar, se utilizó la técnica de observación directa, haciendo uso del instrumento cuaderno de campo para anotar observaciones diarias sobre el crecimiento, estado fitosanitario y uniformidad de las plántulas.

Posteriormente se llevó a cabo la medición cuantitativa mediante el uso de instrumentos como regla milimétrica, pie de rey, balanza digital y estufa de secado los cuales se utilizaron para medir la altura, diámetro del tallo y la balanza digital para determinar peso seco de biomasa; y la estufa para eliminar humedad de las muestras antes del pesaje final.

Asimismo, se usó el registro sistemático de datos a través del instrumento hoja de cálculo de Excel donde se realizó el registro periódico de los datos obtenidos cada semana y se calculó el promedio, desviaciones y análisis comparativos entre tratamientos.

Igualmente, se utilizó registro de los costos mediante una hoja de toma de datos por cada tratamiento registrando cada uno de los gastos incurridos en la elaboración de cada bioestimulante.

Procedimiento de recolección de datos

Se establecieron las bandejas de plántulas bajo condiciones controladas de vivero, asegurando uniformidad en el sustrato, riego y densidad de siembra.

Aplicación de tratamientos: Los bioestimulantes (extracto de bambú y lixiviado de raquis de banano con harina de roca) se aplicaron en dosis iguales según el tratamiento, utilizando aspersores manuales de baja presión.

Evaluación fenológica y morfológica: Se realizaron mediciones semanales de altura (cm) midiendo a partir de la base del tallo, número de hojas verdaderas y diámetro del tallo midiendo la parte central del tallo (mm), registrando la información en hojas de campo.

Cosecha y medición de biomasa: Al finalizar el ciclo de vivero, se seleccionaron 10 plántulas de la parte central de cada bandeja, se separaron raíces y parte aérea, se pesaron en (g) y se secaron en estufa a temperatura constante hasta alcanzar peso seco estable.

Registro y digitalización: Los datos obtenidos se transcribieron a hojas de cálculo para su organización y posterior análisis estadístico.

11.1 Confiabilidad y validez de los instrumentos

En esta investigación, la confiabilidad se garantizó mediante la estandarización de los procedimientos de medición, aplicando los mismos instrumentos en todas las repeticiones. Además, las mediciones fueron realizadas por el mismo investigador, utilizando equipos calibrados y verificando los registros en cada medición.

La validez de los instrumentos se aseguró a través de la revisión técnica del diseño experimental, la utilización de instrumentos apropiados y reconocidos en estudios agronómicos (regla milimétrica, pie de rey, balanza digital y hoja de registro estructurada). Asimismo, se realizará una revisión de la información, comparando los resultados obtenidos con los registros de control y las observaciones directas de campo para confirmar la coherencia de los datos recopilados.

11.2 Técnicas, instrumentos y procedimientos para el procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos en el experimento se aplicaron técnicas cuantitativas con el propósito de organizar, describir e interpretar los resultados en función de los objetivos planteados. Estos métodos permitieron identificar el comportamiento de las variables fenológicas, morfológicas y económicas evaluadas, y determinar el efecto de los bioestimulantes sobre el desarrollo de las plántulas.

Para el análisis de los datos se utilizó la técnica de codificación y tabulación de datos usando como instrumento la hoja de cálculo Microsoft Excel la cual se utilizó para organizar y codificar los datos recolectados por tratamiento y repetición, facilitando el cálculo de estadísticas descriptivas.

Posteriormente se realizó el análisis descriptivo mediante calculadora y el programa de software estadístico (InfoStat) el cual se usó para obtener promedios, desviaciones estándar y coeficientes de variación de cada variable

También, se aplicó el análisis de varianza a través del Software estadístico especializado (InfoStat) para obtener la evaluación de diferencias significativas entre tratamientos con base en las variables dependientes.

Asimismo, se hicieron pruebas de comparación de medias utilizando nuevamente Software estadístico (InfoStat) y Excel para la identificación de tratamientos con diferencias significativas mediante pruebas de Tukey 5%. Para concluir, se realizó el análisis de los costos utilizando Excel para el procesamiento de los gastos realizados por cada tratamiento

Procedimiento de procesamiento y análisis de datos

Organización de los datos: Los registros de campo se revisaron y fueron transcritos en hojas de cálculo, clasificando los datos por tratamiento, repetición y variable.

Verificación y limpieza de la base de datos: Se revisaron los datos para eliminar posibles errores de digitación y asegurar su consistencia.

Procesamiento estadístico: Se calcularon medidas descriptivas básicas y se aplicó el Análisis de Varianza para determinar diferencias entre tratamientos.

Aplicación de pruebas de comparación: En las variables con diferencias significativas, se realizaron pruebas de Tukey al 5% de probabilidad.

Interpretación de resultados: Los datos procesados fueron analizados a la luz de los objetivos específicos, para establecer las conclusiones y determinar el efecto de los bioestimulantes sobre las plántulas de chiltoma.

