



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**  
**EXTENSIÓN EN EL CARMEN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**



Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**


**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**“Desarrollo vegetativo de cultivo de vainilla en condición de macro túnel  
con sistema de riego”**

**AUTORA:** Mishell Nicol Mecias Lucas

**TUTOR:** Ing, Miguel Angel Macay Anchundia, Mg.

El Carmen, 13 de febrero del 2026

|                                                                                                                                                                               |                                                                                                             |                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <br><b>Uleam</b><br><small>UNIVERSIDAD LAICA</small><br><small>ELOY ALFARO DE MANABÍ</small> | <b>NOMBRE DEL DOCUMENTO:</b><br><b>CERTIFICADO DE TUTOR(A)</b>                                              | <b>CÓDIGO: PAT-04-F-004</b> |
|                                                                                                                                                                               | <b>PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE</b><br><b>GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b> | <b>REVISIÓN: 1</b>          |
|                                                                                                                                                                               |                                                                                                             | Página I de I               |

## CERTIFICACIÓN

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

Haber dirigido, revisado, he orientado y aprobado de manera preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante **Mecías Lucas Mishell Nicol**, legalmente matricula en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2025 (2), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **“Desarrollo vegetativo de cultivo de vainilla en condición de macro túnel con sistema de riego”**

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

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

El Carmen, 29 de enero del 2026.

Lo certifico,



Miguel Angel Macay Anchundia, Mg.

**Docente Tutor**

**Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria**

**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ**  
**EXTENSIÓN EN EL CARMEN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TÍTULO:**

**“Desarrollo vegetativo de cultivo de vainilla en condición de macro túnel  
con sistema de riego”**

**AUTOR:** Mecias Lucas Mishell Nicol

**TUTOR:** Miguel Angel Macay Anchundia, Mg.

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

Ing. Elizabeth Telli Tacuri Troya, Mg.

Ing. Nexar vismar Cobeña Loor, Mg.

Ing. Pedro Eduardo Nivelá Morante, Mg.



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Mecías Lucas Mishell Nicol** con cédula de ciudadanía 131365395-6, estudiante de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Extensión El Carmen, de la Carrera Ingeniería Agropecuaria, declaro bajo mi responsabilidad que las ideas, criterios, resultados y conclusiones expuestos en el presente trabajo de integración curricular, "**Desarrollo vegetativo de cultivo de vainilla en condición de macro túnel con sistema de riego**" son de mi autoría exclusiva.

El desarrollo de la investigación se ha sustentado con base teórico y técnico de diversos profesionales y fuentes bibliográficas, las cuales respaldan el contenido del estudio, asimismo, dejo constancia de que los derechos de propiedad intelectual derivados de este trabajo pertenecen a la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Extensión El Carmen conforme a las normativas institucionales vigentes.

Atentamente,



**Mecías Lucas Mishell Nicol**

El Carmen, 28 de enero de 2026

## DEDICATORIA

*"Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo dondequiera que vayas" -Josué 1:9-*

Dedico este trabajo con todo mi cariño a la persona que fui hace 5 años atrás, por empezar este camino cuando todo era incierto lleno de inseguridades y de preguntas sin fin, que cuestionaba si las decisiones eran correctas, por no rendirse cuando el cansancio quiso ser más fuerte que los sueños, por las horas de desvelo y aun así continuó escribiendo su historia con valentía.

Me dedico este logro como un recordatorio de que fui capaz, de que la disciplina, dedicación, perseveración y compromiso es un acto de amor contigo misma sin perder tu esencia, que la fe es el primer paso hacia todo lo que parece imposible.

Este trabajo no hubiese sido posible sin el apoyo de mi madre, quien presto atención a mis gritos desesperado aun cuando mis palabras no se pronunciaban, quien aprendió a escuchar desde su instinto maternal, a ella que me presto sus cálidos abrazos que me reconfortaban y eran mi lugar seguro, por su amor que no conoce límites ni fronteras demostrándome su amor incondicional con cada acto de empatía que me hizo sentir acompañada.

Cada página de este trabajo lleva impreso su sacrificio silencioso, porque que este logro no es solo mío, el calor de sus palabras me enseñó que el conocimiento también es una forma de amar, ofrezco este triunfo porque sin una de ella, la otra no habrá aprendido a volar, te amo mamá.

**Mecías Lucas Mishell Nicol**

## AGRADECIMIENTO

Quiero comenzar agradeciendo a Dios, quien ha estado conmigo desde el inicio de mi vida siendo mi brújula en todo momento, fuente de luz en mis días nublados, en cada intento por seguir, en cada fracaso, agradezco cada lección obtenida y que han forjado a ser la persona quien soy.

A mis padres, Gilber Mecías y Mercy Lucas quienes me enseñaron que cada logro a merita un trabajo largo y arduas, que las cosas no suceden estando de brazos cruzados, por cada día enseñarme que si no depositaba mi fe y confianza en Dios estaba remando contra la corriente, que todo tiene su tiempo y si algo no salía bien que agradeciera que no había mal que por bien no venga, por ese bonito lenguaje de amar de la misma manera a mis hermanos por creer en mí.

A mis hijos, Thiago Carrera y Gia Carrera que me han ayudado de manera indirecta a querer mejorar, por sus abrazos que me reconfortan y me curan el alma, por ser parte de mi vida, a mi pareja, por apoyarme en cada meta que me propongo, por acompañarme, animarme a seguir cuando sentía que no podía, por tratar de buscar solución ante los problemas cuando creía que era imposible.

A mis amigos, que hicieron parte de esta historia y me regalaron recuerdos que llevare conmigo, por todas las veces que me brindaron su ayuda, por las horas sin fin llena de conversaciones acompañadas de carcajadas, por cada pelea en los trabajos grupales que fortalecieron nuestras habilidades, a los amigos que ya no están, pero sin embargo dejaron una huella en mi corazón (N.V, S.P, M.R, A.Z.T, D.A, A.Z, A.B, C.Q, A.V, M.P, A.G, E.A, J.Z).

A la universidad, lugar en donde adquirir carácter como también forje mis conocimientos, por haberme permitido amar mi carrera dejándome una perspectiva diferente y consigo a mis maestros que trabajaron juntamente con este establecimiento compartiéndome su aprendizaje. A mi tutor Miguel Angel Macay Anchundia, Mg. por dirigirme y en este trabajo, gracias a su dedicación se realizó la presente investigación, además quiero expresar mi gratitud a la Ing. Miryam Zambrano quien siempre colaboró con el proyecto siendo ellos mis mentores para culminar este trabajo, tendré presente sus consejos para seguir realizándome como persona y profesional, también quiero agradecer a GAD Provincial de Manabí quien dono plántulas de *Vanilla tahitensis* a la universidad para realizar investigaciones.

## ÍNDICE

|                                                   |      |
|---------------------------------------------------|------|
| PORTADA.....                                      | 1    |
| CERTIFICACIÓN.....                                | II   |
| TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....                       | III  |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....                       | IV   |
| DEDICATORIA.....                                  | V    |
| AGRADECIMIENTO.....                               | VI   |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                             | X    |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                            | XI   |
| ÍNDICE DE ANEXOS.....                             | XII  |
| RESUMEN.....                                      | XIII |
| ABSTRACT.....                                     | XIV  |
| CAPÍTULO I.....                                   | 1    |
| TÍTULO.....                                       | 1    |
| INTRODUCCIÓN.....                                 | 1    |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                   | 2    |
| JUSTIFICACIÓN.....                                | 3    |
| OBJETIVOS.....                                    | 4    |
| i) Objetivo general.....                          | 4    |
| ii) Objetivos específicos.....                    | 4    |
| iii) Hipótesis.....                               | 4    |
| 1.1 Localización del ensayo.....                  | 5    |
| 1.2 Caracterización climatológica de la zona..... | 5    |
| 1.3 Materiales.....                               | 6    |
| 1.3.1 Material biológico.....                     | 6    |
| 1.3.2 Materiales y equipos de campo.....          | 6    |
| 1.4 Métodos.....                                  | 6    |

|                     |                                                        |    |
|---------------------|--------------------------------------------------------|----|
| 1.4.1               | Método empírico.....                                   | 7  |
| 1.4.2               | Método experimental .....                              | 7  |
| 1.4.3               | Método analítico sintético .....                       | 7  |
| 1.5                 | Variables .....                                        | 8  |
| 1.5.1               | Variable dependiente .....                             | 8  |
| 1.5.2               | Variable independiente .....                           | 8  |
| 1.6                 | Análisis estadístico.....                              | 8  |
| 1.7                 | Diseño experimental.....                               | 9  |
| 1.8                 | Tratamientos.....                                      | 10 |
| 1.9                 | Población y muestra .....                              | 10 |
| 1.10                | Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....   | 10 |
| 1.11                | Procedimiento .....                                    | 11 |
| CAPÍTULO II.....    |                                                        | 12 |
| MARCO TEÓRICO ..... |                                                        | 12 |
| 2.1                 | Vainilla tahitensis .....                              | 12 |
| 2.2                 | Usos y composición química de la <i>vainilla</i> ..... | 12 |
| 2.3                 | Mercado internacional y experiencias locales .....     | 13 |
| 2.4                 | Origen, taxonomía y distribución geográfica .....      | 13 |
| 2.5                 | Taxonomía de la vainilla .....                         | 14 |
| 2.6                 | Descripción botánica .....                             | 15 |
| 2.6.1               | Hojas y tallo .....                                    | 15 |
| 2.6.2               | Raíces.....                                            | 15 |
| 2.6.3               | Flores .....                                           | 15 |
| 2.6.4               | Fruto .....                                            | 16 |
| 2.7                 | Propagación .....                                      | 17 |
| 2.8                 | Requerimientos agroecológicos.....                     | 18 |
| 2.8.1               | Clima .....                                            | 18 |

|                                         |                                                       |               |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------|
| 2.8.2                                   | Temperatura .....                                     | 18            |
| 2.8.3                                   | Luz y sombra .....                                    | 18            |
| 2.8.4                                   | Precipitación y altitud .....                         | 18            |
| 2.8.5                                   | Suelo.....                                            | 19            |
| 2.8.6                                   | Cosecha.....                                          | 19            |
| 2.9                                     | Manejo del cultivo de vainilla .....                  | 19            |
| 2.9.1                                   | Protección mediante malla sombra .....                | 19            |
| 2.9.2                                   | Control de malezas .....                              | 20            |
| 2.10                                    | Tutorados .....                                       | 20            |
| 2.10.1                                  | Tutor vivo.....                                       | 20            |
| 2.11                                    | Generalidades de la vainilla beneficiada .....        | 21            |
| <b>CAPÍTULO III .....</b>               |                                                       | <b>22</b>     |
| 3.1                                     | Desarrollo de la propuesta.....                       | 22            |
| 3.1.1                                   | Inversión y costos de macrotúnel.....                 | 23            |
| 3.2                                     | Diseño y selección de tecnologías a implementar ..... | 25            |
| 3.3                                     | Plan de implementación.....                           | 27            |
| 3.4                                     | Resultados .....                                      | 28            |
| 3.4.1                                   | Altura (m).....                                       | 28            |
| 3.4.1                                   | Diámetro de tallo (m) .....                           | 30            |
| 3.4.1                                   | Número de hojas.....                                  | 32            |
| <b>CAPÍTULO IV .....</b>                |                                                       | <b>35</b>     |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>                |                                                       | <b>35</b>     |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>             |                                                       | <b>36</b>     |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b> |                                                       | <b>XXXVII</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                     |                                                       | <b>XLIII</b>  |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> <i>Características climatológicas de la localidad</i> .....                                                                                       | 5  |
| <b>Tabla 2.</b> Materiales de trabajo .....                                                                                                                       | 6  |
| <b>Tabla 3.</b> <i>Esquema del análisis de varianza</i> .....                                                                                                     | 9  |
| <b>Tabla 4.</b> Volumen de riego aplicado por tratamiento en el cultivo de vainilla .....                                                                         | 10 |
| <b>Tabla 5.</b> Volumen de riego por porcentaje .....                                                                                                             | 11 |
| <b>Tabla 6.</b> <i>Clasificación taxonómica del género Vanilla</i> .....                                                                                          | 14 |
| <b>Tabla 7.</b> Clasificación de la vainilla según el color.....                                                                                                  | 21 |
| <b>Tabla 8.</b> Propuesta de inversión .....                                                                                                                      | 23 |
| <b>Tabla 9.</b> <i>Inversión de construcción de soporte y cubierta de macrotúnel</i> .....                                                                        | 24 |
| <b>Tabla 10.</b> <i>Inversión de camas, sustrato y equipo de trabajo</i> .....                                                                                    | 25 |
| <b>Tabla 11.</b> <i>Altura de la liana de Vanilla tahitensis bajo tres volúmenes de riego en condición de macrotúnel durante seis semanas de evaluación</i> ..... | 28 |
| <b>Tabla 12.</b> <i>Diámetro del tallo de Vanilla tahitensis bajo tres volúmenes de riego durante seis semanas de evaluación en macrotúnel</i> .....              | 30 |
| <b>Tabla 13.</b> <i>Número de hojas de Vanilla tahitensis bajo tres volúmenes de riego durante seis semanas de evaluación en macrotúnel</i> .....                 | 32 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Localización geográfica del área de estudio .....                                                                                                      | 5  |
| <b>Figura 2.</b> Polinización manual de la flor de <i>Vanilla tahitensis</i> .....                                                                                      | 16 |
| <b>Figura 3.</b> <i>Partes de la planta de vainilla</i> .....                                                                                                           | 16 |
| <b>Figura 4.</b> <i>Etapas de propagación in vitro y desarrollo de brotes en Vanilla tahitensis</i> .....                                                               | 17 |
| <b>Figura 5.</b> Croquis del sistema de riego y disposición del macrotúnel de vainilla .....                                                                            | 26 |
| <b>Figura 5.</b> <i>Comportamiento de la altura de la liana de Vanilla tahitensis en seis semanas de evaluación bajo tres volúmenes de riego en macrotúnel</i> .....    | 29 |
| <b>Figura 7.</b> <i>Variación del diámetro del tallo de Vanilla tahitensis (mm) durante seis semanas de evaluación bajo tres volúmenes de riego en macrotúnel</i> ..... | 31 |
| <b>Figura 8.</b> <i>Número de hojas de Vanilla tahitensis durante seis semanas bajo tres volúmenes de riego en condición de macrotúnel</i> .....                        | 33 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                                                                                           |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Anexo 1.</b> Vista general del macrotúnel con distribución de tratamientos de riego en <i>Vanilla tahitensis</i> ..... | XLIII |
| <b>Anexo 2.</b> Aplicación de riego por tratamientos .....                                                                | XLIII |
| <b>Anexo 3.</b> Aplicación del sustrato por cama y por tratamientos .....                                                 | XLIV  |
| <b>Anexo 4.</b> <i>Actividades de manejo y limpieza del sistema de tutorado</i> .....                                     | XLIV  |
| <b>Anexo 5.</b> <i>Medición del diámetro del tallo mediante calibrador digital</i> .....                                  | XLV   |
| <b>Anexo 6.</b> <i>Polinización manual de flores de <i>Vanilla tahitensis</i></i> .....                                   | XLV   |
| <b>Anexo 7.</b> <i>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de la variable número de hoja</i> .....                | XLVI  |
| <b>Anexo 8.</b> <i>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de la variable número de altura de la planta</i> ..... | XLVI  |
| <b>Anexo 9.</b> <i>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de la variable diámetro de tallo</i><br>.....          | XLVI  |

## RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres volúmenes de riego en el crecimiento vegetativo de *Vanilla tahitensis* bajo condiciones de macrotúnel. Se aplicaron tres tratamientos hídricos: T1 = 1,0 L/planta/día (50 %), T2 = 2,0 L/planta/día (100 %) y T3 = 3,0 L/planta/día (150 %). La investigación se desarrolló mediante un Diseño Completamente al Azar con 48 plantas distribuidas en tres tratamientos y cuatro repeticiones. Se midieron longitud de liana, número de hojas y diámetro del tallo utilizando técnicas de medición directa y análisis estadístico ANOVA para identificar diferencias significativas entre niveles de riego. Los resultados mostraron que no existieron diferencias significativas entre tratamientos en la longitud de la liana en ninguna de las semanas evaluadas ( $p > 0,05$ ), con rangos de crecimiento entre 1,72 y 2,08 m. Para el diámetro del tallo, solo en la semana 3 se registró una diferencia significativa ( $p = 0,0431$ ), donde T1 presentó valores ligeramente superiores, aunque esta variación no se mantuvo en el resto del periodo. En cuanto al número de hojas, todos los tratamientos mostraron un comportamiento similar, con rangos entre 14 y 22 hojas por planta y sin diferencias estadísticas relevantes. Los coeficientes de variación se mantuvieron dentro de niveles aceptables, lo que indicó estabilidad experimental y adecuado control ambiental dentro del macrotúnel. En conclusión, los diferentes volúmenes de riego no generaron cambios significativos en el crecimiento vegetativo de *Vanilla tahitensis*, lo que evidencia que el macrotúnel proporcionó un microclima estable que permitió el desarrollo uniforme del cultivo.

