

SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE *Alnus glutinosa* (L.) GAERTN EN CAMPO DEFINITIVO: EVALUACIÓN EN HUANCAYELICA, PERÚ

Survival and growth of *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn in the final field: Evaluation in Huancavelica, Peru

Jairo Edson Gutiérrez-Collao¹, Charles Frank Saldaña-Chafloque², Nilton Paul Arias Palomino³, Emerson Klim Aquino Bujaico⁴, Jhon Deyvis Chamorro Sinchi⁵

RESUMEN

El distrito Pampas reporta escasez de agua, causado por la deforestación en las microcuencas. En tal sentido, se realizó la reforestación utilizando especie nativa como el *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn (aliso), con el fin de que en el futuro retenga el recurso hídrico para beneficio de la población. En consecuencia, el objetivo planteado fue determinar el porcentaje de supervivencia y el crecimiento dasométrico de las plantas durante dos evaluaciones, en el paraje Ñaño Huaycco, Pampas - Tayacaja, Huancavelica, Perú. La metodología empleada fue un inventario aleatorio, evaluando 10 parcelas transitorias de 20 x 20 m, durante dos evaluaciones; siendo la primera evaluación durante el inicio de caída de helada (mayo), y la segunda evaluación realizada al final de caída de helada (noviembre), es decir, con seis meses de diferencia. Se recopiló información de supervivencia (%), diámetro basal a 10 cm de altura desde el suelo (cm), incremento de diámetro basal y altura total, y tasa de incremento mensual del diámetro basal y altura total, los cuales estuvieron en función de valores medios, desviación estándar y coeficiente de variación. Los resultados reportan que, al inicio de caída de helada, en promedio las parcelas reportaron mayor supervivencia (88.23 %); sin embargo, en la segunda evaluación se reportó mayores promedios de diámetro basal (1.12 cm) y altura total (61.07 cm). Concluyendo que las plantas de aliso establecidas en la plantación no son muy resistentes a la caída de helada; no obstante, registra un crecimiento y una tasa de crecimiento mensual mínimo.

Palabras clave: aliso, supervivencia, crecimiento, altura y diámetro, heladas.

ABSTRACT

The Pampas district reports water scarcity, caused by deforestation in the micro-basins. In this regard, reforestation was carried out using native species such as *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn (alder), with the aim of retaining water resources in the future for the benefit of the population. Consequently, the objective was to determine the survival percentage and the dendrometric growth of the plants during two evaluations, in the Ñaño Huaycco area, Pampas - Tayacaja, Huancavelica, Peru. The methodology employed was a random inventory, evaluating 10 temporary plots of 20 x 20 m, during two evaluations; the first evaluation was at the start of the frost period (May), and the second evaluation was at the end of the frost period (November), i.e., with a six-month difference. Data on survival (%), basal diameter at 10 cm above the ground (cm), basal diameter increment, and total height, as well as the monthly growth rate of basal diameter and total height, were collected. These variables were analyzed using mean values, standard deviation, and coefficient of variation. The results show that, at the start of the frost period, the plots reported higher survival on average (88.23 %); however, in the second evaluation, higher average values were reported for basal diameter (1.12 cm) and total height (61.07 cm). It was concluded that the alder plants established in the plantation are not very resistant to frost damage; however, they show minimal growth and a low monthly growth rate.

Keywords: alder, survival, height and diameter growth, frosts.

¹✉ Docente investigador, Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8984-6245>. jairo.gutierrez@unat.edu.pe

² Docente investigador, Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9537-2680>. charlessaldana@unat.edu.pe

³ Estudiante, Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7516-7118>. 72004814@unat.edu.pe

⁴ Estudiante, Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4743-6934>. 71959842@unat.edu.pe

⁵ Estudiante, Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6842-8284>. 71378143@unat.edu.pe

INTRODUCCIÓN

En varias regiones a nivel mundial, los cultivos y los proyectos de reforestación con especies no nativas están reemplazando a un ritmo impresionante a los bosques de especies nativas, ocasionando impactos significativos nefastos en los ecosistemas, biodiversidad y la distribución geográfica de las especies nativas (Cornejo et al., 2020; Rodrigues et al., 2024), convirtiéndose en un problema menudo para conservar el ambiente y restaurar los ecosistemas, afectando el rendimiento de agua, belleza paisajística, secuestro de carbono, protección y estabilidad edáfica y la provisión de hábitat (Zerbe, 2023; Sharafatmandrad y Khosravi, 2023). En consecuencia, la pérdida de especies impacta negativamente en la provisión de muchos servicios ecosistémicos, afectando la capacidad de resistencia de los ecosistemas y su resiliencia (Micaela et al., 2021).

Las plantaciones forestales, inclusive en las regiones semiáridas, proponen la priorización y/o conservación de las especies forestales nativas, debido a que conservan o incrementan la cantidad de nutrientes y la actividad biológica edáfica, moderando las condiciones del ambiente, aumentando la diversidad de la meso y macrofauna edáfica y proporcionando diferentes servicios ecosistémicos (Karamian et al., 2023a; Karamian et al., 2023b; Yadav et al., 2024). En consecuencia, las especies nativas, mejoran los ecosistemas proporcionando servicios ecosistémicos de provisión, apoyo, regulación y culturales (Zulperí et al., 2023), los cuales están en función a las estructuras de los ecosistemas, así como a las relaciones energéticas y materiales, por lo que, es importante utilizar datos cuantitativos de monitorización y modelización ambiental (Jenssen et al., 2021a; Jenssen et al., 2021b).

En los ecosistemas altoandinos, los servicios ecosistémicos como regulación hídrica, suministro de agua, y control de la erosión son esencialmente importantes para el bienestar de la población; por lo tanto, las plantaciones forestales o proyectos de reforestación son importantes para mejorar los servicios hídricos (Locatelli et al., 2015). Sin embargo,

en aquellos ecosistemas ubicados por encima de los 3 000 m s.n.m, como es el caso del distrito Pampas reportan altas inestabilidades climáticas por las continuas heladas, sequías y granizadas (Calicho y Escalera, 2019), que dañan las plantaciones forestales y los cultivos; traduciéndose en importantes pérdidas económicas (Masanet y Klenzi, 2024), especialmente ocasionados por las heladas primaverales que son una importante amenaza para la productividad forestal y agrícola (Drepper et al., 2021). Por consecuencia, el distrito reporta escasez del recurso hídrico, por lo que resulta importante el uso de especies nativas.

Una de las especies nativas más utilizada en plantaciones forestales o proyectos de reforestación es el *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn (aliso); que también predomina en bosques templados de llanuras aluviales (Hrvának et al., 2024). Esta especie resulta importante para el funcionamiento del ecosistema, por los servicios que proporciona (Akther, 2019); entre los que resaltan la fijación de nitrógeno, mejora la estructura edáfica, previene la erosión, protege las cuencas hidrográficas, mejora la calidad del agua y controla las inundaciones (Grier y Logan, 1989; Binkley et al., 1997; Wall y Willard, 2001; López et al., 2005; Scherer et al., 2011; Zhao et al., 2014).

Finalmente, la investigación consideró como objetivo, determinar el porcentaje de supervivencia y el crecimiento dasométrico de las plantas durante dos evaluaciones, en el paraje Ñaño Huaycco, Pampas - Tayacaja, Huancavelica, Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

La investigación se realizó en el paraje Ñaño Huaycco, centro poblado Viñas, distrito Pampas, provincia Tayacaja, región Huancavelica (Perú), ubicada en las siguientes coordenadas UTM: 12° 37' 49.8" latitud Sur y 75° 13' 34" longitud Oeste, a 3 787 m s.n.m. En la Figura 1 se observa la ubicación geográfica de la plantación de aliso.

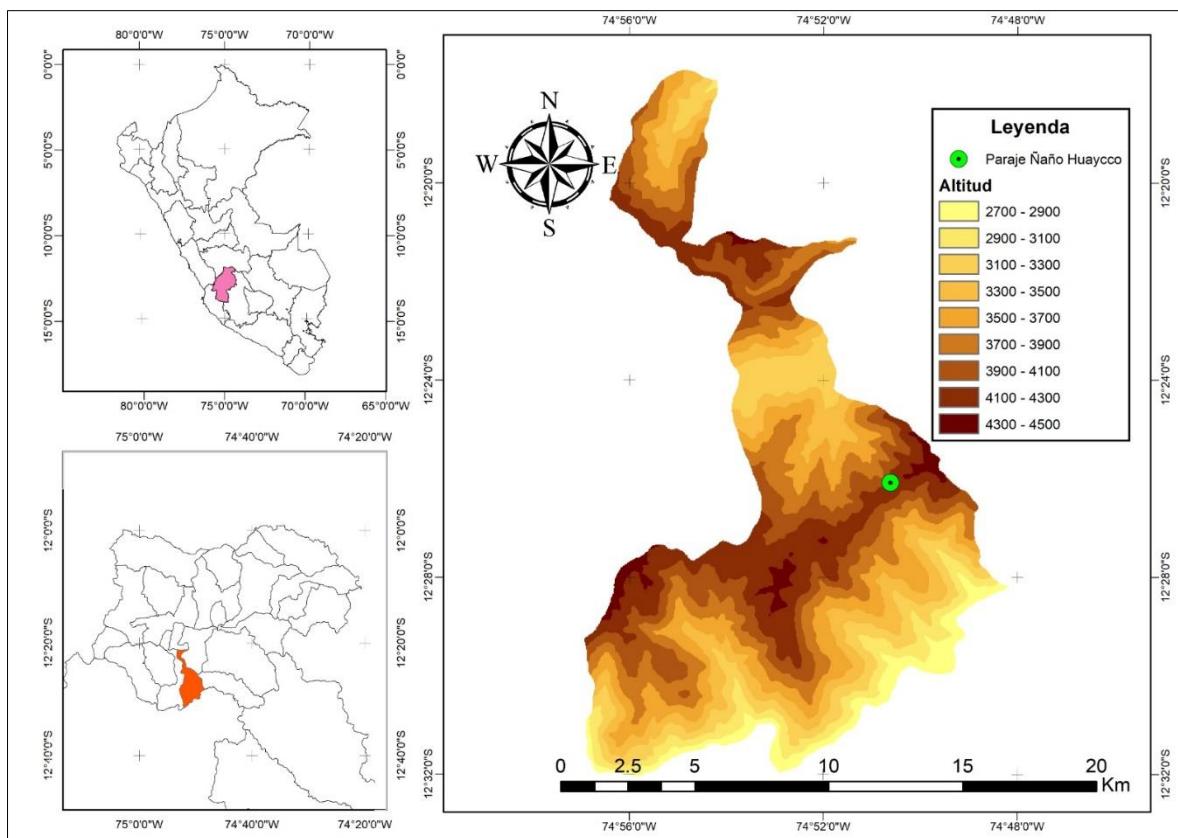


Figura 2. Mapa de ubicación de la plantación forestal de aliso en Huancavelica, Perú.

Metodología

Población, muestra y muestreo

Para efectuar el monitoreo forestal, se requiere realizar la determinación de la muestra de la plantación, con el propósito de recopilar datos representativos con un margen de error reducido y a costos bajos (Campo, 2008). La plantación de 1 año y 1 mes de edad está constituida por una población (N) de 1 300 individuos de aliso, establecidos en el paraje Ñaño Huaycco.

Con el porcentaje de fracaso de 0.5 (q), confianza del 95 % ($Z = 1.96$), 5 % de error aceptable (d), y la aplicación de la siguiente Ecuación 1, para población conocida, se determinó que la muestra fue de 297 individuos de aliso; sin embargo, se evaluaron 312 individuos.

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N-1)+Z^2pq} \quad (1)$$

Se aplicó un muestreo aleatorio, con el establecimiento de parcelas transitorias de 20 x 20 m (Silva et al., 2023), en las cuales se efectuaron dos evaluaciones, codificando correctamente cada planta. Las

evaluaciones se realizaron al inicio de la caída de helada (mayo) y al final de la caída de helada (noviembre).

Colecta botánica

Se efectuó la colecta botánica de dos plantas, que se enviaron para ser identificados en el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Registro de información

La evaluación de la supervivencia de las plantas en campo definitivo se realizó en las dos evaluaciones, a través de la observación y conteo directo, considerando como individuos muertos aquellos individuos que no reporten yema apical, ni rebrotes. Para determinar el porcentaje de supervivencia se utilizó la Ecuación 2:

$$S(\%) = \frac{IV}{IP} \times 100 \quad (2)$$

Dónde: S (%) = porcentaje de supervivencia; IV = cantidad de individuos vivos; IP = cantidad de individuos plantados.

La evaluación del crecimiento de las plantas en campo definitivo se efectuó a través del registro del diámetro basal de cada planta, para lo cual se utilizó un vernier mecánico, el cual se colocó a 10 cm de altura desde el suelo. También se realizó el registro de la altura total de cada planta, para lo cual, se utilizó un flexómetro de 5 m, midiendo el individuo desde la base del tallo hasta el extremo más alto.

Las evaluaciones de plantaciones a través del monitoreo es una herramienta que genera información actualizada sobre la salud de las plantas, por lo que incluye datos de crecimiento y aumento en el tamaño de los individuos (FAO, 2017).

Análisis estadístico

Las variables de diámetro basal, altura total y supervivencia se analizaron en función de los valores promedios y la dispersión. Los resultados fueron analizados mediante estadísticos descriptivos con el programa SPSS V.20 y se complementó con la revisión de literatura especializada sobre el tema de interés (Mostacero et al., 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Supervivencia promedio de plantas de aliso por evaluación

En la evaluación realizada al inicio de caída de helada, se reportó 88.23 ± 17.85 % de supervivencia, con 20.23 % de coeficiente de variación; mientras que en la segunda evaluación realizada al final de caída de helada se registró 48.76 ± 17.40 % de supervivencia, con 35.68 % de coeficiente de variación (Figura 2). Al comparar las dos evaluaciones se reportó que el

porcentaje de supervivencia se redujo en 44.7 %. Los resultados muestran una mayor variabilidad en la respuesta de las plantas al estrés por el frío, reflejando que las plantas experimentaron un daño progresivo debido a la exposición continua a las bajas temperaturas, y que la resistencia a las heladas varía considerablemente entre las plantas; sin embargo, por el aumento del coeficiente de variación se establece que algunas plantas podrían resultar más vulnerables que otras (Figura 3).

En la primera evaluación, del 100 % de plantas vivas, el 55.9 % mostró indicios de daños producidos por la caída de helada, de los cuales, el 80.6 % efectivamente se reportó como muertos en la segunda evaluación; mientras que el 19.4 % restante se mantiene vivo y registran rebrotos basales.

De las 10 parcelas evaluadas, en la segunda evaluación, se reportaron tres parcelas con mayor porcentaje de supervivencia, los cuales fueron la parcela 4, 6 y 8, con valores de 70.6, 63.0 y 64.5 %, respectivamente. En estas parcelas se confirma lo establecido por Muñoz y Cobos (1986), aseverando que es una especie edafohigrófilo, porque se distribuye y crece en riberas de arroyos, ríos y lugares muy frescos cercanos a los cauces permanente de agua, desarrollándose en climas continentales, soportando adecuadamente el frío, resultando no sensible a las heladas fuera de periodo vegetativo, resistiendo heladas primaverales (Cisneros y Martínez, 2005). No obstante, en el paraje Ñaño Huaycco, las plantas de aliso no solo se enfrentaron a las heladas, sino también a la sequía, y en comparación con otras especies del género *Alnus*, no es muy resistente a la sequía (Borghetti et al., 1989).

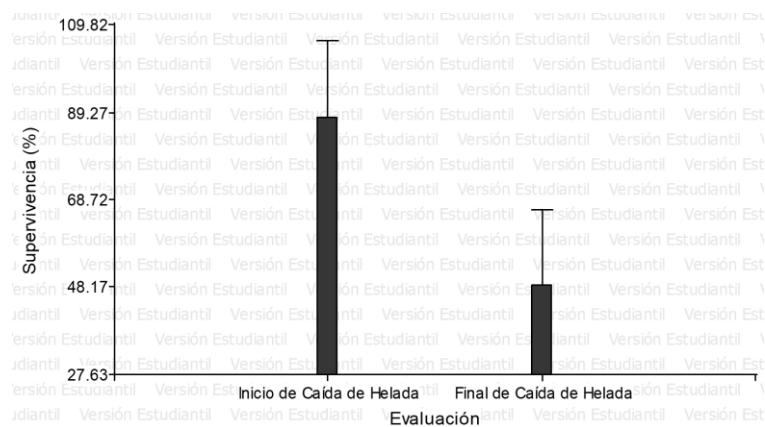


Figura 2. Porcentaje de supervivencia de plantas de aliso por evaluación, al inicio y final de caída de helada.



Figura 3. Plantas de aliso, al inicio (Izq.) y final (Der.) de caída de helada.

Crecimiento en diámetro basal y altura total de plantas de aliso

Diámetro basal promedio de plantas de aliso por evaluación

En la evaluación realizada al inicio de caída de helada se reportó 1.08 ± 0.09 cm de diámetro basal, con 8.42 % de coeficiente de variación; mientras que en la segunda evaluación se registró 1.12 ± 0.09 cm de diámetro basal, con 7.65% de coeficiente de variación (Figura 4). Los resultados sugieren que, a pesar de las condiciones de caída de helada, algunas plantas pudieron continuar con su crecimiento, aunque

moderadamente. Asimismo, por la disminución ligera del coeficiente de variación se establece que existe una mayor uniformidad en el crecimiento del diámetro basal en la segunda evaluación en comparación con la primera.

En Lithuania, Pliûra (2004) reportó diámetro del tallo de 20.20 y 21.39 mm en plantas de cinco años. Dichos valores serían superiores a lo registrado en la evaluación, puesto que, considerando el crecimiento mensual de 0.05 mm, en cuatro años más, las plantas tendrían cinco años, y con un crecimiento total 2.4 mm, con el registro de la segunda evaluación, las plantas alcanzarían 13.6 mm.

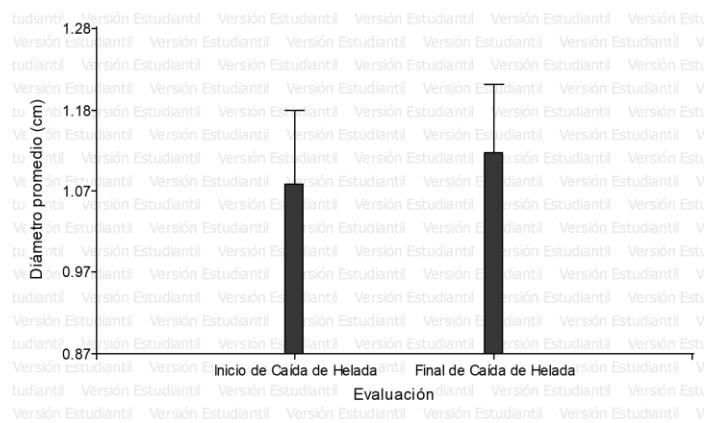


Figura 4. Diámetro basal de plantas de aliso por evaluación, al inicio y final de caída de helada.

Crecimiento y tasa de crecimiento mensual promedio en diámetro basal de plantas de aliso

Al término de las evaluaciones realizadas, se determinó que el incremento mínimo del diámetro basal fue 0.15 mm, mientras que el incremento máximo

fue 0.46 mm. Asimismo, se reportó que en promedio el incremento del diámetro basal fue 0.31 ± 0.11 mm, con 35.89 % de variabilidad (Tabla 1). De acuerdo con el coeficiente de variación, se plantea que no todas las plantas reaccionaron uniformemente al entorno o a las condiciones de crecimiento, que podría ser causado

por las condiciones de plantación o la exposición al estrés ambiental. Asimismo, se determinó que la tasa de incremento mensual promedio mínimo del diámetro basal fue 0.03 mm mes^{-1} , mientras que la tasa de incremento mensual promedio máximo fue 0.08 mm mes^{-1} . Asimismo, se reportó que en promedio la tasa de incremento mensual promedio del diámetro basal fue $0.05 \pm 0.02 \text{ mm}$, con 35.89 % de variabilidad (Tabla 1). De acuerdo con el coeficiente de variación, se plantea que en promedio las plantas experimentaron un crecimiento moderado; no obstante, algunas mostraron un crecimiento significativamente mayor o menor, lo que podría estar relacionado con las condiciones ambientales.

Tabla 1. Crecimiento del diámetro basal de plantas de aliso.

Mínimo (mm)	Máximo (mm)	C.V. (%)	Media ± D.E (mm)
0.15	0.46	35.89	0.31 ± 0.11
Mínimo (mm mes $^{-1}$)	Máximo (mm mes $^{-1}$)	C.V. (%)	Media ± D.E (mm mes $^{-1}$)
0.03	0.08	35.89	0.05 ± 0.02

C.V: Coeficiente de variación. D.E: Desviación estándar.

En Irán, Abkenar et al., (2004) reportó crecimiento medio anual de diámetro de 1.04 cm en una plantación de aliso, valor superior a lo registrado en las evaluaciones, debido a que, al inferir el promedio de la

tasa de crecimiento mensual a un año, el valor sería de 0.06 cm.

Altura total promedio de plantas de aliso por evaluación

En la evaluación realizada al inicio de caída de helada se reportó $57.24 \pm 7.47 \text{ cm}$ de altura total, con 13.05 % de coeficiente de variación; mientras que en la segunda evaluación se registró $61.07 \pm 5.64 \text{ cm}$ de altura total, con 9.23 % de coeficiente de variación (Figura 5). Los resultados sugieren que, a pesar de las condiciones de caída de helada, algunas plantas continuaron su crecimiento, lo que sugiere que pudieron adaptarse o recuperarse del estrés ocasionado por el frío. Considerando el coeficiente de variación, se establece que existió una mayor uniformidad en el crecimiento en la segunda evaluación, lo que indicaría una respuesta más homogénea entre las plantas al entorno.

En Lithuania, Pliūra (2004) reportó alturas totales de 90.91, 96.53 y 104.21 cm en plantas de cinco años. Dichos valores serían superiores a lo registrado en la evaluación, puesto que, considerando el crecimiento mensual de 0.35 cm, en cuatro años más, las plantas tendrían cinco años, y con un crecimiento total de 16.8 cm, con el registro de la segunda evaluación, las plantas alcanzarían 77.9 cm.

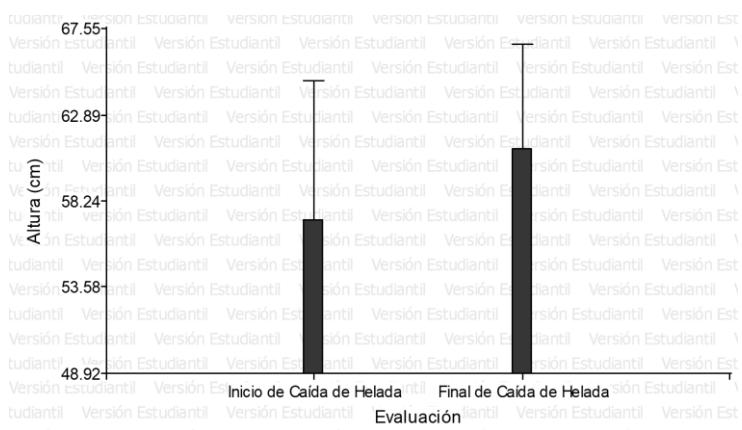


Figura 5. Altura total de plantas de aliso por evaluación, al inicio y final de caída de helada.

Crecimiento y tasa de crecimiento mensual promedio de la altura total de plantas de aliso

Al término de las evaluaciones realizadas, se determinó que el incremento mínimo de la altura total fue 0.74 cm, mientras que el incremento máximo fue 3.70 cm. Asimismo, se reportó que en promedio el incremento de la altura total fue $2.12 \pm 0.91 \text{ cm}$, con 42.83 % de variabilidad (Tabla 2). El alto coeficiente de variación plantea que existe una considerable

diferencia en la respuesta de las plantas al entorno o las condiciones de crecimiento, lo cual podría estar relacionado con las condiciones del suelo, la disponibilidad de agua o nutrientes, o incluso la tolerancia individual al estrés ambiental. Del mismo modo, se determinó que la tasa de incremento mensual promedio mínimo de la altura total fue 0.12 cm mes^{-1} , mientras que la tasa de incremento mensual máximo fue 0.62 cm mes^{-1} . Asimismo, se reportó que en promedio la tasa de incremento mensual promedio de

la altura total fue 0.35 ± 0.15 cm, con 42.83 % de variabilidad (Tabla 2). El alto valor del coeficiente de variación establece que hubo una gran diferencia en las tasas de crecimiento entre las plantas evaluadas, que podría deberse a las condiciones del ambiente.

Tabla 2. Crecimiento de la altura total de plantas de aliso.

Mínimo (cm)	Máximo (cm)	C.V. (%)	Media ± D.E (cm)
0.74	3.70	42.83	2.12 ± 0.91
Mínimo (cm mes ⁻¹)	Máximo (cm mes ⁻¹)	C.V. (%)	Media ± D.E (cm mes ⁻¹)
0.12	0.62	42.83	0.35 ± 0.15

C.V: Coeficiente de variación. D.E: Desviación estándar.

En Irán, Abkenar et al., (2004) reportó crecimiento medio anual de altura de 0.69 m en una plantación de aliso, valor superior a lo registrado en las evaluaciones, debido a que, al inferir el promedio de la tasa de crecimiento mensual a un año, el valor sería de 0.042 m.

El crecimiento del aliso, ya sea en diámetro basal o en altura total no fue el esperado, ya que las plantas se vieron afectados por la helada; sin embargo, a pesar que dicha especie puede soportar temperaturas mínimas de hasta -40 °C (Muñoz y Cobos, 1986), requiere como mínimo 130 días sin heladas para que pueda reportar un crecimiento adecuado (Cisneros y Martínez, 2005); o caso contrario, para que las plantas de aliso puedan tener más resistencia a la helada y a la sequía, Ramírez-Cuevas y Rodríguez-Trejo (2010) indican que, deberían contener potasio; esto debido a que incrementa el grado de endurecimiento de plantas (Christersson, 1976).

El crecimiento reportado en la investigación coincide con lo mencionado por Akther (2019), quién en Portugal, reportó que el crecimiento de aliso se reduce generalmente producto de las restricciones hídricas; sin embargo, no reportó estrés severo en las plantas; motivo por el cual, refuerza lo establecido por Borghetti et al. (1989), quién señaló que, en comparación con otras especies del género *Alnus*, el *A. glutinosa* no es muy resistente a la sequía; resultando ser una especie que requiere lugares húmedos, bajos y ribereños, con precipitaciones que superan los 1 500 mm anuales (Claessens et al., 2010).

Las heladas dañan los cloroplastos y las estructuras de las células fotosintéticas, reduciendo la capacidad de la planta para realizar la fotosíntesis, afectando directamente el crecimiento de las plantas, ya que la producción de energía a través de dicho proceso es esencial para el desarrollo (Li et al., 2019). Además, las heladas pueden inducir la senescencia prematura en las plantas, envejeciendo más rápido las células, lo que conlleva a la caída temprana de hojas y en la detención del crecimiento vegetativo, afectando el crecimiento de la planta (Kang et al., 2021). Asimismo, las plantas expuestas a las heladas severas registran deformaciones morfológicas, como la reducción en el tamaño de las hojas y una menor formación de nuevas ramas, lo que resulta en una planta menos vigorosa (Zhao et al., 2022).

Asimismo, las sequías también reducen la tasa de fotosíntesis, por la reducción de la cantidad de dióxido de carbono a causa de que las plantas cierran sus estomas parcialmente para reducir la pérdida de agua por transpiración (Flexas et al., 2014). También, las plantas alteran su morfología por la reducción de pérdida de agua, lo que ocasiona un crecimiento más lento en general (Duan et al., 2020).

En la Figura 6, se muestra la clusterización bidireccional sobre la biometría de las plantaciones al inicio y final de la helada en plantas de aliso; donde, la mayor altura promedio de las plantas se registró al final de la helada en P₈ con 72.2 cm y la mayor altura promedio al inicio de la helada fue en la P₁₀ con 70.1cm; también, se observa que el mayor diámetro promedio se reportó al final de la helada en P₃ con 1.26 cm y el mayor diámetro promedio fue al inicio de la helada con 1.19 cm. Además, respecto al número de plantas muertas, al inicio y al final de las heladas se registró en mayor cantidad en el P₇ con 25 plantas y 17 plantas, respectivamente; además, el mayor número de plantas vivas se reportó al inicio de la helada en P₃, P₄, P₅, P₉ y P₁₀ con 32 plantas cada uno; mientras que la mayor cantidad de plantas vivas al final de la helada se reportó en la P₄ con 24 plantas. Dichas investigaciones sobre clusterización bidireccional nos permite relacionar con mejor claridad las relaciones entre la variables biométricas y las parcelas de estudio (Araújo y Marjotta-Mastro, 2023).

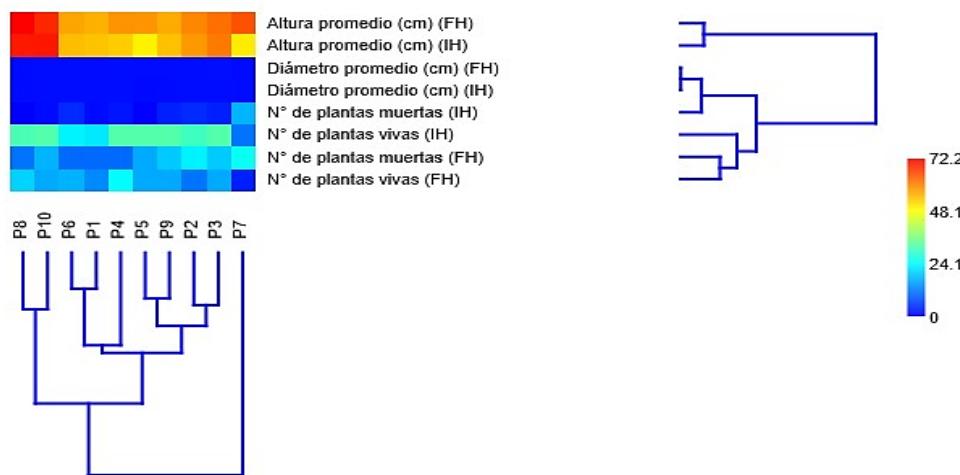


Figura 6. Clusterización bidireccional sobre la biometría de la plantación de aliso al inicio y al final de caída de helada.

CONCLUSIONES

Las plantas de aliso resultaron ser no muy resistentes a la caída de heladas, por lo que al término de la segunda evaluación reportaron 51.24 % de mortalidad, y reducido crecimiento en diámetro basal y altura total. Sin embargo, ciertas plantas, gracias a las lluvias que son características en los meses de noviembre y diciembre, están reportando rebrotos basales, lo que provocó incremento del porcentaje de supervivencia de plantas de aliso.

BIBLIOGRAFÍA

- Abkenar, KT; Sedigi, F; Rashidi, R; Salimi, E. 2004. A study on alder plantation (*Alnus glutinosa*) in Guilan Province, Iran (en línea). Univesity of Guilan (Irán). Disponible en https://cjes.guilan.ac.ir/article_3826_2fb4d6687c34b2b38964448f905f47d8.pdf
- Akther, SL. 2019. Effects of water stress on *Alnus glutinosa* populations across the species distribution range (en línea). Master's thesis, Universidade de Lisboa (Portugal). Disponible en https://www.medfor.eu/sites/default/files/editor/s.m_lovely_akther_thesis_medfor.pdf
- Araújo, HM; Marjotta-Mastro, MC. 2023. Profiling the consumer of agroecological products using cluster analysis (en línea). Revista de Economía e Sociología Rural 61(1):1-15. Disponible en <https://www.scielo.br/j/resr/a/jxVwFMryrtBVBf7YxKn3G/?format=pdf&lang=en>
- Binkley, D; Vitousek, PM; Turner, DP. 1997. The influence of *Alnus* on soil nitrogen cycling in a Hawaiian forest. Ecological Monographs 67(3):113-133.
- Borghetti, M; Cocco, S; Lambardi, M; Raddi, S. 1989. Response to water stress of Italian alder seedlings from diverse geographic origins (en línea). Canadian Journal of Forest Research 19(5):1071-1076. Disponible en <https://doi.org/10.1139/x89-163>
- Calicho, R.; Escalera, JC. 2019. Agroforestería familiar en valles altoandinos: Ante el cambio climático, resiliencia territorial en Colomi, Bolivia (en línea). LEISA revista de agroecología 35(4):16-18. Disponible en <https://leisa-al.org/web/revista/volumen-35-numero-04/agroforesteria-familiar-en-valles-altoandinos-ante-el-cambio-climatico-resiliencia-territorial-en-colomi-bolivia/>
- Campo, F. 2008. Modelo de crecimiento de árbol individual para *Pinus radiata* D. Don en Galicia (en línea). Tesis de grado, Galicia, España, Universidad de Santiago de Compostela. 140 p. Disponible en <https://investigacion.usc.gal/documentos/5d1df66b29995204f766b71d?lang=es>
- Cisneros, O; Martínez, V. 2005. Plantaciones de frondosas para madera de calidad en la Provincia de León (en línea). Castilla (España), INIA-ASFOLE. 67 p. Disponible en https://vincios.org/sites/default/files/biblioteca/2022-04/ManualSilviculturaFrondosa1_1523354671.pdf
- Claessens, H; Oosterbaan, A; Savill, P; Rondeux, J. 2010. A review of the characteristics of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and their implications for silvicultural practices (en línea). Forestry: An International Journal of Forest Research 83(2):163-175. Disponible en <https://doi.org/10.1093/forestry/cpp038>
- Cornejo, A; Pérez, J; López-Rojo, N; Tonin, AM; Rovira, D; Checa, B; Jaramillo, N; Correa, K; Villareal, A; Villareal, V; García, G; Pérez, E; Ríos, TA; Aguirre, Y; Correa-Araneda, F; Boyero, L. 2020. Agriculture impairs stream ecosystem functioning in a tropical catchment (en línea). Science of the Total Environment, 745:14050. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140950>
- Christersson, L. 1976. The effect of inorganic nutrients on water economy and hardiness of conifers. II. The effect of varying potassium and calcium contents on water status and drought hardiness of pot-grown *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* (L.) Karst. Seedlings. Studia Forestalia Suecica 136: 1-22.
- Drepper, B; Bamps, B; Gobin, A; Orshoven, JV. 2021. Estrategias para manejar los riesgos de heladas primaverales en huertos: efectividad y condicionalidad: un protocolo de revisión sistemática (en línea). Medio

- Ambiente Evid 10:32. Disponible en <https://doi.org/10.1186/s13750-021-00247-7>
- Duan, L; Zhang, Q; Liu, SY; Zhang, YX; Li, YG; Wang, XL; Wang, ZL; Zhang, FR. 2020. Morphological and physiological responses of plants to drought stress: Insights from the past two decades (en línea). *Frontiers in Plant Science*, 11:1-14. Disponible en https://academicjournals.org/article/article1380900919_Anjum%2520et%2520al.pdf
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2017. Monitoreo forestal nacional: El papel general del monitoreo forestal, Roma, Italia. 90 p.
- Flexas, J; Bota, M; Loreto, F; Cornic, X; Galle, BS; Brilli, DR; Galmés, LF; Niinemets, AD. 2014. Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation and effects of different mechanisms. *Environmental and Experimental Botany* 103:11-21.
- Grier, CC; Logan, JA. 1989. The role of nitrogen fixation in ecosystem development on disturbed sites in the Pacific Northwest. *Forest Ecology and Management* 27(1-2):141-151.
- Hrvnák, R; Svitok, M; Hegedüšová, K; Jarolímek, I; Kochjarová, J; Méjeková, J; Slezák, M. 2024. Umbrales ambientales para la riqueza de especies vegetales de los bosques de aliso negro (*Alnus glutinosa*) en Europa Central (en línea). *Manejo de Humedales Ecol* 32:591-604. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s11273-024-09997-w>
- Jenssen, M; Nickel, S; Schröder, W. 2021a. Metodología para clasificar la integridad del ecosistema de los bosques en Alemania utilizando indicadores cuantificados (en línea). *Environ Sci Eur*. Disponible en <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-127444/v1>
- Jenssen, M; Nickel, S; Schütze, G; Schröder, W. 2021b. Estados de referencia de los tipos de ecosistemas forestales y viabilidad de la indicación biocénótica de la condición ecológica del suelo como parte de la evaluación de la integridad y los servicios del ecosistema (en línea). *Environ Sci Eur* 33(18):1-18. Disponible en <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00458-2>
- Kang, J; Xu, L; Liu, Y; Zhang, C; Huang, X; Li, M; Xu, Y; Li, H. 2021. Freezing stress and its effects on plant growth: Molecular insights and physiological responses. *Journal of Plant Growth Regulation* 40(3):842-853.
- Karamian, M; Mirzaei, J; Heydari, M; Kooch, Y; Labelle, ER. 2023a. Seasonal effects of native and non-native woody species on the chemical and biological properties of soil in semi-arid forests, Western Iran (en línea). *J Soil Sci Plant Nutr* 23:4474-4490. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s42729-023-01365-6>
- Karamian, M; Mirzaei, J; Heydari, M; Mirab-balou, M; Kooch, Y; Pehlivan, N. 2023b. Non-native and native tree species plantations and seasonality could have substantial impacts on the diversity of indigenous soil fauna in a semi-arid forest ecosystem (en línea). *Environ Monit Assess* 195:1268. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11873-8>
- Li, W; Zhang, S; Bresson, SLM; Zhang, Y; Greenberg, JR; Xu, Y; Parry, LD; Gregoire, MN. 2019. Cold-induced damage to photosynthesis and growth in temperate plants: Mechanisms and mitigating strategies. *Environmental and Experimental Botany* 157:34-43.
- Locatelli, B; Pablo, I; Kumar, C; Catterall, CP. 2015. Tropical reforestation and climate change: beyond carbon (en línea). *Restoration Ecology* 23(4):337-343. Disponible en <https://doi.org/10.1111/rec.12209>
- López, BC; Llamas, MR; Rodríguez, D. 2005. Efectos del aliso negro en la estabilización de suelos ribereños en el norte de España. *Investigación y Ciencia Forestal* 48(2):225-234.
- Masanet, MI; Klenzi, RO. 2024. Determinación de hiperparámetros en el desarrollo de un modelo predictivo de heladas con ciencia de datos (en línea). En: Pesado, P., Panessi, W., Fernández, J. M. (eds) *Ciencias de la Computación - CACIC 2023*. CACIC 2023. Comunicaciones en Informática y Ciencias de la Información, vol 2123. Springer, Cham. Disponible en https://doi.org/10.1007/978-3-031-62245-8_2
- Micaela, Y; Peri, PL; Lencinas, MV; Lasagno, R; Martínez, GJ. 2021. Mejorar el conocimiento de los vínculos entre el potencial vegetal y la biodiversidad-servicios ecosistémicos mediante mapas a nivel regional en la Patagonia Austral (en línea). *Procesos Ecológicos* 10(53). Disponible en <https://doi.org/10.1186/s13717-021-00326-0>
- Mostacero, J; De la Cruz, A; López, E; Gil, A; Alfaro, E. 2020. Efecto de la medicina herbolaria en la calidad de vida: inventario de especies etnomedicinales y percepción del poblador de Laredo, Perú (en línea). *Agroindustrial Science*, 10(2):181-190. Disponible en <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/2979/3314>
- Muñoz, M; Cobos, J. 1986. Exudaciones gomosas en alisos (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn asociadas con la presencia de hongos vasculares (en línea). *Boletín Sanitario. Vegetal. Plagas* (12):167-179. Disponible en https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_plagas%2FBSVP-12-02-167-179.pdf
- Pliûra, A. 2004. Possibilities for adaptation of *Alnus glutinosa* L. to changing environment (en línea). *Biologija* 50(1). Disponible en <https://www.lmaleidykla.lt/ojs/index.php/biologija/article/view/501>
- Ramírez-Cuevas, Y; Rodríguez-Trejo, DA. 2010. Resistencia a bajas temperaturas en *Pinus hartwegii* sometido a diferentes tratamientos con potasio (en línea). *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 16(1):79-85. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182010000100009
- Rodrigues, AC; Cucherousset, J; Cunha, ER; Carneiro, N; Dos Santos, L; Gomes, LC. 2024. Functional dissimilarity correlates to the co-occurrence patterns of native and non-native species (en línea). *Biol Invasions* 26:2475-2487. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10530-024-03321-6>

- Scherer, L; Wall, G; Fuchs, P. 2011. Influence of riparian vegetation on water quality: The case of *Alnus glutinosa* along European rivers. Water Research 45(8):2582-2591.
- Sharafatmandrad, M; Khosravi, A. 2023. Evaluation of restoration success in arid rangelands of Iran based on the variation of ecosystem services (en línea). J. Arid Land 15:1290-1314. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s40333-023-0073-9>
- Silva, EA; Gonzales, DGE; Campos, JVV; Acosta, MYG. 2023. Estimación del volumen individual de árboles de *Alnus acuminata* Kunth en plantaciones forestales (en línea). Revista Ciencia Nor@ndina 6(2):145-159. Disponible en <http://dx.doi.org/10.37518/2663-6360X2023v6n2p145>
- Wall, G; Willard, S. 2001. Riparian buffers and water quality: A study of alder's role in reducing stream pollutants. Journal of Environmental Management 64(3):291-305.
- Yadav, H; Phartyal, SS; Iwachido, Y; Sasaki, T. 2024. Regional assessment of diversity and distribution of native tree species in South Asia (en línea). Biodivers Conserv 33:379-396. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02756-y>
- Zerbe, S. 2023. Dealing with non-native species in ecosystem restoration. In: restoration of ecosystems – Bridging Nature and Humans (en línea). Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. Disponible en https://doi.org/10.1007/978-3-662-65658-7_5
- Zhao, L; Zhang, J; He, X. 2014. Impact of alder plantations on flood mitigation in riparian zones. Environmental Management 53(4):758-764.
- Zhao, Y; Li, X; Yang, C; Zhang, J; Sun, W; Chen, M; Wang, J. 2022. Frost-induced morphological and physiological changes in woody plants: Implications for ecosystem dynamics in cold climates. Trees, 36(4):1203-1216.
- Zulperi, D; Ibrahim, R; Ujat, AH; Zali, AZM; Ja'afar, Y; Karam, DS. 2023. Patología Forestal en Servicios Ecosistémicos (en línea). En: Samdin, