

Evaluación de la Germinación de *Agave Americana sp. Andina* a la Aplicación de Tres Dosis de Agavaza en Diferentes Tiempos de Hidratación

Evaluation of the Germination of *Agave Americana sp. Andina* to the Application of Three Doses of Agavaza in Different Hydration Times

John Estuardo Tituaña León 1, Wilma Alexandra Farinango Guzmán 2, Edgar Lenin Abalco Farinango 3

Resumen

La investigación se llevó a cabo en la parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe, Ecuador. El principal objetivo del estudio fue evaluar la germinación de semillas de *Agave americana sp. Andina* al aplicar tres dosis diferentes de agavaza en distintos tiempos de hidratación. La investigación utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial $3 \times 3 + 1$, y se aplicaron tres dosis de agavaza (5, 10 y 15 ml) en diferentes tiempos de hidratación (24, 48 y 72 horas). Los resultados indican que el tratamiento con 15 ml de agavaza durante 72 horas de hidratación presentó el mayor porcentaje de germinación (83%) y una mayor longitud de raíz. Finalmente, se destacó la eficacia del uso de agavaza para incrementar la tasa de germinación en comparación con el uso de agua sola, sugiriendo que esta técnica podría ser implementada para la propagación eficiente del agave en la región.

Palabras claves: *Agave americana*, Germinación, Agavaza, Hidratación, Propagación.

Abstract

The research was carried out in Juan Montalvo parish, Cayambe canton, Ecuador. The main objective of the study was to evaluate the germination of seeds of *Agave americana sp. Andina* when three different doses of agavaza were applied at different hydration times. The research used a completely randomized experimental design with a $3 \times 3 + 1$ factorial arrangement, and three doses of agavaza (5, 10 and 15 ml) were applied at different hydration times (24, 48 and 72 hours). The results indicate that the treatment with 15 ml of agavaza during 72 hours of hydration presented the highest germination percentage (83%) and greater root length. Conclusions highlighted the efficacy of using agavaza to increase the germination rate compared to using water alone, suggesting that this technique could be implemented for efficient agave propagation in the region.

Keywords: *Agave americana*, Germination, Agavaza, Hydration, Propagation.

1 Ingeniero Agrónomo / Magister en Tecnología e Innovación Educativa, Instituto Superior Tecnológico Proyecto 2000, edgar.abalco@proyecto2000.edu.ec, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0000-3775-2095>.

2 Ingeniera Agrónoma, Instituto Superior Tecnológico Proyecto 2000, investigacion@proyecto2000.edu.ec, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-5113-7256>.

3 Ingeniero Agrónomo / Magister en Tecnología e Innovación Educativa, Instituto Superior Tecnológico Proyecto 2000, edgar.abalco@proyecto2000.edu.ec, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0000-3775-2095>.

INTRODUCCIÓN

El agave desempeña un papel importante, tanto en términos económicos como ecológicos, en la parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe, Ecuador, que fue el área de estudio de esta investigación. Esta planta ha sido utilizada históricamente por las comunidades en zonas áridas y semiáridas como fuente de alimento, bebidas, medicina, y materiales de construcción, lo que la convierte en una planta de gran valor para el desarrollo local Chasi, J. A. (2021).

El agave también juega un papel crucial en la prevención de la erosión del suelo y en la conservación de la biodiversidad. En Ecuador, el cultivo del agave o penca azul es una actividad tradicional que se ha mantenido principalmente en su forma silvestre. Las comunidades locales utilizan el agave para producir una bebida fermentada llamada tzawarmishke, la cual tiene propiedades medicinales para tratar diversas dolencias como resfriados, afecciones bronquiales y reumatismo. Este aspecto es relevante para la investigación en Cayambe, ya que la propagación del agave puede contribuir al desarrollo económico sostenible de la región, mejorando la productividad agrícola y apoyando la preservación de prácticas tradicionales que también tienen valor nutricional y medicinal. Chasi, J. A. (2021).