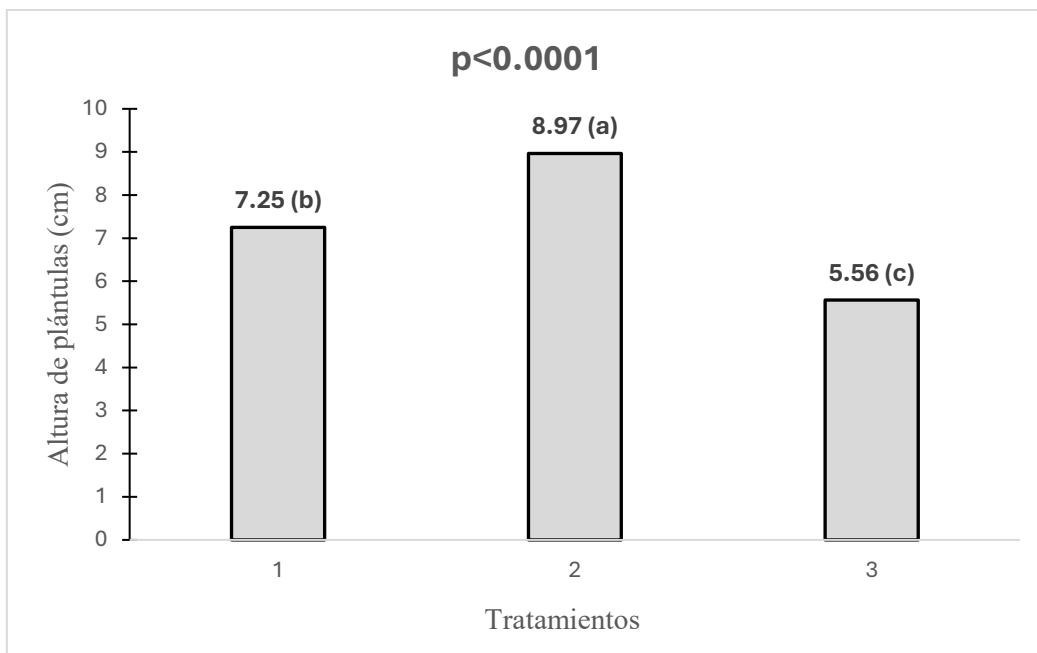
12. Análisis y discusión de resultados

Figura 1. Altura de plántulas de chiltoma

La figura 1 muestra la altura de plántulas de chiltoma bajo los efectos de los dos bioestimulantes.

Según el análisis de varianza (ANDEVA) indicó diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.0001$), con un coeficiente de determinación elevado ($R^2 = 0.99$) que refleja la alta precisión del modelo. Según la prueba de Tukey, T2 y T1 difieren significativamente entre sí, evidenciando el efecto positivo del bioestimulante a base de lixiviado de raquis en el desarrollo en altura de las plántulas.

La el tratamiento T2 (lixiviado de raquis de banano enriquecido con harina de roca) obtuvo la mayor altura promedio con 8.97, seguido del T1 (extracto de bambú) con 7.25 cm, mientras que el testigo (T3) presentó el menor crecimiento con 5.56 cm.



Estos resultados coinciden con Solís Salinas (2020) quien en un estudio realizado en Ecuador evaluando diferentes bioestimulantes encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados siendo tal tratamiento 4 del bioestimulante lithovit a2-b2l el que obtuvo mayor promedio estadístico en cuanto a la altura de las plantas con una media de 55.43cm. Estos resultados también coinciden con lo reportado por (Noa Carrazana y otros, 2018), quienes demostraron que la aplicación de lixiviado de raquis de banano en comparación con fertilizantes tradicionales mejora el desarrollo vegetativo y la altura en cultivos de monocotiledóneas, debido a su alto contenido de potasio, nitrógeno y micronutrientes fácilmente asimilables.

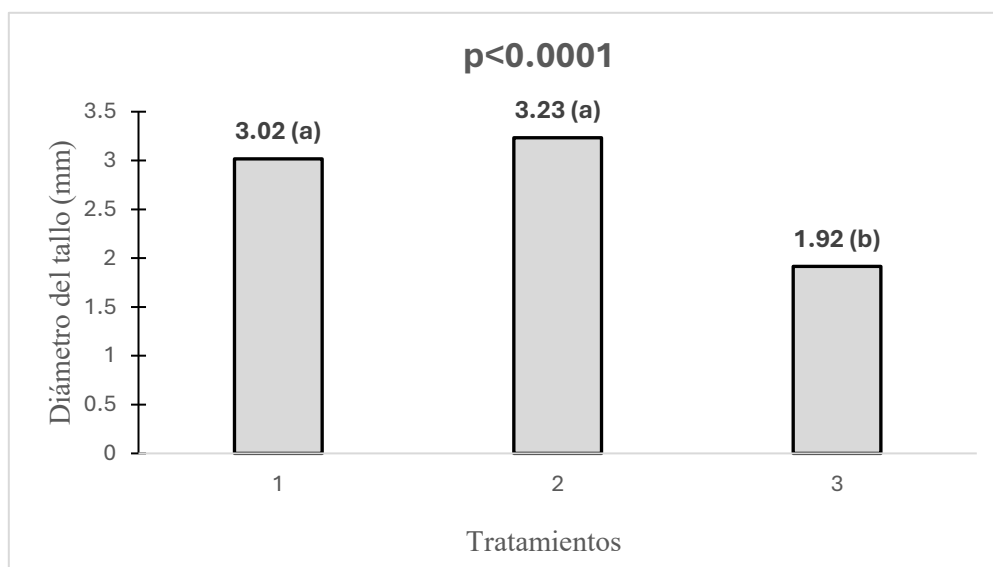
Asimismo, Flores Obando & Avilés Segura (2022), observaron incrementos en la altura de las plantas de frijol al aplicar bioestimulantes orgánicos a base de aminoácidos y rizobacterias, esta similitud es importante ya que si bien las especies son distintas esto indica que los bioinsumos naturales pueden potenciar el crecimiento inicial en diferentes cultivos. En otra investigación elaborada por (Cuevas Pérez & Olivas Lira, 2015) demostraron que uno de sus bioestimulantes elaborado a partir de bananos verdes buscando aportar potasio a plantas de chiltoma obtuvieron resultados positivos en cuanto a la altura esto debido a que este nutriente favorece al desarrollo.

Figura 2. Diámetro del tallo de plántulas de chiltoma

La Figura 2 muestra el efecto de los tres tratamientos sobre el diámetro del tallo de las plántulas de chiltoma (*Capsicum annum* L.) variedad Nathalie.

El análisis de varianza (ANDEVA) reveló diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.0001$), con un coeficiente de determinación ($R^2 = 0.97$) que refleja la alta precisión del modelo. Según la prueba de Tukey, los tratamientos T1 y T2 no difieren estadísticamente entre sí, pero sí superan significativamente al testigo, indicando que ambos bioestimulantes promovieron un mayor engrosamiento del tallo.

Los resultados evidencian que el Tratamiento T2 (lixiviado de raquis de banano enriquecido con harina de roca) presentó el mayor diámetro promedio con 3.23 mm, seguido del T1 (extracto de bambú) con 3.02 mm, mientras que el T3 (testigo) registró el menor tamaño con 1.92mm.



Rodríguez Arrobo y otros (2023) en su estudio encontraron que la aplicación de bioestimulantes orgánicos generó un incremento significativo en el diámetro del tallo, reflejando una mejora en el vigor y la resistencia de las plantas frente al estrés ambiental.

