

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**“PROPAGACIÓN DE VALERIANA (*Valeriana pilosa* R. & P.)
MEDIANTE DOS TIPOS DE BROTE, DOS SUSTRADOS Y EN DOS
AMBIENTES”**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por el Bachiller:

CELESTINO JUSTINIANO MARIN MANTILLA

Asesor:

Dr. JUAN FRANCISCO SEMINARIO CUNYA

CAJAMARCA – PERÚ

-2026-

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador: Celestino Justiniano Marin Mantilla

DNI: 43596831

Escuela Profesional/Unidad UNC: Agronomía

2. Asesor: Dr. Juan Francisco Seminario Cunya

Facultad/Unidad UNC: Ciencias Agrarias

3. Grado académico o título profesional:

Bachiller

Título profesional

Segunda especialidad

Maestro

Doctor

4. Tipo de Investigación:

Tesis

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia

profesional

Trabajo académico

5. Título de Trabajo de Investigación: "PROPAGACIÓN DE VALERIANA (*Valeriana pilosa* R. & P.) MEDIANTE DOS TIPOS DE BROTE, DOS SUSTRADOS Y EN DOS AMBIENTES"

6. Fecha de evaluación: 05/02/2026

7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)

8. Porcentaje de Informe de Similitud: 10%

9. Código Documento: oid: 3117:553235090

10. Resultado de la Evaluación de Similitud: 10%

APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O

DESAPROBADO

Fecha Emisión: 06/02/2026

Firma y/o Sello
Emisor Constancia



Dr. Juan Francisco Seminario Cunya
DNI: 26717651



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los veintinueve días del mes de enero del año dos mil veintiséis, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según Resolución de Consejo de Facultad N° 048-2026-FCA-UNC, de fecha 12 de enero del 2026, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: "PROPAGACIÓN DE VALERIANA (*Valeriana pilosa* R. & P) MEDIANTE DOS TIPOS DE BROTE, DOS SUSTRATOS Y EN DOS AMBIENTES", realizada por el Bachiller CELESTINO JUSTINIANO MARIN MANTILLA para optar el Título Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO.

A las diez horas y veintiún minutos, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de diecisiete (17); por tanto, el Bachiller queda expedido para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO.

A las once horas y treinta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Wilfredo Poma Rojas
PRESIDENTE

Dr. Gustavo Iberico Vela
SECRETARIO

Ing. José Lízandro Silva Mego
VOCAL

Dr. Juan Francisco Seminario Cunya
ASESOR

DEDICATORIA

A mi querida madre, Agustina Mantilla Ocas, por ser ejemplo de fortaleza y amor incondicional, y por enseñarme que no existe circunstancia ni motivo que justifique alejarse de un hijo. Su entrega y apoyo han sido guía constante en mi camino.

A mi amado hijo Andree, mi motor, mi inspiración y compañero de vida. Gracias por dar sentido a cada esfuerzo y por ser la razón más poderosa para seguir adelante.

Celestino Justiniano Marín Mantilla

AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarme la vida, la salud y la fortaleza necesarias para culminar esta etapa importante de mi formación profesional.

A mi familia, a quienes quiero profundamente. A mi padre Rodolfo y a mis hermanos Martha, Rosa, Julia y mi sobrino Richard, por su apoyo incondicional, desinteresado y constante, en cada paso de este proceso académico. Su presencia y respaldo han sido fundamentales para alcanzar esta meta. A Lucha, mi esposa y compañera de vida, por su amor, paciencia y fortaleza en cada etapa de este camino. Su compañía ha sido un pilar fundamental en los momentos de dificultad y una fuente constante de motivación.

A Jhon y Duber, por integrarse a mi familia, acompañándome con afecto, respeto y solidaridad. Su presencia ha enriquecido este proceso personal y académico.

Al Dr. Juan Francisco Seminario Cunya, por su valiosa asesoría, por ser un maestro excepcional, y por compartir generosamente sus conocimientos durante la dirección y redacción de esta investigación. Su apoyo desinteresado ha sido clave en el desarrollo de este trabajo.

A todos los que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de esta tesis, les expreso mi más profundo agradecimiento.

Celestino Justiniano Marín Mantilla

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	11
INTRODUCCIÓN	11
1.1. Justificación	12
1.2. Planteamiento del problema.....	13
1.1.1. <i>Formulación del Problema</i>	15
1.3. Objetivos	15
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	15
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	15
1.4. Hipótesis de la investigación	15
CAPÍTULO II	16
MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Antecedentes de la investigación	16
2.2. Bases Teóricas	19
2.2.1. <i>Generalidades del género Valeriana</i>	19
2.2.2. <i>Características morfológicas de Valeriana pilosa (Ruiz & Pav.)</i>	19
2.2.3. <i>Distribución ecológica y hábitat</i>	20
2.2.4. <i>Importancia etnobotánica y farmacológica</i>	21
2.2.5. <i>Propagación vegetativa: fundamentos y mecanismos fisiológicos</i>	22
2.2.6. <i>Propagación vegetativa: tipos y factores que influyen en su éxito</i>	23
2.2.7. <i>Técnicas modernas de micropropagación en plantas medicinales altoandinas.</i>	25
2.2.8. <i>Importancia de la propagación clonal para la estandarización fitoquímica de Valeriana pilosa.</i>	27
2.2.9. <i>Desafíos y perspectivas en la conservación y cultivo de especies medicinales amenazadas: el caso de V. pilosa</i>	29
2.2.10. <i>Factores que afectan el éxito del enraizamiento en V. pilosa</i>	30
2.2.11. <i>Propagación vegetativa en condiciones de vivero e invernadero</i>	31
2.3. Definición de términos básicos	32
CAPÍTULO III.....	35
MATERIALES Y MÉTODOS.....	35

3.1.	Localización de la investigación	35
3.2.	Materiales.....	37
3.3.	Metodología	37
3.4.	Diseño experimental	37
3.4.1.	<i>Tratamientos y factores en estudio</i>	38
3.4.2.	<i>Distribución del Diseño experimental</i>	39
3.4.3.	<i>Aleatorización de tratamiento en campo e invernadero</i>	39
3.4.4.	<i>Población, muestra y unidad de análisis</i>	40
3.4.5.	<i>Características del experimento</i>	40
3.4.6.	<i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i>	41
3.5.	Descripción del experimento	41
3.5.1.	<i>Origen y colecta del material vegetal</i>	41
3.5.2.	<i>Obtención y preparación de los brotes</i>	42
3.5.3.	<i>Obtención y preparación de los sustratos</i>	43
3.5.4.	<i>Acondicionamiento de los ambientes del experimento en campo e invernadero</i>	44
3.6.	Variables	52
3.6.1.	<i>Variables independientes:</i>	52
3.6.2.	<i>Variables dependientes</i>	52
CAPÍTULO IV		58
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....		58
4.1.	<i>Valeriana pilosa</i> (Ruiz & Pav.) en sistema de propagación bajo invernadero.	58
4.2.	<i>V. pilosa</i> en sistema de propagación en campo.....	62
4.2.2.	<i>Evaluaciones realizadas a los tres meses después de la instalación en campo</i>	63
4.2.3.	<i>Evaluación de plantas desarrolladas a partir de brotes, dos años después de la plantación de propágulos en campo definitivo</i>	78
4.2.4.	<i>Evaluación de plantas obtenidas mediante brotes, a los seis años de plantación de los propágulos en campo definitivo</i>	92
4.3.	Producción estimada por hectárea de <i>Valeriana pilosa</i> (Ruiz & Pav.)	96
4.3.1.	<i>Cálculo de densidad de plantas por hectárea para V. pilosa</i>	96
CAPÍTULO V		99
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		99

CAPÍTULO VI	101
BIBLIOGRAFÍA CITADA	101
ANEXOS.....	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los factores y tratamientos en estudio para campo e invernadero.....	38
Tabla 2. Distribución de tratamientos por bloque en invernadero.....	39
Tabla 3. Distribución de tratamientos por bloque en campo.	39
Tabla 4. Análisis químico de los sustratos utilizados en el experimento.....	44
Tabla 5. Registro de temperatura y humedad relativa en condiciones de campo.	47
Tabla 6. Registro de temperatura y humedad relativa en condiciones de invernadero.	48
Tabla 7. Descripción de las variables independientes utilizadas en el experimento.....	52
Tabla 8. Operacionalización de las variables dependientes por momentos de evaluación.	55
Tabla 9. Evaluación cualitativa del comportamiento fisiológico de brotes de <i>V. pilosa</i> en invernadero a los 14, 21, 28 y 35 días después de la plantación.	58
Tabla 10. Evaluación cualitativa del comportamiento de brotes de <i>V. pilosa</i> en campo.	62
Tabla 11. Resultados cuantitativos de prendimiento de brotes de <i>V. pilosa</i>	63
Tabla 12. Análisis de varianza para el efecto de la interacción entre el tipo de propágulo y sustrato en el número de hojas de <i>V. pilosa</i> en condiciones de campo.	66
Tabla 13. Análisis de varianza para el efecto tipo de propágulo y sustrato en la altura de brotes de <i>V. pilosa</i> en condiciones de campo.	69
Tabla 14. Análisis de varianza para el efecto tipo de propágulo y sustrato en la longitud de raíces primarias de <i>V. pilosa</i> en condiciones de campo.	71
Tabla 15. Análisis de varianza para el efecto tipo de propágulo y sustrato en el número de raíces primarias de <i>V. pilosa</i>	74
Tabla 16. Análisis de varianza para el efecto tipo de propágulo y sustrato en el número de raíces secundarias de <i>V. pilosa</i>	77
Tabla 17. Análisis de varianza para el efecto tipo de propágulo y sustrato en la altura de planta de <i>Valeriana pilosa</i> a los dos años después de la instalación en campo.	80
Tabla 18. Análisis de varianza para el efecto tipo de propágulo y sustrato en el número de hojas de <i>V. pilosa</i> después de dos años de instalación en campo.	82
Tabla 19. Análisis de varianza para el efecto tipo de propágulo y sustrato en el número de brotes de <i>V. pilosa</i> después de dos años de instalación en campo.	84
Tabla 20. Análisis de varianza del efecto del tipo de propágulo y del sustrato sobre la longitud de raíz de <i>Valeriana pilosa</i> , dos años después de su instalación en campo.	85

Tabla 21. Análisis de varianza del efecto tipo de propágulo y sustrato en diámetro de raíz de <i>V. pilosa</i>	87
Tabla 22. Análisis de varianza para el efecto tipo de propágulo y sustrato en el porcentaje de materia seca del follaje de <i>V. pilosa</i>	88
Tabla 23. Análisis de varianza para el efecto tipo de propágulo y sustrato para materia seca del cormo más raíz de <i>V. pilosa</i>	90
Tabla 24. Análisis morfológico y biométrico de plantas adultas de <i>V. pilosa</i>	94
Tabla 25. Análisis estadístico descriptivo de características morfológicas y biomasa en <i>V. pilosa</i>	94
Tabla 26. Datos promedio de peso fresco y seco por planta de Valeriana pilosa.....	97
Tabla 27. Resumen de producción estimada por hectárea.	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del fundo La Ermelinda donde se desarrolló la investigación	36
Figura 2. Croquis de aleatorización de tratamiento en invernadero.	39
Figura 3. Diseño experimental y distribución de tratamientos en campo.	40
Figura 4. Ejemplar sano y vigoroso de <i>V. pilosa</i> Ruiz & Pav., utilizado como fuente de propágulos para la propagación asexual.	41
Figura 5. Brotes individuales de <i>Valeriana pilosa</i> Ruiz & Pav., con presencia de raíz, utilizados como unidades experimentales en la propagación asexual.	42
Figura 6. Brotes sin raíz de <i>V. pilosa</i> Ruiz & Pav., utilizados en propagación asexual.	43
Figura 7. Delimitación de unidades experimentales y siembra de hijuelos durante la instalación del ensayo en condiciones de campo.	45
Figura 8. Delimitación de unidades experimentales y plantación de hijuelos en condiciones de invernadero.	46
Figura 9. Parcela con plántulas de <i>Valeriana pilosa</i> recientemente trasplantadas al campo definitivo.	51
Figura 10. Brotes de <i>V. pilosa</i> sometidos a propagación en condiciones de invernadero que no lograron sobrevivir, presentando signos de ennegrecimiento y descomposición tisular. De izquierda a derecha, se observan brotes correspondientes a los tratamientos. Clave: T2 (P2-S1), T1 (P1S1), T4 (P2S2) y T3 (P1S2).	59
Figura 11. Progresión de necrosis y mortalidad de brotes de <i>V. pilosa</i> en condiciones de invernadero entre los 21 y 35 días después de la siembra. La imagen corresponde al Bloque I, tratamientos T1. Clave: (P1-S1) y T2 (P2-S1).	61
Figura 12. Propagación exitosa de brotes de <i>V. pilosa</i> en condiciones de campo a los 35 días después de la siembra, correspondiente a una unidad experimental del tratamiento. Clave: T1 (P1-S1): brote con raíz establecido en tierra de pajonal).	62
Figura 13. Desarrollo del sistema radicular de brotes con raíz de <i>V. pilosa</i> a los tres meses después de la siembra en condiciones de campo, correspondiente a una unidad experimental del tratamiento. Clave: T1 (P1-S1), mostrando tres repeticiones.	64

Figura 14. Desarrollo del sistema radicular de brotes con raíz de <i>V. pilosa</i> a los tres meses después de la siembra en condiciones de campo, correspondiente a una unidad experimental del tratamiento. Clave: T1 (P1-S1), mostrando tres repeticiones.....	64
Figura 15. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto tipo de sustrato, en el número de hojas.....	67
Figura 16. Efecto de la interacción entre el tipo de propágulo y sustrato en el número de hojas por tratamiento, evaluados a los 3 meses después de la instalación del experimento.....	68
Figura 17. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto de interacción (Propágulo*Sustrato), en la altura de brote (cm).	70
Figura 18. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto del tipo sustrato, en la longitud de raíces primarias (cm).....	72
Figura 19. Promedio de longitud de raíces por tratamiento, evaluados a los tres meses después de la instalación del experimento.....	73
Figura 20. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el factor sustrato, en el número de raíces primarias.....	75
Figura 21. Promedio de número de raíces primarias por tratamiento, evaluados a los 3 meses después de la instalación del experimento.....	76
Figura 22. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para la interacción de factores (Propágulo*Sustrato), en el número de raíces secundarias.....	78
Figura 23. Dr. Juan Francisco Seminario Cunya, asesor de la investigación, realiza la evaluación fenológica inicial del cultivo en campo definitivo.....	79
Figura 24. Muestras recolectadas dos años después de la siembra, etiquetadas y embaladas para análisis morfoagronómicas, fisiológico y productivo.	79
Figura 25. Altura de planta promedio de los tratamientos a los dos años después de la instalación en campo.	81
Figura 26. Promedio de hojas por planta en los tratamientos, dos años después de la instalación en campo.	82
Figura 27. Planta de <i>V. pilosa</i> con dos años de establecimiento que muestra morfología adaptativa, caracterizada por un sistema radicular robusto y hojas funcionales bien desarrolladas. Clave: T3 (P1-S2).	83

Figura 28. Promedio de brotes por planta según tratamiento, dos años después de la instalación en campo	84
Figura 29. Longitud promedio de la raíz alcanzada a los dos años después de la instalación en campo	86
Figura 30. Diámetro promedio de la raíz alcanzada a los dos años después de la instalación en campo	87
Figura 31. Contenido de materia seca del follaje a los dos años después de la instalación en campo.....	89
Figura 32. Porcentaje de materia seca del cormo más raíz a los dos años después de la instalación en campo	91
Figura 33. Cormos con sistema radicular en estado de materia seca, obtenidos tras el proceso de cosecha y deshidratación. Clave: T2 (P2S1), cormos con sistema radicular, mostrando tres repeticiones	91
Figura 34. Follaje fresco colectado para evaluar biomasa aérea: peso fresco, número de hojas y altura foliar promedio como variables morfoagronómicas. Clave: T2 (P2-S1).	93
Figura 35. Sistema radicular con cormo en estado fresco, destinado a la evaluación de biomasa subterránea. La muestra se empleó para el registro del número de brotes, longitud y diámetro de raíz como variables morfoagronómicas. Clave: T4 (P2-S2).....	93

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la respuesta de *Valeriana pilosa* a la propagación vegetativa utilizando dos tipos de propágulo (brotes con raíz y sin raíz), dos tipos de sustrato (tierra de pajonal y arena) y dos ambientes (campo e invernadero). Este estudio se enmarca en la necesidad de conservar especies nativas adaptadas a condiciones altoandinas. Se realizaron dos ensayos independientes: uno en condiciones de campo, en el fundo La Ermelinda, caserío Progreso La Toma, Comunidad Campesina Michiquillay, distrito Encañada, y otro en condiciones controladas en el invernadero del Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Universidad Nacional de Cajamarca. El diseño experimental fue de bloques completos randomizados (DBCR) con arreglo factorial 2×2 , conformando cuatro tratamientos con tres repeticiones. A los tres meses se evaluó número de hojas, altura de brotes, longitud de raíces primarias, número de raíces secundarias. A los dos años después de la primera evaluación se evaluó altura de planta, número de hojas, número de brotes, longitud y diámetro de raíz, materia seca del follaje y cormo más raíz. Los resultados mostraron que *V. pilosa* respondió favorablemente en campo, especialmente los hijuelos que presentan brotes con raíz y tierra de pajonal. En contraste, los propágulos en invernadero no sobrevivieron más allá de los 35 días. Por lo que se concluye, que esta especie requiere condiciones similares a su hábitat natural para propagarse eficazmente.

Palabras clave: *V. pilosa*, plantas medicinales, propagación.

ABSTRACT

The present study aimed to determine the response of *Valeriana pilosa* Ruiz & Pav. to vegetative propagation using two types of propagules (shoots with roots and shoots without roots), two types of substrates (pajonal soil and sand), and two establishment environments (field and greenhouse). This research was conducted within the context of conserving native species adapted to high-Andean conditions. Two independent experiments were carried out. The first was conducted under field conditions at La Ermelinda farm, located in the Progreso La Toma hamlet, Michiquillay Peasant Community, Encañada district, while the second was performed under controlled conditions in the greenhouse of the Andean Roots and Tubers Program at the National University of Cajamarca. The experimental design corresponded to a randomized complete block design (RCBD) with a 2×2 factorial arrangement, consisting of four treatments with three replications. At three months after establishment, the number of leaves, shoot height, primary root length, and number of secondary roots were evaluated. Additionally, two years after the first evaluation, plant height, number of leaves, number of shoots, root length and diameter, and dry matter of foliage and corm plus root were recorded. The results showed that *V. pilosa* responded favorably under field conditions, particularly when propagules consisted of shoots with roots established in pajonal soil. In contrast, propagules established under greenhouse conditions did not survive beyond 35 days after planting. It is therefore concluded that this species requires environmental conditions similar to its natural habitat in order to achieve effective vegetative propagation.

Keywords: *V. pilosa*, medicinal plants, propagation.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Valeriana pilosa (Ruiz & Pav.) es una especie herbácea perenne perteneciente a la familia Caprifoliaceae, ampliamente distribuida en las zonas altoandinas del Perú. Esta especie es reconocida por sus propiedades relajantes y su efecto calmante sobre el sistema nervioso, lo que ha favorecido su uso tradicional con fines medicinales tanto en contextos europeos como en comunidades indígenas andinas, donde ha sido empleada durante generaciones como un recurso terapéutico natural. Dichos efectos se asocian a la presencia de diversos compuestos bioactivos, entre los que destaca el ácido valerénico, al que se le atribuye una actividad sedante significativa, según lo reportado en estudios recientes (Rodríguez Rodríguez et al., 2022).

En regiones altoandinas de Perú, especialmente en el departamento de Cajamarca, *V. pilosa* es recolectada de forma tradicional y utilizada en infusiones o decociones para tratar el insomnio, la ansiedad y los dolores de cabeza, manteniendo un conocimiento ancestral, el cual es transmitido intergeneracionalmente. Sin embargo, sus poblaciones enfrentan amenazas crecientes debido a la expansión de la frontera agrícola y ganadera, el avance de la actividad minera y el crecimiento urbano, factores que han transformado el paisaje y reducido el hábitat natural de la especie (Seminario Cunya et al., 2019; Rodríguez Rodríguez et al., 2022).

En distritos como Encañada, Jesús y Namora, la recolección intensiva de *V. pilosa* genera volúmenes significativos destinados al abastecimiento de mercados locales y regionales (Rosel Orrillo Mejía, 2018). Esta presión sobre las poblaciones silvestres, sumada a su limitada capacidad de regeneración natural con tasas de germinación que rara vez superan el 40%, ha despertado preocupación sobre la viabilidad de su aprovechamiento sostenible (Seminario Cunya et al., 2016; Rodríguez-Monroy et al., 2020).

Investigaciones en especies del mismo género, como *V. carnosa* en Argentina y *V. jatamansi* en Asia, han demostrado que la propagación vegetativa mediante esquejes tratados con reguladores de crecimiento puede ser efectiva en ambientes controlados (Nagahama et al., 2019; Pandey & Pant, 2020). Estas estrategias se proponen como alternativas sostenibles para reducir la presión sobre poblaciones silvestres. No obstante, en el caso específico de *V. pilosa*, persisten vacíos de conocimiento técnico sobre la eficiencia de propagación según el tipo de brote, el sustrato y las condiciones de cultivo.

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la propagación vegetativa de *V. pilosa* utilizando dos tipos de brotes, dos tipos de sustrato y dos condiciones de cultivo (campo abierto e invernadero). Este enfoque busca generar información técnica que contribuya al desarrollo de sistemas productivos sostenibles, que facilite la domesticación de la especie y apoye su conservación *in situ* y *ex situ* en las zonas altoandinas donde tradicionalmente ha sido utilizada.

1.1. Justificación

La propagación *Valeriana pilosa* (Ruiz & Pav.) Resulta de interés agronómico y ecológico debido a que es una de las especies medicinales más recolectadas en los ecosistemas altoandinos del Norte del Perú, especialmente en la Región Cajamarca, donde su uso tradicional ha sido validado por generaciones de comunidades campesinas debido a sus propiedades sedantes, ansiolíticas y antiespasmódicas (Ramírez, Terán & Seminario, 2006; Cueva, 2003). Sin embargo, la recolección intensiva y sin criterios técnicos ha desencadenado una reducción de sus poblaciones naturales, agravada por la expansión minera, ganadera y agrícola (Seminario et al., 2016).

Diversos autores coinciden en que el desconocimiento sobre la biología reproductiva de esta especie limita su manejo y conservación (Machuca, 2012; Rumay, 2010). La propagación sexual mediante semillas ha demostrado ser ineficiente, tanto por su baja germinación como por

el prolongado tiempo que requieren las plántulas para alcanzar una etapa trasplantable (Seminario et al., 2016). En este contexto, la propagación vegetativa representa una alternativa viable para su multiplicación acelerada, pero requeriría de investigaciones experimentales que definan condiciones óptimas para su implementación.

Por lo tanto, este proyecto cobra relevancia científica y social al abordar una problemática ambiental concreta y aportar soluciones prácticas desde un enfoque agronómico. El diseño experimental propuesto, permitió generar evidencia sobre la interacción entre el tipo de propágulo, el tipo de sustrato y las condiciones ambientales, estableciendo protocolos de propagación que podrían ser escalados a nivel comunitario o institucional.

La información obtenida será útil para viveristas, agricultores interesados en diversificar sus cultivos con valor medicinal para entidades públicas o privadas comprometidas con la conservación de la biodiversidad altoandina, en línea con los objetivos de desarrollo sostenible relacionados con producción responsable, salud y bienestar, y protección de ecosistemas frágiles.