**Palabras clave:** cultivo, vainilla, crecimiento, macrotúnel, volumen

## ABSTRACT

The study aimed to evaluate the effect of three irrigation volumes on the vegetative growth of *Vanilla tahitensis* under macrotunnel conditions. Three irrigation treatments were applied: T1 = 1.0 L/plant/day (50%), T2 = 2.0 L/plant/day (100%), and T3 = 3.0 L/plant/day (150%). The experiment was conducted using a Completely Randomized Design with 48 plants distributed across the three treatments and four replications. Vine length, number of leaves, and stem diameter were measured using direct measurement techniques, and an ANOVA was performed to identify significant differences among irrigation levels. The results showed no significant differences among treatments for vine length in any of the evaluated weeks ( $p > 0.05$ ), with growth ranging from 1.72 to 2.08 m. For stem diameter, a significant difference was detected only in week 3 ( $p = 0.0431$ ), where T1 showed slightly higher values, although this variation did not persist during the remaining evaluation period. Regarding the number of leaves, all treatments exhibited similar behavior, ranging from 14 to 22 leaves per plant, with no relevant statistical differences. Coefficients of variation remained within acceptable limits, indicating experimental stability and adequate environmental control within the macrotunnel. In conclusion, the different irrigation volumes did not generate significant changes in the vegetative growth of *Vanilla tahitensis*, demonstrating that the macrotunnel provided a stable microclimate that supported uniform plant development.

**Keywords:** crop, vanilla, growth, macrotunnel, volume

# CAPÍTULO I

## TÍTULO

Desarrollo vegetativo de cultivo de vainilla en condición de macro túnel con sistema de riego.

## INTRODUCCIÓN

Los cultivos de vainilla representan un valor significativo en la economía global por los múltiples productos que se obtienen a través de esta producción en las que son utilizadas en diferentes ámbitos como en la industria de alimentos, farmacéutica y cosmética (Rodríguez-Deméneghi, Rivera, et al., 2023). El manejo como el mantenimiento de dichos cultivos es un trabajo arduo y para su crecimiento óptimo es necesario conocer los requerimientos climáticos como también los edáficos; Cuervo, (2025) propone que en climas tropicales la temperatura adecuada es aproximadamente 20 °C hasta 30 °C, además el suelo ideal debe tener ciertas características de preferencia que no sean alcalinos (neutros), de textura ligeros y con buen drenaje.

Ecuador posee un clima versátil y se caracteriza por climas tropicales y húmedos dependiendo de la zona geográfica, siendo favorable para la producción agrícola, la provincia de Manabí al igual que las demás predomina por sus cualidades de hacer producir sus suelos; la ciudad de El Carmen tiene suelos de 5,76 hasta 7 en pH en terrenos que no han sido explotados, siendo ideal su clima y suelo para plantaciones de vainilla (Lozano-Povis et al., 2021).

Esta orquídea es susceptible a diferentes factores y existen métodos de barrera, de acuerdo con Meraz, (2023) plantea que al implementar macro túnel en los cultivos se obtiene un mayor control en las enfermedades o patógenos que se presenta y al mismo tiempo evitando que sean expuesta a heladas causando afecciones y pérdidas significativas, aunque considera Álvarez, (2023) que el costo de esta infraestructura puede variar según los materiales que se vayan a utilizar, además afirma que cada uno de los elementos cumplen una función crucial y según las necesidades de determinado cultivo es la elección.

Existen diferentes tipos de macro túneles como de plásticos, mallas en las cubiertas, como también de madera, metal, tubos PVC o de alambre galvanizados dependiendo de los recursos económicos. Es importante conocer sus beneficios para poder ejecutar estrategias, en

base a su adaptabilidad (Escamirosa-Tinoco et al., 2021) difiere que los macro túnel con plástico verde tiene un valor de RFA más significativo que el plástico transparente.

Carrasco & Ygnacio, (2022) manifiesta que dentro de los requerimientos y necesidades de los cultivos, el agua es uno de los recursos necesarios para la producción y cosecha, debido a que la carencia de este suministro o mal manejo se verán reflejados en la deshidratación de la planta como a su vez la reducción de la floración y fructificación, lo cual permite que el cultivo este más vulnerable a las plagas y enfermedades que las asechan, también argumenta (Hernández-López et al., 2020) que la falta de riego provoca que la plantación sufra de estrés hídrico consiguiendo que no se desarrolle de una forma favorable y en muchos casos a ocasionar pérdida de todo el cultivo y el exceso de agua por la mal administración de riego afectaría las raíces ocasionando la pudrición de estas mismas.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Simas et al., (2024) afirman que en la agroindustria el cultivo de vainilla representa un valor significativo por su aportación económica como también cultural, mayormente en zona o lugares en donde su clima es tropical, aunque existen incidencias ambientales que tienen influencia sobre este cultivo. Por otro lado según Chávez et al., (2025), al cultivar en sistemas tradicionales (cielos abiertos) existen parámetros que surgen afectando negativamente la fisiología de la planta, como el alargamiento de tallos, emisión de raíces adventicias y número de brotes; ante este escenario, surge la necesidad de ejecutar técnicas que ayuden a un control más eficiente, entre las cuales el uso de macro túneles se posicionan como una estrategia viable para optimizar el entorno del cultivo.

Sin embargo, con las posibilidades de acceder a los avances tecnológico en infraestructura agrícola, no se encuentra suficientes investigaciones que examinen el vínculo entre el sistema de riego y las condiciones de macro túnel en el progreso fisiológico de dicha especie; además, la carencia de conocimiento en técnicas para la incorporación de sistemas que sean adecuados y óptimos a los agricultores es uno de los factores que influyen en el impacto del cultivo, lo que se podía derivar en estrés hídrico, proliferación de ciertos microorganismo que afecten el vigor vegetal; al no tener la información necesaria impide elaborar protocolos de acuerdo a las exigencia para el rendimiento del cultivo en condiciones actas; (Ortiz y Arango, 2024). por ello, resulta fortuito abordar esta problemática desde un enfoque experimental que

permita evaluar indicadores específicos del desarrollo vegetativo de la vainilla bajo condiciones de macro túnel y con un sistema de riego tecnificado.

El cultivo de vainilla (*Vanilla* var. -tahitensis) presenta múltiples desafíos debido a su alta sensibilidad a factores ambientales como la humedad, la temperatura y la disponibilidad hídrica. En regiones donde las condiciones climáticas no son óptimas, su desarrollo vegetativo se ve limitado, afectando directamente su productividad; la falta de agua constante afecta directamente el crecimiento de las plantas, reduciendo su desarrollo vegetativo y la producción de vainas; además, las condiciones de sequía pueden provocar estrés hídrico, debilitando la planta y haciéndola más vulnerable a enfermedades.

### **Pregunta de investigación**

¿Cuál es la incidencia de las condiciones de macrotúnel con sistema de riego al desarrollo vegetativo del cultivo de *Vanilla tahitensis*?

### **JUSTIFICACIÓN**

Varios autores Ramos-Castellá et al. (2022), sostienen que el cultivo de vainilla es una de las principales en obtener materia prima a nivel mundial, aportando un 95 % de comercialización en las diferentes industrias, siendo una alternativa agrícola con valores significativos para los agricultores; particularmente en regiones con climas tropicales donde sus intereses han sido influenciado por la demanda de mercados internacionales como nacionales.

Barreda-Castillo et al., (2023) manifiestan que mantener el control edafoclimático es complejo debido a las limitantes a las que se expone el cultivo de vainilla por la falta de conocimiento sobre técnicas para implementar barreras que ayuden a optimizar el desarrollo vegetativo, particularmente en sus primeros inicios del ciclo en donde son más susceptibles y necesitan de un cuidado específico; así mismo, Acevedo (2022) afirma que es una labor que implica desafíos para los productores comenzando desde la adaptabilidad de la planta bajo condiciones de variabilidad climática, lo cual tiene un impacto desfavorable en el crecimiento, la sanidad vegetal, dejando secuelas futuras en la productividad.

Ante esta situación, Changovalin, (2023) propone que el empleo de la tecnología como los macro túneles facultan a estabilizar el microclima (temperatura, humedad, vientos, precipitación y radiación solar), conjuntamente con sistemas de riego supervisado, emerge

como una alternativa para potencializar las condiciones edafoclimáticas del cultivo y asegurar un desarrollo vegetativo más eficiente; el presente estudio es importante porque se centra en caracterizar el comportamiento vegetativo de la vainilla sujetándose a parámetros tecnificados, mediante la medición de variables morfológicas y fisiológicas, estos factores permitirán valorar la viabilidad técnica al implementarlas como indicadores en el cultivo.

Igualmente, esta investigación integra una evaluación económica del sistema de riego utilizado, permitiendo analizar su rentabilidad por medio del costo y beneficio siendo crucial para determinar si el uso de macro túnel y de riego son sostenible como opción para implementar los pequeños, medianos y grandes productores; por edén, este presente estudio no solo trata de brindar conocimiento científico sobre el desarrollo vegetativo, si no de igual manera contribuir con evidencia que sea eficiente para realizar elecciones que permitan optimizar recursos y mejorar la competitividad de cultivos en climas trópicos húmedos (Adame-García et al., 2024).

## **OBJETIVOS**

### **i) Objetivo general**

Analizar el desarrollo vegetativo de cultivo de vainilla en condición de macro túnel con sistema de riego.

### **ii) Objetivos específicos**

- Evaluar la viabilidad de las variables fisiológicas del cultivo de vainilla mediante la medición y el seguimiento de su desarrollo.
- Determinar el crecimiento vegetativo del cultivo de vainilla bajo condiciones de macro túnel con sistema de riego, mediante variables morfológicas.

### **iii) Hipótesis**

**Ha:** El uso de macrotúnel con sistema de riego mejora significativamente el desarrollo vegetativo del cultivo de vainilla en comparación con condiciones convencionales.

**H:** El uso de macrotúnel con sistema de riego no genera mejoras en el desarrollo vegetativo del cultivo de vainilla en comparación con las condiciones convencionales.

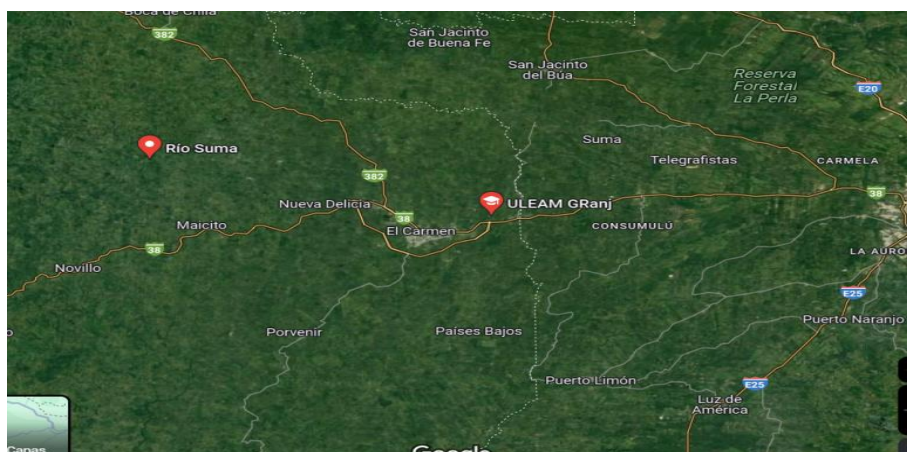
## METODOLOGÍA

En la investigación se utilizó los siguientes métodos de estudios como cuantitativo, cualitativo y experimental para verificar la viabilidad del proyecto, por lo tanto, observar su crecimiento vegetativo (morfológico y fisiológico) por el tiempo estimado de 3 meses, en donde se recopiló información importante (Sánchez et al., 2021).

### 1.1 Localización del ensayo

El trabajo de investigación se efectuó en los terrenos de la granja experimental Río Suma que pertenece a las instalaciones de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ubicado en la ciudad de El Carmen en el km 36 en la vía Santo Domingo-Chone; este sector se caracteriza por tener suelos de textura medias como también de un clima trópico húmedo (Zambrano, 2021).

**Figura 1.** Localización geográfica del área de estudio



**Nota.** Tomado de Google Maps, (2025).

### 1.2 Caracterización climatológica de la zona

A continuación, algunas características climatológicas del cantón:

**Tabla 1.** Características climatológicas

| Características                           | El Carmen      |
|-------------------------------------------|----------------|
| Clima                                     | Trópico Húmedo |
| Temperatura (°C)                          | 24             |
| Humedad Relativa (%)                      | 86             |
| Heliofanía (Horas luz año <sup>-1</sup> ) | 1026,2         |
| Precipitación media anual (mm)            | 2659           |
| Altitud (msnm)                            | 249            |

**Fuente:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2022)

### 1.3 Materiales

#### 1.3.1 Material biológico

Fueron utilizadas 48 plantas de *Vanilla* var. -tahitensis que fueron donadas por el proyecto del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Manabí “Generación de tecnología sostenible en el cultivo de vainilla en la provincia de Manabí”, distribuidas en tres tratamientos con cuatro repeticiones ocupando 12 unidades de dichas plantas por tratamiento.