De manera similar, Ortega, Chilan Mata & Narvárez Campana (2024) en su trabajo determinaron que al tratar las plantas con bioestimulantes como BioRemedy presentaron diferencias significativas $p < 0,05$ de probabilidad para el diámetro del tallo en

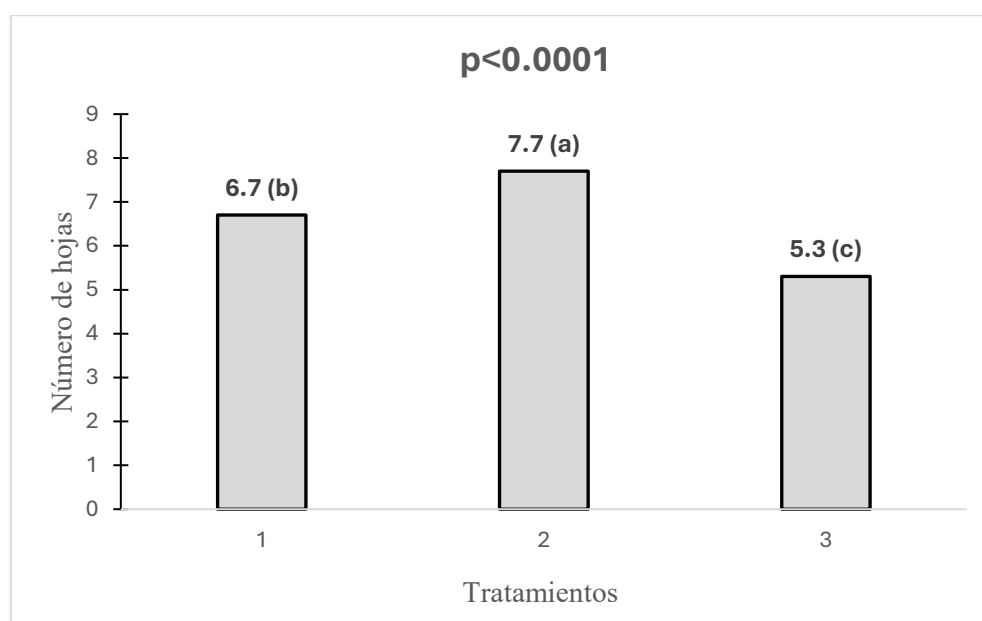
pepino, debido a una mayor actividad fisiológica y acumulación de reservas estructurales. De igual forma en otra investigación elaborada en Nicaragua por (Requenez Alvarado y otros, 2019) en la que evaluaron dos bioestimulantes orgánicos no encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos aplicados (Super mago y MM liquido) y el testigo ya que el valor de p es mayor que 0,05 obteniendo un grosor del tallo de 3,92cm.

Figura 3. Número de hojas de plántulas de chiltoma

La Figura 3 representa el efecto de los tres tratamientos sobre el número de hojas verdaderas en plántulas de chiltoma (*Capsicum annuum* L.).

El análisis de varianza (ANDEVA) mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.0001$) y un coeficiente de determinación alto ($R^2 = 0.98$), lo que demuestra la consistencia de los datos. Según la prueba de Tukey, los tratamientos T2, T1 y T3 difieren significativamente entre sí, indicando un efecto progresivo de los bioestimulantes sobre la emisión foliar.

Los resultados muestran que el tratamiento T2 (lixiviado de raquis de banano enriquecido con harina de roca) obtuvo el mayor número promedio de hojas con 7.70, seguido del T1 (extracto de bambú) con 6.70, mientras que el T3 (testigo) presentó el menor valor con 5.30.



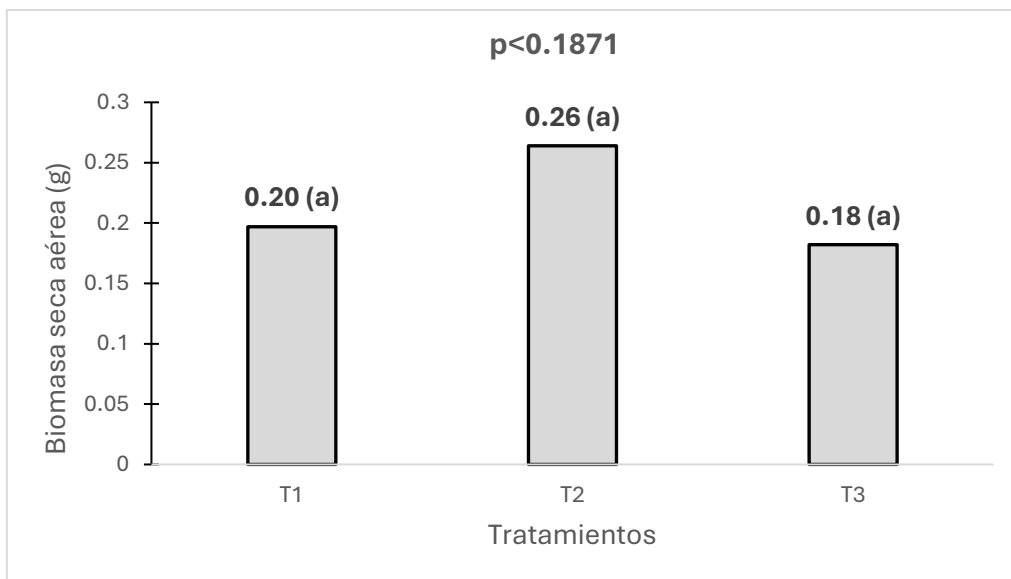
Este resultado es similar al encontrado por, (Zavala González & Soza Peralta, 2017) en su investigación llevada a cabo en Estelí, reportaron que la aplicación de un bioestimulante a base de purín de lombriz vía foliar incrementó el número de hojas de plantas de tabaco atribuido a la acción conjunta de fitohormonas y microorganismos benéficos. De igual forma en su estudio realizado en Ecuador por Enriquez Leon (2021), donde se evalúa el efecto de un bioestimulante en el desarrollo de plantas de banano (*Musa paradisiaca AAA*), presentaron resultados positivos sobre el número de hojas a los 45 días de sembrados, confirmando la hipótesis sobre el efecto positivo de los bioestimulantes en diferentes cultivos comparándolos con tratamientos testigos.