1.2. Planteamiento del problema

La propagación de plantas, tanto por vía sexual como asexual, es una práctica ancestral que ha sostenido la agricultura en los Andes (Hartmann et al., 2018). En particular, la propagación vegetativa es fundamental para conservar genotipos valiosos y reproducir especies con baja viabilidad de semillas. Sin embargo, en regiones como Cajamarca, donde la presión extractiva y la degradación ambiental son intensas, este proceso adquiere especial relevancia para especies de interés medicinal y cultural.

Un caso emblemático es *Valeriana pilosa* (Ruiz & Pav.) planta endémica de los Andes peruanos utilizada tradicionalmente como relajante y analgésico. Actualmente, esta especie se encuentra amenazada, debido a la extracción descontrolada de poblaciones silvestres y a la pérdida

de hábitat provocada por la minería y la expansión agrícola y ganadera lo que compromete su conservación en los ecosistemas altoandinos de Cajamarca (Ascate Pasos et al., 2020). A diferencia de *V. officinalis*, que ha sido propagada exitosamente mediante división de rizomas, e incluso, por medio de cultivos in vitro, *V. pilosa* presenta bajas tasas de prendimiento en condiciones naturales y mucho peor, en áreas degradadas (Machuca, 2012; Seminario et al., 2016).

Si bien, investigaciones con especies afines, han mostrado avances en técnicas de micropropagación (Nazif, 2023), más el uso de reguladores de crecimiento como el ácido naftalenacético (Maurya et al., 2021) y el empleo de fertilizantes innovadores, enriquecidos con extractos vegetales (Prisa & Menci, 2024), en el caso de *V. pilosa*, persisten vacíos críticos de conocimiento. Se desconocen aspectos fundamentales como la influencia del tipo de brote, el sustrato, la exposición ambiental (invernadero vs. campo) y el uso de hormonas vegetales en el enraizamiento y establecimiento de la especie. Esta falta de información limita el desarrollo de protocolos de propagación eficaces, obstaculiza su domesticación y restringe su aprovechamiento sostenible (Ascate Pasos et al., 2020; Rodríguez et al., 2022).

La situación es aún más preocupante si se consideran los estudios recientes que destacan propiedades funcionales del aceite esencial de *V. pilosa*, con efectos antioxidantes, antiespasmódicos y neuroprotectores (Minchán Herrera et al., 2022). Este potencial fitofarmacológico incrementa la presión sobre poblaciones silvestres y refuerza la urgencia de generar alternativas técnicas que permitan su propagación vegetativa y establecimiento del cultivo bajo condiciones controladas con intervención del hombre y su conservación en Cajamarca. En consecuencia, la ausencia de conocimientos claros sobre los factores que determinan el enraizamiento y establecimiento de *V. pilosa* constituye el núcleo del problema de investigación, pues amenaza a la viabilidad de la especie y a la posibilidad de aprovecharla de manera sostenible.

1.1.1. Formulación del Problema

¿Cuál es la respuesta de *Valeriana pilosa* (Ruiz & Pav.) a la propagación mediante dos tipos de propágulo (brotes con raíz y sin raíz), dos tipos de sustrato (tierra de pajonal y arena), y dos ambientes (campo e invernadero)?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la respuesta de *Valeriana pilosa* (Ruiz & Pav.) a la propagación vegetativa mediante dos tipos de propágulo (brotes con raíz y sin raíz), dos tipos de sustrato (tierra de pajonal y arena) y dos ambientes (condiciones de campo e invernadero).

1.3.2. Objetivos específicos

Evaluar la respuesta al establecimiento inicial de *V. pilosa* en condiciones de campo e invernadero.

Evaluar el porcentaje de brotes que presentan condiciones de ser trasplantados.

Analizar el efecto de la interacción entre tipo de propágulo y tipo de sustrato en las fases tempranas de desarrollo (altura, raíces, hojas) a los primeros tres meses del inicio de propagación.

Comparar el crecimiento (altura de planta, número raíces, número hojas, peso fresco y seco de raíces, rizomas y hojas) de las plantas, a los dos años de la plantación de los propágulos en campo definitivo.

1.4. Hipótesis de la investigación

Valeriana pilosa (Ruiz & Pav.) presenta respuestas significativamente diferentes en su propagación vegetativa según el tipo de propágulo, el tipo de sustrato y el ambiente de cultivo (campo o invernadero).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Los antecedentes relacionados con la propagación de *Valeriana pilosa* evidencian que se trata de una especie con limitaciones reproductivas importantes, lo que ha motivado la realización de investigaciones bajo distintos enfoques, principalmente propagación sexual, vegetativa y biotecnológica, tanto en condiciones de campo como de laboratorio.

Desde el enfoque de la propagación sexual, Seminario-Cunya et al. (2016) evaluaron la germinación y el crecimiento inicial de *V. pilosa* a partir de semillas recolectadas en ecosistemas altoandinos del Perú. La investigación se desarrolló mediante ensayos controlados de germinación, registrándose tasas germinativas, crecimiento de plántulas y supervivencia durante el primer año. Los resultados mostraron una tasa de germinación del 43 % y un crecimiento promedio inferior a 5,6 mm por mes, lo que evidenció un desarrollo vegetativo lento y una baja eficiencia reproductiva bajo condiciones naturales.

En una línea similar, Valdez (2017) investigó la propagación sexual de *V. pilosa* aplicando tratamientos pregerminativos en semillas recolectadas en la región Cajamarca. El estudio utilizó un diseño experimental con tratamientos físicos y químicos, evaluando el porcentaje de germinación y la emergencia de plántulas. Los resultados indicaron tasas de germinación de hasta 61 % en semillas tratadas, lo que sugiere que la respuesta germinativa puede mejorarse mediante un manejo técnico adecuado.

Por su parte, Rumay (2010) analizó la germinación de semillas no seleccionadas de *V. pilosa* bajo condiciones de vivero y sin tratamientos pregerminativos. El autor reportó tasas de germinación entre 40 % y 47 %, atribuyendo esta variabilidad al reducido tamaño de los diásporos,

su dispersión anemócora y la limitada disponibilidad de semillas viables en campo, factores que restringen la regeneración natural de la especie.

En el ámbito de la propagación de *V. pilosa*, Medina Tello (2017) realizó un estudio orientado a evaluar la respuesta del material vegetal bajo condiciones de vivero, analizando variables como la sobrevivencia y el prendimiento inicial en función de diferentes condiciones de manejo y sustrato. Si bien su investigación se centró en la propagación sexual mediante semillas, los resultados evidenciaron una respuesta variable asociada tanto al tipo de material vegetal empleado como a las características del sustrato, resaltando la importancia de estos factores en las etapas iniciales del establecimiento. El autor concluyó que la optimización de los protocolos técnicos resulta fundamental para mejorar la eficiencia del prendimiento y la sobrevivencia temprana, aportando criterios técnicos que pueden ser considerados en el diseño de estrategias de propagación vegetativa de la especie.

Asimismo, se reporta una tesis desarrollada en el ámbito de la empresa minera Yanacocha, en la cual se evaluó la propagación de *V. pilosa* mediante propágulos vegetativos con fines de conservación y rehabilitación ambiental. El estudio empleó ensayos experimentales en vivero, evaluando el prendimiento y el desarrollo inicial de los propágulos, y concluyó que determinados tipos de material vegetativo presentan mayor viabilidad bajo condiciones controladas, contribuyendo al manejo sostenible de la especie.

Desde el enfoque biotecnológico, Rosales Cuentas (2014) investigó la propagación in vitro de *V. pilosa* a partir de yemas apicales, utilizando medios de cultivo supplementados con reguladores de crecimiento. El experimento evaluó la supervivencia y el desarrollo radicular de los explantes, reportando una tasa de supervivencia del 26 %. Los resultados indicaron un mayor

desarrollo radicular en plantas no expuestas a reguladores hormonales, lo que sugiere una respuesta sensible a dichos compuestos.

En estudios desarrollados en Colombia, se han realizado los primeros ensayos de propagación in vitro en especies del género Valeriana, orientados al establecimiento de protocolos de micropropagación mediante el uso de medios de cultivo estandarizados y reguladores de crecimiento. Estos trabajos lograron la multiplicación clonal del material vegetal y constituyen una referencia metodológica relevante para especies con limitaciones reproductivas como *V. pilosa*.

De manera complementaria, Córdova y Dobronski (2019) evaluaron la propagación vegetativa en vivero de *Valeriana* sp. mediante estacas foliadas y sin hojas, tratadas con extractos vegetales de *Aloe vera*, *Lens culinaris* y *Salix alba*. El estudio incluyó 20 estacas por tratamiento y evaluó variables como longitud y peso del sistema radicular, área foliar y supervivencia a los 30 días. Los resultados demostraron que el extracto de sábila aplicado a estacas sin hojas alcanzó una tasa de enraizamiento del 93,06 %, evidenciando su alta eficacia como inductor radicular.

A nivel internacional, Pandey et al. (2020) estudiaron la propagación clonal in vitro de *Valeriana jatamansi* como modelo para especies medicinales de alto valor farmacológico. Mediante el uso de medios MS suplementados con reguladores de crecimiento, lograron una multiplicación acelerada de estructuras vegetativas y un control eficiente de la producción de metabolitos secundarios, aportando un marco de referencia aplicable a especies afines como *V. pilosa*.

Finalmente, aunque con un enfoque farmacológico, Ybañez-Julca et al. (2023) evaluaron los efectos del aceite esencial de *V. pilosa* mediante ensayos ex vivo, destacando la importancia de contar con material vegetal homogéneo y de calidad. Los autores señalan que el establecimiento

de sistemas de propagación clonal permitiría preservar la uniformidad de los compuestos bioactivos, reforzando la relevancia de la propagación vegetativa y biotecnológica en esta especie.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Generalidades del género *Valeriana*

El género *Valeriana*, actualmente reclasificado dentro de la familia Caprifoliaceae según el sistema APG III, comprende aproximadamente 150 especies con distribución cosmopolita. Su centro de diversidad secundaria se encuentra en la región andina de Sudamérica, destacando países como Perú, Ecuador y Colombia (Ascate Pasos et al., 2020). Esta riqueza taxonómica se traduce en un alto nivel de endemismos en Perú se han registrado más de 70 especies, de las cuales 45 son endémicas (Kutschker, 2011). Las especies de *Valeriana* habitan diversos nichos, especialmente ecosistemas altoandinos, donde son valoradas por sus propiedades medicinales tradicionales para tratar afecciones nerviosas, digestivas y musculares.

Desde tiempos ancestrales, diversas culturas andinas han utilizado especies del género *Valeriana* como remedios tradicionales para tratar afecciones del sistema nervioso, incluyendo insomnio, ansiedad, espasmos y trastornos digestivos. Este conocimiento etnobotánico, transmitido oralmente a lo largo de generaciones, ha comenzado a ser validado mediante estudios fitoquímicos y farmacológicos contemporáneos. Investigaciones recientes han identificado compuestos activos como ácidos sesquiterpenos, iridoides y valepotriatos, responsables de sus efectos sedantes y ansiolíticos, lo que respalda su relevancia tanto en la medicina tradicional como en la investigación científica moderna (Ascate Pasos et al., 2020; Li et al., 2022).

2.2.2. Características morfológicas de *Valeriana pilosa* (Ruiz & Pav.)

V. pilosa es una especie herbácea, perenne y rizomatosa, endémica del Norte del Perú, que habita principalmente los pisos altoandinos de la ecorregión Jalca. Su distribución incluye los

departamentos de Cajamarca, Piura, Amazonas, La Libertad y San Martín, donde se desarrolla entre los 3 300 y 4 200 metros sobre el nivel del mar, en pajonales y laderas húmedas características del ecosistema montano (Seminario Cunya et al., 2016). En localidades como Campo Alegre (Namora, Cajamarca), la especie forma rosetas basales con hojas pinnatífidas y bordes ligeramente dentados, dispuestas de manera compacta. Esta morfología favorece la retención de humedad y representa una adaptación a las condiciones climáticas de altura (Seminario Cunya et al., 2016).

El sistema radical de *V. pilosa* está conformado por un rizoma vertical, carnoso y de textura firme, del cual emergen raíces adventicias finas y ramificadas. Su tallo floral es erecto y culmina en inflorescencias tipo corimbo que agrupan flores pequeñas, hermafroditas y actinomorfas, de color blanco o rosado. El fruto es un aquenio seco, alargado y coronado por un papús plumoso, que facilita su dispersión por el viento. Estas características morfológicas representan adaptaciones clave para su supervivencia en los ambientes abiertos, fríos y ventosos de las zonas altoandinas (Seminario-Cunya, Rumay & Seminario, 2016).

2.2.3. Distribución ecológica y hábitat

El nicho ecológico de *V. pilosa* se encuentra en la jalca andina, un ecosistema de alta montaña caracterizado por pastizales abiertos, suelos turbosos, elevada humedad ambiental y condiciones climáticas marcadas por bajas temperaturas y fuertes variaciones térmicas. Esta especie crece en suelos de origen volcánico, con un pH ácido (menor a 6), buena capacidad de retención de agua y una textura que varía entre franca y franco-arenosa. Estos suelos contienen abundante materia orgánica, aunque en estado de descomposición incompleta, debido a la limitada actividad microbiana asociada a las bajas temperaturas (Sánchez & Dillon, 2006).

En estos ecosistemas, *V. pilosa* coexiste con especies como *Calamagrostis intermedia*, *Lupinus mutabilis* y *Hesperomeles ferruginea*, que contribuyen a la estabilidad ecológica. La

especie muestra una notable capacidad de adaptación a condiciones extremas, como oscilaciones térmicas diarias de hasta 20 °C, elevada radiación ultravioleta y precipitaciones estacionales. Además, tolera ciertos niveles de perturbación, como el pastoreo moderado, siempre que se mantenga dentro de límites sostenibles. Estas características reflejan su potencial para procesos de restauración ecológica y su resiliencia frente a las condiciones del entorno (Ramírez et al., 2006).

2.2.4. Importancia etnobotánica y farmacológica

Desde una perspectiva etnobotánica, *Valeriana pilosa* (Ruiz & Pav.) representa una planta emblemática para las comunidades altoandinas, quienes la emplean tradicionalmente en forma de decociones e infusiones, por sus propiedades calmantes, digestivas y analgésicas. En la Región Cajamarca, su uso es común en preparados caseros como los cocidos con leche o agua para tratar insomnio, ansiedad, cefaleas y trastornos gastrointestinales. Este conocimiento empírico ha sido respaldado por investigaciones fitoquímicas que han identificado metabolitos secundarios con actividad farmacológica (Ascate-Pasos et al., 2020).

Estudios recientes han caracterizado el aceite esencial de *V. pilosa* mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS), revelando la presencia de compuestos volátiles como linalool y ácido valerénico, con potencial de presentar actividad antioxidante (Gonzales-Inca et al., 2022). Asimismo, se han identificado sesquiterpenos como patchoulol ($\approx 20.8\%$) y α -humuleno ($\approx 6.1\%$), junto con iridoides, valepotriatos, ácidos fenólicos y alcaloides, asociados a efectos ansiolíticos, espasmolíticos y antioxidantes.

Estudios farmacodinámicos ex vivo e in silico, han demostrado que estos metabolitos actúan sobre receptores muscarínicos GABAérgicos (M_2 /M_3) y canales de calcio, induciendo relajación muscular y reducción del estrés (Ybañez-Julca et al., 2023). En conjunto, estos hallazgos

respaldan el uso tradicional de *V. pilosa* y sugieren su potencial aplicación en la industria fitoterapéutica.

2.2.5. Propagación vegetativa: fundamentos y mecanismos fisiológicos

La propagación vegetativa, también denominada reproducción asexual, constituye una estrategia agronómica fundamental para la multiplicación de plantas medicinales que presentan baja eficiencia reproductiva por semilla, como *Valeriana pilosa*. Este método permite la obtención de individuos genéticamente idénticos a la planta madre a partir de estructuras vegetativas como rizomas, estacas u órganos subterráneos modificados, sin la intervención de procesos de fecundación. En especies afines del género *Valeriana*, se ha demostrado que la propagación clonal no solo facilita la producción masiva de material vegetal, sino que además contribuye a mantener la uniformidad del perfil fitoquímico de los metabolitos secundarios, aspecto esencial para garantizar la calidad farmacológica del recurso (Gautam et al., 2021).

Desde el punto de vista fisiológico, el éxito de la propagación vegetativa se sustenta en la totipotencia celular, definida como la capacidad de ciertas células vegetales para desdiferenciarse, proliferar y rediferenciarse, dando origen a nuevos órganos completos. Este proceso implica una reorganización metabólica y estructural de los tejidos del explante, especialmente en las regiones basales, donde se inicia la formación de raíces adventicias.

La regulación de estos mecanismos está estrechamente asociada al equilibrio hormonal endógeno. Las auxinas, particularmente el ácido indolacético (AIA) y el ácido indolbutírico (AIB), desempeñan un rol central en la inducción del enraizamiento adventicio, al estimular la división celular y la diferenciación de primordios radiculares. Por su parte, las citoquininas participan principalmente en la activación de yemas axilares y el desarrollo de brotes. La relación cuantitativa entre ambos grupos hormonales determina la orientación de la organogénesis: cuando predominan

las auxinas se favorece la formación de raíces, mientras que una mayor proporción de citoquininas promueve la brotación (Hartmann et al., 2018).

Durante el proceso de enraizamiento, las células basales del explante responden a la acumulación de auxinas mediante la activación de rutas metabólicas específicas que conducen a la formación de raíces adventicias. Este proceso se ve favorecido por la disponibilidad de carbohidratos de reserva, como almidón y azúcares solubles, los cuales suministran la energía necesaria para la diferenciación celular. Asimismo, factores ambientales como la temperatura, la humedad relativa y el fotoperiodo influyen directamente en la actividad metabólica de los tejidos y en la eficiencia del proceso de regeneración (George et al., 2008; Valdez, 2017).

En conjunto, los fundamentos fisiológicos y hormonales explican la capacidad de *V. pilosa* para regenerarse a partir de estructuras vegetativas, constituyendo la base científica para el desarrollo de técnicas de propagación clonal con fines de conservación y manejo sostenible.

2.2.6. Propagación vegetativa: tipos y factores que influyen en su éxito

La propagación vegetativa puede realizarse mediante diversos tipos de técnicas, entre las que destacan el uso de estacas herbáceas o semileñosas, la división de rizomas, la inducción de brotes axilares y las técnicas de cultivo in vitro. En el género *Valeriana*, el empleo de estacas semileñosas ha mostrado alta eficacia cuando se seleccionan brotes vigorosos y se aplican reguladores de crecimiento adecuados, favoreciendo el enraizamiento y la supervivencia de los propágulos (Hartmann & Kester, 2018).

Aunque no existen estudios específicos sobre la propagación vegetativa de *Valeriana pilosa*, investigaciones realizadas en especies afines, como *Valeriana carnosa*, han demostrado que la reproducción asexual mediante estacas semileñosas tratadas con auxinas como el ácido indolbutírico (AIB) o el ácido naftalenacético (ANA) en concentraciones entre 1000 y 3000 ppm

permite obtener individuos genéticamente uniformes con altas tasas de enraizamiento y supervivencia (Nagahama et al., 2019). Estos resultados respaldan el uso de la propagación vegetativa como una herramienta viable para la conservación y aprovechamiento medicinal de *V. pilosa*, especialmente en contextos donde la reproducción sexual se encuentra limitada.

El éxito de la propagación vegetativa está condicionado por diversos factores técnicos y biológicos, entre los que se incluyen el tipo de explante empleado (herbáceo, semileñoso o lignificado), la edad fisiológica del material vegetal, el estado fenológico de la planta madre y el tratamiento hormonal aplicado. Explantes jóvenes y fisiológicamente activos suelen presentar una mayor capacidad de regeneración y prendimiento.

Asimismo, el tipo de sustrato desempeña un papel determinante en el desarrollo del sistema radicular. Sustratos porosos que aseguren adecuada aireación, retención hídrica y disponibilidad de nutrientes como mezclas de turba, perlita, vermiculita y humus de lombriz ofrecen condiciones favorables para el enraizamiento y reducen el estrés hídrico durante las etapas iniciales del establecimiento.

Las condiciones ambientales durante el proceso de propagación también influyen significativamente en la viabilidad de los propágulos. Factores como la temperatura, la humedad relativa y el fotoperiodo afectan la actividad metabólica del explante y la velocidad de formación de raíces. Ambientes con alta humedad relativa y luz difusa suelen favorecer el prendimiento y la supervivencia de los esquejes.

Desde el punto de vista operativo, prácticas como el corte de estacas en horas tempranas del día, la reducción del área foliar para disminuir la transpiración, el uso de herramientas limpias y la protección frente a patógenos contribuyen a mejorar la eficiencia del proceso de propagación vegetativa (Hartmann et al., 2018).

En síntesis, la propagación vegetativa de *V. pilosa* depende de la adecuada selección de técnicas, del manejo de los factores fisiológicos y ambientales, y de la correcta aplicación de prácticas de propagación, constituyéndose en una alternativa técnica viable para conservar la identidad genética de la especie y promover su cultivo sostenible.

2.2.7. Técnicas modernas de micropagación en plantas medicinales altoandinas.

La micropagación se ha consolidado como una herramienta biotecnológica clave para la producción masiva, conservación genética y estandarización fitoquímica de especies vegetales medicinales, incluidos miembros del género *Valeriana*. El cultivo in vitro permite la clonación rápida y eficiente de individuos élite bajo condiciones controladas de asepsia, temperatura, fotoperiodo, humedad y nutrición. Aunque no existen protocolos publicados específicamente para *V. pilosa*, estudios con especies afines como *V. officinalis* y *V. wallichii* han demostrado que el uso de medios MS o B5 suplementados con reguladores de crecimiento como BAP, NAA o IAA puede inducir regeneración a partir de yemas axilares o brotes apicales, logrando tasas de multiplicación superiores al 80 % y posterior enraizamiento exitoso (Moraes et al., 2021).

En contextos como los Andes peruanos, donde la reproducción sexual está limitada por la baja germinación y escasa disponibilidad de semillas, la micropagación representa una estrategia viable para especies endémicas vulnerables como *V. pilosa*. Revisiones fitoquímicas y etnobotánicas confirman su alto contenido de compuestos bioactivos (Ascate-Pasos et al., 2020), lo que refuerza el valor de técnicas in vitro para multiplicar clones élite, obtener plantas libres de patógenos y estandarizar perfiles fitoquímicos, facilitando su reintroducción en hábitats naturales o su uso medicinal e industrial.

El proceso de micropagación se desarrolla en cinco fases: (1) establecimiento in vitro, (2) multiplicación de brotes, (3) elongación, (4) enraizamiento y (5) aclimatación. En la fase de

establecimiento, se utilizan explantes nodales o apicales desinfectadas, cultivados en medios MS suplementados con reguladores de crecimiento. Durante la multiplicación, se emplean citoquininas como BAP o kinetina para inducir brotes múltiples. En el estudio de Rosales Cuentas (2014) sobre *Valeriana* sp. “siete sabios”, se evaluaron concentraciones de BAP (1,0; 3,0; 5,0 mg/L), observándose que 5,0 mg/L promovió mayor elongación de brotes (1,39 cm), mientras que el control sin hormona favoreció la formación radicular.

La fase de elongación se estimula mediante la reducción progresiva de citoquininas, seguida por la incorporación de auxinas como AIB o NAA en la fase de enraizamiento. En especies cercanas a *V. pilosa*, como *V. officinalis* y *V. jatamansi*, concentraciones de AIB entre 1,0 y 3,0 mg/L han inducido eficientemente raíces adventicias (Zayova, 2010; Nazir et al., 2022). Estos hallazgos respaldan el uso de auxinas para optimizar el desarrollo radicular en el género *Valeriana*.

La fase final, la aclimatación, consiste en adaptar gradualmente las plántulas al ambiente ex vitro. Dado que las plantas cultivadas in vitro presentan cutículas inmaduras y estomas poco funcionales, requieren ambientes con alta humedad relativa (80–90 %), luz difusa y temperaturas moderadas. Sustratos estériles como mezclas de turba, vermiculita y humus de lombriz han demostrado ser efectivos para facilitar esta transición fisiológica y reducir la mortalidad durante el trasplante (Gil Rivero, 2017; Pospísilová et al., 1998). La exposición progresiva a condiciones naturales permite el fortalecimiento del sistema estomático y la formación de cutícula funcional, aspectos esenciales para el establecimiento exitoso en vivero. Avances recientes han incorporado técnicas complementarias como:

- **Encapsulación de brotes (semillas sintéticas):** permite conservar y transportar explantes en forma de perlas de alginato.

- **Criopreservación:** almacenamiento a -196 °C en nitrógeno líquido para conservar germoplasma a largo plazo.
- **Organogénesis directa e indirecta:** regeneración de tejidos diferenciados o callos a partir de células totipotentes (Pandey & Pant, 2020).

Estas técnicas avanzadas de micropropagación no solo mejoran la eficiencia en la reproducción de *Valeriana pilosa*, sino que también contribuyen a la conservación de su biodiversidad genética y fitoquímica, posicionándola como una herramienta estratégica para el desarrollo de fitofármacos estandarizados, la investigación científica reproducible y la creación de cadenas de valor sostenibles; además, su aplicación permite garantizar la trazabilidad y calidad de los productos naturales derivados, aspecto que será abordado en la siguiente sección.

2.2.8. Importancia de la propagación clonal para la estandarización fitoquímica de *Valeriana pilosa*.

La propagación clonal, también conocida como reproducción vegetativa inducida, constituye una herramienta biotecnológica fundamental en el campo de la fitoquímica aplicada y la farmacognosia, especialmente en especies medicinales con alta variabilidad genética como *Valeriana pilosa* Ruíz & Pavón. Esta técnica permite la multiplicación exacta de genotipos élite, garantizando la uniformidad en la producción de metabolitos secundarios bioactivos, lo cual es esencial para el desarrollo de fitofármacos con calidad constante (Ybañez-Julca et al., 2023).

La variabilidad genética observada en poblaciones silvestres de *V. pilosa* influye significativamente en la concentración de compuestos activos como valepotriatos, sesquiterpenos, iridoides y flavonoides, responsables de sus efectos ansiolíticos, sedantes, antiespasmódicos y antioxidantes (Minchán-Herrera et al., 2022). En este contexto, la clonación vegetal permite

seleccionar individuos con perfiles fitoquímicos superiores para su multiplicación masiva bajo condiciones controladas, asegurando la consistencia química entre lotes de producción.

Este principio ha sido validado en especies medicinales de alto valor terapéutico como *Echinacea purpurea*, *Hypericum perforatum* y *Digitalis lanata*, donde la propagación clonal ha sido clave para cumplir con las exigencias regulatorias de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia Europea de Medicamentos (EMA), que requieren uniformidad en el contenido de principios activos (Li et al., 2021).

En el caso de *V. pilosa*, técnicas como el cultivo de tejidos (organogénesis directa o embriogénesis somática) y la división de rizomas en vivero permiten conservar líneas con propiedades terapéuticas sobresalientes. Esta estrategia es especialmente relevante ante la sobreexplotación, pérdida de hábitat y ausencia de protocolos de manejo sostenible. El uso de clones estandarizados no solo mejora la trazabilidad de productos fitoterapéuticos, sino que también reduce la dependencia de la colecta silvestre, mitigando la presión sobre las poblaciones naturales (Quesada-Cordero et al., 2022).

En Perú, el establecimiento de bancos clonales (colecciones vivas de individuos genéticamente homogéneos con alto contenido de metabolitos de interés) ha sido propuesto como estrategia prioritaria en zonas altoandinas. Según Ybañez-Julca et al. (2023), estos bancos permitirían conservar germoplasma valioso, facilitar la investigación aplicada y servir de base para programas de cultivo comercial de *V. pilosa* en sistemas agroecológicos sostenibles.

Este enfoque integrador entre biotecnología vegetal, conservación de recursos fitogenéticos y desarrollo farmacéutico representa una oportunidad única para posicionar a *V. pilosa* como especie emblemática de la fitomedicina peruana, generando beneficios científicos, económicos y sociales para las comunidades andinas.

2.2.9. Desafíos y perspectivas en la conservación y cultivo de especies medicinales amenazadas: el caso de *V. pilosa*

La conservación de especies medicinales endémicas como *V. pilosa* Ruíz & Pavón se ha vuelto prioritaria ante el deterioro acelerado de los ecosistemas altoandinos y la presión extractiva sin regulación. Factores como la pérdida de hábitat, el sobrepastoreo, la expansión agrícola y minera han comprometido seriamente la regeneración natural de plantas con valor terapéutico y distribución restringida (Quesada-Cordero et al., 2022; Seminario et al., 2016).

Frente a este panorama, se requiere una estrategia interinstitucional que combine conservación *in situ* con acciones *ex situ*, como la propagación vegetativa, la micropropagación y el establecimiento de bancos clonales. Estas técnicas permiten preservar germoplasma valioso y garantizar la continuidad genética y fitoquímica de la especie (Ascate-Pasos et al., 2020). Sin embargo, uno de los principales desafíos técnicos es la escasa disponibilidad de datos ecofisiológicos y reproductivos de *V. pilosa*, lo que limita el diseño de protocolos agronómicos replicables (Rodríguez et al., 2022).

La implementación de tecnologías limpias como; viveros tecnificados, invernaderos y cámaras húmedas, ofrece alternativas sostenibles para reducir la presión sobre poblaciones silvestres. Además, la integración de *V. pilosa* en sistemas agroforestales y biohuertos comunitarios puede contribuir a la reconversión productiva en zonas altoandinas afectadas por el monocultivo y la degradación del suelo (Sánchez & Riat, 2021; Iannicelli et al., 2018).

No obstante, el avance de estas iniciativas depende del fortalecimiento institucional, el acceso a financiamiento y la articulación entre actores locales, universidades, ONGs y gobiernos. Experiencias en países andinos como Bolivia y Colombia demuestran que el apoyo técnico-

científico vinculado a programas de desarrollo territorial puede generar impactos positivos en la biodiversidad y en la calidad de vida de las comunidades (Quesada-Cordero et al., 2022).

En síntesis, la conservación y cultivo sostenible de *V. pilosa* representa no solo una necesidad ecológica, sino también una alternativa para el aprovechamiento racional de la biodiversidad altoandina, el fortalecimiento de sistemas locales de fitoproducción y la diversificación de alternativas productivas sostenibles.

2.2.10. Factores que afectan el éxito del enraizamiento en *V. pilosa*

El enraizamiento exitoso en *V. pilosa* está condicionado por una interacción compleja de factores fisiológicos, bioquímicos y ambientales, cuya adecuada gestión resulta esencial para garantizar una propagación vegetativa eficiente. En especies afines como *Valeriana officinalis* y *Valeriana* sp., se ha demostrado que variables como la edad fisiológica del explante, el tipo de tejido, la concentración de auxinas, el tipo de sustrato y las condiciones microclimáticas (temperatura, humedad relativa y luz) son determinantes críticos en la formación de raíces adventicias (Hartmann et al., 2018; Córdova Ruiz, 2019).

Desde el punto de vista fisiológico, los tejidos juveniles presentan mayor capacidad rizogénica debido a niveles elevados de auxinas endógenas y una intensa actividad meristemática. Hartmann et al. (2011) destacan que esta condición favorece la inducción de raíces, mientras que Inuma et al. (2018) reportaron tasas de enraizamiento de hasta 88 % en explantes de 65–74 días de edad, en contraste con brotes más jóvenes que mostraron menor rendimiento. Osterc et al. (2011) corroboran que los niveles de ácido indolacético (IAA) libre son más altos en tejidos juveniles, lo que se asocia directamente con una mayor propensión al enraizamiento.

A nivel bioquímico, la relación carbono/nitrógeno (C/N) en los tejidos del explante cumple un rol fundamental. Una alta concentración de carbohidratos, especialmente almidón y azúcares

solubles, proporciona energía y estructura para los procesos celulares de división y diferenciación que conducen a la formación de raíces adventicias. En condiciones in vitro, donde la fotosíntesis es limitada, esta disponibilidad energética es aún más crítica (Yaseen et al., 2012). Por ello, la selección de tallos semileñosos, turgentes y con reservas acumuladas constituye un criterio agronómico estratégico.

El tipo de sustrato también influye significativamente en el éxito del enraizamiento. Mezclas que combinan arena lavada, turba, perlita o vermiculita ofrecen una estructura física balanceada, donde los macroporos facilitan la oxigenación radicular y los microporos retienen humedad disponible (Ansorena, 1994; Premier Tech, 2016). Aunque no existen estudios específicos para *V. pilosa*, se considera razonable extrapolar que este tipo de sustrato sería adecuado para su propagación en condiciones controladas.

La integración de estos factores en protocolos agronómicos bien estructurados permitirá mejorar sustancialmente los índices de enraizamiento en *V. pilosa*, incrementando la producción de plantones viables para proyectos de reforestación, cultivo comercial y conservación ex situ de esta especie medicinal de alto valor terapéutico.

2.2.11. Propagación vegetativa en condiciones de vivero e invernadero

La propagación vegetativa mediante brotes es una estrategia ampliamente utilizada en la multiplicación clonal de plantas medicinales perennes, debido a su simplicidad técnica, bajo costo operativo y capacidad para preservar la identidad genética del individuo madre. En el caso de *V. pilosa*, esta técnica representa una solución práctica frente a la baja germinación y limitada disponibilidad de semillas (Seminario et al., 2016).

El uso de reguladores de crecimiento, especialmente auxinas como el AIB y el ANA, ha demostrado ser eficaz en la inducción de raíces adventicias en diversas especies vegetales. Uribe

(2012) reportó tasas de enraizamiento de hasta 87.5 % con AIB y 75 % con ANA en *Nothofagus glauca*, utilizando concentraciones entre 1.0 y 3.0 mg/L (equivalente a 1000–3000 ppm). Estos resultados respaldan la aplicación de auxinas en protocolos de propagación para *V. pilosa*.

Ramos et al. (2023) recomiendan obtener brotes de plantas madre vigorosas, mayores a un año, preferiblemente durante la estación seca, cuando las reservas de carbohidratos son más altas. Las estacas deben contar con al menos una yema axilar activa y ser plantadas en sustratos porosos y ricos en materia orgánica, como una mezcla de turba y arena lavada en proporción 1:1. La aplicación de AIB a 1500 ppm en la base de las estacas ha demostrado ser altamente efectiva, alcanzando un 85 % de enraizamiento en cámaras de nebulización, frente a un 50 % en estacas sin tratamiento hormonal (Ramos et al., 2023).

Las estructuras protegidas, como invernaderos o túneles de propagación, ofrecen condiciones óptimas para el desarrollo radicular: humedad relativa superior al 85 %, temperatura controlada entre 20 y 25 °C, y luz difusa. Castro et al. (2021) destacan que un régimen de riego moderado diario durante las primeras tres semanas, seguido de una reducción gradual, favorece la inducción radicular y la aclimatación del esqueje.

En conjunto, la aplicación sistemática de estos métodos bajo condiciones controladas convierte la propagación vegetativa de *V. pilosa* en un proceso eficiente y replicable, clave para su conservación, cultivo comercial y estandarización farmacológica.

2.3. Definición de términos básicos

Aclimatación: Proceso mediante el cual los propágulos se adaptan gradualmente a las condiciones ambientales del campo tras la siembra, permitiendo la transición desde ambientes controlados a condiciones naturales (Hartmann et al., 2018).

Ácido valerénico: Compuesto sesquiterpénico característico reportado en especies del género *Valeriana*, estudiado por su relación con efectos sedantes y ansiolíticos, asociados a la modulación del sistema GABA érgicos en el sistema nervioso central (Houghton, 1999; Becker et al., 2014).

Biomasa subterránea: Conjunto de órganos de la planta ubicados bajo el suelo, principalmente cormos y raíces, responsables del almacenamiento de reservas y de la regeneración vegetativa (Taiz et al., 2015).

Brote: Estructura vegetativa que emerge del cormo o de una yema y da origen a nuevas partes aéreas de la planta (Hartmann et al., 2018).

Brote adventicio: Brote que se origina a partir de tejidos no meristemáticos, fenómeno frecuente en procesos de propagación vegetativa y regeneración clonal (Hartmann et al., 2018).

Brote con raíz: Propágulo vegetal que conserva parte del sistema radicular al momento de la siembra, lo que favorece el prendimiento y el establecimiento de la planta (Hartmann et al., 2018).

Brote sin raíz: Propágulo vegetal carente de raíces al momento de la siembra, cuyo establecimiento depende de la emisión posterior de raíces adventicias (Hartmann et al., 2018).

Cormo: Órgano subterráneo engrosado de reserva que permite la regeneración, supervivencia y multiplicación vegetativa de la planta (Esau, 1977).

Dependencia ecológica: Grado en que una especie requiere condiciones ambientales específicas para su supervivencia, desarrollo y reproducción, especialmente en ecosistemas especializados como los altoandinos (Odum & Barrett, 2006).

Establecimiento inicial: Fase posterior a la siembra en la que el propágulo logra enraizar, sobrevivir y comenzar su desarrollo funcional en el nuevo ambiente (Hartmann et al., 2018).

Estacas someras: Propágulos vegetativos establecidos a poca profundidad en el sustrato, para favorecer el prendimiento y el desarrollo del sistema radicular (Hartmann et al., 2018).

Material vegetativo: Conjunto de estructuras de la planta utilizadas para su propagación, como brotes, cormos y raíces, que permiten la reproducción asexual conservando las características genéticas de la planta madre (Hartmann et al., 2018).

Propágulo: Unidad vegetal capaz de originar una nueva planta, empleada en la propagación vegetativa, incluyendo brotes, fragmentos de cormo o raíces (Hartmann et al., 2018).

Prendimiento: Porcentaje de propágulos que logran enraizar y establecerse exitosamente después de la siembra, utilizado como indicador del éxito de la propagación (Gómez & Gómez, 1984).

Tierra de pajonal: Suelo local de zonas altoandinas asociado a ecosistemas de pajonal (pastizales naturales), usado como sustrato por su disponibilidad en el entorno; en estos ecosistemas se reporta alta presencia de materia orgánica en suelos de pajonal (Quinteros, 2013) y *Valeriana pilosa* se describe como especie propia del pajonal altoandino (Seminario-Cunya et al., 2016).

Uso sostenible: Aprovechamiento del recurso vegetal que permite su utilización productiva sin comprometer la conservación de la especie ni la integridad de su ecosistema (FAO, 2011).

Valepotriatos: Grupo de metabolitos secundarios característicos del género *Valeriana*, químicamente descritos como ésteres iridoides no glucosídicos, considerados marcadores fitoquímicos del género y asociados a su interés farmacológico (European Medicines Agency [EMA], 2016; Çelik et al., 2025).

Vigor vegetativo: Grado de desarrollo y fortaleza de la planta, expresado en crecimiento, emisión de brotes y expansión foliar, utilizado como indicador del estado fisiológico (Taiz et al., 2015).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización de la investigación

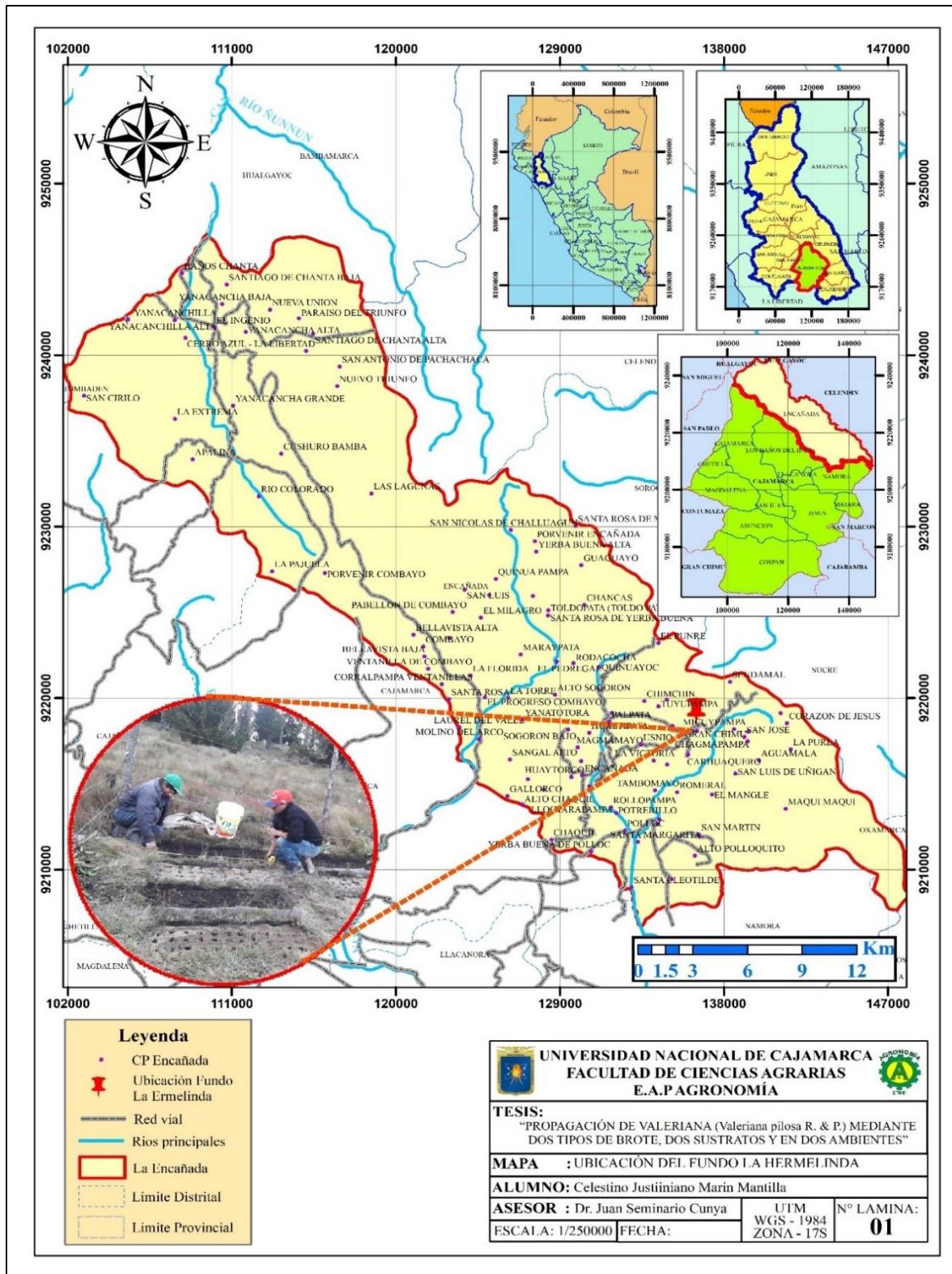
El estudio en condiciones de campo se realizó en el fundo La Ermelinda, ubicado en el caserío Progreso La Toma, comunidad campesina de Michiquillay, distrito de La Encañada, provincia de Cajamarca. El sitio se encuentra a una altitud de 3809 m.s.n.m., en el sistema de UTM (Datum WGS 84, Zona 17M), en 800 261 m Este (E) y 9 220 126 m Norte (N). El área presenta un clima frío típico de la ecorregión altoandina, con una humedad relativa superior al 80 %, temperatura promedio de 15 °C y suelos turbosos, ricos en materia orgánica.

En paralelo, la investigación en condiciones controladas se desarrolló en el invernadero del Programa de Raíces y Tubérculos Andinos, perteneciente a la Escuela Académico Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de Cajamarca. Este invernadero está ubicado en la Av. Atahualpa 1050, kilómetro 4.7 de la carretera a Baños del Inca, a una altitud de 2683 m.s.n.m., con coordenadas UTM (Datum WGS 84, Zona 17M), en 786 091 m Este (E) y 9 206 927 m Norte (N). según datos de la Estación Meteorológica “Augusto Weberbauer”.

Las condiciones climáticas en esta zona incluyen una precipitación media anual de 660 mm, humedad relativa promedio de 74 % y temperatura media de 14 °C. Dentro del invernadero, se registró una temperatura promedio de 19.5 °C y una humedad relativa de 60 %, parámetros que fueron monitoreados durante el desarrollo del experimento.

Figura 1.

Ubicación geográfica del fundo La Ermelinda donde se desarrolló la investigación.



3.2. Materiales

a. Material experimental

- *Propágulos vegetativos:* hijuelos de *Valeriana pilosa* (Ruiz & Pav.) seleccionados de plantas madre vigorosas.
- *Sustratos utilizados:* Tierra de jalca (pajonal altoandino) y Arena de río lavada.

b. Equipos y herramientas

- *Instrumentos de medición y registro:* Cámara fotográfica digital, Balanza electrónica de precisión, Estufa de secado, GPS, Estereoscopio, Lupa con iluminación integrada.
- *Herramientas de campo y vivero:* Aspersor manual, Pico, Palana, Lampa, Tijera de podar, Wincha métrica.

c. Otros materiales

- Manguera, bolsas de papel, bolsas de polietileno, costales, cinta adhesiva, alcohol, lejía libreta de campo, lápiz.

3.3. Metodología

La investigación se instaló el sábado 23 de marzo de 2019 en condiciones de campo y el domingo 24 de marzo de 2019 en condiciones de invernadero, en la que se planteó estudiar el efecto de dos tipos de sustrato mediante dos tipos de brote en la propagación de *V. pilosa*.

La investigación fue de tipo experimental con dos ensayos uno realizado en campo (hábitat natural de la valeriana) y el otro en condiciones controladas (invernadero).

3.4. Diseño experimental

El experimento se condujo bajo un Diseño de Bloques Completos Randomizado (DBCR) con arreglo factorial 2×2 y tres repeticiones. En cada bloque se incluyeron todos los tratamientos, los cuales fueron asignados de manera aleatoria, tanto en campo como en invernadero, con la

finalidad de controlar la variabilidad ambiental, cada repetición estuvo formada por una parcela de 0.50 m x 1.20 m (área de 0 .60 m²), se sembraron 4 hileras con 11 plantas cada una a un distanciamiento de 0.10 m. x 0.10 m, siendo en total 44 plantas por repetición.

Al existir diferencias significativas, los promedios de las mediciones se compararon mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

Para la interpretación de los resultados del análisis de varianza se consideraron tres categorías de significancia estadística: no significativo ($p \geq 0.05$), significativo ($p < 0.05$) y altamente significativo ($p < 0.01$).

3.4.1. Tratamientos y factores en estudio

Factor propágulo (P):

p1 = brote con raíz

p2 = brote sin raíz

Factor sustrato (S):

s1 = tierra de pajonal

s2 = arena de río.

Tabla 1.

Descripción de los factores y tratamientos en estudio para campo e invernadero.

Factor	Nivel	Tratamiento	Clave	Descripción
Propágulo	Brote con raíz	T1	P1S1	Brote con raíz + tierra pajonal
	Brote sin raíz	T2	P2S1	Brote sin raíz + tierra pajonal
Sustrato	Tierra de pajonal	T3	P1S2	Brote con raíz + arena
	Arena de río	T4	P2S2	Brote sin raíz + arena

Nota: La tabla presenta la combinación factorial de dos tipos de propágulo (*brote con raíz* y *brote sin raíz*) y dos tipos de sustrato (*tierra de pajonal* y *arena de río*). Las claves asignadas (T1-T4) corresponden a los tratamientos experimentales, mientras que las combinaciones P1S1, P2S1, P1S2 y P2S2 indican la interacción entre tipo de brote (P) y tipo de sustrato (S).