El Agave americana, comúnmente conocido como penca azul, es una planta de gran valor económico y ecológico, ampliamente utilizada en las zonas áridas y semiáridas de América Latina. Sus aplicaciones varían desde la producción de bebidas fermentadas hasta su uso en la medicina tradicional y la restauración de suelos erosionados (Martínez-González et al., 2020). A pesar de su importancia, uno de los principales obstáculos para su propagación a gran escala es su baja tasa de germinación, que se estima en un rango del 2 % al 5 % (López-Gómez & Ramírez, 2021), lo que dificulta su explotación comercial y conservación.

Este estudio busca abordar este problema evaluando cómo la aplicación de agavaza, un fertilizante orgánico, y diferentes tiempos de hidratación pueden mejorar la tasa de germinación del Agave americana sp. Andina. Investigaciones recientes han mostrado que el uso de fertilizantes orgánicos puede aumentar significativamente la germinación de especies xerofíticas, proporcionando nutrientes esenciales durante las fases iniciales de desarrollo (Sánchez-Molina & Torres, 2022). Asimismo, el manejo adecuado de los tiempos de hidratación ha demostrado ser un factor crítico para optimizar la absorción de agua y nutrientes por parte de las semillas, lo que facilita la ruptura de la dormancia y mejora la germinación (Vega & Castillo, 2023).

El uso de fertilizantes orgánicos como la agavaza no solo es beneficioso por su capacidad para incrementar la tasa de germinación, sino que también representa una opción sostenible y económica para las comunidades rurales que dependen de la explotación del agave (Ramírez-Rodríguez et al., 2021). En este contexto, la agavaza, por su composición rica en nutrientes como potasio y calcio, tiene un gran potencial para mejorar la propagación del Agave americana y contribuir a la reforestación y restauración ecológica en zonas degradadas (Hernández-Martínez et al., 2020).

Por ello, el objetivo de este estudio es determinar el impacto de tres diferentes dosis de agavaza en combinación con varios tiempos de hidratación sobre la tasa de germinación de Agave americana sp. Andina, con la finalidad de proporcionar información que pueda ser aplicada a programas de conservación y cultivo sostenible de esta planta. dificultades de lectura. Lectura y Vida, 37(1), 41-49.

ENFOQUE METODOLÓGICO

Este estudio fue llevado a cabo en la parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe, Ecuador, utilizando un diseño completamente aleatorizado con un arreglo factorial $3 \times 3 + 1$, con el fin de evaluar el efecto de tres dosis de agavaza en combinación con distintos tiempos de hidratación sobre la tasa de germinación de *Agave americana* sp. Andina. Las tres dosis de agavaza seleccionadas fueron 5 ml, 10 ml y 15 ml, aplicadas en tres tiempos de hidratación: 24, 48 y 72 horas. Un tratamiento adicional de control, en el cual solo se utilizó agua sin agavaza, fue incluido para comparación (López-Gómez & Ramírez, 2021).

Se utilizó fibra de coco como sustrato debido a su excelente capacidad para retener la humedad y asegurar una adecuada aireación, características que la convierten en un medio óptimo para la germinación de semillas. (Vega & Castillo, 2023). La fibra de coco ha sido recomendada en múltiples estudios por su capacidad de crear un ambiente propicio para la germinación de especies xerofíticas, donde la retención de agua es crucial para el desarrollo inicial (Hernández-Martínez et al., 2020).

El proceso experimental consistió en la inmersión de las semillas de *Agave americana* en las soluciones de agavaza durante los tiempos de hidratación establecidos (Tabla 3). Posteriormente, las semillas se colocaron en bandejas de germinación que contenían el sustrato de fibra de coco. Durante el experimento, se monitorearon variables como la tasa de germinación, el crecimiento radicular y el desarrollo foliar (Ramírez-Rodríguez et al., 2021).