Figura 4. Biomasa seca aérea de plántulas de chiltoma

La Figura 4 muestra el efecto de los tratamientos sobre la biomasa seca aérea de plántulas de chiltoma (*Capsicum annum L.*) variedad Nathalie.

El análisis de varianza (ANDEVA) mostró que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.1871$), aunque se observa una tendencia positiva en el aumento de biomasa seca en los tratamientos con bioestimulantes. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0.43$) sugiere una variabilidad moderada, probablemente influenciada por factores ambientales y fisiológicos durante la fase de secado.

Los resultados indican que el tratamiento T2 (lixiviado de raquis de banano enriquecido con harina de roca) presentó el valor promedio más alto con 0.26 g, seguido del T1 (extracto bambú) con 0.20 g, mientras que el T3 (testigo) registró 0.18g.



Estos resultados se contradicen con los encontrados por Adame García y otros (2024), quienes en su estudio realizado en Veracruz evaluando diferentes bioestimulantes comerciales para determinar la biomasa aérea, encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos siendo el bioestimulante T1 Genfix el tratamiento que presentó mayor peso seco radicular. Resultados similares fueron reportados por Zavala González & Soza Peralta (2017), en su trabajo donde se observó un incremento del 40 % en la biomasa seca aérea con la aplicación de bioestimulantes foliares, atribuyendo estos resultados al aumento en la actividad fotosintética y la eficiencia metabólica.

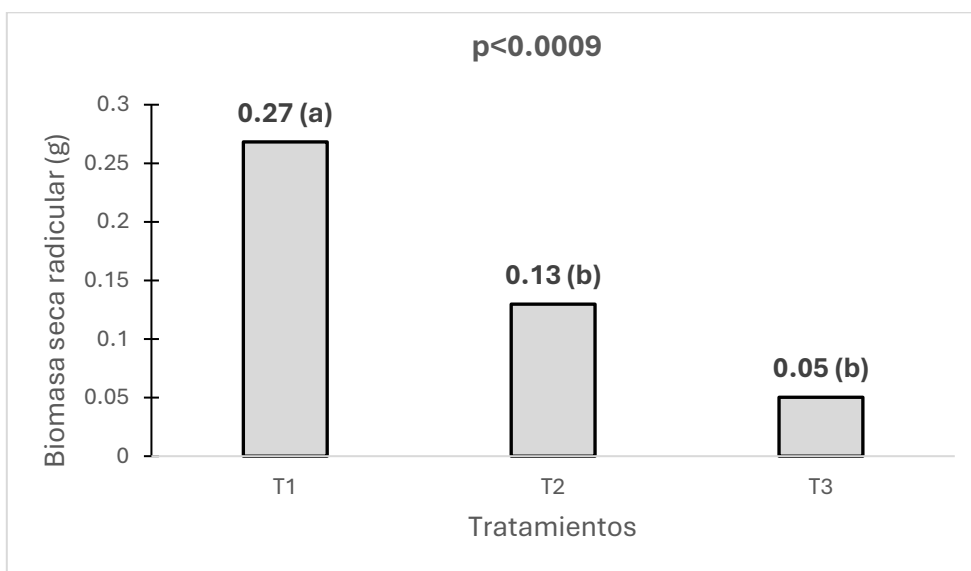
Asimismo, (De La A Rivas, , 2022) en su tesis elaborada en Ecuador, encontró que la aplicación de bioestimulantes naturales incrementó significativamente la biomasa aérea en comparación con el testigo, reforzando el papel de los compuestos orgánicos en la promoción del crecimiento vegetativo.

Figura 5. Biomasa seca radicular de plántulas de chiltoma

La Figura 5 muestra los efectos de los tres tratamientos sobre la biomasa seca radicular de plántulas de chiltoma (*Capsicum annuum* L.) variedad Nathalie.

El análisis de varianza (ANOVA) reveló diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.0009$) con un coeficiente de determinación de ($R^2 = 0.90$), indicando un efecto real de los bioestimulantes sobre el desarrollo radicular. Según la prueba de Tukey, el tratamiento T1 difiere estadísticamente de los tratamientos T2 y T3, destacándose como el de mejor respuesta en el crecimiento de raíces.

Los resultados indican que el tratamiento T1 (extracto de bambú) presentó la mayor acumulación de materia seca en raíces con 0.27 g, seguido del T2 (lixiviado de raquis de banano enriquecido con harina de roca) con 0.13 g, mientras que el T3 (testigo) mostró el valor más bajo con 0.05 g.



Estos resultados coinciden con los obtenidos por, Flores Obando & Avilés Segura (2022), en su investigación elaborada en Estelí, en la que reportaron un aumento considerable en el desarrollo de raíces al aplicar dosis moderadas de bioestimulantes, atribuyendo los resultados a la acción de aminoácidos y microorganismos rizosféricos que favorecen la formación de nuevas raíces. De igual manera (Morazán Calero & Rodas Moreno, 2019) en su estudio donde se observó un incremento significativo en la biomasa radicular gracias a la estimulación fisiológica de las raíces y una mayor absorción de nutrientes.

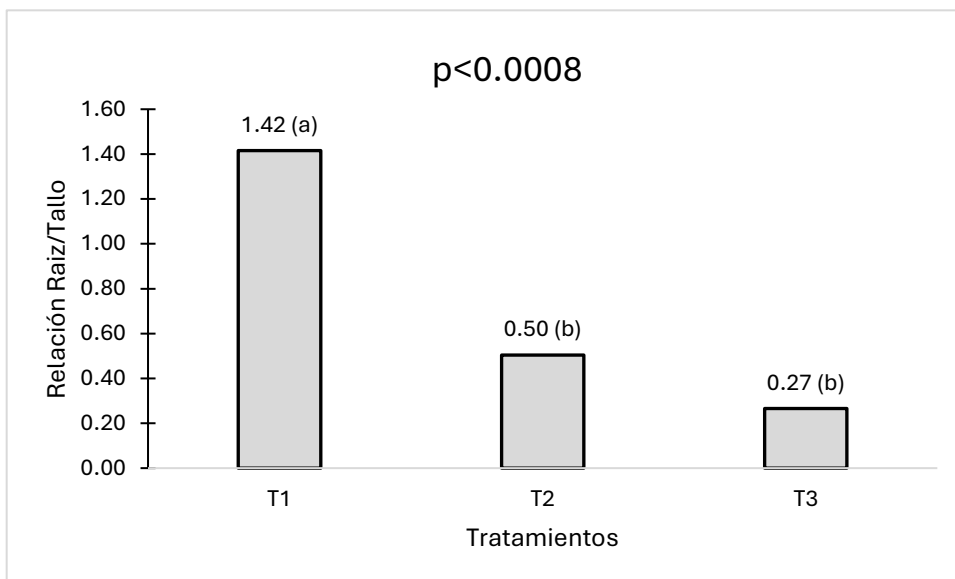
Figura 6. Relación Raíz / Tallo de plántulas de chiltoma

La Figura 6 presenta los resultados de la relación raíz/tallo en plántulas de chiltoma (*Capsicum annuum* L.) variedad Nathalie, bajo la aplicación de tres tratamientos bioestimulantes.