#### 1.3.2 Materiales y equipos de campo

Para la ejecución del experimento se emplearon diversos materiales, equipos e insumos necesarios para el establecimiento y manejo del cultivo de *Vanilla planifolia* en condiciones controladas. Estos recursos permitieron el adecuado desarrollo de las actividades de campo, así como la correcta aplicación de los tratamientos experimentales. En la Tabla 2 se detallan los materiales y equipos utilizados durante el desarrollo de la investigación.

**Tabla 2.** *Materiales de trabajo*

| <b>Materiales para infraestructura</b>               | <b>Materiales y equipos de trabajo</b> | <b>Insumos</b>                            |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|
| Plástico (lamina infralene transparente de 8m x 50m) | Calibrados                             | ( $\text{NaHCO}_3$ ) Bicarbonato de sodio |
| Sarán                                                | Cinta métrica                          | Agua                                      |
| Ladrillos                                            | Registro                               | <i>Trichoderma</i> spp                    |
| cemento                                              | Tijera de podar                        | Insecticida orgánico de lavanda           |
| Arena                                                | Bomba                                  | Amonio cuaternario                        |
| Grapadora                                            | Atomizador                             | Sustrato                                  |
| Alambre galvanizado                                  | Alcohol                                |                                           |
| Tubos galvanizados                                   | Guantes                                |                                           |
|                                                      | Palillo dental                         |                                           |

### 1.4 Métodos

La investigación adoptó un enfoque mixto, combinando métodos empíricos, experimentales y analítico-sintéticos para evaluar el desarrollo vegetativo de *Vanilla tahitensis* establecida en un macrotúnel con sistema de riego. Estos métodos permitieron observar, medir y analizar el comportamiento fisiológico y morfológico del cultivo durante un periodo de tres meses, considerando la respuesta de la especie a distintos volúmenes de riego.

### **1.4.1 Método empírico**

El método empírico permitió obtener información directamente del campo mediante la observación sistemática del crecimiento de las plántulas. Este enfoque se fundamentó en el registro de características visibles como la longitud de la liana, el número de hojas y el diámetro del tallo, variables que reflejan el estado fisiológico y vigor vegetativo de *V. tahitensis*. Las mediciones se realizaron de manera periódica durante 90 días, permitiendo identificar tendencias reales del desarrollo del cultivo bajo las condiciones ambientales del macrotúnel (Álvarez & Sierra, 1995). El uso del método empírico fue esencial para validar la viabilidad fisiológica del cultivo y determinar su respuesta inicial a los diferentes volúmenes de riego evaluados.

### **1.4.2 Método experimental**

El método experimental se aplicó al manipular deliberadamente el sistema de riego como variable independiente, con el fin de evaluar su incidencia en el crecimiento de la vainilla. Se establecieron tres tratamientos: T1: riego por goteo al 50 % del volumen, T2 (testigo): riego al 100 % del volumen y T3: riego al 150 % del volumen. Cada tratamiento contó con cuatro repeticiones, utilizando 48 plantas distribuidas equitativamente.

Este método permitió controlar las variables ambientales del macrotúnel y comparar objetivamente los efectos del riego sobre el desarrollo vegetativo. La estructura experimental se sustentó en criterios cuantitativos para la medición de las respuestas morfológicas, en concordancia con el enfoque de experimentación agrícola moderna (Guadalupe & Concepción, 2020).

### **1.4.3 Método analítico sintético**

El método analítico–sintético se empleó para descomponer las variables morfológicas y fisiológicas en elementos medibles longitud, número de hojas y diámetro del tallo y posteriormente integrar la información en una interpretación global del crecimiento del cultivo. Mediante el análisis se identificaron patrones de respuesta al riego, y mediante la síntesis se establecieron conclusiones sobre la eficiencia del macrotúnel como estrategia productiva (Namakforoosh, 2000). Este método permitió relacionar los resultados con el desempeño fisiológico del cultivo y evaluar, de forma integrada, el beneficio–costo del sistema de producción implementado.

En este trabajo de investigación se utilizó diferentes métodos y técnicas para diagnosticar la viabilidad del cultivo de vainilla en condiciones de sistema de riego en macro túnel en clima de trópico húmedo, en términos de tipo de estudio se seleccionó el cuantitativo, cualitativo y diseño experimental (completamente al azar). De acuerdo con Palchisac (2024), define que la variable cuantitativa es aquella que puede determinar la viabilidad de un proyecto al obtener números reales tomada a partir de una muestra establecida, esto permitió evaluar el número de hojas, el diámetro del tallo, longitud del tallo.

Por medio del método cualitativo en opinión a Cedeño & Mena (2022), difiere que la investigación mediante este sistema es crucial para discernir la experiencia obtenida, de la misma manera se destacó la relevancia para evaluar los siguientes parámetros que se observaron en campo como la salud foliar es decir presencia de enfermedades o plagas al utilizar el vigor visual (color, tamaño, estado fisiológico de la planta).

Además, también se verifico dichos datos por el diseño experimental cuya finalidad es de proporcionar datos reales y así mismo de facilitar la comparación de tratamientos, minimizando aquellos factores que perjudican con los resultados, aunque también se adecuo en esta investigación para evaluar la diferencia vegetativa según el volumen del sistema de riego (Jaramillo et al., 2023).

## **1.5 Variables**

### **1.5.1 Variable dependiente**

- Longitud de la liana.
- Número de hojas.
- Diámetro del tallo.

### **1.5.2 Variable independiente**

- Sistema de riego:

## **1.6 Análisis estadístico**

Los datos obtenidos de las variables morfológicas (longitud de liana, número de hojas y diámetro del tallo) se organizaron en matrices para su posterior análisis. Previo al análisis de varianza, se verificaron los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro–Wilk y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene.

Por lo tanto, es necesario de evidenciar los datos con los que se van a trabajar estén dentro de las condiciones para su respectiva evaluación, por medio del Análisis de Varianza (ANOVA) se logra identificar si los diferentes volúmenes de agua tuvieron discrepancia entre sí. Dado el caso de lo antemencionado y de llegar tener una significancia ( $p < 0.05$ ), se amplía la prueba de comparación con el objetivo de obtener resultados más precisos por medio de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

El conjunto de datos recopilado en campo fue procesado a través del software InfoStat versión 2022, el cual elaboro las tablas comparativas, gráficos de tendencia y análisis descriptivos siendo eficientes para su interpretación del desarrollo y comportamiento del cultivo bajo diferentes niveles de riego dentro del macrotúnel, en la tabla 3 se encuentran los detalles de los análisis de varianza.

**Tabla 3.** *Esquema del análisis de varianza*

| <b>Fuente de variación</b> | <b>Grados de libertad</b> |
|----------------------------|---------------------------|
| Total                      | 11                        |
| Volumen de Riego           | 2                         |
| Error                      | 9                         |

### **1.7 Diseño experimental**

La investigación se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), debido a la homogeneidad del área del macrotúnel y a que los factores ambientales se mantuvieron constantes para todas las unidades experimentales. Se evaluaron tres tratamientos correspondientes a diferentes volúmenes de riego por goteo: 50 %, 100 % y 150 %. Los tratamientos se distribuyeron en partes iguales, en donde se optó dejar cuatro repeticiones por tratamiento y a su vez utilizar 12 unidades de estudio, ocupando un total de 48 plantas (Tabla 4).

Estas muestras estuvieron expuestas al mismo tipo de sustrato dentro del macrotúnel, de la misma forma se designaron de manera aleatoria para prevenir el sesgo debido a su colocación y evitar la ventaja en algunas plantas de las condiciones climáticas como también del manejo.

El diseño permitió comparar la respuesta del cultivo a distintos niveles hídricos y analizar la influencia del riego sobre las variables morfológicas definidas: longitud de la liana, número de hojas y diámetro del tallo. Este diseño es recomendado en estudios de morfología

vegetal cuando las unidades experimentales presentan condiciones homogéneas y un solo factor es manipulado (Hernández-López et al., 2020).

## 1.8 Tratamientos

En la tabla 4 se detallan los diferentes volúmenes de agua aplicado.

**Tabla 4.** *Volumen de riego aplicado por tratamiento en el cultivo de vainilla*

| Tratamientos | Descripción del tratamiento | Porcentaje aplicado | Volumen diario por planta (L) |
|--------------|-----------------------------|---------------------|-------------------------------|
| T1           | Riego por goteo reducido    | 50 % del volumen    | 1,0 L/planta/día              |
| T2 (Testigo) | Riego por goteo estándar    | 100 % del volumen   | 2,0 L/planta/día              |
| T3           | Riego por goteo aumentado   | 150 % del volumen   | 3,0 L/planta/día              |

## 1.9 Población y muestra

La población experimental estuvo constituida por 48 plantas de *Vanilla tahitensis* establecidas durante 18 meses en un macrotúnel con sistema de riego. Estas plantas se distribuyeron en tres tratamientos, cada uno con cuatro repeticiones, y cuatro plantas por repetición, sumando un total de 12 plantas evaluadas por tratamiento a una distancia de 55 entre plántulas.

La muestra correspondió a la totalidad de la población, ya que se registraron las variables fisiológicas y morfológicas en cada una de las plantas asignadas por hilera, permitiendo un análisis completo del crecimiento vegetativo bajo los diferentes volúmenes de riego.

## 1.10 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizaron enfoques que permitieron a que esta investigación recopilara información a través de registros de cada muestra, según las características que adquirieron bajo los diferentes tipos de tratamiento, en donde se utilizó cinta métrica para determinar el crecimiento de sus lianas, además también se usó calibrador para evaluar el diámetro de las plantas, como también una ficha de campo para el registro del número de hojas, en donde cada semana se procedió adjuntar dicha información lo cual permitió a la toma de decisión (Segura, 2021).

## 1.11 Procedimiento

Según Molina (2009), menciona que los macro túneles de cubierta plástica sirven como barrera para agentes infecciosos y además reduce la quemadura de las hojas de los cultivos brindando más seguridad en la producción, en base a esta información se realizó una infraestructura de 11,50 m de ancho y de largo de 15 m con una altura de 5 metro, con una cubierta plástica y de sarán.

La cubierta surge como respuesta de proteger y dar sombra a las flores como también las hojas de la luz directa de los rayos UV, asimismo el sarán ayuda a ventilar el área de acuerdo con Cueva et al., (2022) manifiestan que las malla bloquea insectos al igual manera libera la tensión regulando la temperatura e intercambiando la temperatura.

Los autores Haro et al., (2024) señalan la importancia de sembrar los esquejes de vainilla a una distancia de 60 cm para optimizar espacio como también aprovechar los recursos naturales, teniendo en cuenta dicha información se estableció dentro del proyecto hileras de 70 cm de ancho y 12 de largo, dejando un espacio entre pasillo de 80cm, cada material biológico necesita de tutores para su desarrollo (Tabla 5).

Beguiría et al., (2022) argumentan que el sistema de riego por goteo tiene una mayor presión a través de la forma en como radica o se distribuye el agua directamente a la raíz de la planta optimizando recursos evitando el estrés hídrico. En el cultivo de vainilla se optó por reutilizar el sistema de riego por goteo en donde se aplicó tres tratamientos por medio de mangueras que provienen desde el tanque elevado que se designó para el proyecto.

La cantidad del consumo del agua se estipuló mediante los porcentajes de volumen, mediante la fórmula  $Volumen = (Porcentaje/100) \times 2$  en un cultivo de 18 meses de edad (Díaz-Caravantes, Durazo-Gálvez, & Moreno Vázquez, 2021).

**Tabla 5.** *Volumen de riego por porcentaje*

| <b>Porcentaje aplicado</b> | <b>Volumen por planta por día (L)</b> |
|----------------------------|---------------------------------------|
| 50%                        | 1,0 litro                             |
| 100%                       | 2,0 litros                            |
| 150%                       | 3,0 litros                            |

Para sacar los respectivos valores se necesitó el volumen que consume cada planta de vainilla al día, en base a esa información se reemplaza los valores con los porcentajes a investigar utilizando la fórmula antes mencionada.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 *Vainilla tahitensis*

La vainilla *tahitensis* es una de las especies de orquídea mayor buscada por las industrias de fragancias que trabajan con esencias naturales y orgánicas, los chefs, las altas reposterías por su sabor que es extraído de las vainas que se producen después de polinizar la flor, no se asemejan en su totalidad a la esencia de vainilla sintética que se obtiene a través de los derivados de madera o petróleo (Rodríguez-Deméneghi et al., 2023).

Dentro de las industrias existen algunas especies que son cotizadas más a menudo y de mayor relevancia agrícola entre ellas se encuentran del género *Vanilla*, de las especies *planifolia*, *tahitensis* y *pompona*, cada una de estas especies cumplen con un rol (Shiguango, 2023). *Vanilla tahitensis* se ha posicionado dentro del mercado por su aroma floral que la caracteriza de las demás y por su versatilidad en adaptarse en circunstancias climáticas controladas. Para la producción de las vainas deben ser cosechadas con un manejo fitosanitario y atravesar por el proceso de curado asimismo deshidratar dicho producto (Deméneghi et al., 2025).

#### 2.2 Usos y composición química de la *vainilla*

La vainilla natural se emplea ampliamente en la industria alimentaria para elaborar productos de alto valor como helados premium, chocolates, repostería fina y confites especializados (Escate et al., 2025). Además, el extracto etanólico cuyo estándar comercial contiene alrededor de 35 % de alcohol se utiliza como saborizante y fijador aromático (Guevara & Martel, 2018). La calidad aromática se relaciona con el contenido de glucovainillina, precursor directo de la vainillina, compuesto que se genera tras la hidrólisis enzimática durante el beneficiado de las vainas (Parizaca, 2020).

Aunque la vainillina es el componente predominante, el aroma final es resultado de una mezcla compleja de más de 150 metabolitos, incluidos aldehídos, alcoholes, terpenos, ésteres y compuestos fenólicos, lo que convierte al extracto natural en un producto altamente valorado frente a los sustitutos sintéticos (Rodríguez-Deméneghi, Aguilar-Rivera, Gheno-Heredia, Armas-Silva, et al., 2023). Desde la perspectiva funcional, el extracto ha demostrado potencial antioxidante, antimicrobiano y actividad bioactiva de interés farmacéutico, donde la vainillina

se destaca como molécula con propiedades antimutagénicas y anticancerígenas (De la Cruz, 2018).

### **2.3 Mercado internacional y experiencias locales**

El mercado mundial ha mostrado un incremento sostenido hacia productos naturales y certificados, especialmente en consumidores europeos que priorizan sistemas de producción sostenibles, orgánicos y de origen local (Parizaca, 2020). Esta tendencia ha impulsado nuevas iniciativas de cultivo en países tropicales, incluido Ecuador, donde empresas y asociaciones han incorporado tecnología de invernaderos y macrotúneles para mejorar la productividad y la calidad poscosecha (Shiguango, 2023).

En Santo Domingo de los Tsáchilas han logrado con los años mantener este cultivo a través de condiciones controladas como son los invernaderos, demostrando la adaptabilidad por medio del rendimiento teniendo alrededor de 700 kg anuales y de la misma forma teniendo aceptabilidad en mercados internacionales mediante productos curados, en polvo y extractos especializados (Parismoreno-Rivas et al., 2024).