3.4.2. Distribución del Diseño experimental

Tabla 2.

Distribución de tratamientos por bloque en invernadero.

Bloques	Tratamientos incluidos
I	T4 – T1 – T2 – T3
II	T2 – T3 – T1 – T4
III	T3 – T2 – T4 – T1

Tabla 3.

Distribución de tratamientos por bloque en campo.

Bloques	Tratamientos incluidos
I	T3 – T2 – T4 – T1
II	T4 – T1 – T2 – T3
III	T2 – T3 – T1 – T4

3.4.3. Aleatorización de tratamiento en campo e invernadero

Figura 2.

Croquis de aleatorización de tratamiento en invernadero.

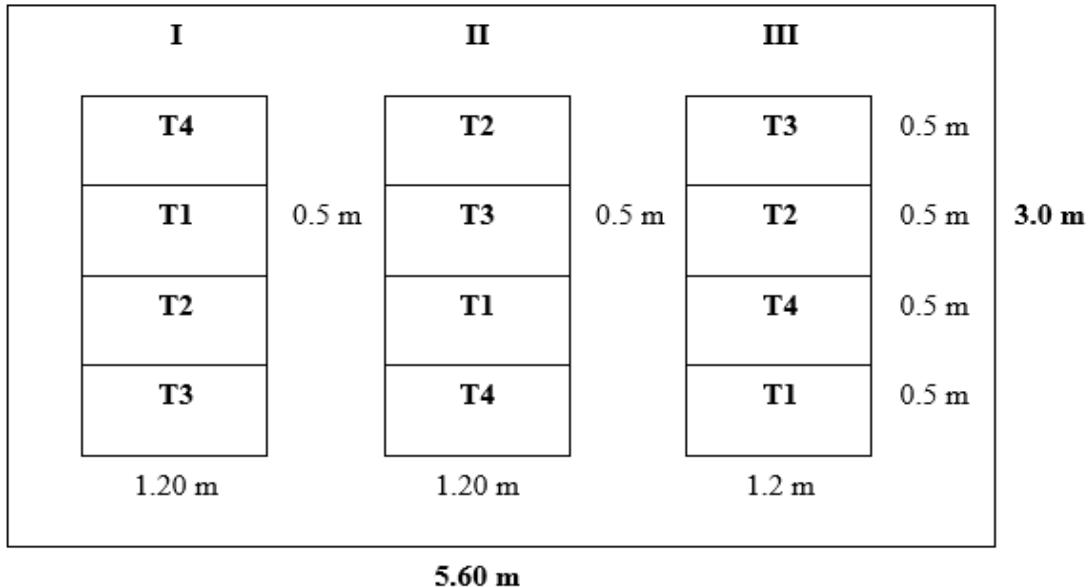
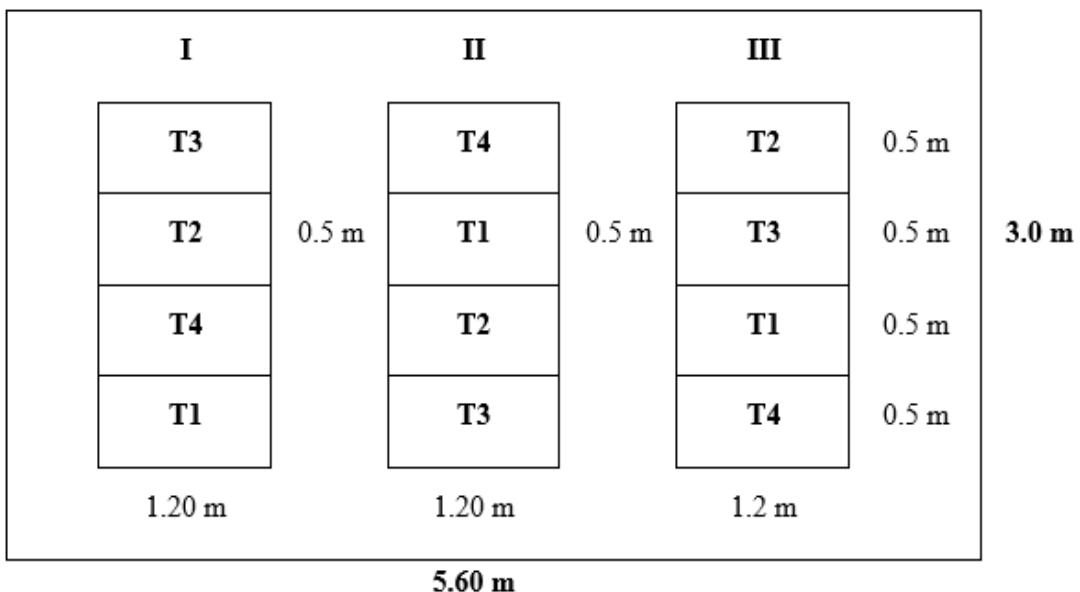


Figura 3.

Diseño experimental y distribución de tratamientos en campo.



3.4.4. Población, muestra y unidad de análisis.

Población o universo: plantas de *V. pilosa* a que crecen en su hábitat natural, específicamente en zonas altoandinas de la región Cajamarca, Perú.

Muestra: 1056 explantes vegetativos (hijuelos), 528 en invernadero y 528 en campo.

Unidad de análisis: planta de *V. pilosa*

3.4.5. Características del experimento

Factores	: 2
Niveles	: 2
Número de tratamientos	: 4
Número de repeticiones	: 3
Número de hijuelos/ tratamiento	: 44

3.4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de investigación empleada fue la de observación directa de las plantas del experimento y los instrumentos empleados fueron las hojas de evaluación, las que se diseñaron y elaboraron para cada tratamiento.

3.5. Descripción del experimento

3.5.1. Origen y colecta del material vegetal

Las plantas madres fueron obtenidas del caserío Progreso La Toma, comunidad campesina Michiquillay del distrito de la Encañada. Se identificó las plantas en pastizales, chacras y bordes de caminos dentro del fundo la Hermelinda, seleccionándose las plantas con características similares en edad, estado vegetativo, que hayan producido flores, sin síntomas visibles de ataque de plagas y enfermedades.

La selección y recolección se realizó un día antes de la siembra para su preparación y desinfección en las primeras horas de la mañana, las plantas fueron extraídas con raíz, envueltas en papel, colocándolas en bolsas de polietileno para evitar la deshidratación y daños por el sol (Hatman y Kester, 1997) y luego trasladadas bajo sombra.

Figura 4.

Ejemplar sano y vigoroso de V. pilosa Ruiz & Pav., utilizado como fuente de propágulos para la propagación asexual.



3.5.2. Obtención y preparación de los brotes

Las plantas colectadas fueron lavadas con agua corriente para eliminar restos de tierra, hojas secas; se retiraron las hojas grandes y se seleccionó los brotes laterales jóvenes con buenas características morfológicas (vigorosos, sanos y con buena formación).

Se desprendieron todos los brotes seleccionados con la tijera de podar desechando los centrales con eje floral, luego se eliminó las hojas de cada brote y se cortó de 6 a 8 cm de largo, para tratamiento con raíces se dejó 4 cm de raíz y para el caso del tratamiento sin raíz se eliminó la raíz, dejando solo el brote (ver figura 5).

Se obtuvo un total de 1056 hijuelos de *V. pilosa*, 528 hijuelos con raíz y 528 sin raíz, los cuales fueron sumergidos en una solución de hipoclorito de sodio al 5% durante 15 minutos para evitar la propagación de patógenos y plagas.

Figura 5.

Brotes individuales de Valeriana pilosa Ruiz & Pav., con presencia de raíz, utilizados como unidades experimentales en la propagación asexual.



Figura 6.

Brotes sin raíz de V. pilosa Ruiz & Pav., utilizados en propagación asexual.



3.5.3. Obtención y preparación de los sustratos

Para el desarrollo del experimento se utilizaron dos tipos de sustrato: tierra de pajonal y arena de río.

La arena de río fue recolectada en las orillas del río San Lucas, ubicado en el distrito de Cajamarca. Posteriormente, se realizó el acarreo, cernido y lavado con abundante agua para eliminar impurezas. El material fue desinfectado con una solución de hipoclorito de sodio y expuesto al sol sobre mantas durante cinco horas para su secado y sanitización.

La tierra de pajonal fue extraída de zonas de vegetación natural del caserío Progreso La Toma, distrito de La Encañada, Cajamarca, correspondiente al hábitat típico de Valeriana pilosa. Luego de su recolección, el sustrato fue cernido para obtener una textura homogénea y libre de residuos gruesos.

Con fines de caracterización físico-química, se tomó una muestra de 1 kg de cada sustrato y se envió al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina para su análisis (ver Tabla 2).

Tabla 4.

Análisis químico de los sustratos utilizados en el experimento.

Número Muestra		pH	CE (1:1)	CaCO ₃	M.O.	P	K	Al ⁺³ + H ⁺
Lab.	Claves	(1:1)	ds/m	%	%	ppm	ppm	meq/100
01	Tierra de Pajonal	4.12	0.20	0.00	11.57	10.2	113	6.55
02	Arena de Rio	7.23	0.55	4.50	0.02	6.6	57	0.00

Nota: La tabla presenta los resultados del análisis químico de los sustratos utilizados, realizado por el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.5.4. Acondicionamiento de los ambientes del experimento en campo e invernadero

a. Acondicionamiento del experimento en campo

- Delimitación y limpieza del área del experimento: para realizar el experimento en campo se cercó con alambre de púas un área de terreno de 46.36 m², para evitar daños por animales, se realizó la limpieza del terreno.
- Preparación de las camas: dentro del área cercada se demarcó el área del experimento (5.60m x 3.0m) con estacas de madera y wincha distribuyendo los tratamientos según el croquis del diseño experimental establecido, luego se colocó los sustratos debidamente cernidos y desinfectados.

Figura 7.

Delimitación de unidades experimentales y siembra de hijuelos durante la instalación del ensayo en condiciones de campo.



Nota: La imagen muestra el proceso de marcación de parcelas y plantación de hijuelos de *Valeriana pilosa* en el fundo La Ermelinda, distrito de La Encañada, Cajamarca.

b. Acondicionamiento del experimento en invernadero

- Construcción de las camas dentro del invernadero: las camas o bandejas para la propagación de la *V. pilosa* fueron construidas con tablas de eucalipto (*Eucalyptus sp.*) y triplay de 2.10 m de largo x 1.20 m de ancho, cada subdivisión se hizo a 0.50 cm con triplay (ver figura 6), luego se colocó los sustratos según los tratamientos.

Figura 8.

Delimitación de unidades experimentales y plantación de hijuelos en condiciones de invernadero.



Nota: La imagen muestra el proceso de distribución de tratamientos y siembra de brotes de Valeriana pilosa en el invernadero del Programa de Raíces y Tubérculos Andinos, Universidad Nacional de Cajamarca.

Un día antes de realizar el plantado de los brotes se aplicó un riego ligero a los sustratos para mantenerse a capacidad de campo. La plantación se realizó los días 23 en campo y el día 24 de marzo del 2019 en invernadero, los brotes fueron sembrados con un distanciamiento entre plantas se estableció en un marco de siembra de 10 cm entre surcos o hileras y 10 cm entre brotes dentro del surco, configurando así un arreglo de $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$. Bajo esta disposición, se trazaron cuatro surcos por tratamiento, cada uno con once plantas, lo que permitió establecer un total de 44 brotes sembrados por tratamiento, posteriormente se realizó un riego superficial para humedecer el suelo.

c. Condiciones ambientales registrados en campo e invernadero

Se registraron las temperaturas máximas y mínimas, así como la humedad relativa, tanto en el invernadero como en el campo, desde la fase de instalación del experimento. El monitoreo

se llevó a cabo durante un periodo de 4 meses en el invernadero y 6 meses en condiciones de campo. Para ello, se utilizaron termohigrómetros digitales debidamente calibrados, los cuales permitieron obtener datos precisos y continuos sobre el comportamiento microclimático en ambos ambientes.

d. Condiciones ambientales registrados en campo

Tabla 5.

Registro de temperatura y humedad relativa en condiciones de campo.

Mes	Temperatura	Temperatura	Humedad
	Máxima °C	Mínima °C	relativa (%)
Marzo	19.2	9.4	85.5
Abril	19.6	7.2	84.7
Mayo	19.7	5.6	83.5
junio	19.4	5.3	80.4
julio	18.9	3.8	80.8
Agosto	19.6	3.4	73.6
Promedio	19.4	5.8	81.4

Nota: La tabla muestra los valores mensuales de temperatura máxima (rango: 18.9–19.7 °C), temperatura mínima (rango: 3.4–9.4 °C) y humedad relativa (rango: 73.6–85.5 %) registrados entre marzo y agosto en el fundo La Ermelinda, Cajamarca. Estas condiciones corresponden a un clima frío típico de zonas altoandinas, favorable para el desarrollo de Valeriana pilosa en su hábitat natural.

Tabla 6.

Registro de temperatura y humedad relativa en condiciones de invernadero.

Mes	Temperatura	Temperatura	Humedad
	Máxima °C	Mínima °C	Relativa (%)
Marzo	24.4	13.0	69.3
Abril	28.5	10.8	60.4
Mayo	30.2	10.2	59.0
junio	30.4	10.0	56.2
Promedio	28.4	11.0	61.2

Nota: La tabla presenta los datos climatológicos registrados durante el desarrollo del experimento en invernadero, entre marzo y junio. La temperatura máxima promedio fue de 28.4 °C y la mínima de 11.0 °C, mientras que la humedad relativa alcanzó un promedio de 61.2 %. Estas condiciones, caracterizadas por temperaturas moderadas y humedad controlada, son favorables para el enraizamiento y establecimiento inicial de especies altoandinas como Valeriana pilosa bajo manejo agronómico protegido.

e. Manejo agronómico: riego y deshierbo

Riego: En condiciones de campo, el riego se realizó cada tres días en ausencia de precipitaciones, aplicando 8 litros de agua por unidad experimental. Este volumen permitió mantener la humedad del sustrato cercana a su capacidad de campo, favoreciendo el enraizamiento de los hijuelos. En el invernadero, el manejo hídrico se ajustó según el tipo de sustrato utilizado: se aplicaron 8 litros de agua cada dos días en las unidades experimentales con arena de río, debido a su baja capacidad de retención hídrica; mientras que en las unidades con tierra de pajonal se aplicaron 4 litros en el mismo intervalo, considerando su mayor capacidad de retención de humedad.

Deshierbo: El primer deshierbo se realizó a los 14 días después de la instalación del experimento. Se observó una mayor incidencia de malezas en las unidades experimentales que contenían tierra de pajonal como sustrato, lo cual podría atribuirse a la presencia de semillas de especies adventicias

en el material recolectado del campo. El control manual se efectuó de forma cuidadosa para evitar daños a los hijuelos en etapa de establecimiento.

f. Evaluación Fitotécnica

Las evaluaciones se realizaron tres meses después de la instalación del experimento. Para cada tratamiento se seleccionaron al azar diez plantas, evitando aquellas ubicadas en los extremos de las parcelas con el fin de minimizar el efecto de borde. Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- **Inicio de formación de raíces en brotes:** La aparición de raíces adventicias visibles fue monitoreada mediante observaciones semanales a los 14, 21, 28 y 35 días posteriores a la siembra. Para facilitar la identificación de raíces incipientes, se utilizó una lupa de 20 aumentos. Esta variable permitió determinar el tiempo de respuesta rizogénica de los brotes bajo cada tratamiento.
- **Número de raíces primarias:** La evaluación se realizó a los tres meses de la siembra: el 22 de junio en campo y el 24 de junio en invernadero. Se contó el número de raíces primarias desarrolladas por cada brote, y se calculó el promedio por tratamiento, tomando como referencia diez unidades experimentales por grupo.
- **Longitud de raíces primarias:** Esta variable fue medida a los tres meses de la siembra utilizando una regla graduada en centímetros. Los datos obtenidos fueron registrados en fichas individuales para cada planta y posteriormente promediados por tratamiento.
- **Número de raíces secundarias:** Se registró el número total de raíces secundarias presentes en cada unidad experimental, también a los tres meses de la siembra. Los datos fueron anotados sistemáticamente en las tablas de evaluación correspondientes.

- **Altura de brotes:** La altura de cada brote fue medida con una regla milimetrada a los tres meses de la instalación del experimento. Los valores individuales fueron registrados, sumados y promediados por tratamiento para su análisis comparativo.
- **Número de hojas por brote:** Se contabilizó el número total de hojas emitidas por cada brote en las diez plantas seleccionadas por tratamiento. Posteriormente, se calculó el promedio de hojas por brote como indicador de diferenciación foliar y vigor vegetativo. Con el objetivo de evaluar la persistencia y adaptación de *V. pilosa* en condiciones naturales, se realizó una evaluación complementaria al año siguiente. Las plantas utilizadas en la fase experimental fueron reubicadas en sus respectivos sustratos, seleccionándose cuatro plantas por tratamiento para monitorear su prendimiento y desarrollo en campo.

g. Análisis estadístico de los datos

Los datos obtenidos en las evaluaciones fueron organizados y clasificados en hojas de cálculo de Microsoft Excel, y posteriormente estructurados según los requerimientos del análisis estadístico. Dado que se trató de datos experimentales de tipo discreto, se aplicó una transformación mediante la función $Y = \text{arcosen } 2\sqrt{P}$, con el objetivo de cumplir los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas requeridos para el análisis de varianza (ANOVA) (Steel y Torrie 1985).

El procesamiento estadístico se realizó utilizando el software InfoStat. A través de este paquete se evaluó la significancia estadística de los efectos principales: tipo de propágulo, tipo de sustrato y ambiente de cultivo (campo e invernadero), así como la interacción entre estos factores ($\text{propágulo} \times \text{sustrato} \times \text{ambiente}$). En los casos donde se detectaron diferencias estadísticamente significativas, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey al 5 % de probabilidad, con el fin de identificar los tratamientos con mejor desempeño.

h. Siembra en campo definitivo

Tras completar el periodo de evaluación de tres meses en vivero y confirmar el desarrollo adecuado de las plántulas de *V. pilosa*, se procedió con el trasplante al campo definitivo. Esta etapa marcó el inicio de la fase de establecimiento en condiciones naturales, permitiendo continuar la investigación en un entorno representativo del hábitat final de la especie.

La parcela fue preparada cuidadosamente para favorecer la adaptación de las plantas, considerando aspectos como la descompactación del suelo, la orientación del terreno y el espaciamiento adecuado entre individuos. Este procedimiento resultó esencial para evaluar el comportamiento fenológico, el crecimiento vegetativo y la respuesta de *V. pilosa* en condiciones de campo abierto.

Figura 9.

Parcela con plántulas de Valeriana pilosa recientemente trasplantadas al campo definitivo.



Nota: La imagen muestra el estado inicial de las plántulas tras el trasplante desde vivero, como parte del seguimiento en condiciones naturales para evaluar su adaptación y desarrollo en campo abierto.

3.6. Variables

3.6.1. Variables independientes:

- Tipo de brote (con raíz / sin raíz).
- Tipo de sustrato (tierra de pajonal / arena de río).
- Ambiente (campo / invernadero).

Tabla 7.

Descripción de las variables independientes utilizadas en el experimento.

Variable independiente	Categorización	Definición operativa	Tipo de variable	Técnica de aplicación	de
Tipo de brote	Con raíz / Sin raíz	Condición fisiológica del brote en el momento de instalación	Cualitativa nominal	Asignación experimental	
Tipo de sustrato	Tierra de pajonal / Arena de río	Medio físico donde se instaló el brote	Cualitativa nominal	Asignación experimental	
Ambiente	Campo / Invernadero	Condición ambiental en la que se desarrolló el experimento	Cualitativa nominal	Condición establecida	

Nota: La tabla presenta las variables independientes consideradas en el experimento, incluyendo su categorización, definición operativa, tipo de variable y técnica de aplicación utilizada durante el diseño experimental.

3.6.2. Variables dependientes

Las variables dependientes fueron definidas de acuerdo con el tipo de respuesta morfológica y fisiológica esperada en las distintas etapas del crecimiento y desarrollo de *V. pilosa* Ruiz & Pavón. Estas variables se evaluaron en tres momentos claves del experimento: a los tres meses, y posteriormente a los dos y seis años, los cuales correspondieron al seguimiento de plantas establecidas en campo definitivo.

a. Evaluación a los tres meses

Durante esta etapa inicial se priorizaron variables que reflejan el éxito del enraizamiento y establecimiento de los brotes en campo, incluyendo indicadores de prendimiento, emisión radicular y crecimiento inicial. Las variables evaluadas fueron:

- **Porcentaje de prendimiento (%):** proporción de brotes que lograron establecerse en campo con signos visibles de crecimiento.
- **Porcentaje de brotes enraizados (%):** porcentaje de brotes que desarrollaron raíces funcionales al momento de la evaluación.
- **Número de hojas por brote (unidad):** conteo total de hojas presentes en cada brote establecido.
- **Altura de brotes (cm):** medida desde la base hasta el ápice del brote.
- **Longitud de raíces primarias (cm):** distancia desde la base del tallo hasta la punta de la raíz principal.
- **Número de raíces primarias (unidad):** conteo total de raíces principales formadas por cada brote.
- **Número de raíces secundarias (unidad):** conteo total de raíces laterales o ramificadas desarrolladas a partir de la raíz principal.

b. Evaluación a los dos años

En esta etapa intermedia, se evaluaron variables que reflejan el desarrollo estructural de la planta y la acumulación de biomasa. Las variables consideradas fueron:

- **Altura de planta (cm):** longitud desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la parte aérea.
- **Número de hojas (unidad):** conteo total de hojas completamente desarrolladas.
- **Número de brotes (unidad):** número total de brotes emitidos por planta.

- **Longitud de raíz (cm):** longitud total de la raíz principal.
- **Diámetro de raíz (cm):** grosor de la raíz principal en su zona más ancha.
- **Materia seca del follaje (g):** peso seco del conjunto de hojas y tallos, tras secado en estufa.
- **Materia seca del cormo (g):** peso seco del órgano subterráneo de reserva (cormo), luego de secado a peso constante.

c. Evaluación a los seis años

Las evaluaciones a los dos y seis años corresponden al seguimiento de plantas establecidas en campo definitivo, con la finalidad de describir su desarrollo morfoagronómicas y productivo en el tiempo. En esta última evaluación se incluyeron variables de productividad total, asociadas a la biomasa aérea y subterránea, permitiendo una estimación del potencial agronómico final de la especie la cual nos permitirá dar un dato de producción por ha:

- **Altura de planta (cm):** longitud desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la parte aérea.
- **Número de hojas (unidad):** conteo total de hojas completamente desarrolladas.
- **Número de brotes (unidad):** número total de brotes emitidos por planta.
- **Longitud de raíz (cm):** longitud total de la raíz principal.
- **Diámetro de raíz (cm):** grosor de la raíz principal en su zona más ancha.
- **Peso de follaje fresco (g):** biomasa aérea recién cosechada.
- **Peso de follaje seco (g):** biomasa aérea tras deshidratación.
- **Peso seco de cormo + raíz (g):** masa total subterránea útil en estado seco (cormo más raíces).