El ICD integra la relación entre la masa seca total de la planta (g) y la relación parte seca aérea/parte seca radicular. Un ICD inferior a 0.15 podría significar problemas en el establecimiento de una plantación. Generalmente, mientras más estrecha es la relación tallo/raíz (cercana a 1), mayor es la posibilidad de supervivencia en sitios secos (Lanuza Lanuza et al., 2021).

El análisis de varianza (ENDEVA) evidenció diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.0008$) con un coeficiente de determinación elevado ($R^2 = 0.91$). Según la prueba de Tukey, el tratamiento T1 difirió estadísticamente de los tratamientos T2 y T3, lo que indica que el extracto de bambú favoreció un mejor equilibrio en la distribución de biomasa entre las partes subterráneas y aéreas de las plántulas.

Los resultados muestran que el tratamiento T1 (extracto de bambú) alcanzó el valor promedio más alto con 1.42 según el ICD estas plántulas presentan una calidad más alta en la distribución de la biomasa aérea y radicular, seguido del T2 (lixiviado de raquis de banano enriquecido con harina de roca) con un valor promedio de 0.50 con una calidad de plántulas media, mientras que el T3 (testigo) presentó la relación más baja con 0.26.



El análisis realizado en Estelí por (Flores Obando & Avilés Segura, 2022) utilizando diferentes bioestimulantes encontraron diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos para ICD de (1.35, 1.36 y 1.38 respectivamente), lo cual expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez. En el estudio realizado por (Saenz Reyes et al., 2010), los rangos de calidad de Dickson van de 0.2 a 0.5 en el que se incluyeron categorías de calidad donde valores menores a 0.2 son considerados de calidad baja, entre 0.2 y 0.5 de calidad media y mayores de 0.5 de calidad alta.

Análisis de costos de producción por manzana

Tomando en cuenta en una manzana de terreno se pueden cultivar alrededor de 20,000 plántulas de chiltoma según estudios realizados por (INTA, 2018). Se recalculó el costo de producción por tratamiento. A partir de los costos unitarios previamente estimados por plántula (T1 = C\$ 2.30; T2 = C\$ 2.16; T3 \approx C\$ 1.96), el costo total de producción de plántulas por manzana es de:

T1-Extracto de bambú: Costo por Mz = $2.30 \times 20,000 = \text{C\$ } 46,000$

T2-Lixiviado de raquis de banano enriquecido con harina de roca: Costo por Mz = $2.16 \times 20,000 = \text{C\$ } 43,200$

T3-Testigo sin bioestimulante: Costo por Mz = $1.96 \times 20,000 = 39,200$

Estos costos incluyen los insumos utilizados en la formulación (bambú, raquis de banano, harina de roca, agua, sustrato, semilla y mano de obra), pero no incluye la mano de obra de aplicación, que se mantiene constante entre tratamientos. El resultado muestra que, al producirse 20,000 plántulas por manzana, el costo de incorporar bioestimulantes sigue siendo muy bajo en términos absolutos, lo que coincide con estudios de viveros de hortalizas y empresas de plántulas que han encontrado que los costos por unidad suelen ser reducidos cuando se utilizan insumos locales y tecnologías sencillas.

Beneficios económicos estimados de producción por manzana

Asumiendo un precio de venta de C\$ 4.2 por plántula medianamente más bajo que el costo del mercado, el ingreso bruto potencial por la venta de 20,000 plántulas por manzana es:

Beneficio bruto por manzana = $20,000 \times 4.2 = \text{C}\$84,000$

Este beneficio es el mismo para los dos tratamientos si se asume que todas las plántulas presentan la misma calidad en desarrollo fenológico y vigor.

El beneficio neto por manzana, es decir, ingreso menos costo, es el siguiente:

- T1-Extracto de bambú: Beneficio neto = $84,000 - 46,000 = \text{C}\$ 38,000$
- T2-Lixiviado raquis + harina de roca: Beneficio neto = $84,000 - 43,200 = \text{C}\$ 40,800$
- T3-Testigo: Beneficio neto = $84,000 - 39,200 = \text{C}\$ 44,800$

Aunque el testigo presenta el mayor beneficio neto numérico por tener un costo más bajo debido a que no se hicieron aplicaciones foliares, este resultado debe interpretarse con cautela, ya que no considera diferencias en calidad de plántula ni en desempeño en campo, que son claves en la producción y la venta de plántulas.

Tabla 4. Relación beneficio costo por tratamientos

En la tabla 4 se presentan los resultados de la relación beneficio-costo de las plántulas de chiltoma tratadas con bioestimulantes

En términos de evaluación de proyectos agropecuarios, se considera que una relación B/C mayor a 1 indica viabilidad, y en muchos manuales se sugiere que proyectos agrícolas con $B/C \geq 1.5$ son económicamente atractivos (Mendieta , 2005). Bajo este criterio, tanto T1 como T2 son rentables a escala de manzana, y sus valores de B/C están muy por encima de los mínimos requeridos, incluso si se introdujeran ajustes por riesgo o variaciones de precio.