Existen diferentes sistemas de compra y venta, en la provincia de Napo se manejan por la clasificación teniendo en cuenta la calidad como también su tamaño, los precios oscilan entre 11 y 20 USD por kilogramo su valor en vainas verde depende, del valor agregado del cultivo en sistemas agroforestales (GAD Provincial de Napo, 2018). Para la comercialización de vainilla curada los precios son más elevados y pueden llegar a variar de 35 USD hasta 150 USD, su valor va a depender de la calidad aromática y el proceso de beneficiado (Guevara & Martel, 2018).

### **2.4 Origen, taxonomía y distribución geográfica**

La especie *planifolia*, surge en los bosques tropicales de México y Centroamérica, siendo domesticada y utilizada por el pueblo Totonaco (Grisoni & Nany, 2021). Esta cultura tenía creencias que influían en el valor simbólico y económico; posteriormente se extendió a otros lugares de mesoamericanas, que la conocían como *Xanath*, mientras que los mexicanos la llamaron *Tlilxochitl*, en referencia al aroma oscuro y dulce de las vainas curadas (Guevara & Martel, 2018; Rodríguez-Deméneghi, Aguilar-Rivera, Gheno-Heredia, Armas-Silva, et al., 2023).

Tras la colonización española, su consumo se difundió hacia Europa, consolidándose como un insumo fundamental en la elaboración de chocolates, repostería fina y productos lácteos aromatizados (Rodríguez-Deméneghi, Aguilar-Rivera, Gheno-Heredia, & Armas-Silva, 2023).

En los distintos lugares del mundo, la producción comercial se efectúa en los sectores tropicales como África, Asia, inclusive islas como Comoras, Filipinas, Indonesia hasta Madagascar y Uganda, aunque los países de Americas también se encuentra dentro del comercio tales como Mexico y Costa Rica (Rodríguez-Deméneghi, Aguilar-Rivera, Gheno-Heredia, & Armas-Silva, 2023). Por otra parte, su origen biogeográfico surge en Mesoamérica, estudios afirman indicios de ecotipo silvestres en la Amazonia ecuatoriana que describen el fenotipo y genotipo, que evidencia su oriundez nativa inexplorado (Grisoni & Nany, 2021).

## 2.5 Taxonomía de la vainilla

El género *Vanilla* pertenece a la familia *Orchidaceae* y abarca a más de un centenar de especies, que se encuentran principalmente en zonas tropicales (Tabla 6). Se caracterizan por alcanzar alturas mayores de 30 metros, siendo plantas trepadoras de crecimiento monopodial con hojas carnosas y alternas (Parismoreno-Rivas et al., 2024).

Las principales especies que se exportan son *V. planifolia*, *V. pompona* y *V. tahitensis*, esta última valorada por su aroma suave y floral, con un perfil aromático distinto debido a su mayor contenido de p-hidroxibenzaldehídos (Jacob, 2017).

**Tabla 6.** Clasificación taxonómica del género *Vanilla*

| Categoría taxonómica                                                                                 | Clasificación        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Reino                                                                                                | <i>Plantae</i>       |
| División                                                                                             | <i>Magnoliophyta</i> |
| Clase                                                                                                | <i>Liliopsida</i>    |
| Orden                                                                                                | <i>Asparagales</i>   |
| Familia                                                                                              | <i>Orchidaceae</i>   |
| Subfamilia                                                                                           | <i>Vanilloideae</i>  |
| Tribu                                                                                                | <i>Vanilleae</i>     |
| Subtribu                                                                                             | <i>Vanillinae</i>    |
| Género                                                                                               | <i>Vanilla</i>       |
| Especies de interés agrícola <i>V. planifolia</i> Jacks. ex-Andrews, <i>V. tahitensis</i> J.W. Moore |                      |

**Nota.** Tomado de Rodríguez-Deméneghi et al.,(2023)

## **2.6 Descripción botánica**

### **2.6.1 Hojas y tallo**

La vainilla (*Vanilla* spp.) corresponde a un grupo de orquídeas trepadoras, perennes y hemiepífitas, que dependen tanto del sustrato como del soporte vegetal para su desarrollo. Sus hojas presentan una disposición alterna, con láminas carnosas de contorno oblongado a elíptico-lanceolado, ápice acuminado y superficie notablemente lustrosa debido a la cutícula desarrollada, especialmente en el haz (Parismoreno-Rivas et al., 2024). La longitud foliar oscila aproximadamente entre 8 y 23 cm, con anchos de 2 a 8 cm y un grosor promedio de 1 a 2 mm (Rivas et al., 2021)

El tallo, de crecimiento monopodial y hábito voluble, puede extenderse hasta 10 m cuando encuentra un tutor adecuado. Presenta un diámetro de 0,6 a 1,3 cm y tejidos suculentos que facilitan su flexibilidad y la capacidad de emitir raíces adventicias en cada nudo (De la Cruz, 2020).

### **2.6.2 Raíces**

El sistema radical de la vainilla está constituido por dos tipos de raíces: Las raíces de anclaje o raíces terrestres, que se desarrollan en la capa superficial del suelo generalmente entre 5 y 15 cm de profundidad y pueden extenderse radialmente hasta 1,20 m alrededor de la planta (Rodríguez-López et al., 2019).

Las raíces adventicias, emitidas en los nudos, cuya función principal es fijar el tallo al tutor y absorber humedad ambiental (Wu et al., 2024). Este sistema radical poco profundo obliga a extremar el cuidado en las labores de campo, dado que el pisoteo ocasiona daños severos. Además, la especie se considera exigente en agua porque su fisiología está adaptada a zonas sombreadas y húmedas (Saldívar-Iglesias, 2015).

### **2.6.3 Flores**

La floración ocurre en racimos helicoidales de entre 4 y 26 cm de longitud, que pueden portar desde 7 hasta más de 30 flores por inflorescencia (Rodríguez-Deméneghi, Aguilar-Rivera, Gheno-Heredia, Armas-Silva, et al., 2023). Cada flor mide entre 6 y 7,5 cm de alto, es de coloración suave y presenta un aroma tenue que recuerda a la canela (Figura 2). Las flores

son efímeras, abriendo por lo general de una a tres por día, lo que requiere precisión en la polinización manual (Barreda-Castillo, Menchaca-García, & Morales-Ruiz, 2023).

**Figura 2.** *Polinización manual de la flor de Vanilla tahitensis*



#### 2.6.4 Fruto

El fruto es una cápsula alargada, dehiscentes y colgante, cuya longitud varía entre 8 y 30 cm y alrededor de 1,5 cm de grosor (Rodríguez-Deméneghi, Aguilar-Rivera, Gheno-Heredia, Armas-Silva, et al., 2023). Durante su maduración proceso que dura de ocho a nueve meses cambia progresivamente de un tono verde a uno oscuro y desarrolla el aroma característico que distingue a la vainilla natural (Figura 3) (Ramos-Castellá & Iglesias-Andreu, 2022).

En su interior contiene cientos de semillas pequeñas y brillantes, aunque la propagación sexual es ineficiente; por ello, la reproducción comercial se realiza casi exclusivamente mediante esquejes (Chambers, 2019).

**Figura 3.** *Partes de la planta de vainilla*

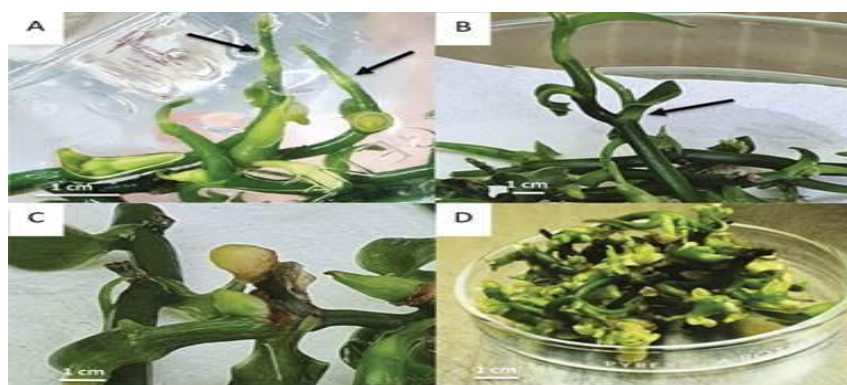


## 2.7 Propagación

La propagación de *Vanilla tahitensis* y *V. planifolia* se realiza principalmente por vía vegetativa utilizando esquejes de tallo. Se seleccionan secciones con dos o tres yemas activas provenientes de plantas vigorosas y libres de enfermedades (Parada-Molina et al., 2022a). Los esquejes deben proceder de tallos que aún no han producido frutos, ya que estas secciones presentan mayor actividad fisiológica (López-Juárez et al., 2019).

Algunos productores aplican reguladores o enraizadores para favorecer la emisión temprana de raíces, aunque no es un requisito indispensable para el establecimiento exitoso (Figura 4) (Ramos-Castellá & Iglesias-Andreu, 2022).

**Figura 4.** Etapas de propagación *in vitro* y desarrollo de brotes en *Vanilla tahitensis*



**Nota.** Tomado de Rodríguez-Deméneghi et al.,(2023)

La propagación *in vitro* se realiza a través de una serie etapas con asistencia técnica, obtenidas de la producción vegetativa a continuación se describen dichas etapas (Rodríguez-Deméneghi et al.,2023).

- a) Formación inicial de brotes y estructuras meristemáticas.
- b) Elongación de brotes bajo condiciones de cultivo controlado.
- c) Diferenciación de tejidos y aparición de brotes secundarios.
- d) Aclimatación y multiplicación masiva de brotes en medio de cultivo.

## **2.8 Requerimientos agroecológicos**

### **2.8.1 Clima**

*Vanilla planifolia* es una especie característica de los ecosistemas tropicales húmedos, donde las condiciones cálidas y la elevada disponibilidad de humedad ambiental favorecen su desarrollo vegetativo y reproductivo. Al tratarse de una orquídea hemiepífita, depende de microambientes estables y sombreados, típicos de bosques húmedos tropicales de baja elevación (Camacho & Reyes, 2021).

### **2.8.2 Temperatura**

Las regiones donde la vainilla crece de manera óptima presentan temperaturas cálidas y constantes. El rango ideal se sitúa entre 22 y 32 °C, acompañado de una humedad relativa elevada, cercana al 80 %, condiciones que reducen el estrés hídrico y permiten el funcionamiento adecuado de los procesos fisiológicos de la planta (Cuervo, 2025).

### **2.8.3 Luz y sombra**

La vainilla requiere ambientes sombreados para mantener un equilibrio entre fotosíntesis y pérdida de agua. Estudios agronómicos indican que una cobertura aproximada del 50 % de sombra es adecuada para promover un crecimiento estable y prevenir daños por radiación directa, especialmente en etapas juveniles (Mata et al., 2007; Barrera-Rodríguez, 2018). Esta condición imita el sotobosque de selvas tropicales, hábitat natural del cultivo.

### **2.8.4 Precipitación y altitud**

El cultivo prospera con una precipitación media anual mínima cercana a 1200 mm, distribuida durante la mayor parte del año, lo que contribuye a un ambiente húmedo constante (Barrera-Rodríguez, 2018).

En términos altitudinales, los mejores rendimientos se registran entre 0 y 600 msnm; sin embargo, ciertas especies del género *Vanilla* pueden adaptarse a zonas más elevadas y nubladas, como bosques de piedemonte o submontanos situados entre 800 y 1000 msnm. Entre estas especies se encuentran *V. karen-christianae*, *V. methonica*, *V. mexicana*, *V. odorata* y la propia *V. planifolia* (Shiguango, 2023).

### **2.8.5 Suelo**

El cultivo de vainilla demanda suelos fértiles, bien aireados y con buen drenaje, dado que el exceso de humedad en la rizosfera puede predisponer a enfermedades fungosas (Parada-Molina et al., 2022b). El pH óptimo se ubica entre 6,0 y 7,0, y se recomienda una alta proporción de materia orgánica, particularmente humus, para mejorar la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes en la capa superficial, donde se concentra el sistema radical (Rodríguez-Deméneghi, Aguilar-Rivera, Gheno-Heredia, Armas-Silva, et al., 2023).

### **2.8.6 Cosecha**

El fruto alcanza su madurez fisiológica entre seis y nueve meses después de la polinización, período durante el cual experimenta cambios visibles, como el reblandecimiento del pericarpo y la transición de un verde brillante a un tono verde amarillento opaco. Este cambio se inicia en el ápice de la vaina y constituye el principal indicador para determinar el momento de cosecha (Haro et al., 2024).

Para garantizar la calidad del producto, la recolección debe realizarse de manera individual utilizando herramientas desinfectadas, con el fin de evitar daños mecánicos o la introducción de patógenos (Wu et al., 2024). Una vez cosechadas, las vainas se colocan sobre mesas de secado para completar el proceso de deshidratación y desarrollar el aroma característico. De acuerdo con experiencias locales, no se recomienda el secado directo al sol, pese a que algunos manuales lo mencionan, ya que puede afectar la calidad aromática (Ovejero et al., 2013).

## **2.9 Manejo del cultivo de vainilla**

### **2.9.1 Protección mediante malla sombra**

El manejo bajo estructuras sombreadas constituye una estrategia que busca reproducir las condiciones naturales en las que *Vanilla planifolia* y *V. tahitensis* se desarrollan en los estratos inferiores de bosques tropicales (Barrera-Rodríguez et al., 2009). La implementación de malla negra al 50 % permite regular la intensidad lumínica, reducir el estrés térmico y mantener una humedad relativa favorable, generando un microclima similar al ofrecido por el dosel arbóreo (*canopy*) en ambientes selváticos (Parada-Molina et al., 2022).

Asimismo, la incorporación de sistemas de riego por goteo o aspersión asegura una humedad estable, indispensable para esta especie de fisiología hemiepífita (Barrera-Rodríguez et al., 2009a). Para evitar acumulación excesiva de calor, se recomienda ubicar la malla a una altura aproximada de 4 m y mantener abiertas las paredes laterales, lo que favorece la ventilación natural y la disipación térmica (Camacho & Reyes, 2021).

De acuerdo con Rivas et al. (2021), las plantas cultivadas bajo estructuras sombreadas mostraron mayor actividad vegetativa, evidenciada en un incremento en la emisión de brotes y formación de inflorescencias.

### **2.9.2 Control de malezas**

El manejo de malezas se realiza combinando métodos mecánicos, principalmente deshierba manual y el uso de herramientas como azadón y machete en los pasillos entre hileras (López-Juárez et al., 2019). En el área cercana al tutor se recomienda remover malezas únicamente con la mano, debido a la superficialidad del sistema radical de la vainilla, el cual ocupa los primeros 5–15 cm del suelo y puede dañarse con facilidad (Guevara & Martel, 2018). La preservación de raíces sanas es fundamental, ya que influye directamente en la absorción hídrica y el soporte fisiológico del cultivo (López-Juárez et al., 2019).