Tabla 8.*Operacionalización de las variables dependientes por momentos de evaluación.*

Momento de evaluación	Variable	Definición operativa	Unidad de medida	Tipo de variable	Técnica de medición
3 meses	Porcentaje de prendimiento	Proporción de brotes que lograron establecerse con % signos de crecimiento activo		Cuantitativa continua	Observación directa y conteo
	Porcentaje de brotes enraizados	Porcentaje de brotes que desarrollaron raíces % funcionales		Cuantitativa continua	Observación y revisión en campo
	Número de hojas por brote	Total, de hojas emitidas por brote	Unidad	Cuantitativa discreta	Conteo manual
	Altura de brotes	Longitud desde la base hasta el ápice del brote	cm	Cuantitativa continua	Regla graduada
	Longitud de raíces primarias	Medida desde la base del tallo hasta la punta de la raíz principal	cm	Cuantitativa continua	Regla graduada
	Número de raíces primarias	Conteo de raíces principales desarrolladas	Unidad	Cuantitativa discreta	Observación directa
2 años	Número de raíces secundarias	Conteo de raíces laterales	Unidad	Cuantitativa discreta	Observación directa
	Altura de planta	Longitud desde el cuello radicular hasta el ápice	cm	Cuantitativa continua	Regla graduada
	Número de hojas	Total, de hojas completamente desarrolladas	Unidad	Cuantitativa discreta	Conteo manual

Momento de evaluación	Variable	Definición operativa	Unidad de medida	Tipo de variable	Técnica de medición
6 años	Número de brotes	Total, de brotes emitidos por planta	Unidad	Cuantitativa discreta	Conteo manual
	Largo de raíz	Longitud total de la raíz principal	cm	Cuantitativa continua	Regla graduada
	Diámetro de raíz	Grosor máximo de la raíz principal	cm	Cuantitativa continua	Calibrador Vernier
	Materia seca del follaje	Peso del follaje (hojas y tallos) tras secado a peso constante	g	Cuantitativa continua	Balanza analítica
	Materia seca del cormo	Peso seco del cormo tras secado en estufa	g	Cuantitativa continua	Balanza analítica
	Altura de planta	Longitud total de la planta desde la base al ápice	cm	Cuantitativa continua	Regla graduada
	Número de hojas	Total, de hojas desarrolladas	Unidad	Cuantitativa discreta	Conteo manual
	Número de brotes	Total, de brotes emitidos	Unidad	Cuantitativa discreta	Conteo manual
	Largo de raíz	Longitud total de la raíz principal	cm	Cuantitativa continua	Regla graduada
	Diámetro de raíz	Grosor de la raíz principal en su parte más ancha	cm	Cuantitativa continua	Calibrador Vernier
	Peso de follaje fresco	Biomasa aérea (hojas y tallos) recién cosechada	g	Cuantitativa continua	Balanza electrónica
	Peso de follaje seco	Biomasa aérea luego del secado	g	Cuantitativa continua	Balanza analítica

Momento de evaluación	Variable	Definición operativa	Unidad de medida	Tipo de variable	Técnica de medición
	Peso seco de cormo + raíz	Masa total seca del sistema subterráneo (cormo + g raíces)		Cuantitativa continua	Balanza analítica

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. *Valeriana pilosa* (Ruiz & Pav.) en sistema de propagación bajo invernadero.

Tabla 9.

Evaluación cualitativa del comportamiento fisiológico de brotes de V. pilosa en invernadero a los 14, 21, 28 y 35 días después de la plantación.

Trat.	Tipo de propágulo	Sustrato	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35
T1	Con raíz	Tierra de pajonal	Hojas se mantienen; algunos brotes con indicios de raíces	Raíces débiles; hojas con leve marchitez	Inicio de muerte en brotes; pérdida de turgencia	Marchitez avanzada; brotes secos
T2	Sin raíz	Tierra de pajonal	Brotes estables sin crecimiento aparente	Marchitez incipiente; sin raíces visibles	Necrosis parcial de tejido foliar	Muerte progresiva total de brotes
T3	Con raíz	Arena de río	Hojas firmes; sin raíces visibles	Raíces débiles; hojas con pérdida de turgencia	Marchitez generalizada	Brotes colapsados, sin signos vitales
T4	Sin raíz	Arena de río	Brotes sin cambios visibles	Hojas con marchitez severa; sin raíces	Necrosis en ápices y tejidos foliares	Muerte completa de los brotes

Nota: La tabla muestra la respuesta fisiológica de los brotes según tipo de propágulo y sustrato, evaluado a los 14, 21, 28 y 35 días después de la instalación del experimento.

Durante el periodo de evaluación en invernadero, no se obtuvieron resultados positivos en cuanto al prendimiento de los brotes de *V. pilosa*. Las observaciones realizadas a los 14, 21, 28 y 35 días después de la plantación evidenciaron una progresiva pérdida de turgencia, marchitez foliar y necrosis en los tejidos, culminando en la desecación total de los brotes. Este patrón fue consistente en todos los tratamientos evaluados.

Las condiciones ambientales registradas en el invernadero difirieron significativamente de las del hábitat natural de la especie, con una temperatura máxima promedio de 28.4 °C, mínima de 11.0 °C y humedad relativa promedio de 61.2 % (ver Tabla 4). Estos valores exceden los rangos óptimos observados en campo, lo que sugiere una desadaptación fisiológica de *V. pilosa* a los factores abióticos del ambiente protegido, posiblemente asociada al estrés térmico y a la insuficiente humedad relativa.

Durante la evaluación de los cuatro tratamientos combinados (tipo de propágulo × tipo de sustrato), se observaron diferencias en la evolución fisiológica de los brotes. Sin embargo, ninguno logró un prendimiento efectivo, lo que indica una respuesta negativa general de la especie a las condiciones de propagación en invernadero. Estos resultados destacan la sensibilidad de *V. pilosa* a las variaciones microclimáticas y refuerzan la importancia de replicar condiciones similares a su entorno natural para lograr un establecimiento exitoso.

Figura 10.

Brotes de V. pilosa sometidos a propagación en condiciones de invernadero que no lograron sobrevivir, presentando signos de ennegrecimiento y descomposición tisular. De izquierda a derecha, se observan brotes correspondientes a los tratamientos. Clave: T2 (P2-S1), T1 (P1S1), T4 (P2S2) y T3 (P1S2).



Según Azofeifa (2009), el éxito en la propagación vegetativa depende de múltiples variables, tales como el genotipo, la ubicación, el tipo y tamaño del explante, la edad del material vegetal, y la época del año en que se recolecta. En la misma línea, Contreras y Méndez (2014) sostienen que el desarrollo fisiológico de la valeriana está estrechamente vinculado a las condiciones climáticas de su hábitat natural, particularmente la temperatura y la precipitación.

De acuerdo con Seminario-Cunya et al. (2016), *V. pilosa* es una especie endémica de ecosistemas de altura que depende de condiciones ambientales específicas para su desarrollo, como la oscilación térmica entre el día y la noche, la alta radiación solar y la humedad relativa controlada naturalmente. En los invernaderos, la ausencia de estos estímulos naturales puede provocar desajustes fisiológicos, como el cierre estomático por temperatura excesiva o la pudrición basal de brotes debido a condensación por humedad no evacuada (Valdivia & Castro, 2021).

Asimismo, la negativa respuesta al prendimiento podría estar relacionada con procesos de estrés oxidativo inducido por el corte de los tejidos. Como señala Bidwell (1990), los tejidos jóvenes en activo crecimiento presentan tasas respiratorias elevadas, lo que los hace más vulnerables al estrés. Durante el corte del explante, ocurre una ruptura celular que facilita el contacto entre las enzimas polifenoloxidases (PPOs) y sus sustratos fenólicos, que normalmente se encuentran separados en vacuolas y cloroplastos. Este contacto desencadena una reacción de pardeamiento enzimático, comprometiendo la viabilidad del tejido (Ramírez, 1998, citado por Villegas, 2008; Morante et al., 2014).

Diversos estudios respaldan esta conclusión. Rada y García-Núñez (2012) y Körner (2019) advierten que variaciones abruptas en temperatura y humedad relativa fuera de los rangos ecológicos de tolerancia pueden provocar estrés fisiológico severo en especies altoandinas, afectando procesos como la enraización, la fotosíntesis y el balance hídrico. Estas evidencias

fortalecen la hipótesis de que la elevada temperatura y la humedad relativa insuficiente fueron los principales factores limitantes que impidieron el éxito de la propagación vegetativa de *V. pilosa* en condiciones de invernadero

Es fundamental señalar que en ambas fases del experimento bajo invernadero no se detectó la presencia de plagas ni enfermedades fúngicas, bacterianas o virales. Para descartar la acción de agentes bióticos, se remitieron muestras al Laboratorio de Fitopatología de la Escuela Académico Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de Cajamarca, donde se confirmó la ausencia de signos patológicos. Esta evidencia indica que la mortalidad de los hijuelos no fue causada por patógenos ni plagas, sino por un desbalance fisiológico provocado por condiciones ambientales desfavorables.

Figura 11.

*Progresión de necrosis y mortalidad de brotes de *V. pilosa* en condiciones de invernadero entre los 21 y 35 días después de la siembra. La imagen corresponde al Bloque I, tratamientos T1.*

Clave: (P1-S1) y T2 (P2-S1).



4.2. *V. pilosa* en sistema de propagación en campo.

4.2.1. Evaluaciones realizadas a los 14, 21, 28 y 35 días posteriores a la plantación

Se presentan los hallazgos obtenidos en cada intervalo de evaluación, con énfasis en la evolución de los parámetros fisiológicos, síntomas de estrés, desarrollo radicular y estado general de los brotes en función del tiempo.

Tabla 10.

Evaluación cualitativa del comportamiento de brotes de *V. pilosa* en campo.

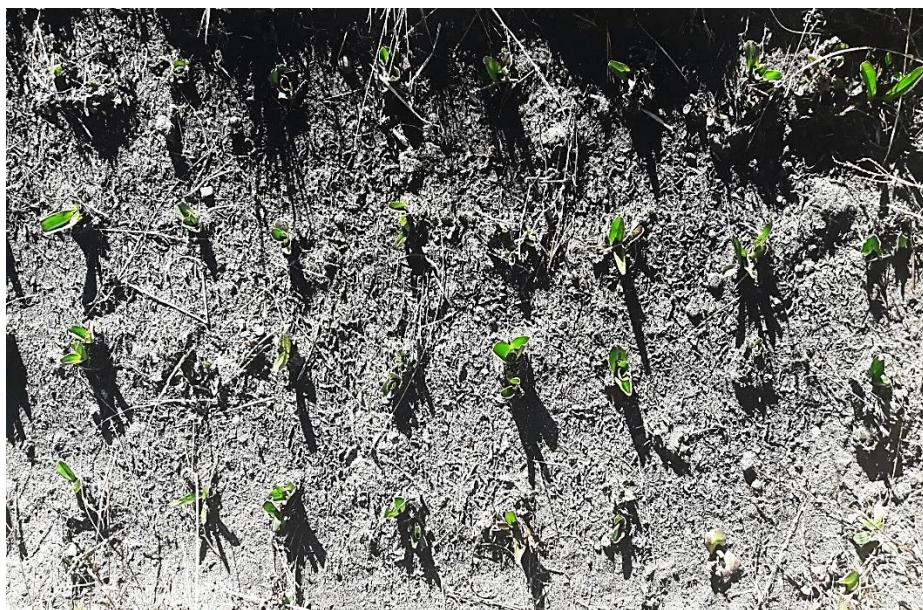
Trat.	Tipo de propágulo	Sustrato	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35
T1	Con raíz	Tierra de pajonal	Brotes estables; hojas turgentes	Presencia de raíces finas y hojas nuevas	Desarrollo foliar progresivo; raíces bien establecidas	Brotes vigorosos; raíces y hojas visibles sin lupa
T2	Sin raíz	Tierra de pajonal	Brotes adaptados sin marchitez	Emergencia de raíces adventicias y hojas incipientes	Brotes en crecimiento activo	Estructuras visibles a simple vista; brotes sanos
T3	Con raíz	Arena de río	Buen estado inicial; sin signos de estrés	Iniciación de raíces y expansión foliar	Crecimiento foliar y radicular progresivo	Follaje y raíces evidentes sin asistencia óptica
T4	Sin raíz	Arena de río	Brotes firmes; estado fisiológico adecuado	Desarrollo inicial de raíces y hojas emergentes	Raíces más densas y brotes vigorosos	Establecimiento completo; follaje observable a simple vista

Nota: Las evaluaciones se realizaron a los 14, 21, 28 y 35 días posteriores a la plantación. A partir del día 21, todos los tratamientos mostraron signos claros de enraizamiento y desarrollo foliar, sin evidencias de marchitez ni deterioro tisular. El comportamiento fisiológico de los brotes fue favorable en todos los casos, con una progresión constante en la formación de raíces y expansión del follaje, lo que indica una adecuada adaptación al sustrato y tipo de propágulo utilizado.

Figura 12.

Propagación exitosa de brotes de *V. pilosa* en condiciones de campo a los 35 días después de la

siembra, correspondiente a una unidad experimental del tratamiento. Clave: T1 (P1-S1): brote con raíz establecido en tierra de pajonal).



4.2.2. Evaluaciones realizadas a los tres meses después de la instalación en campo.

Tabla 11.

Resultados cuantitativos de prendimiento de brotes de *V. pilosa*.

Trat.	Tipo de propágulo	Sustrato	N.º de repeticiones	Brotes por repetición	Brotes prendidos	% Prendimiento por tratamiento
T1	Con raíz	Tierra de pajonal	3	44	132	100 %
T2	Sin raíz	Tierra de pajonal	3	44	132	100 %
T3	Con raíz	Arena de río	3	44	132	100 %
T4	Sin raíz	Arena de río	3	44	132	100 %
Total, general	—	—	12	528	528	100 %

Figura 13.

Desarrollo del sistema radicular de brotes con raíz de V. pilosa a los tres meses después de la siembra en condiciones de campo, correspondiente a una unidad experimental del tratamiento.

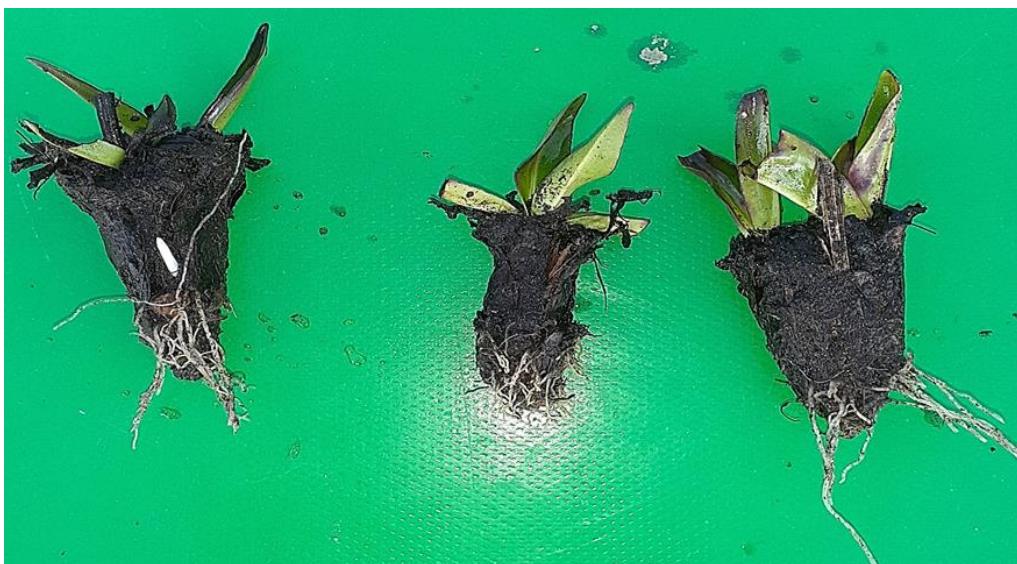
Clave: T1 (P1-S1), mostrando tres repeticiones.



Figura 14.

Desarrollo del sistema radicular de brotes con raíz de V. pilosa a los tres meses después de la siembra en condiciones de campo, correspondiente a una unidad experimental del tratamiento.

Clave: T1 (P1-S1), mostrando tres repeticiones.



a. Porcentaje de brotes enraizadas a los tres meses

Al evaluar el porcentaje de prendimiento de los propágulos, se observó que, en los tratamientos todos brotes plantados lograron enraizar, pudiendo decir que se obtuvo 100 % de brotes enraizados. este valor es superior a los obtenidos por Córdova y Dobronski (2019) en *Valeriana* sp. utilizando brotes con hojas y brotes sin hojas más extractos vegetales a base de *Aloe vera*, *Lens culinaris* y *Salix alba* y un testigo; quienes reportaron un promedio de 97 % de brotes enraizados en el tratamiento testigo, 93.06 % en brotes sin hojas y un 92.36 % con aplicaciones de *Aloe vera*.

El alto porcentaje de enraizamiento de brotes, indica que la tierra de pajonal influye en el desarrollo y formación de la plántula, ya que este sustrato le brinda las mejores condiciones de nutrientes, temperatura para el desarrollo de la planta. Como menciona Muñoz (2002), citado por Ramos (2012), para propagar especies dentro de su hábitat se debe mantener las condiciones naturales del suelo. Y comportamiento fenológico de las plantas de los páramos depende de las condiciones climáticas como la temperatura y la precipitación medias anuales (Contreras y Méndez 2014).

b. Efecto del tipo de propágulo y del sustrato en el número de hojas de *Valeriana pilosa* a los tres meses de la instalación en campo.

En el análisis de varianza para el número de hojas (Tabla 12), se observa que no se encontró efecto no significativo ($p \geq 0.05$) para la interacción de los factores (P*S), dado que el valor de significación (p-valor = 0.2399) es mayor al 0.05 (5 %), lo que indica que las hojas encontradas en los propágulos de valeriana, no se asocia al efecto de la interacción de los factores, si no que estas pueden haber sido generadas solo por el tipo de propágulo o por tipo de sustrato.

Para el propágulo no se encontró “efecto no significativo ($p \geq 0.05$)”, dado que, el valor de significación (p-valor = 0.9369) es mayor al 0.05 (5 %), en cambio para el sustrato, se encontró efecto altamente significativo ($p < 0.01$), dado que el valor de significación (p-valor = 0.0079) es menor al 0.05 (5 %): este resultado indica que el número de hojas encontradas en un sustrato, se diferencian significativamente del número de hojas encontrado en el otro sustrato.

El coeficiente de variación (CV = 5.6 %), indica la variabilidad de los resultados, respecto al número de hojas, en cada tratamiento. Además, presenta baja variabilidad.

Tabla 12.

Análisis de varianza para el efecto de la interacción entre el tipo de propágulo y sustrato en el número de hojas de V. pilosa en condiciones de campo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	P-valor
Bloques	2	0.10	0.05	3.83	0.0846 ns
Propágulo (P)	1	0.000085	0.000085	0.01	0.9369 ns
Sustrato (S)	1	0.19	0.19	15.31	0.0079 **
P*S	1	0.02	0.02	1.70	0.2399 ns
Error	6	0.07	0.01		
Total	11	0.38			

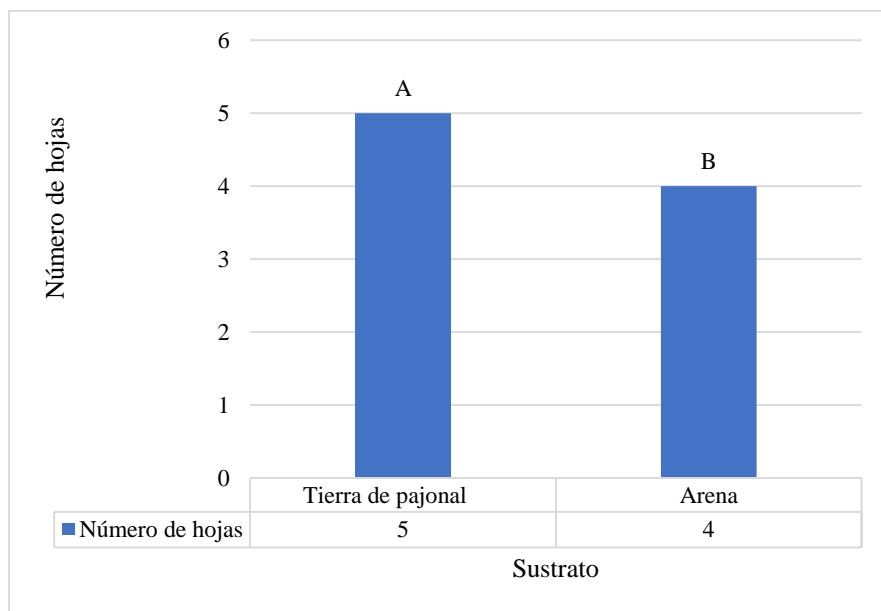
CV= 5.6% No significativo (ns), Altamente significativo (**)

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para el sustrato (figura 15), se observa que en tierra de pajonal se encontró 5 hojas en promedio, siendo este resultado estadísticamente superior al que se encontró en arena, cuyo valor fue de 4 hojas. Estos indican, que la tierra de pajonal es el mejor sustrato para que los propágulos de valeriana presenten mayor follaje, estos datos se acercan a los reportados por Najar (2015) quién menciona la aparición de 4 hojas por hijuelo plantado a los 90 días con aplicaciones de $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ de cal.

Rumay (2010) reportó en promedio 10 hojas por hijuelo, siendo este resultado superior al encontrado en esta investigación, el estudio realizado por el autor mencionado, fue en medio natural de la especie, esto indica que la tierra de pajonal influye en el desarrollo de las hojas, ya que este sustrato le brinda las mejores condiciones de nutrientes, temperatura para el desarrollo de la planta.

Figura 15.

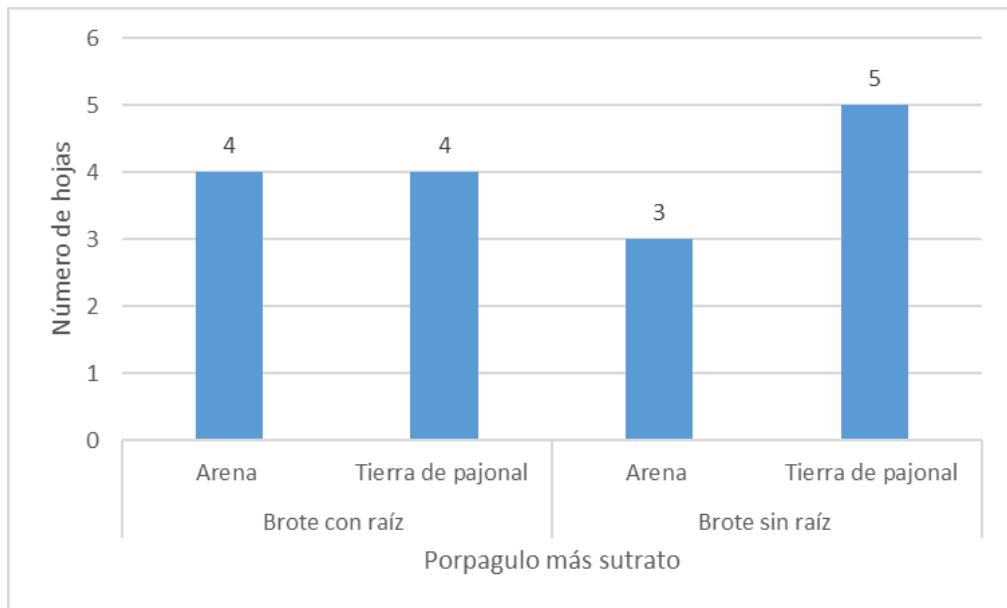
Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto tipo de sustrato, en el número de hojas.



En la Figura 16, se observa los resultados respecto al número de hojas, los cuales se encuentran entre 3 y 5 hojas por propágulo, según el análisis de varianza, los resultados encontrados son no significativos ($p \geq 0.05$), sin embargo, el que presentó mayor número de hojas fue el propágulo sin raíz y sembrado en tierra de pajonal (5 hojas).