En la tabla 4 se observa que el tratamiento T2 es la alternativa más atractiva, con una relación B/C de 1.94 por manzana, lo que significa que por cada córdoba invertido en la producción de plántulas se recuperan C\$ 1.94 lo que evidencia que el uso de lixiviado de raquis y harina de roca es el tratamiento que genera mayores beneficios en ingresos brutos. El tratamiento T1 también ofrece una relación B/C alta con 1.82 aun con un costo algo mayor, sigue siendo una inversión rentable y compatible con enfoques de agricultura sostenible. Aunque, el tratamiento T3 se observa un mayor beneficio cabe destacar que no incurre en costo de bioinsumo, pero tampoco aporta los posibles beneficios agronómicos atribuibles al uso de bioestimulantes, como mejor desarrollo radicular, mayor tasa de crecimiento.

La relación beneficio–costo (B/C) se calculó como: $B/C = \text{Beneficio bruto de producción por manzana} / \text{costo total de producción por manzana}$

Tratamiento	Costo por planta (C\$)	Costo por mz(C\$)	Beneficio por mz (C\$)	Relación B/C
T1 – Extracto de bambú	2.30	46,000	84,000	1.82
T2 – Raquis + harina de roca	2.16	43,200	84,000	1.94
T3 – Testigo	1.96	39,200	84,000	2.14

Datos similares se encontraron en una investigación realizada en la ciudad de León por (Aguilar Duarte et al., 2016), quienes mediante su trabajo evaluaron tratamientos orgánicos y convencionales en cultivo de chiltoma, determinando que en cuanto a la fertilización orgánica por 21 plántulas establecidas por bloque, se obtuvo un costo de C\$ 12.8 por bloque y C\$0.60

por planta, lo que hace constar la rentabilidad de los tratamientos orgánicos aplicados a los cultivos.

13. Conclusiones

Los resultados obtenidos permitieron determinar que la aplicación de bioestimulantes influyó de manera positiva en el desarrollo de las plántulas, evidenciándose mejoras en el desarrollo fenológico y vigor general, en comparación con el tratamiento testigo. Estos efectos reflejan el potencial de los bioestimulantes para favorecer un crecimiento más uniforme y saludable en la etapa de vivero.

Asimismo, el estudio permitió identificar diferencias entre los tratamientos evaluados, lo que demuestra que el tipo de bioestimulante y su aplicación adecuada son factores determinantes en la calidad de las plántulas. El cumplimiento de los objetivos planteados confirma que el uso de bioestimulantes constituye una alternativa viable para mejorar la producción de plántulas de chiltoma.

A pesar de las limitaciones propias del estudio, como el tiempo de evaluación y las condiciones específicas del vivero, los resultados obtenidos aportan información relevante para productores y técnicos agrícolas interesados en optimizar la producción de plántulas. Finalmente, se recomienda continuar investigando el uso de bioestimulantes en diferentes etapas del cultivo y bajo distintas condiciones ambientales, con el fin de fortalecer su aplicación y maximizar los beneficios en la producción de chiltoma.

14. Recomendaciones

- Se recomienda aplicar el bioestimulante T2 lixiviado de raquis de banano enriquecido con harina de roca cuando el objetivo sea obtener plántulas con mejores variables aéreas y quienes prioricen un mayor desarrollo radicular se sugiere emplear el tratamiento T1 (extracto de bambú),.
- Se recomienda considerar estos bioestimulantes como alternativas complementarias o sustitutas de productos químicos, especialmente en viveros que buscan reducir costos y evitar el uso excesivo de agroquímicos.
- También, se sugiere implementar registros de campo para evaluar de manera continua los cambios en el crecimiento y comparar los resultados al finalizar la cosecha del cultivo de chiltoma.
- Sería útil promover el uso de bioinsumos locales como los evaluados, ya que su preparación es económica, accesible y puede adaptarse a diferentes sistemas de producción.
- Se considera necesario experimentar con otra cantidad de dosificación para ver que resultados podemos obtener a través de esta nueva dosis.
- Se sugiere repetir esta investigación en otras épocas del año o en diferentes condiciones ambientales para comprobar si los resultados se mantienen.
- También es importantísimo evaluar o replicar este estudio con diferentes dosis combinaciones y frecuencias de aplicación de bioestimulantes para determinar si pueden obtenerse respuestas más contundentes que fortalezcan la validez de estos resultados.

15. Referencias

- Aguilar Duarte, A. d., Castilla Hurtado , S. A., & Trujillo Amador, E. M. (2016). *Evaluar el comportamiento de la chiltoma (Capsicum Annum L) variedad tres cantos bajo el sistema convencional vs orgánico en La Quinta Vera*. Repositorio UNAN. Chontales: Universidad Autonoma de Nicaragua.
- Cuevas Pérez, J., & Olivas Lira, A. (2015). *Efecto de bioestimulantes microbianos en plántulas y frutos de chile jalapeño (Capsicum annum L.) producidos en macrotúnel*. Universidad Nacional Autonoma De Nicaragua.
- Mendieta , B. (2005). *FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS DE INVERSION AGROPECUARIA*. Universidad Nacional Agraria de Nicaragua.
- Meza Cascante., L. (S F). *El paradigma positivista y la concepción dialéctica del conocimiento*.
<https://revistas.tec.ac.cr/index.php/matematica/article/download/2296/2087>
- Morazán Calero, M., & Rodas Moreno, F. (2019). *Efecto de ácidos húmicos, fúlvicos y carbono orgánico presentes en el agua de riego y la absorción de nutrientes en plántulas de Nicotiana tabacum, Estelí 2019*. Universidad Católica del Trópico Seco.
- Noa Carrazana, J., Valencia Ordoñez, A., Chávez Estudillo, V., Jarillo Rodríguez, J., Flores Estevez, N., & Córdova Nieto, C. (2018). *Obtención de lixiviados de raquis de plátano: uso potencial en cultivos*. Universidad Nacional Autónoma de Mexico.
- Requenez Alvarado, E., Bonilla Miranda, E., & López Chevez, F. (2019). *Evaluación de dos tipos de fertilizantes foliares orgánicos (Súper magro, MM líquido) + un testigo en el rendimiento del cultivo del Tomate (Lycopersicum Sculentum) en el 2019 ITA (German Pomares Ordoñez) Juigalpa, Chontales, Nicaragua*. Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua.
- Rivas Cerda, J., & Escorcía Ortega, B. (2019). *Efecto del bioestimulante florone, sobre la calidad física del grano de maní (Arachis hipogea L.), variedad Georgia 06-G, ciclo postrera León, 2019*. Universidad Nacional Agraria.

