

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**EFFECTO DE SEIS TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN
SEMILLAS DE *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan EN
CONDICIONES DE VIVERO - CAJAMARCA**

T E S I S

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO FORESTAL**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER:
MIRIAM YOVANA, TORRES SILVA**

**ASESOR:
ING. M.SC. WALTER RONCAL BRIONES**

CAJAMARCA – PERÚ

2025



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Miriam Yovana Torres Silva
DNI: N° 41580325
Escuela Profesional/Unidad UNC:
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL
2. Asesor:
Ing. M. Sc. WALTER RONCAL BRIONES
Facultad/Unidad UNC:
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS/ INGENIERIA FORESTAL
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:
EFFECTO DE SEIS TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS DE *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan EN CONDICIONES DE VIVERO - CAJAMARCA.
6. Fecha de evaluación: 14/05/2025
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 4%
9. Código Documento: oid: 3117:459251917
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Firma y/o Sello
Emisor Constancia



Ing. M. Sc. WALTER RONCAL BRIONES
DNI 26632728

Fecha Emisión: 20/05/2025

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



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 siete días del mes de febrero del año dos mil veinticinco, 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° 533-2024-FCA-UNC, de fecha 16 de octubre del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"EFECTO DE SEIS TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS DE *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan EN CONDICIONES DE VIVERO - CAJAMARCA"**, realizada por la Bachiller **MIRIAM YOVANA TORRES SILVA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las diez horas y quince 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 concluída 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 quince (15); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

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

Ing. M. Sc. Luis Dávila Estela
PRESIDENTE

Ing. Oscar Rogelio Sáenz Narro
SECRETARIO

Ing. Nehemías Honorio Sangay Martos
VOCAL

Ing. M. Sc. Walter Ricardo Roncal Briones
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres José Torres Rodríguez y María Silva Cerdán, por su amor incondicional y constante aliento para alcanzar cada uno de mis objetivos.

A Sheyla Torres Silva y Daniela Portilla Torres, que han sido mis más entusiastas animadoras para concluir este proceso.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su infinita misericordia, que me ha permitido avanzar con sabiduría y constancia, y así lograr cada una de mis metas.

A mi asesor Ing. M. Sc. Walter Roncal Briones por su confianza y guía para culminar con éxitos la presente investigación.

Agradezco a todo el personal encargado del Silvo Agropecuario de la Universidad Nacional de Cajamarca por brindarme sus instalaciones y las facilidades para ejecutar el proyecto de tesis

Será como un árbol plantado junto a corrientes de aguas, que da su fruto en su tiempo, y su hoja no cae; y todo lo que hace, prosperará (Reina Valera, 1960, Salmo 1:3).

ÍNDICE GENERAL

Descripción	Página
DEDICTORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	2
2.1 Antecedentes de la Investigación	2
2.2 Bases Teóricas	4
2.2.1 Semilla	4
2.2.2 Germinación de Semillas	7
2.2.3 Tipos de Germinación	11
2.2.4 Tratamientos Pregerminativos	12
2.2.5 Descripción de <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	14
2.3 Definición de Términos Básicos	17
2.3.1 Emergencia	17
2.3.2 Germinación	17
2.3.3 Poder Germinativo	17
2.3.4 Testa	17
2.3.5 Ácido Giberélico	18
III. MARCO METODOLÓGICO	19
3.1 Ubicación de la Investigación	19
3.1.1 Características edafoclimáticas	20
3.2 Materiales	21
3.3 Metodología	21
3.3.1 Tipo de Investigación	21
3.3.2 Unidad de Análisis, Universo y Muestra	22
3.4 Fase de Campo	22
3.4.1 Recolección de Frutos	22
3.4.2 Pruebas de Semillas Vanas	22
3.4.3 Secado y Selección de Semillas	23
3.4.4 Desinfección de Semillas	23
3.4.5 Aplicación de los Tratamientos	23
3.5 Fase de Establecimiento del Experimento	25
3.5.1 Preparación y Desinfección de Sustrato	25
3.5.2 Instalación de Tratamientos	25
3.5.3 Riego	26
3.5.4 Evaluación de la Germinación	26
3.6 Fase de Gabinete	27
IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN	28
4.1 Emergencia de Plántulas de <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	28

4.1.1 Prueba de Semillas Vanas	28
4.1.2 Características Físicas de las Semillas de Huayo	28
4.1.3 Emergencia de Semillas de <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan según los Tratamientos Pregerminativos	29
4.1.4. Análisis de varianza	31
4.1.5. Rango múltiple	32
4.1.6. Tiempo de emergencia de plántulas de huayo	33
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
5.1 Conclusiones	35
5.2 Recomendaciones	36
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
VII. ANEXO	45
7.1 Panel Fotográfico	45
7.2 Cálculos para la Preparación de Soluciones de Ácido Giberélico en ppm	49

ÍNDICES DE TABLAS

Descripción	Página
Tabla 1. <i>Georreferenciación de los árboles que se recolecto los frutos</i> _____	20
Tabla 2. <i>Descripción de los tratamientos</i> _____	24
Tabla 3. <i>Evaluación de semillas germinadas</i> _____	26
Tabla 4. <i>Características físicas de las semillas de <u>Anadenanthera colubrina</u> (Vell.) Brenan</i> _____	29
Tabla 5. <i>Resultado de germinación de los tratamientos pregerminativos en la Semilla de <u>Anadenanthera colubrina</u> (Vell.) Brenan</i> _____	30
Tabla 6. <i>Análisis de varianza para la emergencia de plántulas de huayo</i>	31
Tabla 7. <i>Comparación de rango múltiple para la emergencia de plántulas de huayo</i> _____	33

INDICE DE FIGURAS

Descripción	Página
Figura 1. <i>Mapa de ubicación del caserío de Colpón</i> _____	19
Figura 2. <i>Croquis de distribución de los tratamientos</i> _____	24
Figura 3. <i>Porcentaje promedio de plántulas emergidas de huayo por tratamiento</i>	30
Figura 4. <i>Tiempo de emergencia de plántulas de huayo</i> _____	34

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de seis tratamientos pregerminativos sobre la emergencia de plántulas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan en condiciones de vivero. Los tratamientos evaluados fueron: escarificación parcial de la semilla (T2), imbibición en agua destilada a temperatura ambiente durante 12 horas (T3) y 24 horas (T4), y aplicación de ácido giberélico en concentraciones de 50 ppm (T5), 100 ppm (T6) y 150 ppm (T7). El ensayo se llevó a cabo bajo un diseño completamente al azar, con seis tratamientos, un testigo (T1) y cuatro repeticiones. La evaluación se realizó durante 30 días, registrando el porcentaje de emergencia de plántulas. El tratamiento T2 presentó el mayor porcentaje de emergencia (73,25 %), seguido por T7 (63,50 %). Estos resultados demuestran que las semillas de *A. colubrina* responden positivamente a la escarificación mecánica y muestran buena respuesta al uso de reguladores de crecimiento como el ácido giberélico.

Palabras clave: *Anadenanthera colubrina*, huayo, semilla, tratamiento pregerminativo, emergencia.

ABSTRACT

This study aimed to determine the effect of six pregerminative treatments on the seedling emergence of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan under nursery conditions. The evaluated treatments included: partial seed scarification (T2), soaking in distilled water at room temperature for 12 hours (T3) and 24 hours (T4), and application of gibberellic acid at concentrations of 50 ppm (T5), 100 ppm (T6), and 150 ppm (T7). The experiment was conducted using a completely randomized design with seven treatments and four replicates. The evaluation was carried out over a period of 30 days, measuring the percentage of seedling emergence. Treatment T2 resulted in the highest emergence rate (73.25%), followed by T7 (63.50%). These findings indicate that *A. colubrina* seeds respond positively to mechanical scarification and show favorable responses to the application of growth regulators such as gibberellic acid.

Keywords: *Anadenanthera colubrina*, huayo, seed, pregerminative treatment, emergen.

I. INTRODUCCIÓN

Anadenanthera colubrina es una especie nativa de Sudamérica perteneciente a la familia Fabaceae. Posee un alto potencial para la industria maderera y la reforestación de áreas degradadas debido a sus características ecológicas y de crecimiento (Nery et al., 2018). En particular, se encuentra en bosques secos montanos, donde cumple un papel clave en la restauración ecológica y el manejo forestal sostenible. Sin embargo, sus poblaciones naturales están siendo amenazadas por la pérdida y alteración de su hábitat (Barrera-Jiménez et al., 2023).

En el departamento de Cajamarca (Perú), la especie es conocida localmente como “huayo” y forma parte de los relictos boscosos del valle de Condebamba, que abarca las provincias de San Marcos y Cajabamba. Su principal mecanismo de propagación es sexual, a través de semillas.

La semilla de *A. colubrina* presenta una testa delgada que, si bien facilita su ligereza, también la hace susceptible al ataque de insectos, hongos y animales herbívoros como los caprinos (Varela y Albornoz, 2013). Además, la germinación puede verse limitada si no se aplican tratamientos que mejoren su capacidad de absorción de agua y oxígeno.

En este contexto, se evaluó el efecto de diversos tratamientos pregerminativos —mecánicos, físicos y químicos— sobre la emergencia de plántulas. Entre los métodos ensayados, la escarificación parcial de las semillas mostró los mejores resultados en términos de germinación. Este procedimiento representa una alternativa eficaz, sencilla y de bajo costo, adecuada para su implementación en programas de reforestación en distintas regiones del país.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de la Investigación

En el distrito de Jesús, Cajamarca, se realizó una investigación sobre tratamientos pregerminativos en especies, como por ejemplo en semillas de *Paraserianthes lophantha* y *Caesalpinia decapetala*. El tratamiento pregerminativo más eficiente en la emergencia de *Paraserianthes lophantha* fue la escarificación mecánica y remojo en agua fría por 12 horas, logrando un 66.25% de emergencia y para la *Caesalpinia decapetala* un 61.54% de emergencia con el mismo tratamiento (Arbildo, 2017).

Cubas (2017), en su investigación sobre germinación de semilla botánica de *Colubrina glandulosa* Perkins en Jaén- Cajamarca; nos comenta que aplicaron varios tratamientos físicos y químicos a semillas de *Colubrina glandulosa* el mejor resultado que obtuvieron fue con la aplicación de agua caliente a 45°C por 60 segundos, remojo en hielo por 120 segundos y remojo en ácido giberélico a 2000 ppm por 14 horas; logrando un 71% frente a un 3% de germinación del testigo.

En semillas de *Prosopis juliflora* se ensayaron tratamientos de vidrio molido, ácido giberélico (1000 y 2000 ppm) y nitrato de potasio (1000 y 2000 ppm). Los resultados mostraron al tratamiento con vidrio molido como el mejor donde se obtuvo de 96 a 97% de germinación. Las pruebas de semillas tratadas con ácido giberélico y nitrato de potasio, ocuparon el segundo lugar, quedando en último término el tratamiento testigo (Quispe, 2014).

Ahumada (2017) realizó un ensayo con 5 tratamientos buscando determinar el efecto del ácido giberélico en la germinación de semilla de *Tectona grandis*, los mismos que consistieron en: inmersión en agua pura durante 24 h (T1), inmersión en una concentración de 500 ppm de ácido giberélico con un litro de agua durante 24 h (T2), inmersión en una concentración de 1000 ppm de ácido giberélico con un litro de agua durante 24 h (T3), inmersión en una concentración de 2000 ppm de ácido

giberélico en un litro de agua durante 24 h (T4), siembra directa sin ningún tratamiento (testigo) (T5). El resultado obtenido fue una germinación de 37.33%, 42% y 55.33% respectivamente, para los tratamientos T2, T3, T4; en tanto el tratamiento con agua pura tuvo un 40% de germinación y el testigo un 9.33%. Se concluye que el mejor tratamiento fue el T4 remojo en ácido giberélico a 2000 ppm durante 24 horas, con el que se logró un 55.33% de germinación.

Bulnes (2017) en su investigación del efecto de dosis de ácido giberélico y nitrato de potasio en la germinación de *Camellia sinensis* en Leoncio Prado, Tingo María, Huanuco. Los resultados mostraron que el mayor porcentaje de semillas germinadas se ha obtenido de la aplicación de 500mg de GA3 (T3), la misma que ha contenido mayor concentración de este estimulante y alcanzo un 80% de germinación. Por otro lado, el testigo absoluto (T0) y la dosis de 500 mg de KNO₃ (T6) alcanzaron un 62.5%.

En otro ensayo efectuado en *Hymenaea courbaril* L. el autor Quispe (2014) cita a Orozco (2010), comenta que realizó un estudio con el fin de evaluar la efectividad de tres métodos de escarificación: mecánico, físico y químico sobre la germinación de semillas de algarrobo (*Hymenaea courbaril* L.). Se tomaron 20 semillas por cada tratamiento. Una vez aplicados los respectivos tratamientos en cada uno de los métodos evaluados, las semillas fueron puestas en recipientes plásticos con tierra y llevadas posteriormente al invernadero de la Universidad del Quindío. Un mes después se tomaron datos de porcentajes de semillas germinadas, no germinadas y muertas, encontrando que, dentro de los métodos empleados, el químico mostró mejores resultados, y dentro de los tratamientos el más eficaz fue el de H₂SO₄.

El tratamiento mecánico con lija y aplicación de ácido giberélico a 1000 ppm (1hora) resultó ser el más eficiente de los tratamientos químicos, así mismo de todos los tratamientos utilizados sobresaliendo en las variables de IVE con 8.88, altura 8.89 cm, peso seco con 0.18 g e incluyendo con un 70.92% en el proceso de la germinación (Lalanguí, 2016).

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Semilla

Las semillas son una innovación evolutiva que optimiza el éxito reproductivo en las plantas con flores al brindar un cuidado parental único, promover la dispersión y optimizar la producción de descendencia a través de adaptaciones biológicas a señales ambientales y de desarrollo (Baroux y Grossniklaus, 2019). Son capsulas que almacenan información genética y la transmiten a la descendencia, conteniendo un embrión cigótico heterocigótico por la recombinación durante la formación de gametos y la polinización cruzada (Ghosh y Hape, 2029). Reflejando las presiones evolutivas a través de su diversidad de rasgos (Dyer, 2011).

También se las considera como unidades reproductivas de las plantas superiores. Tienen un lugar importante en la agricultura y el mantenimiento de la diversidad vegetal. Las semillas mantienen con éxito el metabolismo y la latencia durante la desecación, lo que garantiza una germinación exitosa y una longevidad de las semillas en el contexto del cambio climático (El-Maarouf- Bouteau, 2022).

Morfológicamente las semillas de *Anadenanthera colubrina* son circulares a subcirculares, comprimidas lateralmente, lisas, marrón lustrosas, con una línea fisural en forma de herradura en ambas caras. Histológicamente la cubierta seminal comprende cinco capas de células y una cutícula externa e interna (Varela y Albornoz, 2013).

Jara (1996) en su análisis clasifica a las semillas según su comportamiento cuando baja el contenido de humedad, pueden ser:

✓ **Semillas ortodoxas.** Son aquellas semillas que puedan desecarse hasta contenidos de humedad muy bajos (L 5% en base del peso fresco), sin que sufran daño alguno en su integridad fisiológica. Se considera que la viabilidad de la semilla se duplica por cada 1% de reducción en el contenido de humedad y de cada vez que se reduce la temperatura de almacenamiento en 5°C. Ejemplos: Coníferas, muchos

árboles de la zona templadas, la mayoría de los granos y la mayoría de los cultivos anuales.

✓ **Semillas recalcitrantes.** Se denominan así a las semillas que no toleran la desecación. Mantiene su actividad metabólica alta, por lo que deben mantenerse un buen suplemento de oxígeno y no toleran las temperaturas bajas. Son por lo general de tamaño grande y se presentan comúnmente en plantas leñosas de bosques húmedos no estacionales de la región tropical. El grado de recalcitrancia varía entre especies. Ejemplos: Cultivos arbóreos: cacao, coco, hule, árboles frutales como mangos y muchos árboles maderables tropicales.

✓ **Semillas intermedias.** Toleran la desecación en cierto grado, pero no las temperaturas bajas. Son poco conocidas por lo que hay que determinar primero el grado de recalcitrancia. Se recomienda hacer ensayos bajando el contenido de humedad y la temperatura y luego sembrar. Ejms.: *Coffea arabica*, *Carica papaya*, *Dipterex panamensis*.

- a. **Latencia de la Semilla.** Al reposo de las semillas se denomina latencia, dormición, letargo, reposo o vida latente y se refiere a la ausencia o inhibición del crecimiento vegetal y en particular, de la germinación por causas internas, aun cuando las condiciones externas sean adecuadas (temperatura, humedad, luz, etc.) (Padilla, 2010).

La latencia de las semillas está influenciada por barreras físicas, hormonas que inhiben la germinación y la presencia de desencadenantes ambientales específicos que promueven la germinación (Penfield, 2017). La latencia se inicia temprano durante la maduración de la semilla y aumenta hasta que la semilla está completamente desarrollada (Raz *et al.*, 2001).

La latencia de las semillas es un rasgo adaptativo que optimiza la distribución de la germinación a lo largo del tiempo en cultivos agrícolas, pero puede ser beneficiosa durante el desarrollo de las semillas (Bewley, 1997).

Padilla (2010), divide los tipos de latencia, como:

- ✓ ***Latencia innata o endógena.*** Las semillas viables, especialmente de muchas especies de árboles, pueden no germinar después de un tiempo considerable incluso en condiciones en que el ambiente para la germinación parece ser ideal.
- ✓ ***Latencia inducida o secundaria.*** Este tipo de latencia se produce cuando las semillas están en condiciones fisiológicas para germinar y se encuentran en un medio que presenta alguna característica muy desfavorable, como poco oxígeno, concentraciones de CO₂ mayores a las de la atmósfera, temperatura alta, etc., lo que puede producir alteraciones fisiológicas reversibles en las semillas.
- ✓ ***Latencia impuesta o exógena.*** En la naturaleza esta latencia se presenta en semillas aptas para germinar en condiciones adecuadas de humedad y temperatura media, es decir, adecuadas al hábitat que ocupan, pero que continúan latentes por falta de luz, requerimientos especiales de temperatura, oxígeno o de otro factor.

b. Dormancia. Penfield, (2017) señala que la dormancia de las semillas es una característica adaptativa fundamental en las plantas que les permite retrasar la germinación hasta que las condiciones ambientales sean favorables para la supervivencia y el crecimiento de las plántulas. Esta característica está influida por factores genéticos, hormonales y ambientales, y desempeña un papel importante en la aptitud de las plantas y el éxito ecológico. Se dividen en:

- ✓ ***Dormancia física.*** Este tipo implica una barrera física, como una cubierta dura de la semilla, que impide el intercambio de agua y gases, inhibiendo así la germinación. La latencia física se puede romper

mediante la escarificación o el paso a través del sistema digestivo de un animal (Penfield, 2017; Kildisheva et al., 2020).

- ✓ ***Dormancia morfológica.*** En este tipo, el embrión está subdesarrollado en el momento de la dispersión de las semillas y requiere un mayor crecimiento antes de que pueda ocurrir la germinación (Penfield, 2017).
- ✓ ***Dormancia fisiológica.*** Es la forma más común y se trata de procesos bioquímicos que inhiben la germinación hasta que se dan las condiciones ambientales específicas. Este tipo está regulado por hormonas como el ácido abscísico (ABA) y las giberelinas (GA) (Penfield, 2017; Finch y Leubner, 2006; Finkelstein, Reeves, Ariizumi, y Steber, 2008).

2.2.2 *Germinación de Semillas*

Durante el proceso de conformación de la semilla, se crean y almacenan reservas en el endosperma (monocotiledóneas) o los cotiledones (dicotiledóneas). El dióxido de carbono fijado por las hojas se transforma en sacarosa, trasladada a través del floema y acumulada en los tejidos de reserva de la semilla. En el proceso de formación del endosperma se sintetizan proteínas (enzimas y reservas). Después de la acumulación de almidones, igualmente se acumulan lípidos, los cuales son más energéticos como tejidos de reserva, estos tienen una intervención dinámica a lo largo de la germinación y el crecimiento. Se considera a la germinación como un acontecimiento biológico, que puede deducir como la continuación del crecimiento del embrión, el cual ha sido temporalmente suspendido en el proceso de formación de la semilla. En el transcurso de la germinación participan sucesos genéticos, metabólicos, anatómicos y bioquímicos. Fundamentalmente es la activación metabólica de la semilla, a la espera del inicio de una plántula normal. Para un mejor desarrollo de la nueva planta y optimizar las condiciones para la germinación se requiere el uso de tratamientos pregerminativos; los cuales colaboran de

algún modo al impulso germinativo, ya sea remontando las limitaciones físicas o biológicas (Trujillo, 1996).

Fernández, J. (2021) cita a Hartman y Kester (1987); asegura que el proceso germinativo se divide en tres fases continuas; que son las siguientes.

a. Fase 1 (Activación). Imbibición del agua: la semilla al estar seca absorbe el agua y el contenido de humedad en un primer momento aumenta rápidamente, después se estabiliza. La absorción inicial implica la imbibición de agua por coloides de la semilla deshidratada, que suaviza la testa de la misma e hidrata el protoplasma. La semilla se vuelve voluminosa y puede ser que rompa la testa. El fenómeno de la imbibición es un proceso físico que puede darse en semillas muertas.

Síntesis de enzimas: la actividad empieza inmediatamente después del inicio de la germinación, conforme se hidrata la semilla. La activación es el resultado de la reactivación de enzimas almacenadas previamente, que se formaron en parte durante el desarrollo del embrión y finalmente de la síntesis de nuevas enzimas al comenzar la germinación.

Elongación de células y emergencia de la radícula: El primer signo visible de la germinación es la emergencia de la radícula, lo cual es el resultado de la elongación de las células más que de división celular. En una semilla no durmiente, la emergencia de la radícula puede acontecer en unas horas o días después de la siembra. Esto es considerado como una señal clara del fin de la primera fase.

b. Fase 2 (Digestión y translocación). En el endospermo, los cotiledones, el perispermo, o en el gametofito femenino (coníferas) se depositan grasas, proteínas y carbohidratos; los cuales son transformados en sustancias más sencillas, que son translocadas a los puntos de crecimiento del eje embrionario. Los modelos metabólicos de las semillas varían según la especie, cambiando en el tipo de reservas químicas de la semilla. Los aceites y grasas conforman principalmente el alimento de las plantas

superiores, son transformados enzimáticamente a ácidos grasos y posteriormente en azúcares.

Las proteínas reservadas, que están a disposición en la mayoría de semillas, son una fuente de aminoácidos y nitrógeno; que son fundamentales para el crecimiento de la planta. La presencia de almidón es considerada una fuente de energía que se convierte en azúcar. Los patrones metabólicos que acontecen en la germinación involucran la activación de enzimas específicas en la secuencia apropiada y el control de su actividad. La regulación puede ser ejecutada dentro de la célula por muchos procesos bioquímicos y pueden obedecer de la presencia de sustancia químicas u hormonas. En este momento la absorción de agua y respiración se mantienen constantes. Los sistemas celulares son estimulados y el sistema de síntesis de proteínas está cumpliendo con producir nuevas enzimas, materiales estructurales, compuestos reguladores y ácidos nucleicos para realizar las funciones de la célula y condensar nuevos materiales.

c. Fase 3 (Crecimiento de la plántula). Gracias a la división celular continua en puntos de crecimiento separados del eje embrionario y seguido por la extensión de las estructuras, se da el desarrollo de la plántula. El inicio de la división celular de los puntos de crecimiento se da de forma libre del comienzo de la elongación de celular. Cuando inicia el crecimiento en el eje embrionario, aumenta el peso fresco y seco de la plántula, pero decrece el peso total de los tejidos de almacenamiento.

La tasa de respiración, medida por la absorción de oxígeno, se incrementa constantemente con el progreso del crecimiento. Por último, los tejidos de reserva dejan de participar en las actividades metabólicas, salvo en aquellas plantas en que los cotiledones salen a la superficie del sustrato y se vuelven activos en la fotosíntesis. La absorción del agua se aumenta de forma constante según como las nuevas raíces se expanden en el sustrato y por consecuencia el peso fresco de la plántula aumenta.

El inicio de la germinación depende de tres condiciones para que se lleve a cabo:

✓ **Primero.** La semilla debe ser viable, quiere decir que el embrión debe estar vivo y debe tener la capacidad de germinar.

✓ **Segundo.** La semilla no debe estar en letargo ni el embrión quiescente. No debe presentar limitaciones fisiológicas o físicas que conduzcan al letargo, tampoco algunas vallas químicas para la germinación.

✓ **Tercero.** La semilla debe estar en las condiciones medio ambientales apropiadas. Tener a su disposición agua, temperatura correcta, oxígeno y en algunos casos luz.

Por lo difícil que son las interacciones entre el ambiente y las condiciones necesarias para el letargo, estas demandas pueden cambiar con el tiempo y las formas de manejo de las semillas. A veces el segundo requisito puede solucionarse dando las condiciones medio ambientales correctas para la especie.

2.2.2.1 Factores que Afectan la Germinación. Existen diversos factores que afectan a la capacidad de germinación de la semilla, se los puede dividir en factores internos y externos.

a. Factores internos. Según la investigación de Marinas (2020) son los siguientes:

✓ **Estructural.** Por el grosor y la dureza de la cubierta que impide la entrada del agua.

✓ **Químico.** La semilla contiene sustancias como el ácido abscísico que inhibe la germinación.

✓ **Constitucional.** Por un embrión inmaduro, la semilla tiene todas las partes formadas, pero aún no están listas para ejercer su función.

b. Factores externos. En su investigación Padilla (2010), los describe de la siguiente forma:

✓ **Humedad.** La necesidad de la humedad es el requisito previo más importante para activar la germinación. Mientras que algunas semillas requieren poca humedad para la germinación, otras como las plantas acuáticas, se deben sumergir totalmente en agua.

✓ **Temperatura.** La temperatura afecta el nivel en la cual el agua es imbibida y el índice de procesos metabólicos tales como el desplazamiento de alimentos y las hormonas, división y alargamiento de células, y otros procesos fisiológicos y bioquímicos. Los cambios que ocurren durante la germinación comprenden procesos metabólicos que se producen en estrecha relación con la temperatura, y su efecto se expresa en la capacidad germinativa o en la velocidad de germinación.

✓ **Oxígeno.** El oxígeno se requiere para el proceso de respiración que permite oxidar los almidones, las grasas, y otras reservas de alimento, y su utilización es proporcional a la cantidad de la actividad metabólica.

✓ **Luz.** La fotoinducción o fotoinhibición de la germinación es uno de los casos más claros del control de un proceso fisiológico por un factor ambiental. Son tres las principales bandas del espectro lumínico que tienen acción sobre la germinación, y corresponden a la franja de 660 nanómetros (rojo), 730 nanómetros (rojo lejano) y la luz comprendida entre 400 y 500 nanómetros (azul), aunque con efectos mucho menos claros.

2.2.3 Tipos de Germinación

Herrera, Alizaga, Guevara y Jiménez (2006) mencionan en su análisis, que la germinación de semillas se ha clasificado como Hipógea o epígea de acuerdo con la posición de las estructuras de reserva con respecto al suelo. En general las semillas endospermicas, como el maíz, los pastos tropicales (*Brachiria* spp, *Andropogon gayanus* y *Paspalum notatum*) y las palmas (*Elaeis guineensis* y *Bactris gasipaes*), permanecen dentro del suelo durante la germinación, por lo que es hipógea. El Hipocótilo se extiende y crece hacia abajo mientras que la radícula se desarrolla en una fuerte estructura primaria. Las raíces secundarias aparecen en la unión entre el hipocótilo y la radícula.

2.2.4 Tratamientos Pregerminativos

La germinación y el desarrollo de las plántulas son etapas críticas en el ciclo de vida de las plantas. La emergencia insuficiente de plántulas y el establecimiento inadecuado de plantas leñosas son limitaciones importantes en la producción de cultivos. La aplicación de protocolos pregerminativos mejora el porcentaje de germinación, reduce el tiempo de emergencia de las plántulas y mejora varias especies (Salazar-Vega y Vaca, 2021).

Los tratamientos de semillas pueden aumentar el valor de las semillas de cultivos y mejorar el crecimiento y la productividad de las plantas, con aplicaciones potenciales para controlar patógenos vegetales, mejorar la germinación y mejorar la forma de las semillas para la siembra (Taylor y Harman 1990).

Padilla (2010) señala tres tipos de tratamientos pregerminativos:

a. Físicos. *Entre los tratamientos físicos se encuentran:*

✓ **Agua caliente.** Este tratamiento esteriliza la superficie de las semillas. La temperatura y duración del tratamiento son los factores que determinan su efecto sobre la impermeabilidad y viabilidad de las semillas.

✓ **Calentamiento en seco.** Consiste en incrementar la temperatura de las semillas durante cierto tiempo, colocándolas sobre una plancha térmica o dentro de un horno.

✓ **Productos cáusticos.** Generalmente se utiliza ácido sulfúrico o ácido clorhídrico, que debe cubrir dos veces el volumen ocupado por las semillas, utilizando un envase de cristal, y revolviendo suavemente con una barra de cristal durante el tratamiento.

✓ **Escarificación mecánica.** Su efectividad depende de que se retire la mayor parte de la cubierta externa, mediante productos abrasivos tales como lijas, o una rueda abrasiva o por el rompimiento total de la cubierta de la semilla.

b. Químicos. Dentro de los tratamientos químicos se encuentran:

✓ ***Fermentación e intemperización.*** La descomposición de las cubiertas, sobre todo si son carnosas, se puede lograr poniendo las semillas en agua o en la pulpa del fruto y dejándolas fermentar durante varios días.

✓ ***Aceptores de electrones.*** Compuestos como el azul de metileno, cloruro de trifeniltetrazolio, nitratos, nitritos y peróxido de hidrógeno eliminan la dormición leve, ya que actúan como reoxidantes alternos de la nicotinamida adenina dinucleótido fosfato hidrógeno (NADPH), o bien inhiben la catalasa. Las sustancias más usadas son los nitratos y el agua oxigenada, su efecto estimulante se limita, principalmente a la dormición leve.

✓ ***Hormonas.*** Entre las más utilizadas se encuentran las giberelinas, auxinas y citoquininas.

✓ ***Inhibidores de la respiración.*** Únicamente tienen efecto sobre la dormición leve. Son útiles los inhibidores de la glucólisis, el ciclo de Krebs y la fosforilación oxidativa; los productos terminales de la fermentación también actúan como inhibidores de la respiración al activar la vía de las pentosas fosfatadas

c. Estratificación. Corresponde a otro método para superar la latencia y consiste en estimular al embrión para que pueda desarrollarse utilizando principalmente el manejo del suelo y de la temperatura.

✓ ***Estratificación por bajas temperaturas.*** Consiste en ubicar semillas en un sustrato, principalmente arena, manteniendo una temperatura alrededor de 4°C, durante un tiempo alrededor de uno a cuatro meses.

✓ ***Estratificación cálida.*** Este tratamiento consiste en ubicar semillas en un sustrato sin destruir las cubiertas, el sustrato empleado debe estar esterilizado para evitar infecciones, manteniendo el sustrato a una temperatura óptima para el crecimiento de los embriones que depende de la especie manejada.

✓ ***Combinación de estratificación cálida con enfriamiento en húmedo.*** En general, es una metodología similar a la anterior, pero posteriormente es seguido de un

período de enfriamiento en húmedo en un tiempo igual al de la etapa de estratificación cálida.

2.2.5 Descripción de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan

a. Taxonomía. Tropicos.org. (2024):

- ✓ **Familia:** FABACEAE
- ✓ **Género:** *Anadenanthera*
- ✓ **Especie:** *colubrina*
- ✓ **Nombre científico:** *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan
- ✓ **Nombre común:** huayo

b. Denominación común. A la *Anadenanthera colubrina* se le conoce por otros nombres comunes, dentro de la región sudamericana; en Argentina lo llaman curupay, cebil, cebil colorado, cebil colorado verrucoso, cebil moro, cebil blanco; en Brasil lo conocen como angico, angico blanco, angico-verdadeiro, angico-jacarè, angico-de-carço, angico-preto, angico-de-casca, angico-vermelho (Miranda & Paredes, 2015).

c. Descripción botánica. Martínez et al. (2013) cita a Luckow (2005) y Alstchul (1964), quienes sostienen que la tribu Mimoseae (Fabaceae, Mimosoideae) comprende ca. 41 géneros y 860-880 especies; *Anadenanthera* Speg. es uno de los géneros más pequeños de la tribu, integrado por dos especies: *A. colubrina* (Vell.) Brenan y *A. peregrina* (L.) Speg.

- ✓ **Porte.** Árbol de 4-15(-25) m, copa generalmente estrecha.
- ✓ **Fuste.** Recto de 30-60 cm de diámetro con corteza grisácea, a menudo con mamelones o protuberancias cónicas castaño-oscuras.
- ✓ **Ramas.** Cilíndricas con lenticelas blanquecinas.
- ✓ **Hojas.** Bipinnadas, alternas, de 7-15(-35) x 3-5(-10) cm, multiyugadas con 10-32(-50) yugas opuestas a subopuestas; con estípulas diminutas

de 0,5-0,7 mm, triangulares en la base, pubescentes, caducas; pecíolos breves de 1-2(-4) cm, teretes, sulcados sobre la cara adaxial, con un nectario sésil, oblongo o circular, plano a cóncavo, de 1,0-3,0(-3,5) x 0,5-1,5(-2,0) mm de diám., generalmente en la mitad del pecíolo. Raquis primario pubescente, con tricomas simples, sulcado sobre la cara adaxial, con 2(-3) nectarios, de 0,5-1,5(-2,5) x 0,5-1(-1,2) mm de diám., entre los últimos pares de pinnas. Pinnae de 3-6(-7) cm, raquis secundario semejante al raquis primario, con 30-60(-75) pares de folíolos. Folíolos medianos, de 1,5-3(-4,5) x 0,51(-1,5) mm, enteros, oblongo-lanceolados, base asimétrica, ápice agudo a obtuso, márgenes con tricomas simples, vénula principal notable sobre lado abaxial, vénulas secundarias arqueadas hacia la base, simples a ramificadas formando retículo complejo.

- ✓ **Inflorescencia.** Formada por glomérulos de 0,5-1(-1,5) cm de diám., con pedúnculo pubescente cilíndrico de 1,5-3,0(-4,0) cm, solitarios o agrupados en 2-5 unidades en la axila foliar o terminales.
- ✓ **Flor.** Blanco-cremoso, fragantes, sésiles, con brácteas florales pubescentes, de 0,5-1 mm, agrupadas debajo del glomérulo; cáliz de 1-2,5(-3) mm, tomentoso a ciliado hacia los lóbulos, lóbulos de 0,5-1 mm, sépalos uninervios con ramificaciones en el extremo distal; corola de 2-3(-4,5) mm; glabra a tomentosa, lóbulos de 0,5-1 mm; estambres 5-10 mm, anteras 0,5-0,7 mm, con glándula apical pedicelada, globosa, de 1-2 mm de diám., caduca; ovario ovoide, de 1 mm, estipitado, sobre estípita de 0,1-0,5 mm, estilo filiforme de 3-6(-9) mm, estigma en poro apical.
- ✓ **Folículo.** Mide unos 10-25(50) x 1,5-2,5(-3) cm, recto a falcado, con constricciones regulares a irregulares, de base cuneada a redondeada, ápice apiculado, glabro, coriáceo, castaño-rojizo, superficie lisa, con venación leve a notoriamente marcada, con constricciones regulares a irregulares.

- ✓ **Semillas.** De 7-15 por fruto, suborbiculares, castaño oscuro, de 1-1,5(-2) cm de diám., alas marginales de 0,8-1 mm.

- d. Distribución geográfica de la especie.** *Anadenanthera colubrina* presenta un patrón de distribución fragmentaria, en sudamerica, desde la Caatinga del noreste del Brasil hasta sectores de los estados de Sao Paulo, Paraná y Santa Catarina del sur de Brasil, este de Paraguay y noreste de Argentina, se extiende luego por la Chiquitanía boliviana, el Bosque Pedemontano Subandino del suroeste de Bolivia y noroeste de Argentina, y a lo largo de valles secos interandinos de Bolivia y Perú, alcanzando el extremo sur de Ecuador (Prado y Gibbs, 1993).
- e. Usos.** Tiene potencial para uso en la industria maderera, en la reforestación de áreas degradadas, además de tener propiedades medicinales (Nery et al., 2018). Se utiliza como medicina y tiene usos sociales (WCVP, 2024).

Es un árbol de características conocidas desde tiempos coloniales por sus usos y aplicaciones en diversas actividades. Entre los más importantes están la extracción de taninos para la curtiembre de cueros, su uso como combustible (leña), la elaboración de carbón vegetal y lejía (jabón natural), además de su utilización como material de construcción para viviendas rústicas (Andersson y Taylor, 1994). El extracto de *Anadenanthera colubrina* muestra propiedades antiinflamatorias y antinociceptivas periféricas, lo que respalda su uso en las prácticas de la medicina popular (Santos et al., 2013).

- f. Propagación de *Anadenanthera colubrina*.** La semilla es la unidad de diseminación de las plantas iniciando una etapa importante en el ciclo de vida de las plantas (Martinez- Ballesta et al., 2020).

La *Anadenanthera colubrina* se propaga a través de semillas botánicas utilizando como sustratos las combinaciones de tierra, arena (1:1) y cáscara de arroz carbonizada que muestran las tasas de germinación más altas para las semillas y la tierra + arena (1:1) muestra la mayor altura de planta y número de hojas (Araújo *et al.*, 2020). Sin embargo, para la germinación y aparición de las primeras hojas se recomienda el uso de vermiculita, arena o humus (Oliveira *et al.*, 2012).

2.3 Términos Básicos

2.3.1 Emergencia

Comienza con la absorción de agua por la semilla seca (imbibición) y se completa cuando una parte del embrión, generalmente la radícula, se extiende para penetrar las estructuras que la rodean, permitiendo sobresalir del sustrato (Bewley, 1997). Se da después de la germinación, después de que terminan los eventos celulares y cambios hormonales (Nonogaki *et al.*, 2010).

2.3.2 Germinación

Se define como la emergencia de la radícula a través de estructuras circundantes (Bewley, 1997; Baskin y Baskin, 2004; Finch- Savege y Leubner-Metzger, 2006). Moreno citado por Estrada (2010) la define como la emergencia y desarrollo de las estructuras que son esenciales, provenientes del embrión, y de donde la semilla, propicia la capacidad para producir una planta normal en condiciones favorables.

2.3.3 Poder Germinativo

La capacidad de una semilla para germinar y establecerse como planta en el momento adecuado del año es de vital importancia desde un punto de vista ecológico y económico. Debido a la fragilidad de estas primeras etapas de crecimiento, su rapidez y robustez afectarán las etapas posteriores del desarrollo y el rendimiento del cultivo. Estos rasgos están modulados por una interacción continua entre la

composición genética de la planta y el medio ambiente desde la producción de semillas hasta las etapas de germinación. (Carrera et al., 2020)

2.3.4 Testa

Es la cubierta de la semilla es un órgano multifuncional, que juega un rol importante en la nutrición del embrión durante el desarrollo de las semillas y en su protección de los agentes detrimentales del ambiente luego de la maduración. Por tanto, juega un papel importante en varios aspectos, como son el intercambio gaseoso, la dormición y absorción de agua (Doria, 2010).

2.3.5 Ácido Giberélico

El ácido giberélico (GA_3) es una hormona de crecimiento vegetal que promueve la expansión y división celular, actuando como un regulador natural del crecimiento de las plantas para el alargamiento del tallo, la germinación de las semillas y el aumento del tamaño de la fruta. (Cámara *et al.*, 2018). El ácido giberélico es una molécula diterpenoide tetracíclica que actúa como una hormona vegetal promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas, controlando procesos de desarrollo como el alargamiento del tallo, la germinación y la floración (Shah *et al.*, 2023).

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación de la Investigación

Los frutos de *Anadenanthera colubrina* (huayo) fueron recolectados en octubre de 2022 en el caserío de Colpón, perteneciente al Centro Poblado de Campo Alegre, distrito de Eduardo Villanueva, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca. La cosecha se realizó a partir de tres árboles adultos localizados en la misma zona. Estos ejemplares fueron seleccionados por su buen estado fitosanitario y representatividad de la especie en el área de estudio

Figura 1.

Mapa de Ubicación del Caserío de Colpón

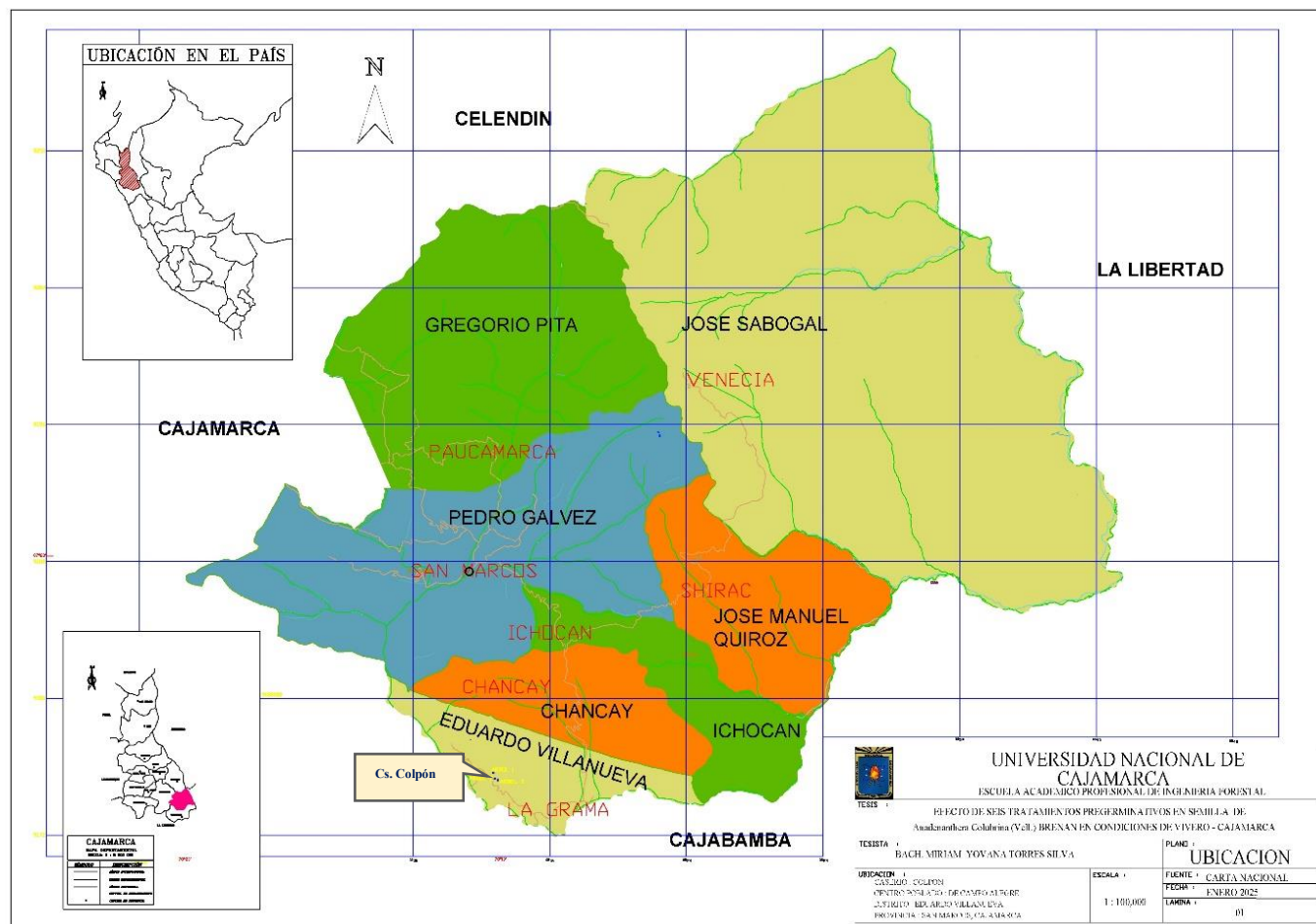


Tabla 1*Georreferenciación de los árboles de los que se recolecto los frutos*

Nº de Árbol	Zona: 17	Hemisferio: S
1	Este (X)	811146
	Norte (Y)	9177633
2	Este(X)	811206
	Norte(Y)	9177325
3	Este(X)	811358
	Norte(Y)	9177201

3.1.1 Características edafoclimáticas

El distrito de Eduardo Villanueva en la provincia de San Marcos tiene un suelo Phaeozem(H) que está compuesto por material detrítico de naturaleza areniscas, cuarcíticas, lutitas y en algunos casos calizas, de origen aluvio coluvial; con un perfil de tipo ABC o A(B)C, moderadamente profundos a muy profundos. Con laderas suaves y planicies de textura media en la superficie a pesadas en profundidad, con buena capacidad de retención de humedad, buen drenaje, reacción moderadamente ácida a moderadamente alcalina, pendientes ligeramente inclinadas a inclinadas, puede llegar a moderadamente empinada, con una permeabilidad moderada a moderadamente lenta; son ligeramente pedregosos y erosión moderada. Ocupado principalmente por cultivos agrícolas (Poma y Alcántara, 2010- 2011).

La red hídrica está formada por el río Crisnejas que es el resultado de la unión de los ríos Cascasen, Huayobamba y Cajamarquino. El cual, kilómetros más adelante se unirá con el río Marañón (Presidencia de Consejo de Ministros, 2005).

En la provincia de San Marcos los veranos son largos, cómodos y nublados y los inviernos cortos, fríos, secos y parcialmente nublados. Con una temperatura de 10° a 21°C. La temporada de lluvia dura alrededor de 8 meses de setiembre a mayo,

siendo el mes más lluvioso el mes de marzo con una precipitación de 56 mililitros. Con una velocidad de viento promedio de 9.1 kilómetros por hora. La duración de horas de sol es de 12 horas, teniendo una ligera variación de 33 minutos (Weather Spark, 2025).

3.2 Materiales

- ✓ **Material biológico.** Semilla botánica de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan.
- ✓ **Material de vidrio.** Frascos, matraz, gotero.
- ✓ **Productos químicos.** Ácido giberélico, hipoclorito de sodio 4%, formol 40%.
- ✓ **Equipos.** Balanza electrónica, cámara fotográfica, GPS.
- ✓ **Materiales de escritorio.** Libreta de apuntes, computadora, formatos de evaluación.
- ✓ **Sustrato.** Arena de río.
- ✓ **Otros.** Lija N°100, rastrillo, zaranda N°16, bandejas de plástico.

3.3 Metodología

3.3.1 Tipo de Investigación

La investigación fue de tipo experimental, con seis tratamientos y un testigo con cuatro repeticiones distribuidas bajo un Diseño Completamente al Azar – DCA (Tabla 2). Se utilizó 100 semillas por tratamiento, haciendo un total de 2 800 semillas. La variable independiente es los tratamientos y la dependiente es la germinación.

3.3.2 Unidad de Análisis, Universo y Muestra

- a. Universo.** Está representado por todas las semillas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, existentes y disponibles para propagarse.
- b. Muestra.** Constituida por 2 800 semillas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, separadas en grupos de 100 semillas por tratamiento en cada repetición.
- c. Unidad de análisis.** Lo conforman cada tratamiento.

3.4 Fase Campo

3.4.1 Recolección de Frutos

Para la recolección de los frutos se seleccionaron árboles libres de plagas y enfermedades, con buen estado fitosanitario. La recolección se realizó manualmente, lo cual permitió seleccionar únicamente los frutos maduros. Posteriormente, los frutos fueron trasladados en bolsas de tela, a fin de evitar daños mecánicos y facilitar su ventilación.

3.4.2 Prueba de Semillas Vanas

La detección de semillas vanas se realizó mediante el método de flotación, el cual consistió en colocar las semillas en un recipiente con agua y someterlas a una leve agitación. Las semillas viables, que contienen embrión, se precipitaron al fondo, mientras que las vanas permanecieron flotando en la superficie. Se realizaron cinco repeticiones de cien semillas cada una.

Posteriormente, esta prueba fue aplicada al total de semillas recolectadas con el propósito de asegurar una muestra compuesta únicamente por semillas viables para los tratamientos pregerminativos.

3.4.3 Secado y Selección de Semillas

Las semillas fueron extendidas sobre bandejas y dejadas secar a la sombra para evitar daños por exposición directa al sol. Posteriormente, se seleccionaron aquellas que presentaban un color marrón oscuro brillante, con testa uniforme y un diámetro comprendido entre 1 y 2 cm.

3.4.4 Desinfección de las Semillas

Se contabilizaron 2 800 semillas, distribuidas en 28 grupos de 100 unidades cada uno. Para su desinfección, las semillas fueron sumergidas durante 10 minutos en una solución de hipoclorito de sodio al 1 %, y luego lavadas con abundante agua destilada para eliminar los residuos del desinfectante. El proceso se realizó de manera escalonada, según los tiempos establecidos para cada tratamiento, con el objetivo de que todos los grupos estuvieran listos para su instalación el mismo día.

3.4.5 Aplicación de los tratamientos a las semillas

Para la aplicación de los tratamientos pregerminativos se consideraron los tiempos de preparación, de manera que todos pudieran ser instalados el mismo día. El tratamiento T1 correspondió al testigo (sin aplicación). En el tratamiento T2, las semillas fueron escarificadas manualmente con una lija N.º 100. Los tratamientos T3 y T4 consistieron en la imbibición de semillas en agua destilada durante 12 horas y 24 horas. Para los tratamientos T5, T6 y T7, se prepararon soluciones de ácido giberélico (AG $\square$) a concentraciones de 50 ppm, 100 ppm y 150 ppm, respectivamente, y las semillas se sumergieron en cada solución durante 5 minutos.

Tabla 2*Descripción de los tratamientos*

Tratamiento	Descripción
T1	Testigo
T2	Escarificación parcial de la semilla con lija N°100
T3	Imbibición en agua destilada a temperatura ambiente durante 12 h.
T4	Imbibición en agua destilada a temperatura ambiente durante 24 h.
T5	Aplicación de ácido giberélico: 50 ppm durante 5 min.
T6	Aplicación de ácido giberélico: 100 ppm durante 5 min.
T7	Aplicación de ácido giberélico: 150 ppm durante 5 min.

Figura 2*Croquis de distribución de los tratamientos*

Repetición IV	T2	Repetición I
	T6	
	T5	
	T3	
	T1	
	T4	
	T7	
Repetición II	T6	Repetición III
	T3	
	T4	
	T1	
	T7	
	T2	
	T5	

3.5 Fase de Establecimiento del Experimento

El experimento se realizó en un vivero correspondiente al Servicio Silvoagropecuaria de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicado en la Ciudad Universitaria (Av. Atahualpa 1050), a una altitud de 2 536 m s. n. m. Geográficamente, el lugar se encuentra en las coordenadas 07°10'03" S de latitud y 78°29'35" O de longitud, dentro del distrito de Cajamarca (Estación Meteorológica Augusto Weberbauer).

3.5.1 Preparación y desinfección del sustrato

El sustrato utilizado fue arena de río, la cual se tamizó mediante un tamiz o zaranda N° 16. Posteriormente, se lavó con agua limpia y se dejó secar al aire. Para la desinfección, se preparó una solución de formol en una proporción de 150 mL por cada 10 L de agua. La arena fue ligeramente humedecida y luego se aplicó la solución sobre el sustrato.

Después de la aplicación, se cubrió el sustrato con plástico durante tres días, sellándolo herméticamente para evitar la volatilización del formol y asegurar su efecto desinfectante. Transcurrido este periodo, se retiró el plástico y se removió el sustrato para favorecer la evaporación de los posibles residuos de formol.

3.5.2 Instalación de los tratamientos

Luego de aplicar los tratamientos descritos en la Tabla 1, las semillas fueron sembradas en el sustrato con un distanciamiento de 1 cm entre cada una. Se colocaron en posición vertical, asegurando que el hilo, por donde emerge la radícula, quedara orientado hacia abajo. Este procedimiento garantizó condiciones homogéneas de siembra para todos los tratamientos, incluido el testigo.

Una vez ubicadas las semillas, se cubrieron con una capa fina y uniforme de arena. Posteriormente, se realizó el riego de forma homogénea y se protegió el almácigo con una malla raschel con 50 % de sombra.

3.5.3 Riego

Durante los 30 días de observación, se aplicó un riego adecuado de forma regular. No obstante, este fue suspendido en ciertas ocasiones cuando las condiciones climáticas permitieron una adecuada retención de humedad en el sustrato.

3.5.4 Evaluación de la germinación

La emergencia de las plántulas fue evaluada durante un periodo de 30 días consecutivos, realizando las observaciones diariamente a la misma hora para garantizar uniformidad en las mediciones.

Tabla 3

Evaluación de semillas emergidas

N° de Tratamiento/ N° de Repetición						
N° de Semilla	Día de Evaluación					
1	1	2	.	.	29	30
2						
3						
.						
.						
98						
99						
100						

3.6 Fase de Gabinete

Los datos recolectados fueron analizados mediante un modelo lineal correspondiente a un diseño completamente al azar. Para este análisis se utilizaron los programas Statgraphics y Microsoft Excel.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad \begin{matrix} i=1,\dots,t \\ j=1,\dots,n \end{matrix}$$

Donde:

t= número de tratamientos

n= número de repeticiones por tratamiento

En esta forma de modelo:

μ = es el efecto medio

T_i = es el efecto del i-ésimo tratamiento

e_{ij} = es el efecto verdadero de la j-ésimo unidad experimental, sujeta al i-ésimo tratamiento.

La información obtenida fue ordenada y sistematizada para su análisis estadístico, con el objetivo de determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Se aplicó una prueba de comparación de rango múltiple (Duncan, Tukey o LSD) según correspondiera, para identificar diferencias específicas entre tratamientos. Los resultados se presentan en tablas y gráficos según el tipo de variable analizada.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Emergencia de Plántulas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan

4.1.1 *Prueba de semillas vanas*

Se realizaron cinco repeticiones, utilizando 100 semillas por repetición. El número de semillas vanas registradas fue de 0, 3, 4, 4 y 4, con un promedio de 3 semillas vanas por cada 100. Esto representa un 3 % del total, lo que indica una viabilidad del 97 %.

Este valor evidencia un alto potencial de germinación en las semillas de *Anadenanthera colubrina*, lo cual resulta relevante tanto para investigaciones futuras como para procesos de propagación o comercialización del material genético.

4.1.2 *Características físicas de las semillas*

Las semillas de *Anadenanthera colubrina* son estructuras reproductivas que contienen un embrión, protegido por una testa que actúa como barrera física.

Presenta 10 a 13 semillas por fruto circulares o subcirculares, comprimidas dorsoventralmente, con caras planas y márgenes muy finos. Los extremos del hilar y chalazar son redondeados. La testa es de un color marrón a marrón oscuro en las semillas viejas; superficie lisa y brillante; línea fisura en ambas caras, ligeramente deprimida en forma de herradura (Varela y Albornoz, 2013).

Estos datos son relevantes para la planificación de siembra, evaluación de la calidad del lote y estimación de rendimiento en programas de propagación.

Tabla 4*Características físicas de las semillas de Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan*

Carácter medido	Unidad de medida
Peso de 100 semillas	22.27 g
Número de semillas/kg	4490 semillas
Semillas vanas/kg	135 Semillas

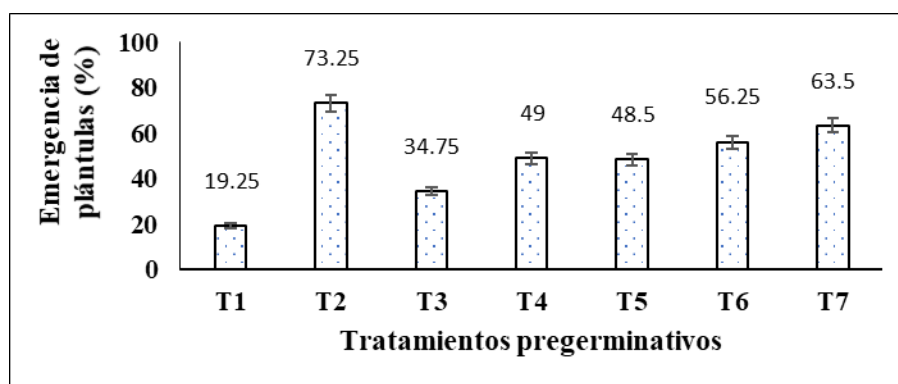
4.1.3 Emergencia de semillas de Anadenanthera colubrina según los tratamientos pregerminativos

Los resultados muestran que todos los tratamientos pregerminativos aplicados (Tabla 1) generaron una mayor emergencia de plántulas en comparación con el testigo (Tabla 5). Esta diferencia sugiere que la aplicación de dichos tratamientos en semillas de *Anadenanthera colubrina* representa una estrategia eficaz para acelerar el proceso de emergencia (Figura 3).

La temperatura y la humedad, influyen en la latencia y la germinación de las semillas (Klupczyńska y Pawłowski, 2021). La germinación óptima de las semillas de *Anadenanthera colubrina* ocurre de 20 a 30°C (Nogueira *et al.*, 2014 y Nery *et al.*, 2018).

Tabla 5*Resultados de emergencia de las semillas de Anadenanthera colubrina (Vell.)**Brenan*

N°	Tratamientos		Repeticiones				Promedio
	Código	Descripción	R1	R2	R3	R4	%
1	T1	Testigo	19	20	24	13	19,25
2	T2	Escarificación de la semilla	65	80	69	74	73,25
3	T3	Imbibición por 12 horas	26	41	42	27	34,75
4	T4	Imbibición por 24 horas	49	44	48	46	49
5	T5	Ácido giberélico 50ppm por 5min	41	46	49	53	48,50
6	T6	Ácido giberélico 100ppm por 5min	62	50	52	55	56,25
7	T7	Ácido giberélico 150ppm por 5min	65	66	55	64	63,50
PROMEDIO %			46,71	49,57	48,42	47,42	

Figura 3*Porcentaje Promedio de Plántulas Emergidas de huayo por Tratamiento*

4.1.4 Análisis de varianza

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar la emergencia de plántulas de huayo (*Anadenanthera colubrina*) reveló diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Tabla 6), con un valor de $p < 0,05$ y un nivel de confianza del 95 %. Estos resultados indican que al menos uno de los tratamientos evaluados influyó de manera significativa en la variable respuesta.

Desde un enfoque fisiológico, se reconoce que la emergencia de las plántulas inicia con la imbibición de agua por parte de la semilla. En especies como *A. colubrina*, cuya testa es dura e impermeable, esta fase puede verse obstaculizada. Por ello, en el tratamiento T2 se optó por una escarificación mecánica parcial, la cual permitió un mayor ingreso de agua y oxígeno al embrión. Esta condición favoreció la activación del metabolismo embrionario y, en consecuencia, el inicio del crecimiento de la plántula. La cubierta seminal, o testa, cumple un rol fundamental en la protección del embrión, pero también puede representar una barrera física a la germinación (Barclay, 2015).

Tabla 6

Análisis de Varianza para la emergencia de las plántulas de huayo

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	6	7755.71	1292.62	30.26	0.0000
Error experimental	21	897.0	42.71		
TOTAL	27	8652.71			

4.1.5 Rango múltiple

La prueba de comparación de rangos múltiples (Tabla 7) identificó al tratamiento T2, correspondiente a la escarificación mecánica parcial de las semillas, como el más efectivo, alcanzando un promedio de 73,25 plántulas emergidas. Este valor fue significativamente superior al registrado en los demás tratamientos. En segundo lugar, se ubicó el tratamiento T7, el cual consistió en la aplicación de ácido giberélico (AG $\square$), aunque sin igualar la eficacia observada en T2.

Los tratamientos T7 (63,50 %) y T6 (56,25 %) fueron estadísticamente similares entre sí, ubicándose en un rango superior al resto de los tratamientos, incluido el testigo. Asimismo, se observó una similitud entre T6 y T5 (48,50 %), mientras que los tratamientos T5 y T4 (49,00 %) también resultaron estadísticamente comparables. Por su parte, el tratamiento T3 (34,75 %) no mostró similitud con ningún otro tratamiento, aunque presentó un rendimiento superior al del testigo. Finalmente, el tratamiento T1, que correspondió al testigo experimental, obtuvo el porcentaje de emergencia más bajo (19,25 %).

La imbibición de las semillas, junto con la aplicación de reguladores de crecimiento, mejora el potencial fisiológico para la germinación (Cano-González et al., 2021). En el caso de *Anadenanthera colubrina*, la rápida hidratación observada sugiere que la testa es altamente permeable al agua. Esta característica se asocia con la presencia de microporos y microfisuras en la cutícula epidérmica, así como con una débil cohesión entre las células epidérmicas, las cuales carecen de lignina en sus paredes. Esta última propiedad explicaría la fragmentación de la epidermis, junto con la separación de la cutícula y de las capas internas subyacentes durante el proceso de hidratación (Varela y Albornoz, 2013).

Los tratamientos T3 y T4, que consistieron en la imbibición de las semillas en agua, no mostraron diferencias significativas en comparación con los demás tratamientos (Tabla 5). Este resultado puede explicarse por el hecho de que, poco después del inicio de la imbibición en semillas secas, se restablece la actividad metabólica. La recuperación de la integridad química y estructural de las células requiere la participación conjunta de procesos de síntesis y mecanismos de protección, que son fundamentales para el reinicio del desarrollo embrionario

Tabla 7

Comparación de rango múltiple para la emergencia de las plántulas de huayo

Tratamiento	Emergencia %
T2	73.25 e
T7	63.50 d
T6	56.25 cd
T5	48.50 c
T4	49.00 c
T3	34.75 b
T1	19.25 a

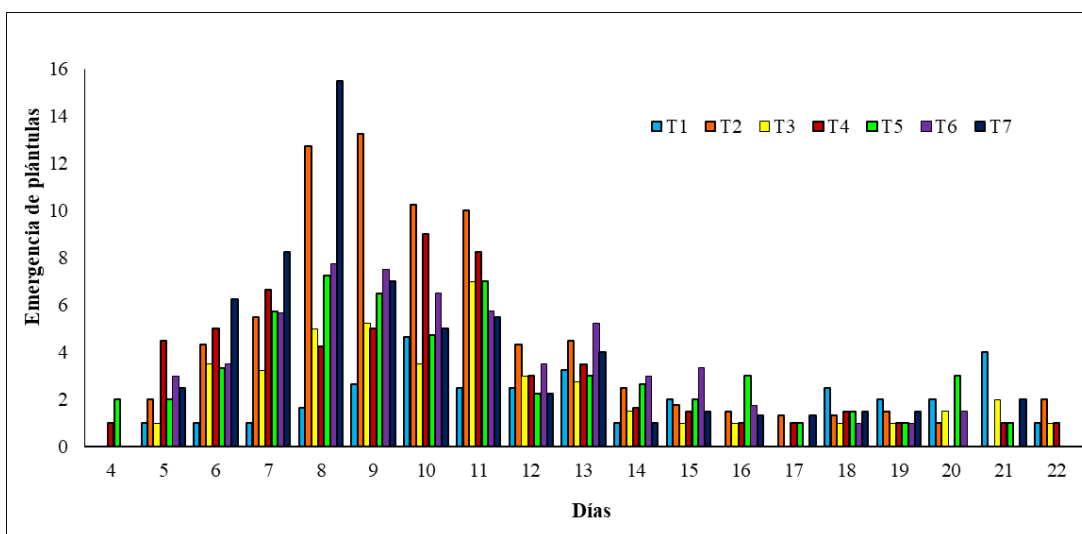
4.1.6 Tiempo de emergencia de plántulas de huayo

Las giberelinas bioactivas (GA) promueven la germinación de semillas en diversas especies vegetales (Yamaguchi y Kamiya, 2001). Su acción se ha relacionado con componentes clave de la señalización hormonal, como los receptores específicos de giberelinas (Holdsworth et al., 2008). Diversos estudios han demostrado que el ácido giberélico es resintetizado en el embrión durante el proceso germinativo, y que los genes biosintéticos GA3ox1 y GA3ox2 presentan una alta expresión en el eje embrionario tras la imbibición (Mitchum et al., 2006).

En concordancia con estos antecedentes, los resultados del presente estudio evidencian que el ácido giberélico (AG) acelera el tiempo de emergencia de las plántulas de huayo. En particular, el tratamiento T7 (AG a 150 ppm) alcanzó el mayor porcentaje de emergencia a los 8 días, superando significativamente a los demás tratamientos (Figura 4). Este hallazgo coincide con lo reportado por Reyes y Enríquez-Acosta (2019), quienes observaron una emergencia más rápida mediante la aplicación de bioestimulantes de crecimiento vegetal.

Figura 4

Tiempo de emergencia de plántulas de huayo



V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los tratamientos pregerminativos evaluados mostraron eficacia en la mejora de la emergencia de plántulas de *Anadenanthera colubrina*. El tratamiento T2 (escarificación mecánica) fue el más efectivo, seguido por el T7 (AG $\square$ a 150 ppm), lo que evidencia que la especie responde positivamente tanto a la ruptura física de la cubierta seminal como a la aplicación de reguladores de crecimiento.

Estos resultados sugieren que las semillas de *A. colubrina* presentan una buena permeabilidad y no requieren un período de latencia, facilitando su germinación directa. En este sentido, la aplicación de ácido giberélico también contribuye a acelerar el proceso germinativo, lo cual podría optimizar los protocolos de propagación en viveros o proyectos de restauración ecológica.

5.2 Recomendaciones

Para mejorar la emergencia de las semillas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, se debería aplicar la escarificación mecánica más el ácido giberélico en una concentración de 150ppm como tratamiento pregerminativo.

Realizar otros tratamientos pregerminativos para incrementar la germinación de la especie *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, de esta forma pueda incrementar la propagación botánica de la especie e incentivar su empleo en propuestas de reforestación.

Investigar otras formas de propagación, como por ejemplo la propagación asexual por esquejes o estacas; de igual manera la micropropagación para lograr el 100% de emergencia en futuros proyectos de reforestación con interés en la especie.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahumada (2017). Propagación sexual de *Tectona grandis* L.F. usando concentraciones de ácido giberélico (en línea). Tesis Ing. Forestal. Cajamarca, Perú, UNC. 77 p. https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1716/T016_43686046_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Andersson, L y Taylor, C. (1994). Fabaceae *Anadenanthera colubrina*. En Harling G. Andersson L (Eds), Flora of Ecuador N°50.
- Araújo, M., Pinho, E., Silva, C. y Ruas, M. (2020). Sustratos alternativos para la producción de mudas de Angico Branco (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan)., 12, 1-7. <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.15976>.
- Arbildo, A.F. (2017). Evaluación de la Eficiencia de Cuatro Tratamientos Pregerminativos En Semillas de *Paraserianthes lophantha* (Willd.) I.C. Nielsen y *Caesalpinia decapetala* (Roth) Alston (FABACEAE) en condiciones de Vivero, en Jesús – Cajamarca. 30p.
- Baroux, C., Grossniklaus, U. (2019) Chapter Twenty-One - Seeds—An evolutionary innovation underlying reproductive success in flowering plants. Current Topics in Developmental Biology, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0070215318300966>.
- Barclay, G. (2015). Anatomía y Morfología de Plantas con Semillas. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.A0002068.PUB2>.
- Barrera-Jiménez, E., Castro, J. y Aguirre, Z. (2023). Parámetros poblacionales y regeneración natural de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, en el valle de Vilcabamba, cantón Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. DOI: <https://doi.org/10.54753/blc.v14i1.2118>.

- Baskin JM, Baskin CC. 2004. Un sistema de clasificación para la latencia de las semillas. *Investigación de la Ciencia de las Semillas* 14: 1–16.
- Bewley, J. (1997). Germinación y latencia de semillas. *La célula vegetal*, 9, 1055 - 1066. <https://doi.org/10.1105/tpc.9.7.1055>.
- Bulnes, G. (2017). Efecto de dosis de ácido giberélico y nitrato de potasio en la germinación de té (*Cmellia sinensis* L. Kuntze) en Leoncio Prado (en línea). Tesis Ing. Forestal. Tingo María, Perú, UNAS. 89p. Disponible en <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1669>
- Cámara, M., Vandenberghe, L., Rodríguez, C., Oliveira, J., Faulds, C., Bertrand, E., y Soccol, C. (2018). Avances actuales en la producción de ácido giberélico (GA3), tecnologías patentadas y aplicaciones potenciales. *Planta*, 248, 1049 - 1062. <https://doi.org/10.1007/s00425-018-2959-x>.
- Cano-González, M., Ayil-Gutiérrez, B., Delgado-Martínez, R., Osorio-Hernández, E., Rangel-Lucio, J. y Poot-Poot, W. (2021). Potencial fisiológico de las semillas de chile piquín en respuesta a tratamientos de pregerminación. *Ciencia y Agrotecnología*. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202145019521>.
- Carrera, G., Calleja, J., Pernas, M., Gómez, L., y Oñate, L. (2020). Una descripción general actualizada sobre la regulación de la germinación de semillas. *Plantas*, 9. <https://doi.org/10.3390/plants9060703>.
- Cubas, J.L. (2017). Germinación de Semilla Botánica de *Colubrina glandulosa* Perkins utilizando tratamiento físico y químico en Jaén- Cajamarca. 37p.
- Doria, J. (2010). Generalidades Sobre las Semillas: Su Producción, Conservación y Almacenamiento. La Habana. Cuba. vol.31, n.1. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011&lng=es&nrm=iso. ISSN 0258-5936.

- Dyer, G. (2011). Introduccion a la biología, mejora y uso de semillas y frutos secos y semillas en la salud y la prevención de enfermedades, 5- 13. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375688-6.10001-5>.
- El-Maarouf-Bouteau, H. (2022). La Semilla y la Regulación del Metabolismo. *Biología*, 11. <https://doi.org/10.3390/biology11020168>.
- Estrada Albores, V. 2010. Germinación de Semillas de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Var. Rio Grande con Dios Niveles de Lombricomposta Bajo Condiciones de Laboratorio. Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Coahuila. México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 12p.
- Fernandez, J.D. (2021). Germinación de Semilla Botanica de *Hiernyma alchorneoides* Allemao Utilizando Tratamientos Pre- Germinativos Quimico y Mecanico, San Ignacio- Peru. Ingeniero Forestal. Cajamarca. Peru. Universidad Nacional de Cajamarca- Sede Jaen. 17p.
- Finch, W., y Leubner, G. (2006). Dormancia de las semillas y control de la germinación. *The New Phytologist*, 171 3, 501-23. <https://doi.org/10.1111/J.1469-8137.2006.01787.X>.
- Finch-Savage WE, Leubner-Metzger G. 2006. La latencia de las semillas y el control de la germinación. *New Phytologist* 171: 501-523.
- Finkelstein, R., Reeves, W., Ariizumi, T., y Steber, C. (2008). Aspectos moleculares de la latencia de las semillas. *Revisión anual de biología vegetal*, 59, 387-415. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092740>.
- Ghosh, B. y Haque, S. (2019). Semillas sintéticas: un enfoque alternativo de propagación clonal para evitar el problema de heterocigosidad de las semillas botánicas naturales. *Semillas Sintéticas*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-24631-0_4.
- Herrera, J. Alizaga, R. Guevara, E. y Jiménez, V. En E. Villalobos Rodriguez (Ed). 2006. Germinación y crecimiento de la planta. Universidad de Costa Rica. 39p.

https://www.google.com.pe/books/edition/Germinaci%C3%B3n_Y_Crecimiento_de_la_Planta/ohoEQYJFq0QC?hl=es-419&gbpv=1&dq=germinaci%C3%B3n+hipogea+y+epigea&pg=PA39&printsec=frontcover.

Holdsworth, M., Bentsink, L. y Soppe, W. (2008). Redes moleculares que regulan la maduración, posmaduración, latencia y germinación de las semillas de *Arabidopsis*. *The New phytologist*, 179 1, 33-54. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02437.x>.

Jara, J. (1994). *Plant Propagation by Tissue Culture*. Vol 1. 3 ed. Springer. pp. 2-3.

Kildisheva, O., Dixon, K., Silveira, F., Chapman, T., Di Sacco, A., Mondoni, A., Turner, S., y Cross, A. (2020). Dormancia y germinación: hacer que cada semilla cuente en la restauración. *Restoration Ecology*, 28. <https://doi.org/10.1111/rec.13140>.

Kluczyńska, E. y Pawłowski, T. (2021). Regulación de los mecanismos de germinación y latencia de las semillas en un entorno cambiante. *Revista Internacional de Ciencias Moleculares*, 22. <https://doi.org/10.3390/ijms22031357>.

Lalangui Soto, MD. 2016. EFECTOS DE DIFERENTES TRATAMIENTOS PRE – GERMINATIVOS EN LA PROPAGACIÓN SEXUAL DE *Colubrina Glandulosa* Perkins (Shania) JAÉN – PERÚ. 58p.

Marinas, M.I. (2020). *Operaciones Basicas en Viveros y Centros de Jardineria*. Longroño. La Rioja. España. Tutor formación. 122p.

Martínez, O. G., Barrandeguy, M. E., García, M. V., Cacharani, D. A. y Prado, D. E. (2013). Presencia de *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina* (Fabaceae, Mimosoideae) en Argentina. *Darwiniana, Nueva Serie*, 1(2), 279–288. <https://doi.org/10.14522/darwiniana.2013.12.536>

- Martínez-Ballesta, M., Egea-Gilabert, C., Conesa, E., Ochoa, J., Vicente, M., Franco, J., Bañón, S., Martínez, J. y Fernández, J. (2020). La importancia de la homeostasis de los iones y el estado de los nutrientes en el desarrollo y la germinación de las semillas. *Agronomía*, 10, 504. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040504>.
- Miranda, D. Paredes, D. (s. f). 82015). Ficha Técnica. Frutos y Semillas de Interés Forestal. *Anadenanthera colubrina* (vell.) Brenan. Revista Forestal Yvyrareta. p 22.
- Mitchum MG, Yamaguchi S, Hanada A, Kuwahara A, Yoshioka Y, Kato T, Tabata S, Kamiya Y, y Sun TP. (2006). Roles distintos y superpuestos de dos giberelinas 3-oxidasas en el desarrollo de *Arabidopsis*. *Revista de Plantas* 45: 804.
- Nery, F., Nery, M., Prudente, D., Alvarenga, A. y Paiva, R. (2018). Aspectos morfológicos y fisiológicos de la germinación de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj- napoca*, 46, 593-600. <https://doi.org/10.15835/NBHA46211094>.
- Nogueira, F., Pinheiro, C., Filho, S. y Matos, D. (2014). Germinación de semillas y desarrollo de plántulas de *Anadenanthera Colubrina* en respuesta a condiciones de peso y temperatura. *Revista de Ciencias Vegetales*, 37. <https://doi.org/10.11648/J.JPS.20140201.17>.
- Nonogaki, H., Bassel, G. y Bewley, J. (2010). Germinación: sigue siendo un misterio. *Ciencia de las plantas*, 179, 574-581. <https://doi.org/10.1016/J.PLANTSCI.2010.02.010>.
- Oliveira, K., Oliveira, K. y Aloufa, M. (2012). Influência de sustratos na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan em condiciones de casa de vegetación. *Revista Árvore*, 36, 1073-1078. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000600008>.

- Padilla, J.C. (2010). Propagación y Micropropagación de Plantas. Universidad Nacional Abierta y a Distancia Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Bogotá. Colombia.
- Penfield, S. (2017). Latencia y germinación de semillas. *Biología actual*, 27, R874-R878. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.05.050>.
- Poma, W. y Alcántara, G.H. (2010- 2011). Estudio de Suelos y Capacidad de Uso Mayor del Departamento de Cajamarca. Cajamarca. Perú. <https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/INFSUELOSZEE091.pdf>
- Prado, D. E. y Gibbs, P. E. (1993). Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South America. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80: 902-927. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/2399937>
- Presidencia de Consejo de Ministros, Dirección Nacional Técnica de Demarcación Territorial. (2005). Estudio de Diagnostico y Zonificación para el Tratamiento de Demarcación Territorial de la Provincia de San Marcos. https://dt.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/documentos/EDZ/san_marcos/doc/memoriadescriptiva.pdf
- Quispe, J. (2014). Análisis de germinación de la semilla botánica del algarrobo (*Prosopis pallida* Kunth) utilizando cinco tratamientos pregerminativos: Ingeniero Forestal. Cajamarca. Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 12 p.
- Quispe, A. Ramos, A. 2018. Guía Técnica Producción de Plantas de Calidad en Viveros Forestales Tecnificados. ARBORIZACIONES EIRL/SERFOR. Lima, Perú. 15p.
- Raz, V., Bergervoet, J.H.W. y Koornneef, M. (2001). Pasos secuenciales para la detención del desarrollo en semillas de Arabidopsis. *Desarrollo* 128: 243 – 252.7
- Reina Valera (1960) <https://www.biblia.es/biblia-buscar-libros-1.php?libro=salmos&capitulo=1&version=rv60>

- Reyes, J., y Enríquez-Acosta, E. (2019). Evaluación de quitomax en la emergencia, crecimiento y nutrientes de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Ciencia Y Tecnología*, 11(2), 31–37. <https://doi.org/10.18779/cyt.v11i2.233>
- Salazar-Vega, K. y Vaca, I. (2021). Germinación de semillas de *Solanum betaceum* in vitro y desarrollo de plántulas en respuesta a tratamientos pregerminativos. *Bionatura*, 6, 1520-1523. <https://doi.org/10.21931/RB/2021.01.01.12>.
- Santos, J., Marinho, R., Ekundi-Valentim, E., Rodrigues, L., Yamamoto, M., Teixeira, S., Muscará, M., Costa, S. y Thomazzi, S. (2013). Efectos beneficiosos del extracto de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan sobre las respuestas inflamatorias y nociceptivas en modelos de roedores. *Journal of ethnopharmacology*, 148 1, 218-22. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.04.012>.
- Shah, S., Kumar, R., Bakshi, P., Bhat, D., Sinha, B., Sharma, M. y Sharma, R. (2023). Influencia del ácido giberélico en cultivos frutales: una revisión. *Revista internacional de medio ambiente y cambio climático*. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i82120>.
- Taylor, A. y Harman, G. (1990). Conceptos y tecnologías de tratamientos de semillas seleccionadas. *Revisión Anual de Fitopatología*, 28, 321-339. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV.PY.28.090190.001541>.
- Tropicos.org. (2024). Jardín Botánico de Misuri. <https://www.tropicos.org/name/13015659>
- Trujillo, E. (1996). En el Curso Nacional “Recolección y Procesamientos de Semillas Forestales”. Campus Adefor. ADEFOR, RASEFOR, INCOPORATION, CONIF/INSEFOR. Cajamarca- Perú. 76p.
- Varela, R. y Alborno, P. (2013). Morfoanatomía, imbibición, viabilidad y germinación de la semilla de *Anadenanthera colubrina* var. cebil (Fabaceae). *Revista de biología tropical*, 61 3, 1109-18. <https://doi.org/10.15517/RBT.V61I3.11907>.

WCVP (2024). Lista Mundial de Plantas Vasculares – WCVP. Plants of the World Online – POWO. <https://wcvp.science.kew.org/>.

Wather Spark (2025). El Clima y el Tiempo Promedio en Todo el Año en San Marcos. <https://es.weatherspark.com/y/19933/Clima-promedio-en-San-Marcos-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o#:~:text=En%20San%20Marcos%2C%20los%20veranos,m%C3%A1s%20de%2024%20%C2%B0C>.

Yamaguchi, S. y Kamiya, Y. (2001). Giberelinas y germinación de semillas estimulada por luz. *Revista de regulación del crecimiento vegetal*, 20, 369-376. <https://doi.org/10.1007/s003440010035>.

VII. ANEXOS

7.1 Panel fotográfico



Recolección de frutos



Fruto de *Anadenanthera colubrina*



Semillas *Anadenanthera colubrina*



Prueba de semillas vanas



Secado de semillas de huayo



Clasificación de semillas



Desinfección de semillas



Aplicación de tratamientos



Desinfección de sustrato



Instalación de los tratamientos



Riego



Evaluación



Germinación de semillas



Día 10



Día 20



Día 30

7.2 Cálculos para la preparación de soluciones de ácido giberélico en ppm:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

Donde:

C₁: Solución madre o concentrada

V₁: Volumen necesario para la concentración madre

C₂: Concentración de la solución diluida o solución final

V₂: Volumen final de la solución diluida

Para el tratamiento 5 con una solución de 50ppm en un litro de agua destilada:

$$100\text{ppm } V_1 = 0.05(1000\text{ml})$$

$$V_1 = \frac{0.05(1000\text{ml})}{100}$$

$$V_1 = 0.5$$

Tratamiento 6 con una solución de 100ppm en un litro de agua destilada:

$$100\text{ppm } V_1 = 0.10(1000\text{ml})$$

$$V_1 = \frac{0.10(1000\text{ml})}{100}$$

$$V_1 = 1$$

Y tratamiento 7 con una solución de 150ppm en un litro de agua destilada:

$$100\text{ppm } V_1 = 0.15(1000\text{ml})$$

$$V_1 = \frac{0.15(1000\text{ml})}{100}$$

$$V_1 = 1.5$$