Figura 16.

Efecto de la interacción entre el tipo de propágulo y sustrato en el número de hojas por tratamiento, evaluados a los 3 meses después de la instalación del experimento.



c. Efecto entre el tipo de propágulo y del sustrato en la altura de brotes a los tres meses después de la instalación del experimento en condiciones de campo.

El ANOVA para la altura de brote (Tabla 13), se encontró un efecto significativo ($p < 0.05$) para la interacción (P*S), dado que, el valor de significación (p-valor = 0.0277) es menor al 0.05 (5 %), este resultado indica que el desarrollo de uno o de los dos tipos de propágulo se comporta de manera diferente en cada sustrato.

El coeficiente de variación (CV = 5.6 %), indica la variabilidad de los resultados, respecto a la altura de brote, en cada tratamiento. Además, presenta baja variabilidad.

Tabla 13.

Análisis de varianza para el efecto tipo de propágulo y sustrato en la altura de brotes de V. pilosa en condiciones de campo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	P-valor
Bloques	2	0.03	0.02	1.05	0.4065 ns
Propágulo (P)	1	0.27	0.27	16.96	0.0062 **
Sustrato (S)	1	5.01	5.01	310.88	0.0001 **
P * S	1	0.13	0.13	8.35	0.0277 *
Error	6	0.1	0.02		
Total	11	5.54			

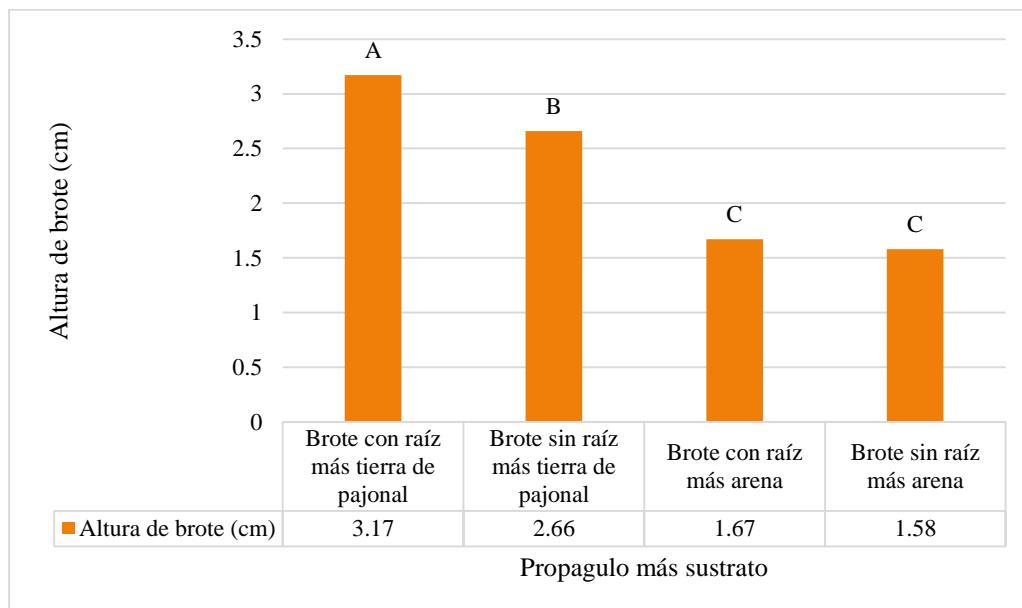
CV=5.6% No significativo (ns), Significativo (*), Altamente significativo (**)

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para la interacción del propágulo con el sustrato (figura 17), se observa, que la mayor altura fue de 3.17 cm, el cual se obtuvo con el propágulo con raíz plantado en tierra de pajonal, siendo este resultado estadísticamente superior al resto; así mismo, el propágulo sin raíz plantado en tierra de pajonal alcanzó una altura de 2.66 cm. Los propágulos, con raíz y sin raíz sembrados en arena obtuvieron una altura de 1.67 y 1.58 cm respectivamente, siendo estos dos últimos resultados significativamente iguales. Lo que nos indican que, para generar mayor altura de brote, se debe utilizar propágulos con raíz sembrados en tierra de pajonal.

Según nuestros resultados las mayores alturas se encontraron con los tipos de propágulos en tierra de pajonal. Al respecto Yépez (2016) indica que las plantas encuentran mejores condiciones para su desarrollo en su medio natural (en su hábitat), dado que, les brindan condiciones de temperatura, y nutrientes para su desarrollo y crecimiento.

Figura 17.

*Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto de interacción (Propágulo*Sustrato), en la altura de brote (cm).*



d. Efecto del tipo de propágulo y sustrato en la longitud de raíces primarias a los tres meses después de la instalación del experimento en condiciones de campo.

En el análisis de varianza para longitud de raíces primarias (Tabla 14), no se encontró efecto significativo ($p \geq 0.05$) para la interacción de los factores (P*S), dado que el valor de significación (p-valor = 0.188) es mayor al 0.05 (5 %). Esto indica que la longitud de las raíces primarias encontradas en los propágulos de valeriana, no se asocia al efecto de la interacción de los factores, es decir, que estas pueden haber sido generadas solo por el tipo de propágulo o por el efecto del sustrato.

Para el propágulo no se encontró efecto significativo ($p \geq 0.05$), dado que, el valor de significación (p-valor = 0.077) es mayor al 0.05 (5 %), en cambio para el sustrato, se encontró significación estadística, dado que el valor de significación (p-valor = 0.026) es menor al 0.05

(5 %). Este resultado indica que el desarrollo de raíces primarias encontradas en un sustrato, se diferencian significativamente de las raíces encontradas en el otro sustrato.

El coeficiente de variación (CV = 18.01 %), indica la variabilidad de los resultados, respecto a las raíces primarias, en cada tratamiento. Además, presenta variabilidad moderada para las condiciones del experimento.

Tabla 14.

Análisis de varianza para el efecto tipo de propágulo y sustrato en la longitud de raíces primarias de V. pilosa en condiciones de campo.

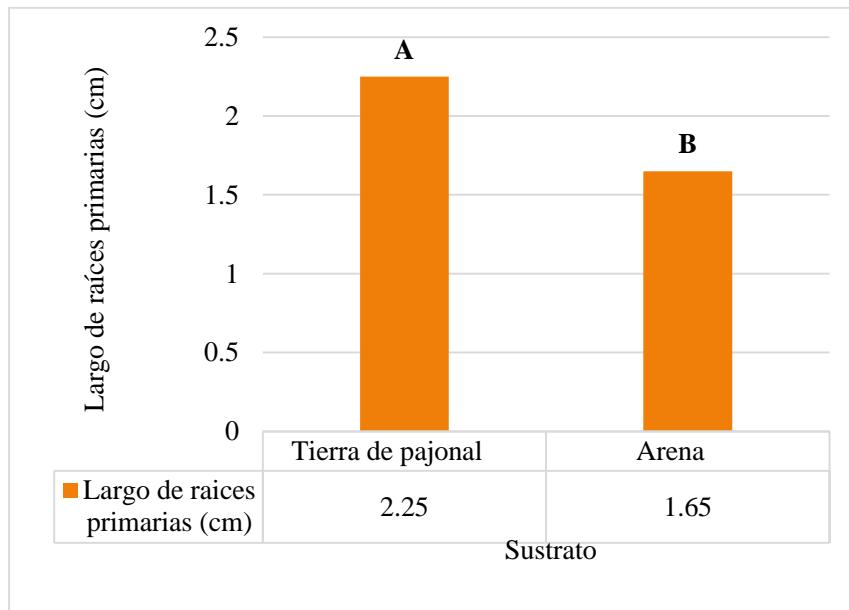
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	P-valor
Bloques	2	0.23	0.12	0.94	0.4419 ns
Propágulo (P)	1	0.56	0.56	4.53	0.0774 ns
Sustrato (S)	1	1.07	1.07	8.70	0.0256 *
P*S	1	0.27	0.27	2.21	0.1875 ns
Error	6	0.74	0.12		
Total	11	2.88			

CV=18.01%, No significativo (ns), significativo (*)

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto del sustrato en el desarrollo de raíces primarias (figura 18), indica que en tierra de pajonal se obtuvo 2.25 cm, siendo este resultado significativamente superior al que se obtuvo con arena, cuya longitud fue de 1.65 cm; estos indican que los propágulos de Valeriana, desarrollan mejor sus raíces primarias en tierra de pajonal. Estos resultados se asemejan a los de Yépez (2016) el cual evaluó el enraizamiento de *Podocarpus oleifolius*, en dos sustratos (Tierra propia donde crece la especie y arena), en donde reportó que, en tierra propia de la especie, la longitud de raíces alcanzó una longitud de 7 cm y en arena 4 cm.

Figura 18.

Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto del tipo sustrato, en la longitud de raíces primarias (cm).

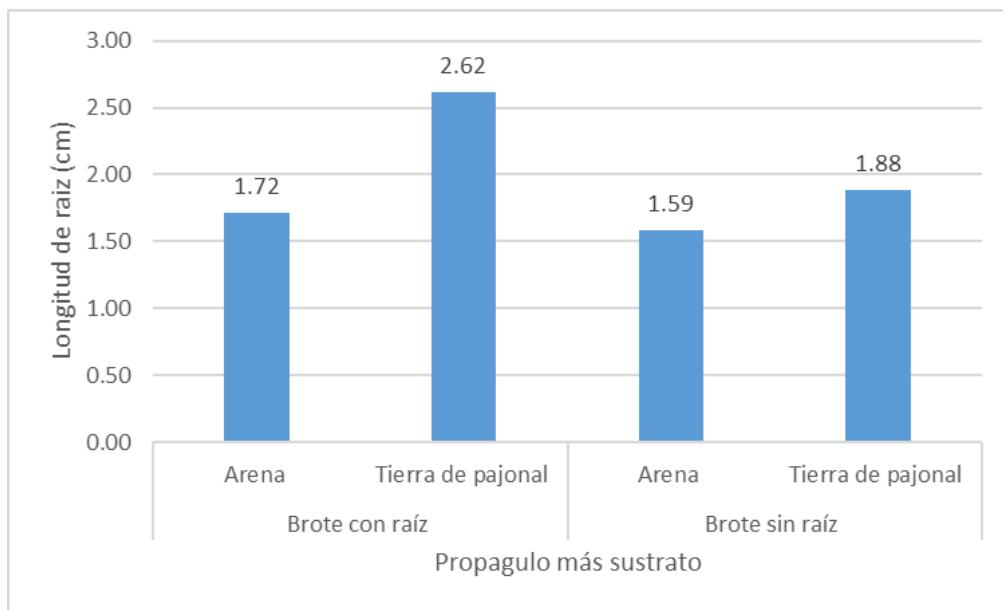


En la Figura 19, se observa los resultados respecto a la longitud de raíces, los cuales oscilan entre 1.59 y 2.62 cm por propágulo, según el análisis de varianza, los resultados indican que no existe significación estadística, sin embargo, se observa que el propágulo con raíz y sembrado en tierra de pajonal, alcanzó la mayor longitud de raíz (2.62 cm).

Según nuestros resultados las mayores longitudes de raíz se encontraron con los tipos de propágulos en tierra de pajonal. Por lo que Yépez (2016), indica que los sustratos en los que se desarrolla las plantas silvestres influyen en su desarrollo, ya que estos están llenos de materia orgánica y de nutrientes, el cual crean condiciones favorables para el desarrollo de las raíces. Al respecto, Salisbury (1992) indica que el desarrollo de la raíz es por la elongación celular, esta elongación se da cuando las semillas o plantas encuentran condiciones favorables para su desarrollo.

Figura 19.

Promedio de longitud de raíces por tratamiento, evaluados a los tres meses después de la instalación del experimento.



Efecto del tipo de propágulo y sustrato en el número de raíces primarias a los tres meses después de la instalación del experimento en condiciones de campo.

En el análisis de varianza para el número de raíces primarias. (Tabla 15), no se encontró significación estadística para la interacción de los factores (P*S), dado que el valor de significación (p-valor = 0.9368) es mayor al 0.05 (5 %). Esto indica que la población de raíces primarias encontradas en los propágulos de valeriana, no se asocia al efecto de la interacción de los factores, es decir, que esta puede haber sido generadas solo por el tipo de propágulo o por el efecto del sustrato.

Para el propágulo no se encontró efecto significativo ($p \geq 0.05$), dado que, el valor de significación (p-valor = 0.2389) es mayor al 0.05 (5 %), en cambio para el sustrato, se encontró un efecto altamente significativo ($p < 0.01$), dado que el valor de significación (p-valor = 0.0094) es

menor al 0.05 (5 %). Este resultado indica que las raíces primarias encontradas en un sustrato, se diferencian significativamente de las raíces encontradas en el otro sustrato.

El coeficiente de variación ($CV = 5.36\%$), indica la variabilidad de los resultados, respecto al número de raíces primarias, en cada tratamiento. Además, presenta baja variabilidad para las condiciones del experimento.

Tabla 15.

Análisis de varianza para el efecto tipo de propágulo y sustrato en el número de raíces primarias de V. pilosa.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	P-valor
Bloques	2	0.01	0.01	0.43	0.6676 ns
Propágulo (P)	1	0.02	0.02	1.71	0.2389 ns
Sustrato (S)	1	0.17	0.17	14.11	0.0094 **
P * S	1	0.000085	0.000085	0.01	0.9368 ns
Error	6	0.07	0.01		
Total	11	0.28			

CV=5.36%, No significativo (ns), altamente significativo (**)

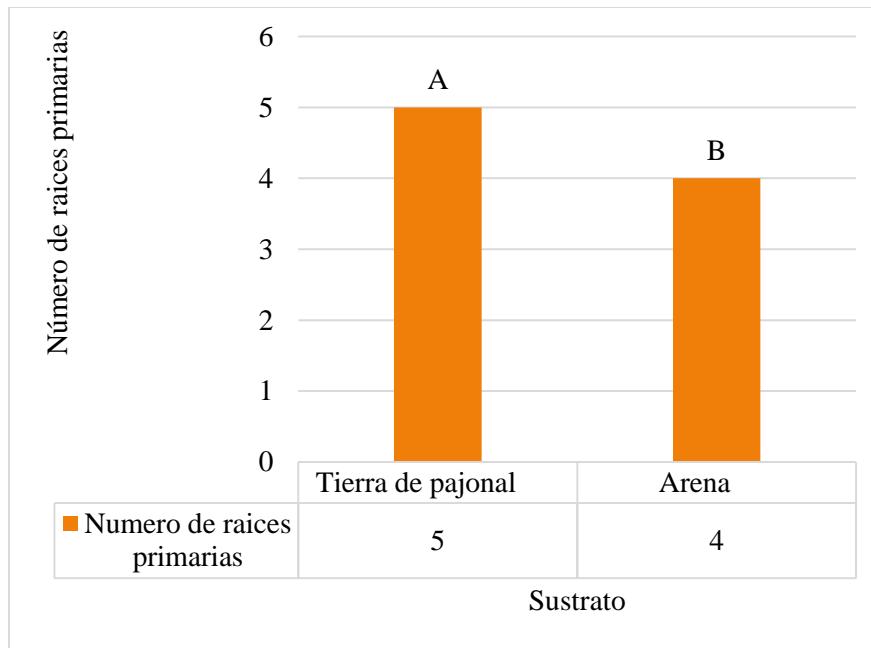
La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto del sustrato en el desarrollo de raíces primarias (figura 20), indica que en tierra de pajonal se obtuvo un promedio de 5 raíces por propágulo, siendo este resultado estadísticamente superior al que se obtuvo con arena, cuyo número promedio fue de 4 por propágulo. Esto indica que los propágulos de Valeriana, presentan mejor la población de raíces primarias en tierra de pajonal.

Al respecto Nazar (2015), Yépez (2016) y Córdova & Dobronski (2019) indican que, el desarrollo de las raíces en las plantas está influenciado por el tipo de sustrato, es decir, para que las plantas silvestres desarrollen sus raíces necesitan de condiciones de su propio medio, esto permite que el desarrollo de raíces tenga las mejores condiciones; además, los autores manifiestan

que, el aumento de las raíces de una planta silvestre, se debe a que el sustrato propio de su hábitat natural, influye eficientemente en el aumento de raíces.

Figura 20.

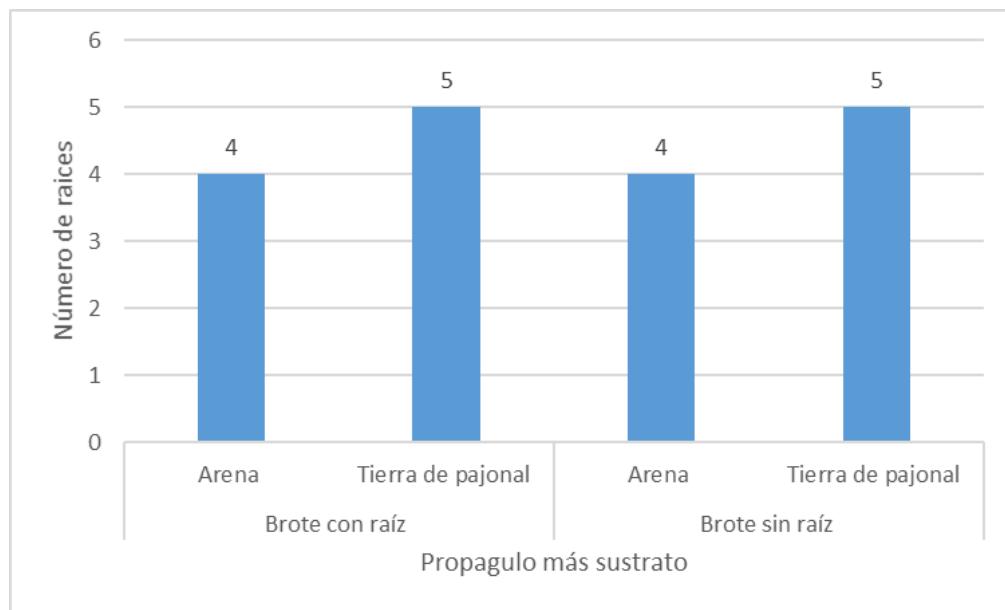
Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el factor sustrato, en el número de raíces primarias.



En la (Figura 21), se observa los resultados respecto al número de raíces primarias, los cuales varían entre 4 y 5 raíces por propágulo, según el análisis de varianza, los resultados encontrados no se encontró efecto significativo ($p \geq 0.05$), sin embargo, se observa que los propágulos con y sin raíz, sembrados en tierra de pajonal alcanzan la mayor población de raíces primarias.

Figura 21.

Promedio de número de raíces primarias por tratamiento, evaluados a los 3 meses después de la instalación del experimento.



Efecto entre el tipo de propágulo, tipo de sustrato en el número de raíces secundarias a los tres meses después de la instalación del experimento.

Para el número de raíces secundarias (Tabla 16), se encontró significación estadística para la interacción ($P*S$), dado que, el valor de significación (p -valor = 0.0001) es menor al 0.05 (5 %), este resultado indica que el desarrollo de raíces secundarias, de uno o de los dos tipos de propágulos, se comporta de manera diferentes en cada sustrato.

El coeficiente de variación ($CV = 1.89\%$), indica la variabilidad de los resultados, respecto al número de raíces secundarias, en cada tratamiento.

Tabla 16.

*Análisis de varianza para el efecto tipo de propágulo y sustrato en el número de raíces secundarias de *V. pilosa*.*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	P-valor
Bloques	2	0.0049	0.0025	1.00	0.4219 ns
Propágulo (P)	1	0.37	0.37	152.71	0.0001 **
Sustrato (S)	1	0.01	0.01	3.88	0.0964 ns
P*S	1	0.37	0.37	152.71	0.0001 **
Error	6	0.01	0.0025		
Total	11	0.78			

CV=1.89%, No significativo (ns), altamente significativo (**)

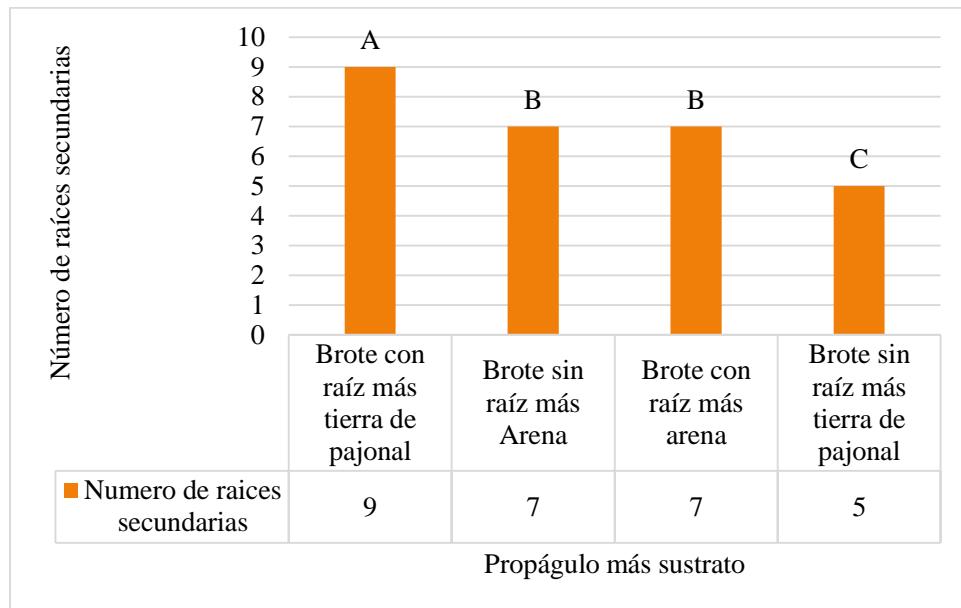
La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para la interacción del propágulo con el sustrato (figura 22), se observa que el mayor número de raíces secundarias fue en promedio 9, el cual se obtuvo con el propágulo que se trasplantó con raíz en tierra de pajonal, siendo este resultado significativamente superior al resto, con los propágulos con raíz y sin raíz sembradas en arena, se obtuvieron 7 raíces secundarias en promedio. Con el propágulo sin raíz y transplantado en tierra de pajonal se obtuvo 5 raíces en promedio, este resultado es significativamente menor al resto.

Las plantas herbáceas propagadas por hijuelos cuentan ya con un sistema caulinar, por lo que es necesario que forme un nuevo sistema con raíces adventicias y las raíces se originan afuera justo donde se realizó la lesión y entre los haces vasculares (Hartmann y Kester 1997).

En conclusión, para generar el mayor desarrollo de las raíces secundarias en propágulos de valeriana, se debe utilizar propágulo con raíz en combinación sembrado en tierra de pajonal.

Figura 22.

*Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para la interacción de factores (Propágulo*Sustrato), en el número de raíces secundarias.*



El mayor número de raíces secundarias se encontró en brotes con raíz sembrados en tierra de pajonal. Al respecto Nazar (2015), Yépez (2016) y Córdova & Dobronski (2019) indican que el desarrollo de raíces en las plantas está influenciado por el tipo de sustrato, esto permite que el desarrollo de raíces tenga las mejores condiciones. Además, los autores manifiestan que, el aumento de las raíces de una planta, se debe al sustrato propio de su hábitat natural.

4.2.3. Evaluación de plantas desarrolladas a partir de brotes, dos años después de la plantación de propágulos en campo definitivo.

Con el objetivo de conocer el comportamiento agronómico a largo plazo de *V. pilosa* propagada mediante brotes, se realizó una evaluación a los dos años de establecida la plantación en campo definitivo. Esta actividad se llevó a cabo el 22 de junio del año 2021, fecha en la cual se procedió a la evaluación de todas las variables en estudio. Esta evaluación permitió valorar la

adaptabilidad de la especie en condiciones de campo, así como su potencial para la conservación y producción bajo manejo agronómico.