- Rizo Herrera , A., Chavarría Herrera, H., & Vásquez Parrales, I. (2019). *Efecto de fertilización con harina de roca en parámetros morfológicos del crecimiento de Moringa oleifera Lam.* Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Rodríguez Arrobo, T., Cajamarca Crespo, K., Barrezueta Unda, S., Luna Romero, A., & Villaseñor Ortiz, D. (2023). *Efectos de bioestimulantes en el crecimiento morfológico de plántulas de cacao en etapa de vivero.* Universidad Técnica de Machala (UTMACH).
- Velásquez Cruz, E., Ramos Mejía, I., & Cruz Salgado , F. (29 de Mayo de 2019). *Censo forestal para el establecimiento de un arboretum en la.* <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/11295/1/19846.pdf>
- Zavala González, I., & Soza Peralta, L. (2017). *Influencia de tres bioestimulantes orgánicos en la tolerancia al estrés hídrico de plántulas de Nicotiana tabacum en invernadero, UCATSE 2016-2017.* Universidad Católica del Trópico Seco.
- Adame García, J., Murillo Cuevas, F., Fernández Viveros, J., Cabrera Mireles, H., & Cornejo Castillo, R. (2024). *Efecto de bioestimulantes microbianos en plántulas y frutos de chile jalapeño (Capsicum annum L.) producidos en macrotúnel.* Tecnológico Nacional de México.
- Aker, C. (SF de 2018). *Producción de chiltoma Nathalie bajo estructuras protegidas.* https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/guia_chiltoma.pdf
- Álvarez, E., & Pantoja , A. (2018). *Producción de lixiviado de raquis de plátano en el Eje Cafetero de Colombia.* <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/AS091S>
- Baridón, J. E., López, E. R., Novillo, B., Uliambre, V., Pincirolí, M., Cárdenas, M., . . . Pastorino, G. (24 de mayo de 2024). *USO DE LIXIVIADO DE RAQUIS DE BANANA COMO FERTILIZANTE.* https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/174690/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Canteras del cerro. (04 de Abril de 2021). *Harina de roca y agricultura.* <https://www.canteraselcerro.com/harina-roca-organica/>

- Cruz Cruz, H., & Uriarte Blake, R. (2021). *Evaluación de dosis de fertilizante foliar y edáfico en el crecimiento y rendimiento del cultivo de chiltoma (Capsicum annum L.) var. Nathalie, San Esteban #2, Jinotega, 2021*. Universidad Nacional Agraria.
- De La A Rivas, , Z. R. (2022). *EVALUACIÓN DE DOS BIOESTIMULANTES SOBRE EL CRECIMIENTO INICIAL DE PIMIENTO (Capsicum annum Var. Marconi) EN LA PARROQUIA ANCONCITO, PROVINCIA DE SANTA ELENA*. Santa Elena: UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA. <https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9bb0b799-6006-47ed-ac6d-d34f905c2316/content>
- Delgado, P. (04 de Mayo de 2025). *resolutorio*. Nitrógeno en plantas: Función, aplicación y beneficios clave: <https://resolutorio.com/agro/funcion-del-nitrogeno-en-las-plantas/>
- Diaz Montenegro, D. (Septiembre de 2019). *Intagri*. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-hormonas-vegetales-en-las-plantas>
- Du jardín, P. (02 de Marzo de 2020). *ioestimulantes Agrícolas, Definición, Principales Categorías y Regulación a Nivel Mundial*. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/bioestimulantes-agricolas-definicion-y-principales-categorias>
- Enriquez Leon, E. W. (2021). *USO DE BIOESTIMULANTE RADICULAR COMO COMPLEMENTO A LA FERTILIZACION EN CULTIVO DE BANANO (Musa paradisiaca AAA), GUAYAS ECUADOR*. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR.
- Flores nelson, & Morales, I. (Octubre de 2022). *Fundesyram*. <https://fundesyram.info/wp-content/uploads/2022/10/Uso-Apropiado-de-los-insumos-org%C3%A1nicos.pdf>
- Flores Obando, J., & Avilés Segura, M. (2022). *Uso de tres dosis del bioestimulante ROBUST® para el crecimiento radicular y foliar en el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L) en Santa Cruz, Estelí*. Universidad Nacional Agraria.

- Franqui Hogar. (18 de Septiembre de 2018). *Bambú*.
<https://franquihogaronline.com/bambu/#:~:text=Origen%20del%20bamb%C3%BA,flechas%20o%20materiales%20de%20construcci%C3%B3n>.
- Gonzales, J. D., & Blandon, H. O. (5 de Agosto de 2007). *EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE PROTECCIÓN FÍSICA Y QUÍMICA*.
<https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf03g643e.pdf>
- INATEC. (2018). *Cultivo de hortalizas*.
https://www.tecnacional.edu.ni/media/Hortalizas_3X2OH2y.pdf
- Infoagronomo. (11 de Julio de 2021). *Sustancias humicas*. <https://infoagronomo.net/que-son-las-sustancias-humicas/>
- INTA. (2018). *Recomendaciones-produccion-Chiltoma*. <https://inta.gob.ni/wp-content/uploads/2023/11/Recomendaciones-produccion-Chiltoma-2018.pdf>
- Intagri. (2017). *Cultivos., Fuentes Orgánicas de N-P-K para la Nutrición de los cultivos*.
<https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/fuentes-organicas-de-n-p-k-para-la-nutricion-de-cultivos>
- Jardin, P. D. (5 de Abril de 2018). *ioestimulantes Agrícolas, Definición, Principales Categorías y Regulación a Nivel Mundial*.
<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/bioestimulantes-agricolas-definicion-y-principales-categorias>
- Lanuza Lanuza, O. R., Peguero, G., Vilchez Mendoza, S., & Casanoves, F. (2021). *Efecto del riego y la fertilización sobre la calidad de plántulas forestales con potencial uso para restauración del bosque tropical seco*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Loccsan. (2 de Julio de 2014). *Club de ensayos*. <https://www.clubensayos.com/Ciencia/La-Chiltoma/1851897.html>
- Lopez Benavidez, K., & Peralta Jarquin, F. (2017). *Generación de modelos alométricos y preferencia alimenticia del ganado bovino por los bovinos por los árboles forrajeros*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