## **2.10 Tutorados**

### **2.10.1 Tutor vivo**

El uso de tutores vivos constituye un método tradicional ampliamente difundido en zonas productoras. Este sistema se basa en aprovechar especies arbóreas presentes en el ecosistema, las cuales brindan soporte estructural, sombra parcial y un microclima favorable (Parada-Molina et al., 2022). En México, por ejemplo, aprovechan los recursos ambientales, es decir incluir especies como *Erythrina americana*, *Guazuma ulmifolia*, *Bursera simaruba* y *Spondias* spp. para sostener las lianas de vainilla, permitiendo su desarrollo y a su vez brinda sombra como también reducen costos de instalación (Shiguango, 2023).

Aunque, al implementar este recurso implica riesgos fitosanitarios: los estudios destacan que la incidencia de patógenos en plantaciones con tutores vivos son superiores a aquellas que se encuentran en viveros, con una tasa promedio del 10 % de producción (Barrera-Rodríguez et al., 2009).

## 2.11 Generalidades de la vainilla beneficiada

La vainilla adquiere un valor comercial superior cuando atraviesa un proceso artesanal de horneado y asoleado que permite su venta en presentación en vaina o beneficiada (Guevara & Martel, 2018). Este procedimiento consistió en introducir las vainas verdes en un horno, el cual puede funcionar con leña para reducir los costos de operación (Shiguango, 2023).

Después de un tiempo definido, las vainas se retiraron del horno y se expusieron al sol con el propósito de deshidratarlas (Rodríguez-Deméneghi, Aguilar-Rivera, Gheno-Heredia, Armas-Silva, et al., 2023). Posteriormente, los ejotes de vainilla se clasificaron según su humedad, tamaño y calidad, agrupándose en mazos conformados por 60 a 100 vainas unidas con cuerdas (Tabla 7). Finalmente, estos mazos se empacaron en papel encerado y se colocaron en cajas para su comercialización (Parada-Molina et al., 2022).

**Tabla 7.** Clasificación de la vainilla según el color

| <b>Grado</b> | <b>Tipo</b> | <b>Color característico</b>                            |
|--------------|-------------|--------------------------------------------------------|
| Extra        | Gourmet     | Negro a café oscuro, sin presencia de rayas ni manchas |
| Categoría I  | Gourmet     | Negro a café oscuro, sin rayas ni manchas              |
|              | Ordinaria   | Café con rayas                                         |
| Categoría II | Gourmet     | Café claro con filamentos rojizos                      |
|              | Ordinaria   | Café con rayas                                         |
| Categoría II | Ordinaria   | Negro o café                                           |

**Nota.** Tomado de Rodríguez-Deméneghi et al.,(2023)

## CAPÍTULO III

### 3.1 Desarrollo de la propuesta

La propuesta consistió en evaluar el crecimiento vegetativo de *Vanilla tahitensis* bajo tres volúmenes de riego por goteo dentro de un macrotúnel, con el fin de determinar su efecto sobre la longitud de la liana, el número de hojas y el diámetro del tallo. El macrotúnel establecido se compone de 11.59 m de ancho por 15 m de largo, con una cobertura plástica transparente garantizando una vida útil prolongada a la infraestructura y a su vez controlar el microclima, además tiene una malla sarán para reducir la radiación solar permitiendo también ventilar el sector.

En la parte interna se fijó ocho camas para el cultivo, elaboradas de ladrillos macizos con medidas uniforme de 12 m de largo y 70 cm de ancho con una distancia entre pasillos de 80cm, optimizando y aprovechando el espacio. Las 48 muestras biológicas se distribuyeron de forma aleatoria como corresponde por el Diseño Completamente al Azar (DCA), con tres tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento.

Para suministro nutricional, se realizó un sustrato homogéneo con 320 Kg de tierra, 35 Kg de viruta de madera, 25 kg de tierra de guaba, 96 kg de estiércol (bovinaza) y para desinfectar se utilizó 50 kg de cal agrícola, conjunto que permitió a una buena aireación, de la misma manera a la disponibilidad de nutrientes y retención hídrica. Las plantas se sembraron a una distancia de 45–55 cm, cada una con un tutor de 1,60 m para sostener el crecimiento vertical de las lianas.

Las muestras experimentales fueron evaluadas por tres volúmenes de riego por goteo: T1 = 1,0 L/planta/día (50 %), T2 = 2,0 L/planta/día (100 %) y T3 = 3,0 L/planta/día (150 %). El sistema de riego se alimentó desde un tanque elevado abastecido mediante bombeo desde el pozo institucional.

El monitoreo se realizó semanalmente mediante mediciones de longitud de la liana, número de hojas y diámetro del tallo, empleando cinta métrica, calibrador de vernier y fichas de registro. Los datos obtenidos se procesaron en InfoStat 2022 aplicando pruebas de normalidad, homogeneidad de varianzas y ANOVA, seguido de Tukey cuando existieron diferencias significativas.

### 3.1.1 Inversión y costos de macrotúnel

La inversión total destinada a la implementación del macrotúnel y al equipamiento necesario para el cultivo alcanzó un valor de 1.163,79 USD. De este monto, la construcción del soporte y la cubierta del macrotúnel representó la mayor proporción, con un costo de 643,48 USD, equivalente al 55,29 % de la inversión total. Este rubro incluyó materiales estructurales como tubos galvanizados de 1” y 2”, alambres, pernos de techo y el plástico agrícola, siendo este último uno de los insumos más costosos dentro del grupo (258,50 USD). También se consideró la mano de obra especializada, que representó un aporte significativo dentro del mismo rubro (Tabla 8).

**Tabla 8.** *Propuesta de inversión*

| <b>Rubro / Concepto</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Costo unitario (USD)</b> | <b>Costo total (USD)</b> |
|-------------------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------|
| Alambre N.º 12          | 22,5 metros     | 1,50                        | 33,75                    |
| Alambre N.º 18          | 15 metros       | 0,06                        | 0,90                     |
| Perno techo             | 100 unidades    | 0,04                        | 4,00                     |
| Broca                   | 3 unidades      | 2,36                        | 7,08                     |
| Disco                   | 1 unidad        | 1,00                        | 1,00                     |
| Tubo galvanizado 2 in   | 3 unidades      | 16,50                       | 49,50                    |
| Tubo galvanizado 1 in   | 4 unidades      | 8,25                        | 33,00                    |
| Plástico                | 50 metros       | 5,17                        | 258,50                   |
| Grapadora               | 1 unidad        | 52,90                       | 52,90                    |
| Grapas                  | 3 unidades      | 3,45                        | 10,35                    |
| Flete                   | 1 servicio      | 35,75                       | 35,75                    |
| Mano de obra            | 1 servicio      | 192,50                      | 192,50                   |
| Subtotal de inversión   |                 |                             | 643,48                   |

La inversión destinada a la construcción del soporte y la cubierta del macrotúnel alcanzó un total de 643,48 USD, distribuida entre materiales, herramientas, insumos de sujeción, transporte y mano de obra. Dentro de esta categoría, el insumo de mayor costo fue el plástico agrícola, cuyo valor total ascendió a 258,50 USD, representando el 40,16 % del subtotal.

En cuanto a la estructura metálica, se adquirieron tres tubos galvanizados de 2 pulgadas por un total de 49,50 USD y cuatro tubos galvanizados de 1 pulgada por 33,00 USD, lo que corresponde en conjunto a 12,80 % de la inversión. Estos tubos conformaron el soporte principal y la fijación central y techo del macrotúnel. Se utilizaron además 22,5 metros de

alambre N° 12, con un costo de 33,75 USD, y 15 metros de alambre N° 18 por 0,90 USD, insumos destinados al tensado y fijación del plástico y las uniones laterales.

Los elementos de fijación incluyeron 100 pernos de techo por un valor total de 4,00 USD, así como tres brocas por 7,08 USD y un disco metálico por 1,00 USD, empleados para perforación y ensamblaje. Asimismo, se adquirió una grapadora por 52,90 USD y tres paquetes de grapas que sumaron 10,35 USD, utilizados para sujetar la cubierta al armazón.

El costo de flete ascendió a 35,75 USD, correspondiente al transporte de materiales desde la ferretería hasta la unidad experimental. Finalmente, la mano de obra, considerada indispensable para el armado, tensado y montaje completo del macrotúnel, tuvo un valor de 192,50 USD, representando el 29,93 % de la inversión total.

En conclusión, los mayores rubros de inversión se concentraron en el plástico agrícola (40,16 %), la mano de obra (29,93 %) y la estructura metálica (12,80 %), evidenciando que el montaje del macrotúnel requiere una proporción significativa de recursos destinados a materiales de cobertura y a la instalación técnica especializada (Tabla 9).

**Tabla 9.** *Inversión de construcción de soporte y cubierta de macrotúnel*

| <b>Rubro/ Concepto</b>       | <b>Cantidad</b> | <b>Costo Unitario (USD)</b> | <b>Costo (USD)</b> |
|------------------------------|-----------------|-----------------------------|--------------------|
| Alambre 12                   | 22, 5 metros    | 1,50                        | 33,75              |
| Alambre 18                   | 15 metros       | 0,06                        | 0,90               |
| Perno techo                  | 100             | 0,04                        | 4,00               |
| Broca                        | 3               | 2,36                        | 7,08               |
| Disco                        | 1               | 1                           | 1                  |
| Tubo galvanizado 2 in        | 3               | 16,50                       | 49,50              |
| Tubo galvanizado 1 in        | 4               | 8,25                        | 33,00              |
| Plástico                     | 50 metros       | 5,17                        | 258,50             |
| Grapadora                    | 1               | 52,90                       | 52,90              |
| grapas                       | 3               | 3                           | 10,35              |
| Flete                        | 1               | 35,75                       | 35,75              |
| Mano de obra                 | 1               | 192,50                      | 192,50             |
| <b>Subtotal de inversión</b> |                 |                             | <b>643,48</b>      |

La inversión destinada a la construcción de camas, preparación de sustrato y adquisición de equipos de trabajo alcanzó un total de 520,31 USD, equivalente al 44,71 % del costo general del proyecto. Dentro de esta categoría, los rubros de mayor peso económico fueron los ladrillos, con un valor de 180,00 USD (34,60 % del subtotal), y la mano de obra, que representó 90,00 USD (17,29 %). Le siguió la compra de cemento con 25,50 USD, la arena con 22,00 USD, y

los tubos galvanizados de 1 pulgada, cuyo costo fue de 33,00 USD, destinados a la fijación del techo y elaboración de la puerta para el ingreso de la infraestructura.

Los insumos de manejo fitosanitario y herramientas menores amonio cuaternario (13,80 USD), alcohol (10,26 USD), tijeras de podar (11,40 USD), bioestimulante (4,50 USD) y atomizadores (1,50 USD) representaron un costo conjunto reducido orientado a las actividades de limpieza, desinfección y mantenimiento. Finalmente, el sustrato especializado (7,35 USD) y el humus (15,00 USD) completaron la preparación del medio de propagación. El rubro “otros gastos”, con 42,60 USD, cubrió materiales complementarios requeridos durante la instalación. En conjunto, la inversión reflejó un predominio de costos asociados a la estructura física de las camas y la mano de obra, por encima de los insumos operativos y materiales auxiliares (Tabla 10).

**Tabla 10.** *Inversión de camas, sustrato y equipo de trabajo*

| <b>Rubro/ Concepto</b>     | <b>Cantidad</b> | <b>Costo Unitario</b> | <b>Costo Total</b> |
|----------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Abono de humus             | 25kg            | 0.60                  | 15,00              |
| Atomizadores               | 3               | 0.50                  | 1,50               |
| pediluvios                 | 1               | 1.50                  | 1,50               |
| Amonio cuaternario         | 4 litro         | 13.80                 | 13,80              |
| alcohol                    | 4 litros        | 10.26                 | 10,26              |
| Palillos de diente         | 2               | 0.50                  | 1,00               |
| Tijeras de podar           | 2               | 3.80                  | 11,40              |
| Lavanda                    | 1               | 2                     | 2,00               |
| vinagre                    | 1               | 1,50                  | 1,50               |
| Bioestimulante (carbón)    | 3,5 kg          | 4.50                  | 4,50               |
| Sustrato                   | 50kg            | 7.35                  | 7,35               |
| Mano de obra               | 3               | 30                    | 90                 |
| Ladrillos                  | 600             | 0,30                  | 180                |
| cemento                    | 3               | 8,50                  | 25,50              |
| Arena                      | 1               | 22                    | 22                 |
| Tubo galvanizado de 1 in   | 4               | 8.25                  | 33,00              |
| Otros gastos               | 1               | 32                    | 42,60              |
| Subtotal de inversión 2    |                 |                       | 520,31             |
| Subtotal de inversión 1    |                 |                       | 643,48             |
| <b>Total, de inversión</b> |                 |                       | <b>1.163,79</b>    |

### 3.2 Diseño y selección de tecnologías a implementar

El diseño tecnológico del sistema de producción se enfocó en garantizar un suministro hídrico preciso y diferenciado, debido a que el riego constituye el factor crítico que condiciona

el crecimiento vegetativo de *Vanilla tahitensis*. Para ello, se reinstaló un sistema de riego por goteo alimentado desde un tanque elevado, capaz de entregar caudales constantes y uniformes a cada planta. Esta tecnología permitió aplicar volúmenes controlados y comparables entre tratamientos, asegurando la validez experimental.

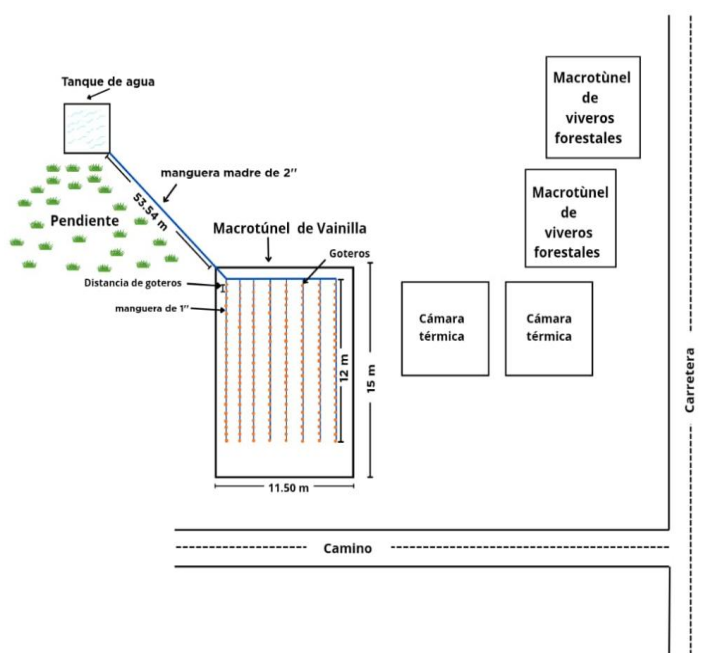
El sistema se configuró para evaluar tres niveles de riego, definidos según los requerimientos hídricos de plantas de vainilla en etapa vegetativa (18 meses de edad). Los volúmenes de aplicación fueron los siguientes:

- T1 – Riego reducido (50 %): 1,0 L por planta/día
- T2 – Riego estándar (100 %): 2,0 L por planta/día
- T3 – Riego aumentado (150 %): 3,0 L por planta/día

Estos valores se calcularon aplicando la fórmula:  $\text{Volumen} = (\text{Porcentaje} / 100) \times 2 \text{ L}$ , donde 2 L corresponde al requerimiento hídrico base del cultivo.

El sistema de riego se integró dentro de un macrotúnel de 11,59 m × 15 m, en el cual se habilitaron ocho camas con las medidas antes mencionadas. La distribución de las plantas facilitó la colocación equidistante de goteros y garantizó que cada unidad experimental recibiera el volumen exacto asignado. Esta precisión permitió evaluar únicamente el efecto hídrico, aislando otros factores ambientales (Figura 5).

**Figura 5.** Croquis del sistema de riego y disposición del macrotúnel de vainilla



La figura presenta el croquis técnico del sistema de riego por goteo diseñado para el macrotúnel destinado al cultivo de *Vanilla tahitensis*. El sistema se abasteció desde un tanque de almacenamiento ubicado en una zona con pendiente natural, lo que permitió operar por gravedad sin necesidad de bombeo mecánico. El tanque actuó como punto de origen del caudal y se conectó a una manguera madre de polietileno de alta densidad (PEAD) de 2”, destinada a garantizar una conducción estable del flujo hídrico a lo largo de 53,42 metros hasta el punto de distribución principal.

En la entrada del macrotúnel se instaló un cabezal de control compuesto por válvulas de apertura manual, uniones rápidas y derivaciones que permitieron regular la entrega del caudal hacia las líneas de riego secundarias. Desde este punto se distribuyeron mangueras laterales de 1”, dispuestas de forma paralela a lo largo de los 12 metros útiles del área de cultivo. Cada línea integró goteros calibrados para garantizar un caudal uniforme por planta y permitir la aplicación diferenciada de los tres volúmenes de riego correspondientes a los tratamientos experimentales.

El diseño del sistema consideró la distancia entre líneas de plantación, la uniformidad en la entrega del caudal y la capacidad de presión proporcionada por la pendiente del terreno. La estructura del macrotúnel, con dimensiones de 11,50 m de ancho por 15 m de largo, permitió alojar las hileras de conducción en condiciones controladas de temperatura y humedad. En la periferia del área se ubicaron las cámaras térmicas utilizadas para investigaciones paralelas, así como los viveros de apoyo para la propagación del material vegetal.

### 3.3 Plan de implementación

| Descripción               | Funcionamiento                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Preparación del sustrato  | Se formuló un sustrato compuesto por 320 kg de tierra, 35 kg de aserrín, 25 kg de tierra de guaba, 96 kg de bovinaza y 50 kg de cal agrícola. La mezcla se homogenizó y reposó para estabilizar la humedad y reducir la carga microbiana antes del llenado de fundas. |
| Adecuación del macrotúnel | Se acondicionó un macrotúnel de 11,59 m × 15 m, instalando cubierta plástica y malla sarán para regular luz, humedad y temperatura. Se verificó la tensión del plástico y el anclaje de los tubos galvanizados para asegurar estabilidad y ventilación adecuada.      |

### 3.4 Resultados

#### 3.4.1 Altura (m)

En la tabla 11 se presentan los valores obtenidos en el infostat, correspondiente al crecimiento de lianas de la *Vanilla thaitensis*, cuyas muestras experimentales fueron proporcionadas por el proyecto del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Manabí “Generación de tecnología sostenible en el cultivo de vainilla en la provincia de Manabí”.

**Tabla 11.** *Altura de la liana de Vanilla thaitensis bajo tres volúmenes de riego en condición de macrotúnel durante seis semanas de evaluación*

| Tratamiento | Semana 1     | Semana 2     | Semana 3     | Semana 4     | Semana 5     | Semana 6     |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| T1          | 1,81 ± 0,11a | 1,85 ± 0,01a | 1,88 ± 0,22a | 1,91 ± 0,22a | 1,95 ± 0,02a | 2,01 ± 0,03a |
| T2          | 1,72 ± 0,11a | 1,76 ± 0,01a | 1,85 ± 0,22a | 1,98 ± 0,22a | 1,89 ± 0,02a | 2,06 ± 0,03a |
| T3          | 1,73 ± 0,11a | 1,8 ± 0,01a  | 1,83 ± 0,22a | 1,97 ± 0,22a | 1,97 ± 0,02a | 2,08 ± 0,03a |
| CV          | 28,96        | 25,29        | 22,13        | 23,89        | 24,8         | 27,5         |
| P-valor     | 0,8142       | 0,0652       | 0,989        | 0,9786       | 0,199        | 0,9043       |

El análisis mostró que no existieron diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0,8142$ ) en la semana 1, lo que indicó que los tres volúmenes de riego generaron un crecimiento inicial similar. Las medias oscilaron entre  $1,81 \pm 0,11$  m (T1),  $1,72 \pm 0,11$  m (T2) y  $1,73 \pm 0,11$  m (T3), configurando un rango de altura de 1,72 a 1,81 m. El coeficiente de variación (CV = 28,96 %) se ubicó dentro del nivel esperado para etapas tempranas del cultivo, lo que reflejó uniformidad experimental aceptable (Tabla 11).

En esta semana tampoco se encontraron diferencias significativas ( $p = 0,0652$ ), aunque el valor se aproximó al umbral de significancia. Las alturas medias fueron  $1,85 \pm 0,01$  m (T1),  $1,76 \pm 0,01$  m (T2) y  $1,80 \pm 0,01$  m (T3), obteniéndose un rango de 1,76 a 1,85 m. El CV = 25,29 % mostró una reducción de la variabilidad respecto a la semana anterior, lo que indicó un comportamiento más homogéneo entre plantas en la Semana 2 (Tabla 11).

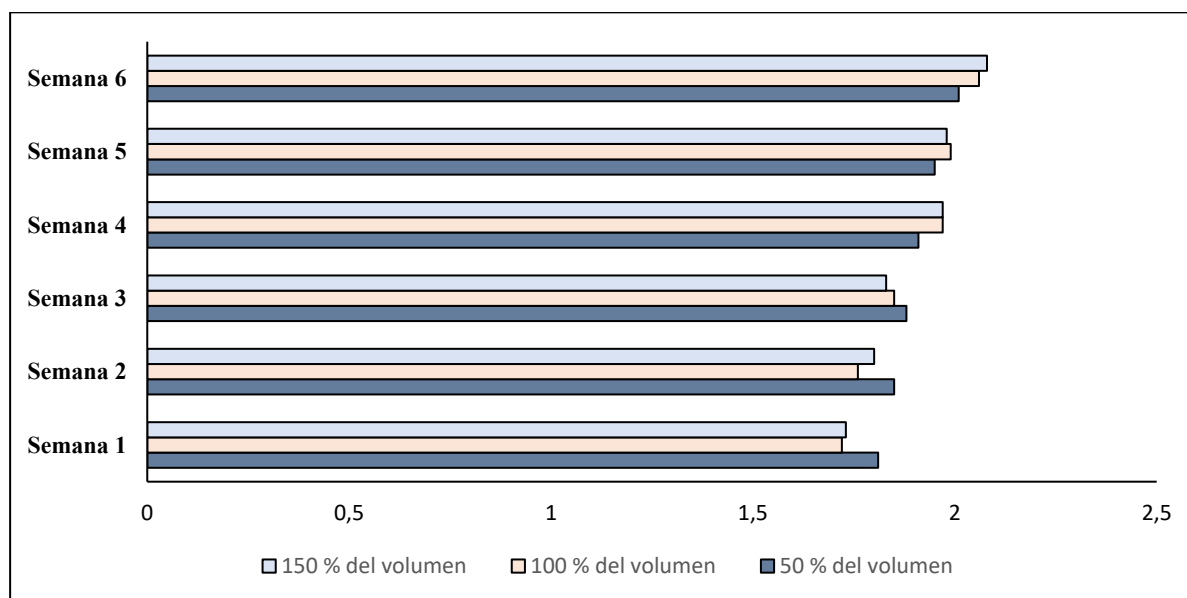
El crecimiento de la vainilla mantuvo la misma tendencia sin diferencias estadísticas ( $p = 0,989$ ). Las medias registradas en esta semana fueron  $1,88 \pm 0,22$  m (T1),  $1,85 \pm 0,01$  m (T2) y  $1,83 \pm 0,22$  m (T3), lo que originó un rango entre 1,83 y 1,88 m. El CV = 22,13 % evidenció una disminución progresiva de la variación, coherente con la estabilización del crecimiento vegetativo en la Semana 3 (Tabla 11).

Los tratamientos nuevamente no mostraron diferencias significativas ( $p = 0,9786$ ). Las alturas promedio alcanzaron  $1,91 \pm 0,22$  m (T1),  $1,98 \pm 0,22$  m (T2) y  $1,97 \pm 0,22$  m (T3), con un rango de 1,91 a 1,98 m. El CV = 23,89 % se mantuvo dentro de niveles adecuados, indicando estabilidad en la respuesta del cultivo ante las distintas láminas de riego en la Semana 4 (Tabla 11).

Los resultados continuaron sin variación estadística entre tratamientos ( $p = 0,199$ ). Las medias de altura fueron  $1,95 \pm 0,02$  m (T1),  $1,89 \pm 0,02$  m (T2) y  $1,97 \pm 0,02$  m (T3), con un rango de 1,89 a 1,97 m. El incremento en el CV = 24,8 % se consideró aceptable y no afectó la interpretación general de uniformidad en la Semana 5 (Tabla 11).

En la última semana evaluada tampoco se encontraron diferencias significativas ( $p = 0,9043$ ). Las alturas medias se ubicaron en  $2,01 \pm 0,03$  m (T1),  $2,06 \pm 0,03$  m (T2) y  $2,08 \pm 0,03$  m (T3), logrando un rango de 2,01 a 2,08 m, el más alto del periodo. El CV = 27,5 % reflejó una variación moderada atribuible al crecimiento acumulado típico de esta fase del cultivo Semana 6 (Figura 5).

**Figura 6.** Comportamiento de la altura de la liana de *Vanilla tahitensis* en seis semanas de evaluación bajo tres volúmenes de riego en macrotúnel



Los resultados del estudio mostraron que la altura, el diámetro del tallo y el número de hojas de *Vanilla tahitensis* no respondieron de manera significativa a los diferentes volúmenes de riego aplicados dentro del rango evaluado. Este comportamiento coincidió con lo reportado por Avianto (2025), quien señaló que la vainilla mantiene un crecimiento vegetativo estable

cuando se cultiva en ambientes protegidos con humedad relativa moderada, aun cuando existen fluctuaciones hídricas.

La altura registrada en el presente estudio (1,7–2,1 m) fue similar a la reportada por, quienes observaron alturas entre 1,8 y 2,4 m en plantas de 12–16 meses bajo invernadero.

### 3.4.1 Diámetro de tallo (m)

El diámetro del tallo fue evaluado por un tiempo determinado, a continuación, en la tabla 12 se presenta los resultados.

**Tabla 12.** *Diámetro del tallo de Vanilla tahitensis bajo tres volúmenes de riego durante seis semanas de evaluación en macrotúnel*

| Tratamiento    | Semana 1     | Semana 2     | Semana 3      | Semana 4     | Semana 5     | Semana 6     |
|----------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| T1             | 6,08 ± 0,29a | 6,45 ± 0,32a | 7,05 ± 0,32 a | 7,20 ± 0,30a | 7,28 ± 0,32a | 7,41 ± 0,30a |
| T2             | 5,94 ± 0,29a | 6,19 ± 0,32a | 6,9 ± 0,32 b  | 7,17 ± 0,30a | 7,25 ± 0,32a | 7,33 ± 0,30a |
| T3             | 5,62 ± 0,29a | 5,47 ± 0,32a | 6,02 ± 0,32 b | 6,37 ± 0,30a | 6,97 ± 0,32a | 7,22 ± 0,30a |
| <b>CV (%)</b>  | 21,5         | 23,4         | 20,41         | 20,5         | 19,93        | 16,11        |
| <b>P valor</b> | 0,0841       | 0,0841       | 0,0431        | 0,1202       | 0,7588       | 0,8961       |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

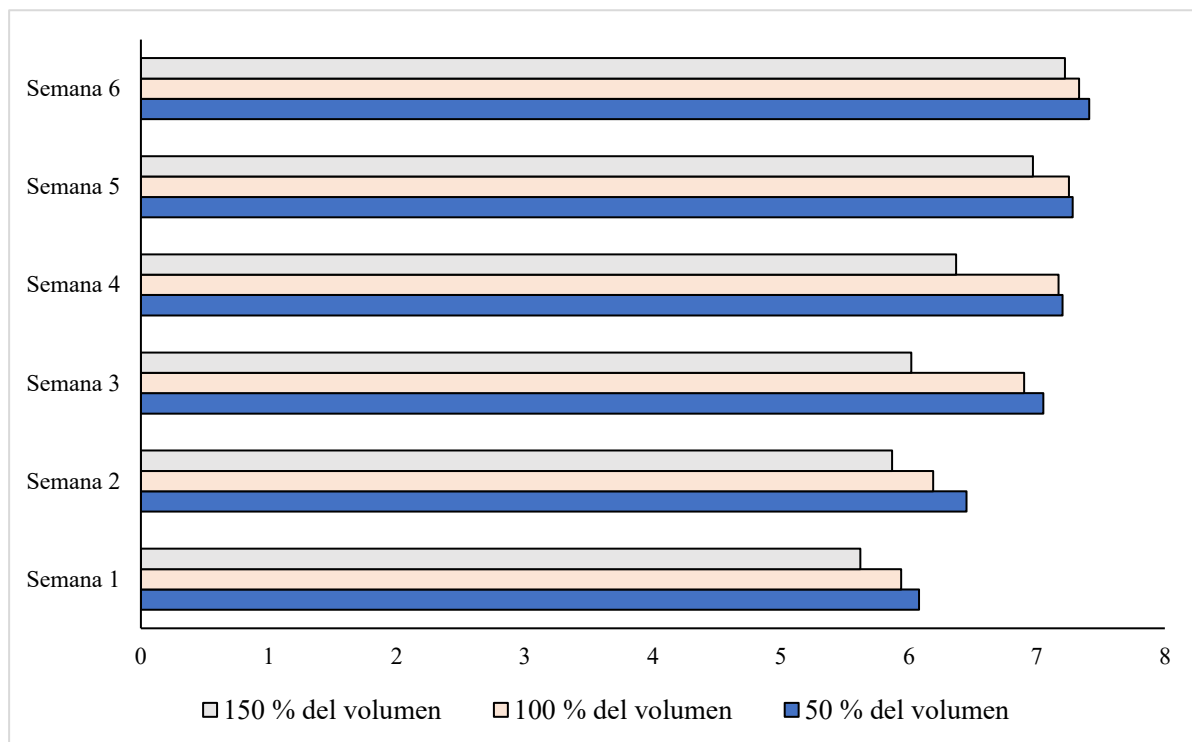
El análisis del diámetro del tallo mostró variaciones entre tratamientos a lo largo de las seis semanas de evaluación, aunque solo en la semana 3 se identificaron diferencias significativas. En la semana 1, el cultivo no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos ( $p = 0,0841$ ), y las medias oscilaron entre  $6,08 \pm 0,29$  mm (T1),  $5,94 \pm 0,29$  mm (T2) y  $5,62 \pm 0,29$  mm (T3), configurando un rango de 5,62 a 6,08 mm con un CV = 21,5 %, considerado adecuado para esta fase inicial. En la semana 2 se mantuvo la ausencia de diferencias significativas ( $p = 0,0841$ ), con valores que fluctuaron entre 5,47 y 6,45 mm, indicando estabilidad en la respuesta del tallo ante los tratamientos hídricos (Tabla 12).

En la semana 3 se observó la única diferencia estadística significativa ( $p = 0,0431$ ), donde el tratamiento T1 ( $7,05 \pm 0,32$  mm) mostró un diámetro superior respecto a T3 ( $6,02 \pm 0,32$  mm), mientras que T2 ( $6,90 \pm 0,32$  mm) se ubicó en un punto intermedio. Este comportamiento sugirió una posible respuesta puntual del cultivo ante la lámina de riego del tratamiento T1 en esa semana. El CV = 20,41 % confirmó precisión experimental adecuada. En la semana 4 los tratamientos volvieron a comportarse de forma similar ( $p = 0,1202$ ), y el

diámetro del tallo se mantuvo dentro del rango de 6,37 a 7,20 mm, reflejando una estabilización del crecimiento (Tabla 12).

Durante la semana 5 no se registraron diferencias significativas ( $p = 0,7588$ ), con medias que oscilaron entre 6,97 y 7,28 mm, y un  $CV = 19,93 \%$ , que indicó homogeneidad aceptable. Finalmente, en la semana 6 los diámetros continuaron sin variación estadística ( $p = 0,8961$ ), con un rango de 7,22 a 7,41 mm y un  $CV = 16,11 \%$ , el valor más bajo del periodo, lo que evidenció mayor uniformidad en la etapa final del crecimiento evaluado. En conjunto, los resultados mostraron que el diámetro del tallo permaneció estable entre tratamientos, salvo una respuesta diferencial aislada en la semana 3 (Figura 7).

**Figura 7.** Variación del diámetro del tallo de *Vanilla tahitensis* (mm) durante seis semanas de evaluación bajo tres volúmenes de riego en macrotúnel



El diámetro del tallo registrado en el presente estudio (5,47–7,41 mm) (Figura 7) mostró valores característicos de plantas juveniles de *Vanilla tahitensis* desarrolladas bajo condiciones controladas. Cuando estos resultados se comparan con los obtenidos por (Martínez Monter et al. (2022), en *Vanilla planifolia*, se observa una tendencia similar en cuanto al comportamiento fisiológico del tallo.

### 3.4.1 Número de hojas

En esta investigación se realizó el seguimiento de brotes nuevo, en la (Tabla 13) muestra los valores obtenidos.

**Tabla 13.** *Número de hojas de Vanilla tahitensis bajo tres volúmenes de riego durante seis semanas de evaluación en macrotúnel*

| Tratamientos   | Semana 1      | Semana 2      | Semana 3      | Semana 4      | Semana 5     | Semana 6      |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| T1             | 16,35 ± 1,28a | 16,45 ± 1,19a | 18,85 ± 1,87a | 20,45 ± 1,92a | 21,4 ± 2,01a | 21,9 ± 2,21 a |
| T2             | 16,1 ± 1,28a  | 14,65 ± 1,19a | 16,35 ± 1,87a | 16,9 ± 1,92a  | 17,3 ± 2,01a | 17,8 ± 2,21 a |
| T3             | 14,55 ± 1,28a | 13,85 ± 1,19a | 14,8 ± 1,87a  | 15,7 ± 1,92a  | 16,3 ± 2,01a | 16,2 ± 2,21 a |
| <b>CV (%)</b>  | 32,2          | 23,4          | 20,41         | 38,22         | 23,1         | 20,16         |
| <b>P valor</b> | 0,7589        | 0,0841        | 0,0431        | 0,199         | 0,1801       | 0,1272        |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

En la semana 1, el número de hojas no mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0,7589$ ). Las medias oscilaron entre  $16,35 \pm 1,28$  (50 % del volumen),  $16,10 \pm 1,28$  (100 % del volumen) y  $14,55 \pm 1,28$  (150 % del volumen), configurando un rango de 14,55 a 16,35 hojas y un CV = 32,2 %, valor esperable para el inicio del crecimiento vegetativo (Tabla 13).

En la semana 2, los tratamientos mantuvieron la ausencia de diferencias significativas ( $p = 0,0841$ ). Las medias se ubicaron entre  $16,45 \pm 1,19$ ,  $14,65 \pm 1,19$  y  $13,85 \pm 1,19$ , con un rango de 13,85 a 16,45 hojas y un CV = 23,4 %, lo que indicó mayor uniformidad respecto a la semana anterior (Tabla 13).

La semana 3 representó la única diferencia significativa registrada ( $p = 0,0431$ ). El tratamiento con 50 % del volumen ( $18,85 \pm 1,87$ ) presentó un número de hojas superior respecto a 100 % ( $16,35 \pm 1,87$ ) y 150 % del volumen ( $14,80 \pm 1,87$ ), configurando un rango de 14,80 a 18,85 hojas y un CV = 20,41 %, dentro de un nivel adecuado de precisión experimental (Tabla 13).

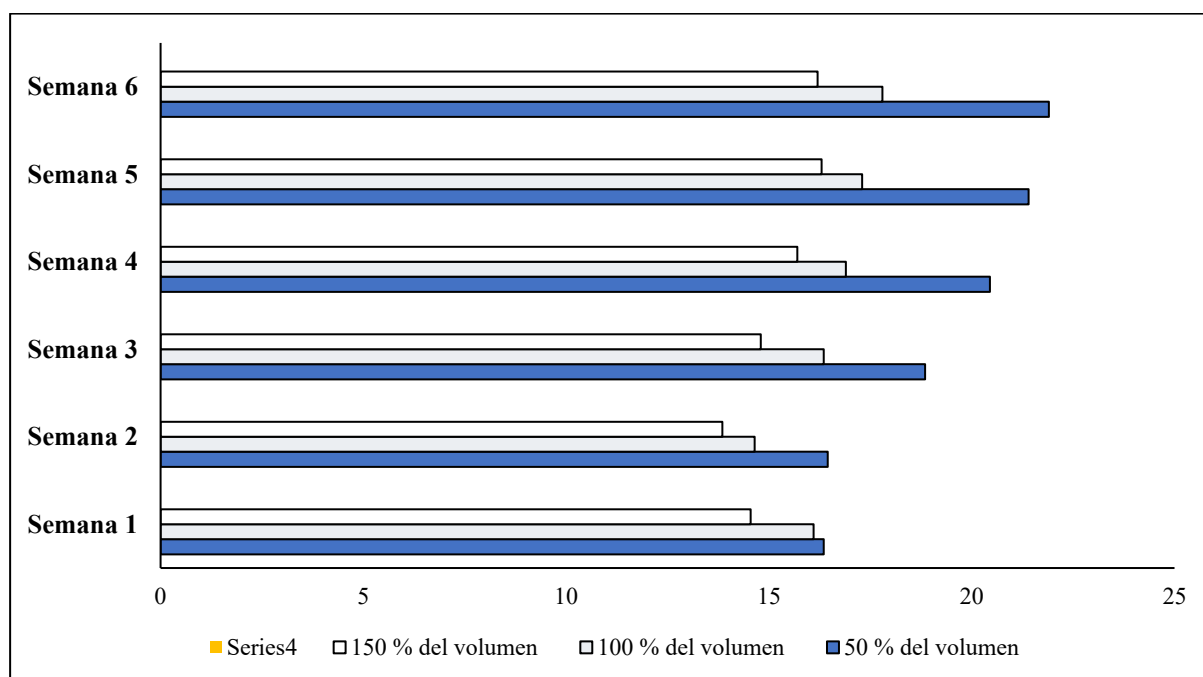
En la semana 4, el número de hojas volvió a comportarse de manera similar entre tratamientos ( $p = 0,199$ ). Las medias fluctuaron entre  $20,45 \pm 1,92$ ,  $16,90 \pm 1,92$  y  $15,70 \pm 1,92$ , con un rango de 15,70 a 20,45 hojas y un CV = 38,22 %, el más alto del periodo, atribuible a variabilidad propia del crecimiento intermedio (Tabla 13).

Durante la semana 5, no se identificaron diferencias significativas ( $p = 0,1801$ ). El número de hojas se ubicó en valores entre  $21,40 \pm 2,01$ ,  $17,30 \pm 2,01$  y  $16,30 \pm 2,01$ , mostrando

un rango de 16,30 a 21,40 hojas y un CV = 23,1 %, nivel que reflejó estabilidad experimental (Tabla 13).

Finalmente, en la semana 6, los tratamientos continuaron sin diferencias estadísticas ( $p = 0,1272$ ). Las medias fueron  $21,90 \pm 2,21$ ,  $17,80 \pm 2,21$  y  $16,20 \pm 2,21$ , con un rango de 16,20 a 21,90 hojas y un CV = 20,16 %. Esta semana evidenció el máximo número de hojas registrado durante el ciclo de evaluación, sin respuesta diferenciada entre volúmenes de riego (Figura 8).

**Figura 8.** Número de hojas de *Vanilla tahitensis* durante seis semanas bajo tres volúmenes de riego en condición de macrotúnel



Sánchez et al. (2001), quien evaluó características foliares en *Vanilla planifolia* en tres sistemas de producción, se observan coincidencias importantes en relación con el vigor estructural del follaje. En ese estudio, las hojas del tercio medio presentaron anchos entre 5,1 y 6,3 cm, áreas foliares entre 64 y 100 cm<sup>2</sup>, y pesos frescos entre 9,0 y 16,7 g, valores que reflejan hojas bien desarrolladas en plantas manejadas bajo condiciones favorables de microclima.



## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES**

- La evaluación de las variables fisiológicas del cultivo permitió comprobar que la vainilla mantuvo un desarrollo estable durante todo el periodo de estudio. La altura de la liana, el diámetro del tallo y el número de hojas se ubicaron dentro de los rangos fisiológicos reportados para plantas juveniles, lo que confirmó la viabilidad del cultivo bajo sistema de macrotúnel.
  
- El seguimiento de las variables morfológicas permitió determinar que el crecimiento vegetativo de la vainilla se desarrolló de manera uniforme bajo las condiciones de macrotúnel con riego por goteo. Las variaciones registradas entre semanas correspondieron a la dinámica normal del crecimiento, sin efectos atribuibles a los diferentes volúmenes de agua evaluado

## RECOMENDACIONES

- Mantener el uso del macrotúnel como sistema de producción, debido a que garantizó estabilidad fisiológica y un crecimiento homogéneo, aun con variación moderada en el volumen de riego.
- Ampliar futuras evaluaciones a fases reproductivas o incorporar niveles de riego más contrastantes, con el fin de identificar puntos de respuesta hídrica que no se evidenciaron en esta etapa vegetativa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adame-García, J., Murillo-Cuevas, F. D., Fernández-Viveros, J. A., Villegas-Narváez, J., & Cabrera-Mireles, H. (2024). Nodess macrotúneles: Producción sustentable de alimentos para mujeres y familias rurales. *RINDERESU*, 8(1-2), Article 1-2.
- Álvarez, C., & Sierra, V. (1995). Metodología de la investigación científica. *Santiago de Cuba: Universidad de Oriente*.
- Avianto, Y. (2025). Morphophysiological and Vanillin Quality Evaluation of Vanilla Plants (*Vanilla planifolia* Andr.) under Water Stress. *AGROSAINSTEK: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*, 9(2), 75-84.
- Barreda-Castillo, J. M., Menchaca-García, R. A., & Morales-Ruiz, V. (2023). Presence of metaxenia in fruits 40 days postpollination in *Vanilla planifolia* Andrews and *V. pompona* Schiede. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 14(2), 289-293. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i1.1737>
- Barrera-Rodríguez, A. I., Herrera-Cabrera, B. E., Jaramillo-Villanueva, J. L., Escobedo-Garrido, J. S., & Bustamante-González, Á. (2009a). Caracterización de los sistemas de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* A.) bajo naranjo y en malla sombra en el Totonacapan. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(2), 199-212.
- Beguería, S., Haro-Montegudo, D., Palazón Tabuenca, L., & García-Ruiz, J. M. (2022). *Interacciones montaña-llanura frente al cambio global: Desafíos y oportunidades en la gestión del territorio y de los recursos hídricos en Riegos del Alto Aragón*. <https://doi.org/10.13039/501100000780>
- Camacho León, C. P., & Reyes Umaña, L. A. (2021). *Estudio de Viabilidad económica de Vainilla (Vanilla phaeantha Rchb. F) para el departamento del Meta*.
- Carrasco, E. S. M., & Ygnacio, M. A. C. (2022). Una revisión de procesos de implementación para sistemas de riego automatizado. *ReCIBE, Revista electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.32870/recibe.v11i1.216>
- Cedeño, E. L. C., & Mena, K. E. S. (2022). El Método Delphi Cualitativo y su Rigor Científico: Una revisión argumentativa. *Sociedad & Tecnología*, 5(3), Article 3. <https://doi.org/10.51247/st.v5i3.261>
- Chambers, A. H. (2019). Vanilla (*Vanilla* spp.) breeding. En *Advances in Plant Breeding Strategies: Industrial and Food Crops: Volume 6* (pp. 707-734). Springer.

- Changovalin Llagua Alexander Joel. (2023). *Evaluación de la eficiencia de producción de lechuga (Lactuca sativa L.) bajo estructura protegida en comparación con el sistema tradicional a campo abierto*. 31.
- Chávez, M. de J. A., Javier-Jiménez, D. G., Morales-Bautista, C. M., Méndez-Olán, C., & Chablé-Candeler, R. (2025). Afectaciones en cultivos de Veracruz y Tabasco por derrame de petróleo en los últimos seis años. *Journal of Basic Sciences*, 11(30), Article 30. <https://doi.org/10.19136/jobs.a11n30.6491>
- Cuervo Lagos Lorenzo. (2025, enero 26). *Influencia de los requerimientos edafoclimáticos en el cultivo de la vainilla (Vanilla planifolia A.): Revisión*. | *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*. <https://revistabioagro.mx/index.php/revista/article/view/587>
- Cueva, B., Diego, N., Reducindo, C., Julieth, M., Sánchez, M., & Esteban, M. (2022). *Tecnología ambiental sostenible*.
- David, M. L. (2009). *Evaluación del efecto productivo y económico de dos métodos de riego en Crisantemos (Chrysanthemum morifolium) en macro túnel*. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/62d30b70-b3e6-4fbf-a62d-e0fbba595a2c/content>
- De la Cruz, W. J. (2018). *Caracterización morfológica del género Vanilla en el ecosistema Napo-Pastaza de la Amazonia Ecuatoriana*. [masterThesis, Universidad Estatal Amazónica]. <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/1094>
- Deméneghi, M. V. R., Rivera, N. A., & Montes, M. E. (2025). Análisis de la literatura científica entorno a la producción sostenible del cultivo de *Vanilla planifolia*: Desafíos y oportunidades. *InGente Americana*, 5(5).
- Escamirosa-Tinoco, C., Martínez-Gutiérrez, G. A., Morales, I., Aquino-Bolaños, T., Cortés-Martínez, C. I., Cruz-Andrés, O. R., Escamirosa-Tinoco, C., Martínez-Gutiérrez, G. A., Morales, I., Aquino-Bolaños, T., Cortés-Martínez, C. I., & Cruz-Andrés, O. R. (2021). Rendimiento de chile de agua bajo diferentes cubiertas de macrotúnel. *Revista fitotecnia mexicana*, 44(3), 333-340. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.3.333>
- Escate, L. F. L., Visitación, A. I. D., & Ramirez, E. I. (2025). Efecto de cepa de Trichoderma sobre el desarrollo vegetativo de esquejes de Vanilla pompona, CCNN Alto Naranjillo. *Agroindustrial Science*, 15(2), 125-131.
- Google Maps. (2025). 0°15'35.0"N 79°25'35.0"W. <https://www.google.com.ec/maps/@-0.2621007,->

79.443577,2416m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g\_ep=EgoyMDI1MDUyNi4wIKXMDS  
oASAFQAw%3D%3D

- Grisoni, M., & Nany, F. (2021). The beautiful hills: Half a century of vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. Ex Andrews) breeding in Madagascar. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 68(5), 1691-1708.
- Guadalupe, G. D., & Concepción, G. D. (2020). *Metodología de la investigación*. Grupo Editorial Patria.
- Guevara, E., & Martel, J. (2018). *Producción y comercialización de vainilla orgánica* [Tesis de Grado, Universidad Autónoma de Puebla]. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/8345>
- Haro, J. M. A., Cruz, J. J. R., Quinatoa-Lozada, E. F., & Ramírez, C. S. T. (2024). Respuesta vegetativa de vainilla (*Vanilla planifolia*) a la aplicación de diferentes dosis de tierra de diatomeas. *Polo del Conocimiento*, 9(7), Article 7. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i7.7616>
- Hernández-López, Y., Rivas-Pérez, R., Feliu-Batlle, V., Hernández-López, Y., Rivas-Pérez, R., & Feliu-Batlle, V. (2020). Control automático de la distribución de agua en sistemas de riego: Revisión y retos. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 41(2), 80-97.
- INAMHI. (2022, abril 16). *Anuario meteorológico*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum\\_institucion/anuarios/meteorologicos/Am\\_2013.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf).
- Informe de pasantía. Corporación Grupo Trópico Diverso. El Bagre Antioquia*. (2022, noviembre 11). Acevedo Serna, Maribel. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/54790>
- Jaramillo Chamba, D. A., Gonzalez, W. V. P., Calva, A. Y. C., Molina, N. E. E., Jaramillo Chamba, D. A., Gonzalez, W. V. P., Calva, A. Y. C., & Molina, N. E. E. (2023). Sistema de riego inteligente para el mantenimiento de áreas verdes en una institución educativa. *Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU)*, 10(2), 50-63. <https://doi.org/10.26423/rctu.v10i2.740>
- López-Juárez, S. A., Hipólito-Romero, E., Cerdán-Cabrera, C. R., Ortiz-Ceballos, G. C., & Reyes-López, D. (2019). Asociación entre cultivos de cacao (*Theobroma cacao* L.) y vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. Ex Andrews) en un sistema agroforestal en Comcalco, Tabasco. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22, 613-629.

- Lozano-Povis, A., Alvarez-Montalván, C. E., Moggiano, N., Lozano-Povis, A., Alvarez-Montalván, C. E., & Moggiano, N. (2021). El cambio climático en los andes y su impacto en la agricultura: Una revisión sistemática. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 101-108. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.012>
- Martínez Monter, J. P., García López, E., Castillo Martínez, A., Romero Santos, R. D., Fajardo Franco, M. L., Ortega Acosta, S. Á., & Palemón Alberto, F. (2022). Sustratos orgánicos en el desarrollo de raíces en esquejes de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. Ex Andrews). *Acta Agrícola y Pecuaria*, 8(1), 1-9.
- Meraz Ruiz, L. (2023). Costo-beneficio de un sistema de cultivo protegido de tomate en San Quintín. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 14(5), 109-119. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i5.3063>
- Namakforoosh, M. N. (2000). *Metodología de la investigación*. Editorial Limusa.
- Ortiz, O. L. O., & Arango, S. M. R. (2024). Reflexiones sobre las Políticas Públicas del Agua en Colombia y América Latina: Desafíos y Oportunidades para la Gobernanza y gestión Hídrica. *Revista Internacional del Instituto de Pensamiento Liberal*, 1(2), Article 2. <https://doi.org/10.51660/ripl.v1i2.39>
- Ovejero, J., Lampurlanés Castel, J., Cantero-Martínez, C., Plaza-Bonilla, D., & Álvaro-Fuentes, J. (2013). Efecto del sistema de laboreo y del tipo de fertilización sobre la volatilización de NH<sub>3</sub> en secanos semiáridos del valle del Ebro. *I*, 2(3), 23-30.
- Palchisaca, D. V. M. (2024). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/8d415526-5a7e-4db6-8eb4-cece012c75b8>
- Parada-Molina, P. C., Pérez-Silva, A., Cerdán-Cabrera, C. R., & Soto-Enrique, A. (2022a). Condiciones climáticas y microclimáticas en sistemas de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. Ex Andrews) en México. *Agronomía Mesoamericana*, 48682-48682.
- Parismoreno-Rivas, L. L., Barcia-Jalca, B. S., Medina-Litardo, R. C., & Pérez-Almeida, I. B. (2024). Efecto de diferentes concentraciones de bencilaminopurina en la propagación in vitro de Vainilla tahitensis (JW Moore). *Mexican Journal of Biotechnology*, 9(2), 34-50.
- Parizaca, D. (2020). *LA Taxonomía del género Vanilla Plum. Ex Mill.(Orchidaceae: Vanilleae) en el Perú* [Tesis de Grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. [https://www.researchgate.net/profile/Alexander-Damian-Parizaca-2/publication/344929783\\_TAXONOMIA\\_DEL\\_GENERO\\_Vanilla\\_Plum\\_ex\\_Mill\\_O](https://www.researchgate.net/profile/Alexander-Damian-Parizaca-2/publication/344929783_TAXONOMIA_DEL_GENERO_Vanilla_Plum_ex_Mill_O)

RCHIDACEAE\_VANILLEAE\_EN\_EL\_PERU/links/67201aab393e8533f71f3a0e/TAXONOMIA-DEL-GENERO-Vanilla-Plum-ex-Mill-ORCHIDACEAE-VANILLEAE-EN-EL-PERU.pdf

- Ramos-Castellá, A. L., Iglesias-Andreu, L. G., Ramos-Castellá, A. L., & Iglesias-Andreu, L. G. (2022). Avances y tendencias en mejoramiento genético de vainilla. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(2). [https://doi.org/10.21930/rcta.vol23\\_num2\\_art:2339](https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num2_art:2339)
- Rivas, L. L. P., Rodríguez, H. L. L., Litardo, R. C. M., & Almeida, I. P. (2021). Efecto de bioestimulantes sobre el crecimiento de la Vainilla Tahitensis en Daule, Ecuador: Effect of biostimulants on the growth of Vanilla Tahitensis in Daule, Ecuador. *Revista Científica Ecociencia*, 8(6), 25-38.
- Rodríguez-Deméneghi, M. V., Aguilar-Rivera, N., Gheno-Heredia, Y. A., Armas-Silva, A. A., Rodríguez-Deméneghi, M. V., Aguilar-Rivera, N., Gheno-Heredia, Y. A., & Armas-Silva, A. A. (2023). Cultivo de vainilla en México: Tipología, características, producción, prospectiva agroindustrial e innovaciones biotecnológicas como estrategia de sustentabilidad. *Scientia Agropecuaria*, 14(1), 93-109. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.009>
- Rodríguez-López, T., Martínez-Castillo, J. (2019). Exploración actual sobre el conocimiento y uso de la vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews) en las Tierras Bajas Mayas del Norte, Yucatán, México. *Polibotánica*, 48, 169-184. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.48.13>
- Sánchez, M. J., Fernández, M., Díaz, J. C., J. C. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: Análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Revista Científica UISRAEL*, 8(1), 107-121. <https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1.2021.400>
- Sánchez, S., Román, A. E. B., Chávez, L. T., & Rincón, J. A. S. (2001). CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE VAINILLA EN TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN PAPANTLA, VERACRUZ. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 24(1), 49-49. <https://doi.org/10.35196/rfm.2001.1.49>
- Shiguango, R. B. (2023). *Evaluación productiva y económica, del cultivo de vainilla (Vanilla planifolia) bajo malla, con tres niveles de fertilización orgánica, en la Parroquia Puerto Misahualli, Provincia de Napo*. [masterThesis, Universidad Estatal Amazónica]. <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/1132>

- Simas, D. L. R., Silva, T. R. da, Vicintim, A. B., Silva, A. J. R. da, & Camargo, L. E. V. (2024). Espécies de Baunilha (Vanilla) do Brasil com Potencial Valor Econômico. *Revista Virtual de Química*, 16(3), Article 3. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20240001>
- Wu, X., Moon, P., Chambers, A., Crane, J., & Taco, A. (2024). Cultivo de vainilla en el sur de Florida: HS1350, rev. 07/2024. *EDIS*, 2024(4).
- Zambrano Intriago, B. M. (2021). “Planificación, ejecución y análisis económico de un raleo comercial en una plantación de *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb. (Balsa) establecida en el sitio Respaldo de Chaume, parroquia Santa María del cantón El Carmen, provincia de Manabí”. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6306>

## ANEXOS

**Anexo 1.** *Vista general del macrotúnel con distribución de tratamientos de riego en Vanilla tahitensis*



**Anexo 2.** *Aplicación de riego por tratamientos*



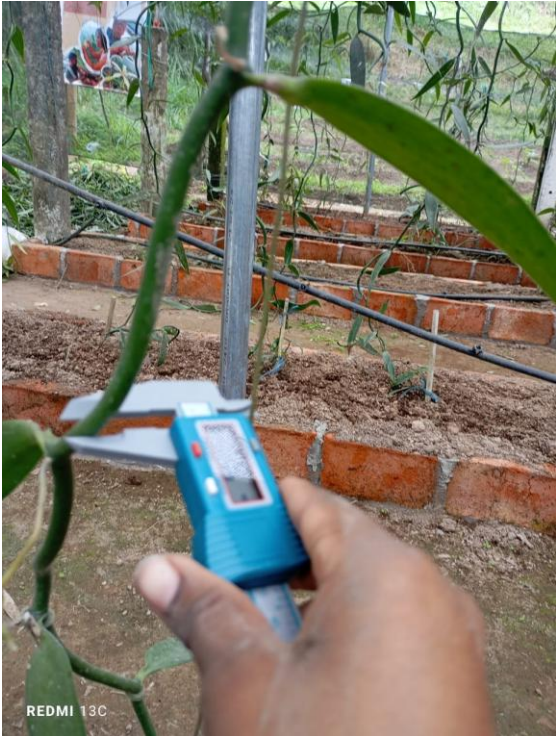
**Anexo 3.** *Aplicación del sustrato por cama y por tratamientos*



**Anexo 4.** *Actividades de manejo y limpieza del sistema de tutorado*



**Anexo 5. Medición del diámetro del tallo mediante calibrador digital**



**Anexo 6. Polinización manual de flores de *Vanilla tahitensis***



**Anexo 7.** Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de la variable número de hoja

| <b>F.V.</b> | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
|-------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| Modelo      | 167,03    | 2         | 83,52     | 1,19     | 0,3122         |
| Tratamiento | 167,03    | 2         | 83,52     | 1,19     | 0,3122         |
| Error       | 4006,3    | 57        | 70,29     |          |                |
| Total       | 4173,33   | 59        |           |          |                |

**Anexo 8.** Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de la variable número de altura de la planta

| <b>F.V.</b> | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
|-------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| Modelo      | 244,03    | 2         | 122,02    | 1,66     | 0,199          |
| Tratamiento | 244,03    | 2         | 122,02    | 1,66     | 0,199          |
| Error       | 4186,95   | 57        | 73,46     |          |                |
| Total       | 4430,98   | 59        |           |          |                |

**Anexo 9.** Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de la variable diámetro de tallo

| <b>F.V.</b> | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
|-------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| Modelo      | 0,01      | 2         | 0,01      | 0,02     | 0,9786         |
| Tratamiento | 0,01      | 2         | 0,01      | 0,02     | 0,9786         |
| Error       | 15,23     | 57        | 0,27      |          |                |
| Total       | 15,24     | 59        |           |          |                |

# Mecias Mishell tesis compilatio

**7%**  
Textos sospechosos

- 3% Similitudes
  - 0% similitudes entre comillas
  - 0% entre las fuentes mencionadas
- 4% Idiomas no reconocidos
- 12% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: Mecias Mishell tesis compilatio.docx  
ID del documento: 3428dc6360ea17d0bdbf5fa210542ca0fdfe5fa  
Tamaño del documento original: 1,85 MB

Depositante: Miguel Macay Anchundia  
Fecha de depósito: 2/2/2026  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 2/2/2026

Número de palabras: 10.408  
Número de caracteres: 66.986

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

| Nº | Descripciones                                                                                                                         | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales                      |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|----------------------------------------|
| 1  | <b>PROYECTO DE INVESTIGACION ALEJANDRA VERA ZAMBRANO.docx</b>   P... #5c586b<br>Viene de de mi grupo<br>7 fuentes similares           | 1%          |             | Palabras idénticas: 1% (119 palabras)  |
| 2  | <b>07012026 Cultivo de hortalizas en condiciones de macrotunel de pl...</b> #f0b92c<br>Viene de de mi grupo<br>7 fuentes similares    | 1%          |             | Palabras idénticas: 1% (118 palabras)  |
| 3  | <b>Bravo Andrea Tesis compilatio.docx</b>   Bravo Andrea Tesis compilatio #197ab8<br>Viene de de mi biblioteca<br>7 fuentes similares | 1%          |             | Palabras idénticas: 1% (95 palabras)   |
| 4  | <b>Tesis Final_Cultivo de pepino (Cucumis sativus) en condiciones de ma...</b> #32d79b<br>Viene de de mi grupo<br>5 fuentes similares | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (91 palabras) |
| 5  | <b>Rosado María José tesis compilatio.docx</b>   Rosado María José tesis com... #f4ce40<br>Viene de de mi biblioteca                  | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (52 palabras) |

## Fuentes con similitudes fortuitas

| Nº | Descripciones                                                      | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales                      |
|----|--------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|----------------------------------------|
| 1  | <b>Documento de otro usuario</b> #30f0c5<br>Viene de de otro grupo | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (18 palabras) |
| 2  | <b>Documento de otro usuario</b> #326794<br>Viene de de otro grupo | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (24 palabras) |