Figura 23.

Dr. Juan Francisco Seminario Cunya, asesor de la investigación, realiza la evaluación fenológica inicial del cultivo en campo definitivo.



Figura 24.

Muestras recolectadas dos años después de la siembra, etiquetadas y embaladas para análisis morfoagronómicas, fisiológico y productivo.



a. Altura de plantas a los dos años después de la instalación del experimento en campo.

En el Análisis de Varianza (ANOVA) para altura de plantas (Tabla 17), se observa que no existe significación estadística para los factores propágulo (P) y sustrato (S), puesto que el valor de significación (p-valor) es mayor al 0.05 (5 %) respectivamente. Estos resultados indican que el tipo de sustrato y propágulo no mostraron efecto significativo en la altura de plantas de valeriana.

También la tabla nos muestra que no existe significación estadística para la interacción de los factores (P*S), debido a que el valor de significación (p-valor =0.954) es mayor a al 0.05 (5 %). Lo que indica que la altura de plantas de valeriana no depende del efecto de interacción de los factores.

El coeficiente de variación (CV = 14.30 %), indica la variabilidad de los resultados, respecto al altura de planta, en cada tratamiento.

Tabla 17.

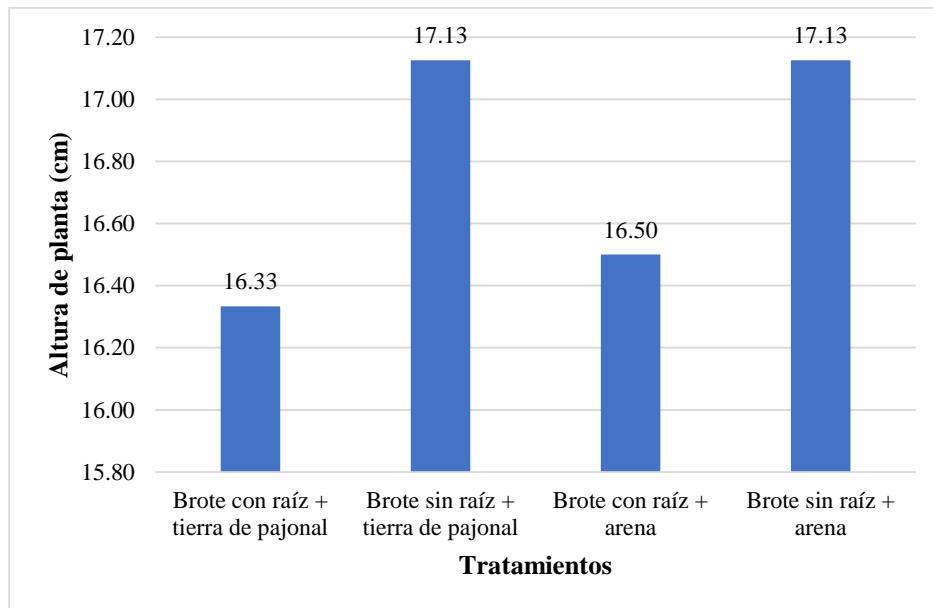
Análisis de varianza para el efecto tipo de propágulo y sustrato en la altura de planta de Valeriana pilosa a los dos años después de la instalación en campo.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	P-valor
Bloques	2	0.74	0.37	0.06	0.9386 ns
Propágulo (P)	1	1.51	1.51	0.26	0.6273 ns
Sustrato (S)	1	0.02	0.02	3.60E-03	0.954 ns
P*S	1	0.02	0.02	3.60E-03	0.954 ns
Error	6	34.52	5.75		
Total	11	36.81			

CV= 14.30 %, No significativo (ns)

Figura 25.

Altura de planta promedio de los tratamientos a los dos años después de la instalación en campo.



b. Número de hojas a los dos años después de la instalación del experimento en campo.

En la Tabla 18, correspondiente al análisis de varianza (ANOVA) del número de hojas por planta, se observa que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los factores evaluados, ya que el valor de significancia (*p*-valor) es superior a 0.05. Esto indica que no se detectó efecto significativo del tipo de propágulo ni del sustrato sobre el número de hojas. Del mismo modo, la interacción entre los factores (*P***S*) tampoco presenta significancia estadística, lo que sugiere que el número de hojas en las plantas de valeriana no está influenciado por el efecto combinado de dichos factores.

El coeficiente de variación (CV = 22.97 %) se considera aceptable para condiciones de campo, aunque refleja variabilidad en el material experimental. Esto refleja variabilidad natural en el material vegetal evaluado bajo condiciones de campo. A pesar de esta variabilidad, los datos

obtenidos son considerados confiables y permiten una interpretación válida dentro del contexto del estudio.

Tabla 18.

Análisis de varianza para el efecto tipo de propágulo y sustrato en el número de hojas de V. pilosa después de dos años de instalación en campo.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	P-valor
Bloques	2	10.86	5.43	0.18	0.8375 ns
Propágulo (P)	1	36.31	36.31	1.22	0.3114 ns
Sustrato (S)	1	52.61	52.61	1.77	0.2318 ns
P*S	1	8.54	8.54	0.29	0.6112 ns
Error	6	178.38	29.73		
Total	11	286.7			

CV=22.97%, No significativo (ns), significativo (**)

Figura 26.

Promedio de hojas por planta en los tratamientos, dos años después de la instalación en campo.

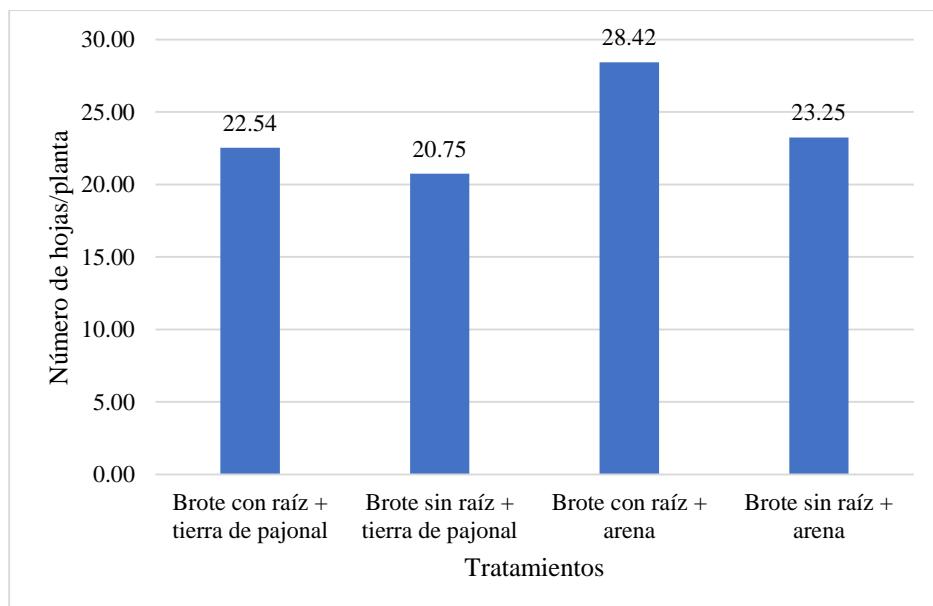


Figura 27.

Planta de V. pilosa con dos años de establecimiento que muestra morfología adaptativa, caracterizada por un sistema radicular robusto y hojas funcionales bien desarrolladas. Clave: T3 (P1-S2).



c. Número de brotes a los dos años después de la instalación del experimento en condiciones de campo.

En el análisis de varianza (ANOVA) para el número de brotes por planta (Tabla 19), no se encontró significación estadística para los factores Propágulo (P) y Sustrato (S), puesto que los valores de significación p-valor en ambos casos son mayores al 0.05% (5%), lo que indica que no se detectó efecto significativo del tipo de propágulo ni del sustrato sobre el número de brotes por planta.

Asimismo, la interacción entre factores (P*S) mostró efecto significativo ($p < 0.05$), lo que indica que el efecto del tipo de propágulo sobre el número de brotes depende del tipo de sustrato. El coeficiente de variación ($CV = 17.95\%$) evidencia cierta heterogeneidad en el material

experimental, atribuible a la variabilidad natural del material vegetal bajo condiciones de campo.

A pesar de ello, los datos obtenidos son considerados confiables para el análisis.

Tabla 19.

Análisis de varianza para el efecto tipo de propágulo y sustrato en el número de brotes de V.

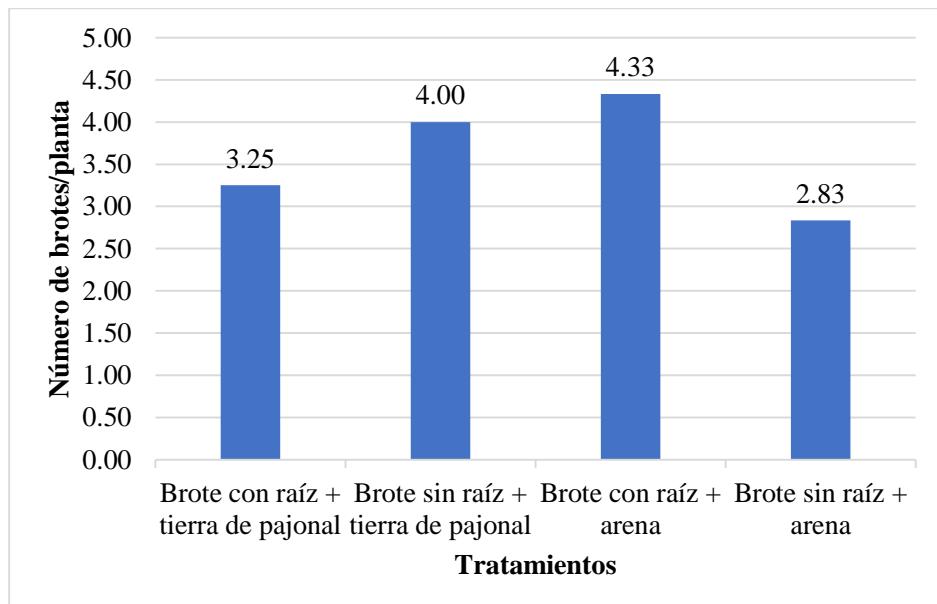
pilosa después de dos años de instalación en campo.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	P-valor
Bloques	2	0.45	0.22	0.54	0.6111 ns
Propágulo (P)	1	0.42	0.42	1.01	0.3541 ns
Sustrato (S)	1	0.01	0.01	0.01	0.9148 ns
P*S	1	3.8	3.8	9.07	0.0236 *
Error	6	2.51	0.42		
Total	11	7.18			

CV =17.95%, No significativo (ns), significativo (*)

Figura 28.

Promedio de brotes por planta según tratamiento, dos años después de la instalación en campo.



d. Longitud de raíz a los dos años después de la instalación del experimento en campo.

El análisis de varianza (ANOVA) para el largo de raíz a los dos años de la plantación (Tabla 20) muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los factores propágulo (P) y sustrato (S), ya que sus valores de significancia superan el 5 %. Esto indica que ninguno de estos factores influyó de manera directa en el desarrollo radicular de la valeriana. Asimismo, la interacción entre ambos factores (P*S) tampoco presentó significancia estadística (*p*-valor = 0.5774 > 0.05), lo que sugiere que todos los tratamientos evaluados no mostraron diferencias estadísticamente significativas en la longitud de raíz tras dos años en campo.

El coeficiente de variación (CV = 13.12 %) refleja una adecuada consistencia en los datos obtenidos, lo que sugiere que los resultados son confiables y que el experimento fue ejecutado bajo condiciones controladas y apropiadas en campo.

Tabla 20.

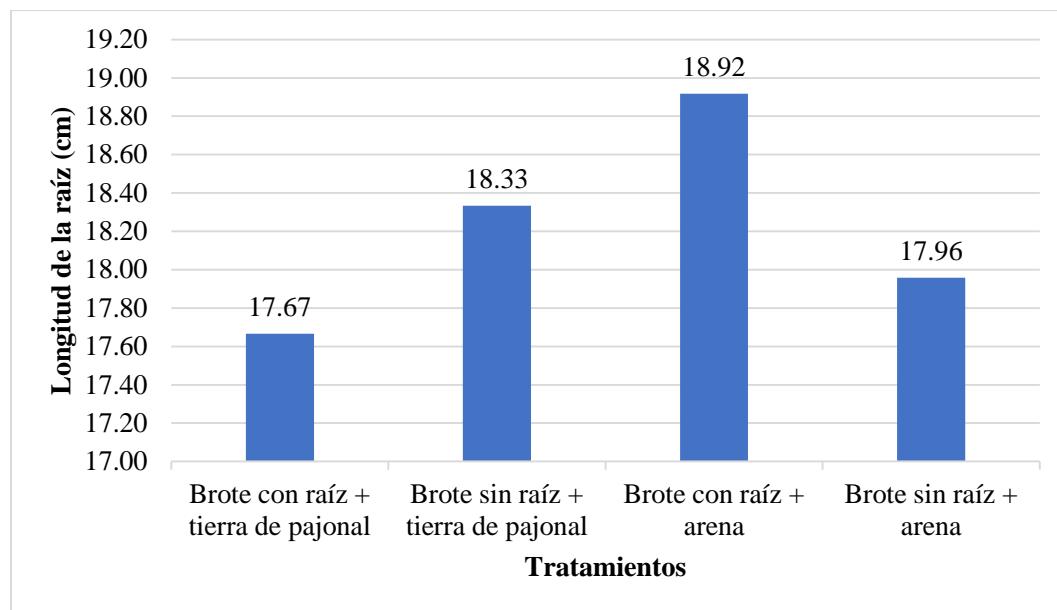
Análisis de varianza del efecto del tipo de propágulo y del sustrato sobre la longitud de raíz de Valeriana pilosa, dos años después de su instalación en campo.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	P-valor
Bloques	2	56.27	28.14	4.93	0.0542 ns
Propágulo (P)	1	0.06	0.06	0.01	0.9193 ns
Sustrato (S)	1	0.57	0.57	0.1	0.7619 ns
P*S	1	1.98	1.98	0.35	0.5774 ns
Error	6	34.27	5.71		
Total	11	93.16			

CV =13.12%, No significativo (ns).

Figura 29.

Longitud promedio de la raíz alcanzada a los dos años después de la instalación en campo.



e. Diámetro de raíz a los dos años después de la instalación del experimento en campo.

El ANOVA para la variable diámetro de raíz (Tabla 21) indica que no existe significación estadística para el efecto de los factores propágulo (P) y sustrato (S), p-valor es mayor a 0.05 (5 %). Por tanto, los factores antes citados no tienen un efecto significativo en el diámetro de raíz de valeriana. Además, no se encontró significación estadística para la interacción (P×S), lo que indica que no se detectó interacción significativa entre los factores evaluados.

El valor del coeficiente de variabilidad (CV= 13.48%), evidencia que nuestros resultados son confiables, y que el experimento ha sido adecuadamente conducido.

Tabla 21.

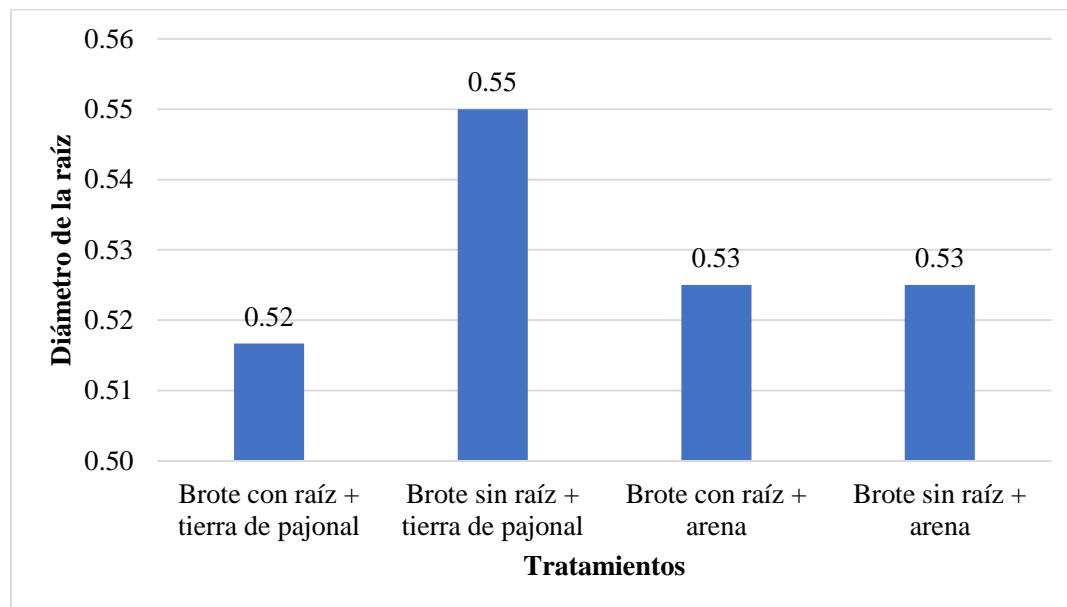
Análisis de varianza del efecto tipo de propágulo y sustrato en diámetro de raíz de V. pilosa.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Sum de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	P-valor
Bloques	2	3.9E-04	1.90E-04	0.31	0.75 ns
Propágulo (P)	1	1.90E-05	1.90E-05	0.03	0.87 ns
Sustrato (S)	1	8.30E-08	8.30E-08	1.30E-04	0.99 ns
P*S	1	1.40E-04	1.40E-04	0.22	0.65 ns
Error	6	3.70E-03	6.20E-04		
Total	11	4.30E-03			

CV =13.48%, No significativo (ns)

Figura 30.

Diámetro promedio de la raíz alcanzada a los dos años después de la instalación en campo.



f. Materia seca del follaje a los dos años después de la instalación del experimento en campo.

El análisis de varianza (ANOVA) para la variable materia seca del follaje (Tabla 22) revela que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para los factores propágulo (P) y

sustrato (S), ya que sus respectivos p-valores superan el umbral del 5 %. Esto indica que, a los dos años de la plantación, ninguno de estos factores tuvo un efecto significativo sobre el porcentaje de materia seca del follaje.

Asimismo, la interacción entre ambos factores (P*S) tampoco presentó significancia estadística, lo que sugiere que las combinaciones de tratamientos evaluadas no influyeron de manera diferenciada en esta variable.

El coeficiente de variación (CV = 13.48 %) refleja una variabilidad aceptable en los datos obtenidos para la materia seca del follaje de *V. pilosa*. Este valor sugiere que los resultados son consistentes y que el experimento fue desarrollado bajo condiciones adecuadas en campo, lo que respalda la confiabilidad de los datos registrados

Tabla 22.

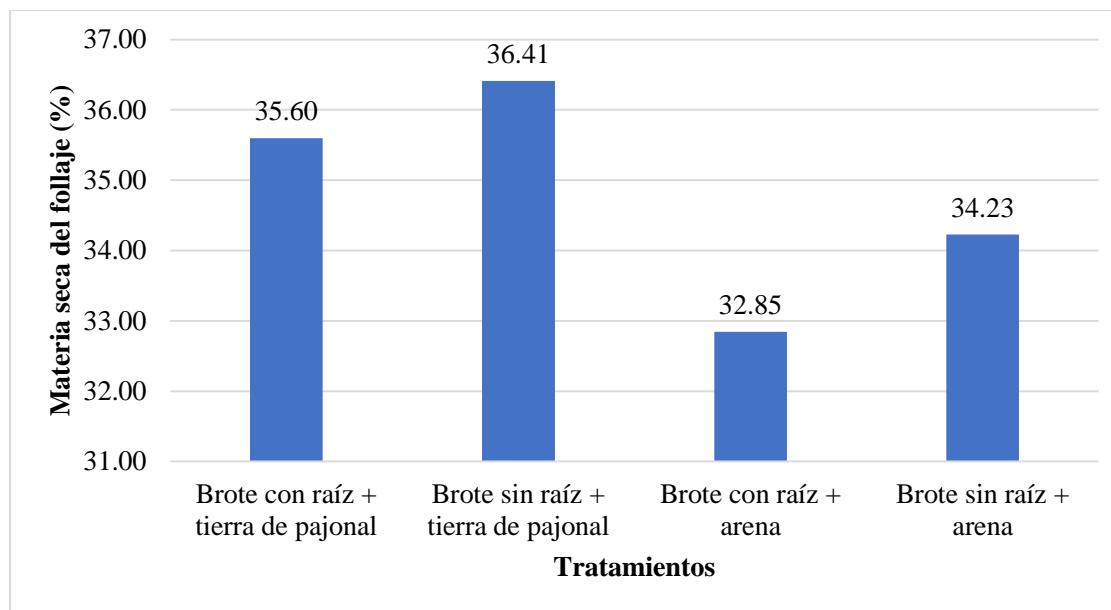
*Análisis de varianza para el efecto tipo de propágulo y sustrato en el porcentaje de materia seca del follaje de *V. pilosa*.*

Fuente de Variación	Grados de libertad	Sum de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	P-valor
Bloques	2	54.08	27.04	1.21	0.3613 ns
Propágulo (P)	1	1.02	1.02	0.05	0.8377 ns
Sustrato (S)	1	26.7	26.7	1.20	0.3159 ns
P*S	1	1.9	1.9	0.09	0.7800 ns
Error	6	133.84	22.31		
Total	11	217.54			

CV =13.48 %, No significativo (ns)

Figura 31.

Contenido de materia seca del follaje a los dos años después de la instalación en campo.



Materia seca del cormo más raíz a los dos años después de la instalación del experimento en campo.

El Análisis de Varianza (ANOVA) para la variable materia seca del cormo más raíz (tabla 23), muestra que no existe significación estadística para los factores Propágulo (P) y Sustrato (S). También muestra que no se encontró diferencia estadística significativa para la interacción de factores (P*S), puesto que el valor de significación p- valor para los factores e interacción son mayores al 5%. lo que indica que no se detectó interacción significativa entre los factores evaluados.

El valor del coeficiente de variabilidad (CV=7.79%) para la variable materia seca del cormo más raíz, indica que nuestros datos son confiables, y el experimento ha sido conducido con las condiciones adecuadas a nivel de campo.

Tabla 23.

Análisis de varianza para el efecto tipo de propágulo y sustrato para materia seca del cormo más raíz de V. pilosa.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	P-valor
Bloques	2	38.78	19.39	2.63	0.1515 ns
Propágulo (P)	1	7.64	7.64	1.04	0.3481 ns
Sustrato (S)	1	0.64	0.64	0.09	0.7787 ns
P*S	1	3.56	3.56	0.48	0.5136 ns
Error	6	44.28	7.38		
Total	11	94.9			

CV =7.79%, No significativo (ns)

A los dos años de la plantación de *V. pilosa* en condiciones de campo, no se observaron diferencias estadísticas significativas en la materia seca del cormo más raíz entre tratamientos. Este comportamiento podría estar asociado a la uniformización fisiológica de las plantas durante la fase de establecimiento, en concordancia con los registros ambientales de temperatura mínima y máxima del sitio experimental y con los resultados obtenidos en evaluaciones previas de longitud, diámetro y número de raíces. En conjunto, estos factores podrían haber favorecido un desarrollo subterráneo homogéneo en los tratamientos evaluados.

Figura 32.

Porcentaje de materia seca del cormo más raíz a los dos años después de la instalación en campo.

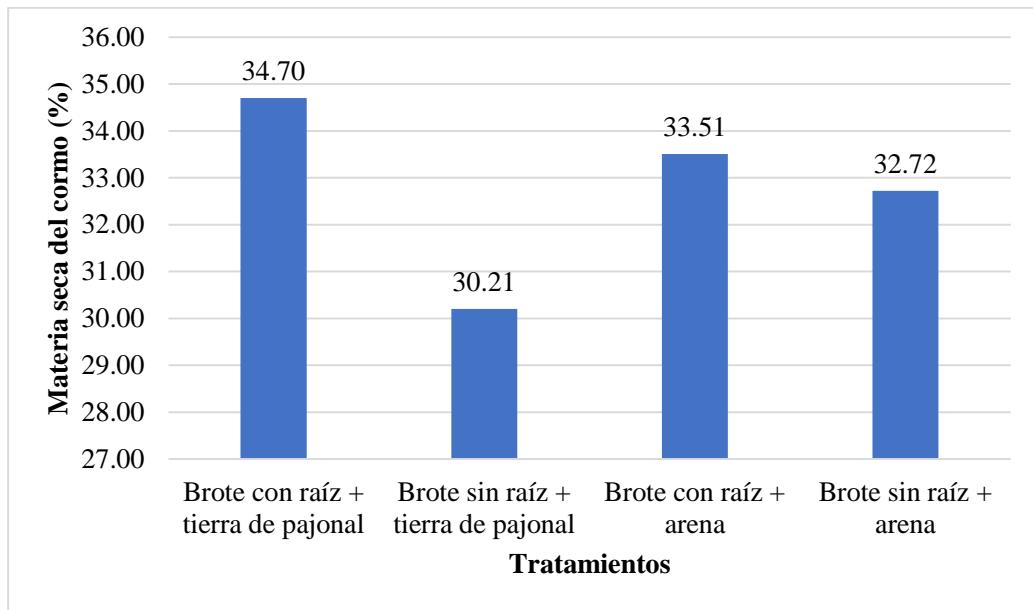


Figura 33.

Cormos con sistema radicular en estado de materia seca, obtenidos tras el proceso de cosecha y deshidratación. Clave: T2 (P2S1), cormos con sistema radicular, mostrando tres repeticiones.



4.2.4. Evaluación de plantas obtenidas mediante brotes, a los seis años de plantación de los propágulos en campo definitivo.

Tras dos años de establecida la plantación de Valeriana pilosa en condiciones de campo que reproducen su hábitat natural, caracterizado por altitudes superiores a los 3 500 m s.n.m., suelos franco-arenosos con buen drenaje y clima templado-frío, no se registraron diferencias estadísticamente significativas en las variables morfoagronómicas evaluadas, tales como altura de planta, número de hojas, longitud de raíz y número de brotes. Este comportamiento homogéneo sugiere que, durante las etapas iniciales del establecimiento, la especie prioriza procesos de adaptación y consolidación fisiológica más que respuestas diferenciales a los tratamientos evaluados.

En función de estos resultados, y considerando el carácter perenne y el bajo nivel de domesticación de *V. pilosa*, para la evaluación realizada al sexto año de cultivo se adoptó un enfoque descriptivo mediante un muestreo aleatorio simple, con cuatro unidades experimentales. Este procedimiento permitió caracterizar el desarrollo morfológico y biométrico de plantas adultas bajo condiciones de campo definitivo, aportando información relevante sobre el comportamiento agronómico de la especie en etapas avanzadas de su ciclo de vida.

Figura 34.

Follaje fresco colectado para evaluar biomasa aérea: peso fresco, número de hojas y altura foliar promedio como variables morfoagronómicas. Clave: T2 (P2-S1).



Figura 35.

Sistema radicular con cormo en estado fresco, destinado a la evaluación de biomasa subterránea. La muestra se empleó para el registro del número de brotes, longitud y diámetro de raíz como variables morfoagronómicas. Clave: T4 (P2-S2).



Tabla 24.Análisis morfológico y biométrico de plantas adultas de *V. pilosa*.

Planta	Altura (cm)	Nº de hojas	Nº de brotes	L de raíz (cm)	Diámetro de raíz (cm)	Follaje fresco (g)	Follaje seco (g)	Cormo + raíz fresca (g)	Cormo + raíz seca (g)
P1	48	25	9	24	1.6	160	48.0	135.5	40.65
P2	53	26	8	26	1.8	165	49.5	140.0	42.00
P3	50	24	8	27	1.6	155	46.5	137.0	41.10
P4	51	23	7	28	1.9	170	51.0	139	41.7

Nota. Datos obtenidos de la evaluación a los seis años de crecimiento de *V. pilosa* en condiciones campo.**Tabla 25.**Análisis estadístico descriptivo de características morfológicas y biomasa en *V. pilosa*.

Variable	Media	DE	Mínimo	Máximo
Altura (cm)	50.5	2.08	48.0	53.0
Número de hojas	24.5	1.29	23.0	26.0
Número de brotes	8.0	0.82	7.0	9.0
Largo de raíz (cm)	26.25	1.71	24.0	28.0
Diámetro de raíz (cm)	1.725	0.13	1.60	1.90
Follaje fresco (g)	162.5	6.45	155.0	170.0
Follaje seco (g)	48.75	1.93	46.5	51.0
Cormo + raíz fresca (g)	137.88	1.85	135.5	140.0
Cormo + raíz seca (g)	41.36	0.63	40.65	42.0

Nota. Estadísticos calculados a partir de 4 plantas individuales (P1–P4).

El presente análisis corresponde a la evaluación morfológica y biométrica de cuatro individuos adultos de Valeriana pilosa, recolectados en condiciones altoandinas. Se consideran variables como altura, número de hojas, brotes, diámetro y largo de raíz, así como el peso del follaje y del sistema radicular en estado fresco y seco. La información se contrasta con

investigaciones previas para valorar el comportamiento agronómico de la especie. Los resultados muestran una variabilidad moderada entre los individuos evaluados. La planta P2 registró la mayor altura (53 cm), mientras que P2 obtuvo el mayor número de hojas (26). El mayor número de brotes se observó en P1 (9), lo cual puede reflejar una mayor capacidad de rebrote o una fase reproductiva más activa.

En cuanto al sistema radicular, P4 mostró el mayor largo de raíz (33 cm) y el mayor diámetro (1,9 cm), lo que sugiere un desarrollo más profundo y robusto. Sin embargo, el mayor peso de cormo más raíz en seco lo presentó P4 con 39,9 g, seguido de P3 (37,5 g), valores superiores a los reportados por Gonzales (2015), quien obtuvo valores promedio de 30 a 35 g secos en plantas de 2 años. Asimismo, Linares & Castañeda (2017) documentaron valores de peso seco de raíz entre 28 y 34 g en zonas de 3,200 m s.n.m., coincidiendo con los resultados obtenidos.

El follaje fresco osciló entre 155 y 170 g, mientras que el seco varió entre 39,6 y 41 g, evidenciando una pérdida de humedad del 70%, evidenciando una alta pérdida de humedad, valor consistente con lo descrito por MINSA (2009). Este comportamiento indica que *V. pilosa* presenta un alto contenido de agua en sus partes aéreas, lo que debe considerarse al momento de su postcosecha.

En resumen, los datos reflejan una buena adaptación fisiológica de la especie al entorno altoandino, con variaciones morfológicas y biométricas influenciadas por microambientes. La acumulación de biomasa en raíces y rizomas refuerza su potencial para fines fitoterapéuticos y sugiere la posibilidad de selección de germoplasma con alto contenido de principios activos.

Valeriana pilosa es una especie perenne de notable importancia en la flora altoandina, caracterizada por un patrón de crecimiento lento y una elevada especialización ecológica. Su distribución natural en altitudes superiores a los 3 500 m s.n.m., bajo condiciones climáticas

rigurosas, suelos franco-arenosos de baja fertilidad y temperaturas medias anuales entre 10 y 14 °C, condiciona una estrategia de desarrollo centrada en la acumulación progresiva de biomasa subterránea, mientras que el crecimiento aéreo se mantiene limitado durante los primeros años del ciclo vital.

De acuerdo con Seminario-Cunya, Rumay-Sánchez y Seminario-Cunya (2016), *V. pilosa* presenta una tasa de elongación promedio de apenas 5,6 mm por mes, y una escasa asignación de materia seca a estructuras foliares durante la fase vegetativa inicial. Estos resultados permiten interpretar que, durante los dos primeros años tras la instalación en campo definitivo, la especie se encuentra aún en una etapa de establecimiento fisiológico, sin manifestar diferencias significativas en variables morfoagronómicas como altura de planta, número de hojas, longitud de raíz o brotación.

4.3. Producción estimada por hectárea de Valeriana pilosa (Ruiz & Pav.)

4.3.1. Cálculo de densidad de plantas por hectárea para *V. pilosa*

Posteriormente a la evaluación realizada a los tres meses, se procedió con la instalación de los propágulos en campo definitivo. El terreno fue preparado cuidadosamente, aplicando labores de arado cruzado y revolteo del suelo, lo cual permitió una adecuada descompactación y homogenización del sustrato. Una vez listo, se procedió con la siembra de *V. pilosa* utilizando un distanciamiento de 0.40 m entre surcos y 0.30 m entre plantas, garantizando así un marco de plantación que favorece el desarrollo vegetativo, la aireación y el manejo agronómico de la especie.

Para determinar la cantidad de plantas de Valeriana pilosa que se pueden establecer por hectárea, se considera un espaciamiento de 0.40 metros entre surcos y 0.30 metros entre plantas. La fórmula general para el cálculo es la siguiente:

$$\text{Nro. de plantas por hectárea} = 10,000 \text{ m}^2 / (\text{Distancia entre surcos} \times \text{Distancia entre plantas})$$

Sustituyendo los valores:

$$\text{Nro. de plantas/ha} = 10,000 / (0.40 \times 0.30) = 10,000 / 0.12 = 83,333.33$$

Resultado final:

Aproximadamente 83 333 plantas por hectárea, bajo un diseño de siembra de 0.40 m × 0.30 m.

Tabla 26.

Datos promedio de peso fresco y seco por planta de Valeriana pilosa.

Concepto	Valor
Peso promedio por planta en fresco	301.17 g
Peso promedio por planta en seco	91.5 g
Plantas por hectárea	83,333 plantas/ha

Nota: Los valores presentados permiten estimar la biomasa total por hectárea en condiciones de campo, siendo fundamentales para el análisis de rendimiento y eficiencia agronómica del cultivo.

Fórmula

$$\text{Producción (kg/ha)} = (\text{Peso promedio por planta (g)} \times \text{N.º de plantas/ha}) \div 1000$$

4.3.2. Cálculos de producción de Valeriana pilosa

Producción en fresco:

$$\text{Producción} = (301.17 \times 83,333) \div 1000 = 25,097.58 \text{ kg/ha} = \text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$$

Producción en seco:

$$\text{Producción} = (91.5 \times 83,333) \div 1000 = 7,624.45 \text{ kg/ha} = 7.62 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$$

Tabla 27.

Resumen de producción estimada por hectárea.

Tipo de producción	Peso promedio por planta (g)	Producción (kg/ha)	Producción (t·ha ⁻¹)
Fresco	301.17	25,097.58	25.10 t·ha ⁻¹
Seco	91.5	7,624.45	7.62 t·ha ⁻¹

A los seis años de establecimiento en campo definitivo, y pese al muestreo limitado, *Valeriana pilosa* evidenció madurez fisiológica, caracterizada por brotación activa y una alta acumulación de biomasa subterránea. En este contexto, la estimación de rendimiento ($25.10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ en fresco y $7.62 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ en seco) demuestra su viabilidad productiva y su potencial para cosechas escalonadas bajo manejo sostenible.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Valeriana pilosa (Ruiz & Pav.) requiere condiciones ambientales similares a su hábitat natural para un establecimiento exitoso; su baja sobrevivencia en invernadero (≤ 35 días) evidencia una alta dependencia ecológica y la necesidad de manejo en condiciones de campo.

A los tres meses, se evidenció una interacción significativa entre tipo de propágulo y sustrato, destacando los brotes con raíz en tierra de pajonal como la combinación más eficiente para el establecimiento inicial y el desarrollo temprano.

La tierra de pajonal fue el sustrato más favorable durante la fase inicial de establecimiento, reflejándose en un mayor crecimiento vegetativo y radicular de *V. pilosa* en comparación con la arena.

A los dos años, no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica una fase de establecimiento fisiológico común, consistente con el crecimiento lento y perenne de la especie y su priorización de biomasa subterránea en etapas tempranas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar los ensayos de propagación vegetativa de *Valeriana pilosa* (Ruiz & Pav.) utilizando brotes con distintos niveles de follaje (entero, 2/3 y 1/3) y poda de raíces, con evaluaciones hasta el segundo año de establecimiento, a fin de precisar la combinación más eficiente para el prendimiento, adaptación y desarrollo inicial en condiciones de campo.

Se recomienda realizar estudios de seguimiento a largo plazo (cinco a siete años) en condiciones de campo, considerando la altitud y las condiciones edáficas y atmosféricas, con el propósito de evaluar el comportamiento fenológico, el rendimiento acumulado y el potencial de cosechas sucesivas de *V. pilosa* bajo manejo agronómico.

Se recomienda promover el uso sostenible de *V. pilosa* mediante su propagación vegetativa y producción controlada en campo, con el objetivo de disminuir la extracción de poblaciones silvestres y contribuir a la conservación de la especie en los ecosistemas altoandinos.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Ascate-Pasos, J., Gutiérrez-Vásquez, K., & Villanueva-Camacho, E. (2020). Estudio fitoquímico preliminar y evaluación de la actividad antioxidante de *Valeriana pilosa* Ruiz & Pav. *Revista Peruana de Biología*, 27(1), 33–40. <https://doi.org/10.15381/rpb.v27i1.17694>
- Chueca, M. (2024). *Sustratos y manejo de viveros para plantas medicinales*. Editorial Agronómica.
- Córdova Ruiz, R. E. (2019). *Aplicación de extractos vegetales en la propagación asexual de estacas de Valeriana (Valeriana sp.)* (Tesis de Ingeniería Agronómica). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Repositorio institucional.
- European Medicines Agency. (2016). *Assessment report on Valeriana officinalis L., radix and Valeriana officinalis L., aetheroleum* (EMA/HMPC). <https://www.ema.europa.eu>
- Gautam, R. D., Mishra, S., & Nautiyal, B. P. (2021). Clonal propagation of *Valeriana jatamansi* retains the essential oil profile of mother plants: An approach toward generating homogenous grade of essential oil for industrial use. *Frontiers in Plant Science*, 12, 667898. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.667898>
- George, E. F., Hall, M. A., & De Klerk, G.-J. (2008). *Plant propagation by tissue culture* (3rd ed.). Springer.
- Gil Rivero, A. E. (2017). Aclimatación de plántulas in vitro de *Saintpaulia ionantha* en condiciones de invernadero: Control de humedad relativa y sobrevivencia. *Archivos del Jardín Botánico de Maracaibo*, 24(1), 45–51.
- Gonzales-Inca, C., Mayta-Tovalino, F., & Ramos-Paytan, G. (2022). Essential oil composition and antioxidant potential of *Valeriana pilosa*: GC/MS analysis and molecular docking. *Ethnobotany Research and Applications*, 25, 1–15. <https://doi.org/10.32859/era.25.1.15>
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., & Geneve, R. L. (2018). *Plant propagation: Principles and practices* (9th ed.). Pearson.
- Houghton, P. J. (1999). The scientific basis for the reputed activity of valerian. *Journal of Pharmacy and Pharmacology, 51(5)*, 505–512. <https://doi.org/10.1211/0022357991772922>

- Iannicelli, J., Guariniello, J., Pitta Álvarez, S., & Escandón, A. (2018). Usos tradicionales, estado de conservación y avances biotecnológicos de plantas aromáticas y medicinales nativas de América. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 17(5), 453–491.
- Li, X., Gao, W., Huang, L., & Zeng, Y. (2022). Regulatory perspectives and quality control of herbal medicines for public health. *Pharmaceutical Biology*, 59(1), 121–134. <https://doi.org/10.1080/13880209.2021.2001654>
- Lombrimadrid. (2024). *Manual técnico de sustratos para producción vegetal*. Madrid, España.
- Mathur, J., Ahuja, P. S., Mathur, A., Kukreja, A. K., & Shah, N. C. (1988). In vitro propagation of *Valeriana wallichii* DC. *Planta Medica*, 54(1), 82–83.
- Medina Tello, [Iniciales]. (2017). *Propagación de Valeriana pilosa bajo condiciones de vivero en la región Cajamarca* (Tesis). Universidad [nombre]. Repositorio institucional.
- Minchán-Herrera, P., Ybañez-Julca, R. O., Quispe-Díaz, I. M., et al. (2022). *Valeriana pilosa* roots essential oil: Chemical composition, antioxidant activities, and molecular docking studies. *Antioxidants*, 11(7), 1337. <https://doi.org/10.3390/antiox11071337>
- Moraes, R. M., Cerdeira, A. L., & Lourenço, M. V. (2021). Using micropropagation to develop medicinal plants into crops. *Molecules*, 26(6), 1752. <https://doi.org/10.3390/molecules26061752>
- Nagahama, N., Manifesto, M. A., & Fortunato, R. H. (2019). Vegetative propagation and proposal for sustainable management of *Valeriana carnosa* Sm. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 14, 100218. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2019.100218>
- Nazir, U., Gul, Z., Shah, G., & Khan, N. (2022). Interaction effect of auxin and cytokinin on in vitro shoot regeneration and rooting of endangered medicinal plant *Valeriana jatamansi*. *American Journal of Plant Sciences*, 13, 223–240.
- Pandey, M., & Pant, B. (2020). In vitro propagation and secondary metabolite enhancement in *Valeriana jatamansi*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 14(3), 117–123.
- Pandey, S., Sundararajan, S., Ramalingam, S., Baniya, M. K., & Pant, B. (2020). Rapid clonal propagation and valepotriates accumulation in cultures of *Valeriana jatamansi*. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 93, 177–185.
- Pospíšilová, J., Fila, G., & Van Huylenbroeck, J. (1998). Aclimatación y rusticación de plantas micropagadas. *Revive Biotecnología Bolivia*, 15, 1–12.

- Rodríguez-Monroy, E. F., Leiva-González, S., Pollack-Velásquez, L. E., et al. (2022). *Valeriana pilosa* Ruiz & Pav. (Caprifoliaceae) en el norte del Perú. *Arnaldoa*, 29(2), 369–384. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.292.29205>
- Rosales Cuentas, M. M. (2014). *Propagación in vitro de la planta medicinal altoandina Valeriana sp. “siete sabios” hasta la fase de brotación* (Tesis de grado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Perú.
- Rumay, L. D. (2010). *Germinación y establecimiento inicial de Valeriana pilosa en condiciones de vivero* (Informe técnico inédito). Instituto de Investigación en Recursos Naturales de Cajamarca.
- Seminario-Cunya, J. F., Rumay-Sánchez, L. D., & Seminario-Cunya, A. (2016). Biología de *Valeriana pilosa* R. & Pav., especie en peligro de extinción de las altas montañas del Perú. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 15(5), 337–351.
- Solano Vargas, J. J. (2023). Evaluación de mezclas de sustratos para propagación vegetativa de especies forestales. *Revista Colombiana de Ciencias Forestales*, 27(2), 137–148.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates.
- Valdez, J. (2017). Tratamientos pregerminativos y propagación de *Valeriana pilosa* en Cajamarca. *Revista Científica de Agronomía*, 21(1), 55–63.
- Yaseen, M., Ahmad, T., Sablok, G., & Standardi, A. (2012). Role of carbon sources for in vitro plant growth and development. *Molecular Biology Reports*, 39(5), 6391–6400.
- Ybañez-Julca, R. O., Pino-Ríos, R., Quispe-Díaz, I. M., et al. (2023). Antispasmodic effect of *Valeriana pilosa* root essential oil: Ex vivo and in silico studies. *Pharmaceutics*, 15(8), 2072. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15082072>
- Zayova, E., Vassilevska-Ivanova, R., Petrova, M., & Nedev, T. (2010). Micropropagation of *Valeriana officinalis* through tissue culture: Effect of auxins on rooting. *Proceedings of the Botanical Institute, Bulgarian Academy of Sciences*.).

ANEXOS

Tabla 28.

Altura de planta a los dos años de la instalación en campo.

SUSTRATO PROPAGULO	Tierra de pajonal		Arena		Total
	Brote con raíz	Brote sin raíz	Brote con raíz	Brote sin raíz	
	17.38	18.38	16.00	15.63	67.375
	15.88	14.75	20.00	17.50	68.125
	15.75	18.25	13.50	18.25	65.75
Total	49	51.375	49.5	51.375	201.25
Promedio	16.33	17.13	16.50	17.13	67.08

Tabla 29.

Número de hojas a los dos años de la instalación en campo.

SUSTRATO PROPÁGULO	Tierra de pajonal		Arena		Total
	Brote con raíz	Brote sin raíz	Brote con raíz	Brote sin raíz	
	27.75	23.5	23.5	22.25	97
	15.875	14.75	32	27	89.625
	24	24	29.75	20.5	98.25
Total	67.625	62.25	85.25	69.75	284.875
Promedio	22.54	20.75	28.42	23.25	94.96

Tabla 30.

Número de brotes a los dos años de la instalación en campo.

SUSTRATO PROPÁGULO	Tierra de pajonal		Arena		Total
	Brote con raíz	Brote sin raíz	Brote con raíz	Brote sin raíz	
	4	4.5	4.25	2.75	12.75
	2.5	4.5	4.25	2.5	11.25
	3.25	3	4.5	3.25	10.75
Total	9.75	12	13	8.5	34.75

Promedio	3.25	4.00	4.33	2.83	11.58
----------	------	------	------	------	-------

Tabla 31.

Largo de la raíz a los dos años de la instalación en campo.

SUSTRATO	Tierra de pajonal		Arena		Total
	Brote con raíz	Brote sin raíz	Brote con raíz	Brote sin raíz	
PROPÁGULO					
	17.25	14.125	14.25	17.625	63.25
	16.75	20.125	18	16.25	71.125
	19	20.75	24.5	20	84.25
Total	53.00	55.00	56.75	53.88	218.63
Promedio	17.67	18.33	18.92	17.96	72.88

Tabla 32.

Diámetro de la raíz más gruesa a los dos años de la instalación en campo.

SUSTRATO	Tierra de pajonal		Arena		Total
	Brote con raíz	Brote sin raíz	Brote con raíz	Brote sin raíz	
PROPÁGULO					
	0.625	0.6	0.45	0.525	2.2
	0.45	0.5	0.625	0.6	2.175
	0.475	0.55	0.55	0.45	2.025
Total	1.55	1.65	1.625	1.575	6.4
Promedio	0.52	0.55	0.54	0.53	2.13

Tabla 33.

Porcentaje de materia seca del follaje a los dos años de la instalación en campo.

SUSTRATO	Tierra de pajonal		Arena		Total
	Brote con raíz	Brote sin raíz	Brote con raíz	Brote sin raíz	
PROPÁGULO					
	30.9	21.5	33.1	28.0	113.45
	38.3	48.5	23.2	33.0	142.88
	37.6	38.1	32.6	34.0	142.28
Total	106.80	108.02	88.85	94.95	398.61

Promedio	35.60	36.01	29.62	31.65	132.87
----------	-------	-------	-------	-------	--------

Tabla 34.

Porcentaje de materia seca del cormo a los dos años de la instalación en campo.

SUSTRATO	Tierra de pajonal		Arena		Total
	Brote sin		Brote con raíz	Brote sin raíz	
PROPÁGULO	Brote con raíz	raíz	Brote con raíz	Brote sin raíz	
	25.3	25.5	36.1	28.0	114.88
	40.4	31.3	31.5	35.8	138.88
	38.5	33.9	33.0	34.4	139.64
Total	104.10	90.62	100.52	98.16	393.39
Promedio	34.70	30.21	33.51	32.72	131.13