- Ortega, J., Chilan Mata , M., & Narváz Campana, W. (https://www.redalyc.org/journal/436/43680066011/?utm_source). *Efecto de bioestimulantes sobre el crecimiento y la producción de pepino y melón en invernadero*. Universidad de Costa Rica.
- Pérez, J. L., & Lira, A. C. (14 de Junio de 2015). *Comportamiento de variables de crecimiento, desarrollo y producción de chiltoma*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Comportamiento de variables de crecimiento, desarrollo y producción de chiltoma: <https://repositorio.unan.edu.ni/6051/1/17899.pdf>
- Posigreen. (30 de diciembre de 2024). *QUE ES LA TURBA*. <https://posigreen.es/uncategorized/que-es-la-turba/>
- Redagricola. (2 de Febrero de 2017). *Fitohormonas: reguladores de crecimiento y bioestimulantes*. <https://www.redagricola.com/cl/fitohormonas-reguladores-de-crecimiento-y-bioestimulantes/>
- Revista latinoamericana. (4 de Noviembre de 2022). *Efecto de tres arreglos de siembra sobre variables agronómicas, productivas y pato métricas en el cultivo de chiltoma (Capsicum annuum) en camas biointensivas*. https://www.researchgate.net/publication/365241726_Efecto_de_tres_arreglos_de_siembra_sobre_variables_agronomicas_productivas_y_pato_mtricas_en_el_cultivo_de_chiltoma_Capsicum_annuum_en_camadas_biointensivas#:~:text=Capsicum%20annuum%20L%2C%20conocido%20en
- Saenz Reyes, J. T., Villasenor Ramirez, F., Munos Flores , J., Rueda Sanchez, A., & Prieto Ruiz, J. (2010). *Calidad de planta nen viveros forestales de clima templado en Michoacan*. Instituto Nacional de Investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias.
- Solis Salinas , k. (2020). *Aplicación de Dos Bioestimulantes Agrícolas en el Comportamiento Agronómico del Pimiento (Capsicum annuum)*. Universidad nacional agraria del Ecuador.
- Tarazona. (12 de julio de 2018). *BIOESTIMULANTES: QUÉ SON Y PARA QUÉ SIRVEN*. **BIOESTIMULANTES: QUÉ SON Y PARA QUÉ SIRVEN:**

<https://www.antoniotarazona.com/blog/noticias/bioestimulantes-que-son-y-para-que-sirven/>

Ulibarry, P. (1 de Marzo de 2019). *Consecuencias ambientales de la. Consecuencias ambientales de la:*
https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf

UNIR. (22 de Octubre de 2024). *Técnicas de recolección de datos en Big Data.*
<https://mexico.unir.net/noticias/ingenieria/tecnicas-recoleccion-datos/#:~:text=Qu%C3%A9%20son%20las%20t%C3%A9cnicas%20de,y%20%C3%BAtiles%20para%20tomar%20decisiones.>

Vega Miranda, H. F., & Aragón Valerop, J. C. (2018). *Comparación de la fertilidad del suelo bajo dos métodos de labranza: prehispánica y convencional, en la cooperativa de proyectos agropecuarios de Diriamba (COOPAD).* Universidad Nacional agraria. Carazo: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA.

Yucong Ba, M., & Changhong Mu, W. (3 de Mayo de 2022). *New insights into the local auxin biosynthesis and its effects on the ... [Investigación sobre bambú Moso y auxinas]. International Center for Bamboo and Rattan.*
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9111533/>

15. Anexos



Imágen 1. Podemos observar el inicio del levantamiento del vivero, seleccionamos el espacio adecuado para mejor adaptabilidad.



Imagen 2. Aquí ya teníamos terminado completamente la estructura de nuestro vivero con las condiciones adecuadas para el cultivo.



Imagen 3. Preparación del sustrato para el llenado de bandejas, el sustrato a base de turba fue previamente desinfectado al sol y posteriormente tamizado.



Imagen 4. Como podemos ver, empezamos con la siembra directa de la semilla de chiltoma variedad Nathalie en bandejas de 128 alvéolos.



Imagen 5. En esta etapa comenzamos con el proceso de elaboración del bioestimulante de lixiviado de raquis de banano con harina de roca fina, el cual fue machacado y guardado en recipientes oscuros para la fermentación anaerobia.



Imagen 6. Elaboración y colado de harina de roca mediante el uso de colador, martillo y una base.



Imagen 7. Elaboración del segundo bioestimulante a base de Bambú. Se recolectaron los brotes tiernos de bambú, los cuales se pasaron por la picadora de molino hasta obtener una masa vegetal, luego fue mezclada con agua destilada y refrigerada.



Imagen 8. Iniciamos con la aplicación de los tratamientos. La dosis por tratamiento se hizo de igual manera aplicando 20ml por bandeja.



Imagen 9. El riego se hizo de manera manual, cada dos días o según la necesidad, garantizando humedad constante sin encharcamiento.



Imagen 10. Iniciamos con las mediciones semanales de altura, número de hojas y diámetro del tallo, registrando todos estos datos en hojas de campo.



Imagen 11. Al finalizar el ciclo del vivero, seleccionamos 10 plántulas de la parte central de cada bandeja, luego separamos raíces y parte aérea para ser enviadas a laboratorio.

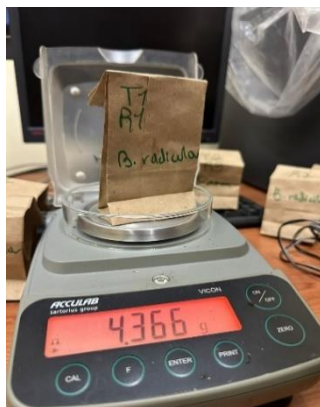


Imagen 12. Con ayuda de la balanza digital determinamos el peso seco de biomasa.



Imagen 13. Para finalizar procedimos a meterlas en el horno a temperatura constante hasta obtener un peso seco estable.

Tabla 7. Hoja de registro de gastos por tratamiento

Hoja de registro de gastos				
Bioestimulante a base de bambú				
Ítem	Insumo	Costo unitario	Consto total	Total
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Bioestimulante a base de raquis y harina de roca				
Ítem	Insumo	Costo unitario	Consto total	Total
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				



¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