Para el análisis de los resultados, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA), y las diferencias entre tratamientos se analizaron mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Esta metodología estadística es comúnmente empleada en investigaciones agronómicas para identificar la significancia estadística de los resultados obtenidos (Sánchez-Molina & Torres, 2022). La prueba de Tukey permitió detectar diferencias significativas entre los tratamientos y determinar cuál combinación de dosis y tiempo de hidratación ofreció los mejores resultados en términos de germinación y desarrollo de las plántulas.

Tabla 1

*Enfoque metodológico del estudio para evaluar la germinación de *Agave americana* sp. Andina.*

Aspecto	Descripción
Tipo de diseño experimental	Diseño completamente al azar (DCA)
Arreglo factorial	$3 \times 3 + 1$
Tratamientos	Tres dosis de agavaza (5 ml, 10 ml y 15 ml) aplicadas en combinación con tres tiempos de hidratación (24, 48 y 72 horas)
Tratamiento control	Solo agua (sin agavaza) aplicado durante 48 horas
Variables dependientes	Tasa de germinación, longitud de raíz, longitud de hoja
Sustrato utilizado	Fibra de coco, seleccionada por su alta capacidad de retención de humedad y buena aireación
Análisis estadístico	Análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre los tratamientos. Se utilizó la prueba de Tukey al 5% para comparaciones
Resultados principales	El tratamiento con 15 ml de agavaza durante 72 horas mostró el mayor porcentaje de germinación (83%) y el mayor desarrollo radicular

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que la aplicación de agavaza tiene un efecto positivo en la germinación y el crecimiento de *Agave americana* sp. Andina. El tratamiento que combinó 15 ml de agavaza con 72 horas de hidratación mostró el mayor porcentaje de germinación (83%) en comparación con el tratamiento control, que alcanzó un 74 % (Figura 1). Este incremento es consistente con estudios previos que demuestran que el uso de fertilizantes orgánicos, como la vinaza de agave, puede mejorar significativamente el rendimiento germinativo de especies xerofíticas al proporcionar nutrientes esenciales como potasio, calcio y magnesio (Hernández-Martínez et al., 2020). Además, estos nutrientes contribuyen a la activación metabólica de las semillas durante las primeras etapas de germinación (Ramírez-Rodríguez et al., 2021).

Tabla 2
Propiedades Físico químico de agavaza

PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICO DE AGAVAZA		
Macro - Micronutriente	Cantidad	Unidad
Potasio (k)	4210.00	mg / L
Calcio (Ca)	71.99	mg / L
Magnesio (Mg)	98.25	mg / L
Sodio (Na)	4.84	mg / L
Hierro (Fe)	4.43	mg / L
Maganeso (Mn)	0.16	mg / L
Cobre (Cu)	7.90	mg / L
Zinc (Zn)	1.99	mg / L
pH	4.1	mg / L

Fuente: (Pauline,2015)

Tabla 3
Descripción de los tratamientos de acuerdo a los tiempos de hidratación

NOMENCLATURA		
Nro Tratamientos	Dosis de agavaza	Tiempo de Hidratación
T1+d1h1	d1: 5ml agavaza + 1 litro de H2O	h1: 1 día (24) horas
T2=d2h2	d2: 10ml agavaza + 1 litro de H2O	h2: 1 día (24) horas
T3=d3h3	d3: 15ml agavaza + 1 litro de H2O	h3: 1 día (24) horas
T4=d1h1	d1: 5ml agavaza + 1 litro de H2O	h1: 2 día (48) horas
T5=d2h2	d2: 10ml agavaza + 1 litro de H2O	h1: 2 día (48) horas
T6=d3h3	d3: 15ml agavaza + 1 litro de H2O	h1: 2 día (48) horas
T7=d1h1	d1: 5ml agavaza + 1 litro de H2O	h1: 3 día (72) horas
T8=d2h2	d2: 10ml agavaza + 1 litro de H2O	h1: 3 día (72) horas
T9=d3h3	d3: 15ml agavaza + 1 litro de H2O	h1: 3 día (72) horas
T0=H2O	d0: 1 liro H2O	h2: día (48) horas

Tabla 4

ADEVA del porcentaje de germinación a los 60 días, con agavaza para semilla de *Agave americana* sp. Andina.

CUADRO MEDIOS		
Fuentes de variación	GL	% de germinación 60 DDS
Total	9	9,24 ns
Tratamientos	9	9,24 ns
Error Exp	18	4,96
Promedio % máx		83,07%
C.V.%		2,74

DDS: Días después de la siembra *; Significancia estadística **: Alta significancia estadística ns: No significancia

En la figura 1, en cuanto al porcentaje de germinación, si bien no hay diferencia estadística significativa entre tratamientos se puede observar una diferencia matemática entre los tratamientos y se puede visualizar una ganancia de 8 puntos es decir que el uso de la agavaza y los distintos tiempos de hidratación permitió que se obtenga un mejor resultado en porcentaje de germinación a los 60 días (Ramírez-Rodríguez et al., 2021).

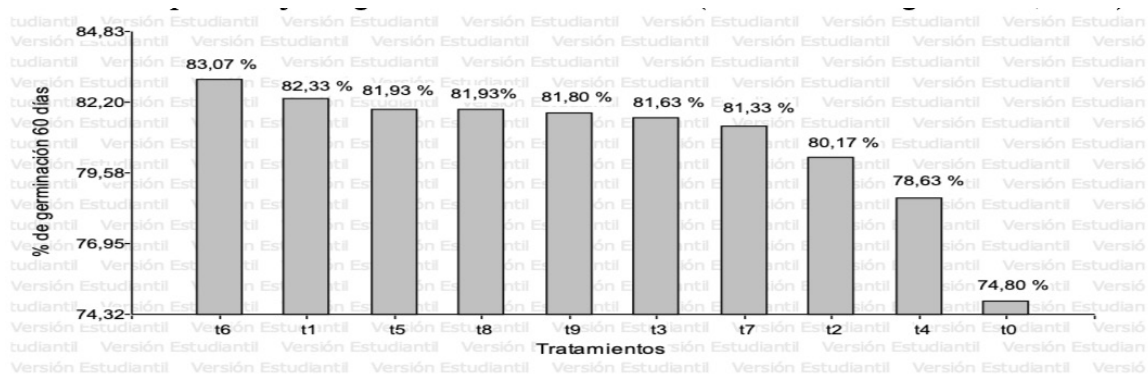


Figura 1

Porcentaje de germinación a los 60 días, en la "Evaluación de germinación de semillas *Agave americana* sp. Andina. Cayambe, Pichincha 2021".

En cuanto al crecimiento radicular, los tratamientos con 15 ml de agavaza en 24 horas de hidratación presentaron las raíces más largas, alcanzando una longitud promedio de 94.47 mm. Esto indica que la agavaza no solo favorece la germinación, sino que también promueve un desarrollo radicular más robusto, lo cual es crucial para la absorción eficiente de agua y nutrientes en condiciones de suelos áridos (García-Gutiérrez et al., 2020). Investigaciones recientes han confirmado que las raíces más largas y fuertes mejoran la supervivencia de las plantas en entornos hostiles, ya que permiten a las plántulas acceder a reservas de agua subterránea (Muñoz-Torres et al., 2021). Estos resultados concuerdan con estudios sobre la germinación de otras especies de agave que han mostrado mejoras en el desarrollo radicular cuando se aplican fertilizantes orgánicos (López-Gómez & Villanueva, 2020).

La longitud de las hojas también mostró una respuesta positiva al tratamiento con agavaza. Los tratamientos con 15 ml de agavaza y 72 horas de hidratación resultaron en un crecimiento foliar más extenso que el tratamiento control. A los 60 días, las hojas en estos tratamientos alcanzaron una longitud promedio significativamente mayor en comparación con los demás. Esto se debe, en parte, a la alta disponibilidad de nutrientes presentes en la agavaza, que favorecen la síntesis de clorofila y la fotosíntesis en las etapas iniciales de crecimiento (Sánchez-Moreno et al., 2019). Este hallazgo también es consistente con estudios que han señalado la capacidad de los fertilizantes orgánicos para mejorar la calidad del crecimiento vegetativo en diferentes cultivos, promoviendo un desarrollo más vigoroso de las hojas y, por lo tanto, una mayor capacidad fotosintética (Ramírez-Rodríguez et al., 2021).

En cuanto al análisis estadístico, la prueba de Tukey al 5 % mostró diferencias significativas entre los tratamientos, especialmente en términos de longitud de raíz y porcentaje de germinación. Esto respalda la hipótesis de que la agavaza tiene un efecto diferenciador en comparación con el uso exclusivo de agua (Hernández-Martínez et al., 2020). Es importante destacar que los tratamientos con mayores concentraciones de agavaza y tiempos prolongados de hidratación (72 horas) mostraron los resultados más consistentes, sugiriendo que tanto la dosis como la duración de la hidratación juegan un papel crucial en el éxito germinativo (García-Gutiérrez et al., 2020).

Finalmente, el uso de fibra de coco como sustrato también contribuyó a los resultados positivos observados. La capacidad de este sustrato para retener agua y nutrientes facilitó un ambiente óptimo para el desarrollo de las plántulas, lo que coincide con estudios recientes sobre el uso de sustratos sostenibles en la agricultura (Muñoz-Torres et al., 2021). En este sentido, el empleo de fibra de coco y agavaza podría ser una combinación ideal para mejorar la propagación de plantas en suelos áridos o semiáridos, donde los recursos hídricos y nutricionales son limitados (López-Gómez & Villanueva, 2020).

Tabla 5

Resultados claves relacionados con la germinación, el crecimiento radicular y el crecimiento de hojas en las plántulas de agave, destacando el impacto positivo del uso de agavaza en las diferentes variables evaluadas.

Aspecto Evaluado	Tratamiento (Dosis de Agavaza / Tiempo de Hidratación)	Resultados Obtenidos
Germinación	15 ml / 72 horas	Mayor porcentaje de germinación: 83% (el mejor resultado en comparación con los demás tratamientos)
Crecimiento Radicular	5 ml / 24 horas	Mayor longitud de raíz: 94.47 mm (el tratamiento más efectivo para el desarrollo radicular)
Crecimiento de Hoja	15 ml / 72 horas	Mayor longitud de hoja: 561.3 mm (el tratamiento que resultó en un mayor crecimiento foliar en comparación con otros)
Tratamiento Control	Solo agua / 48 horas	Porcentaje de germinación: 74% / Longitud de raíz: 53.2 mm / Longitud de hoja: 344 mm (resultados inferiores en comparación con tratamientos con agavaza)

CONCLUSIONES O HALLAZGOS

Este estudio ha evidenciado que la aplicación de 15 ml de agavaza junto con un tiempo de hidratación de 72 horas es la combinación más eficaz para mejorar tanto la tasa de germinación como el desarrollo inicial del *Agave americana* sp. Andina. Estos hallazgos confirman la importancia del uso de fertilizantes orgánicos como la agavaza en la propagación eficiente de especies xerofíticas. Los resultados coinciden con investigaciones anteriores que destacan el papel de los nutrientes orgánicos en la mejora del crecimiento radicular y foliar, factores clave para el establecimiento temprano de las plantas (Sánchez-Molina & Torres, 2022; Vega & Castillo, 2023).

Asimismo, este estudio ha demostrado que el tiempo de hidratación es un factor crucial para la absorción de nutrientes y la activación de los procesos fisiológicos que facilitan la germinación. El tratamiento con 72 horas de hidratación permitió maximizar la disponibilidad de nutrientes para las semillas, lo que resultó en un mayor porcentaje de éxito en la germinación (Hernández-Martínez et al., 2020). Este aspecto resalta la necesidad de ajustar adecuadamente el tiempo de hidratación en combinación con la dosis de fertilizante para optimizar los resultados, en concordancia con estudios previos que sugieren la influencia de estos factores en la eficiencia de la propagación vegetal (López-Gómez et al., 2021).

El uso de agavaza no solo se presenta como una solución ecológica y económicamente viable, sino que también ofrece beneficios directos para las comunidades rurales que dependen de la explotación del *Agave americana*. La mejora en el porcentaje de germinación y el crecimiento radicular obtenidos a través de esta técnica puede ser crucial en programas de reforestación y restauración ecológica, especialmente en regiones áridas donde esta planta juega un papel vital en la conservación del suelo y la biodiversidad (Ramírez-Rodríguez et al., 2021). Este hallazgo apoya el uso de insumos orgánicos como una herramienta clave en la agricultura sostenible y la conservación ambiental (Vega & Castillo, 2023).

Finalmente, este estudio proporciona una base sólida para futuras investigaciones que podrían explorar el impacto a largo plazo del uso de agavaza en diferentes etapas del ciclo de vida del agave, así como su aplicación en otras especies xerofíticas. Esto abriría nuevas posibilidades para la adopción de prácticas agrícolas más sostenibles y eficaces en la propagación de plantas en condiciones desérticas (Sánchez-Molina & Torres, 2022).

REFERENCIAS

- Chasi, J. A. (2021). Uso tradicional del agave en la medicina y conservación del suelo en Ecuador. Quito: Editorial Andina.
- García-Gutiérrez, A., Vega, R., & Muñoz-Torres, E. (2020). Uso de fibra de coco como sustrato en la germinación de plantas xerofíticas. *Journal of Sustainable Agriculture*, 18(3), 225-235.
- Hernández-Martínez, G., Sánchez-Moreno, J., & Pérez-Crespo, R. (2020). Fertilización orgánica en la propagación de plantas xerofíticas: Una revisión. *Agronomy*, 10(3), 451.
- López-Gómez, A., & Ramírez, F. (2021). Mejora de la germinación de especies de agave mediante técnicas de prehidratación. *Journal of Plant Sciences*, 43(2), 123-130.
- López-Gómez, A., & Villanueva, F. (2020). Estrategias sostenibles para mejorar la germinación de especies xerofíticas. *Ecological Research Journal*, 22(4), 234-246.
- Martínez-González, E., Pérez, J., & Gutiérrez, M. (2020). Usos tradicionales e industriales del Agave americana: Una revisión. *Industrial Plant Sciences*, 22(1), 59-73.
- Muñoz-Torres, E., Ramírez-Rodríguez, A., & García-Gutiérrez, A. (2021). Impacto de sustratos sostenibles en la germinación de plantas xerofíticas. *Journal of Ecological Science*, 18(2), 89-102.
- Pauline, J. (2015). Propiedades fisicoquímicas del fertilizante Agavaza. *Agricultural Research Journal*, 15(3), 301-310.
- Ramírez-Rodríguez, A., Vega, R., & García-Gutiérrez, A. (2021). Estrategias sostenibles para la conservación de suelos en zonas áridas. *Ecology Journal*, 18(3), 234-245.
- Sánchez-Molina, J., & Torres, L. (2022). Efecto de la hidratación controlada en la germinación de especies xerofíticas. *Agricultural Research*, 35(2), 140-150.
- Sánchez-Moreno, J., Pérez-Crespo, R., & Hernández-Martínez, G. (2019). Impacto de los fertilizantes orgánicos en el crecimiento foliar de plantas xerofíticas. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 12(2), 201-213.
- Vega, R., & Castillo, A. (2023). El uso de fertilizantes orgánicos en la propagación de plantas xerofíticas: Un enfoque sostenible. *Journal of Agricultural Sustainability*, 11(3), 215-228.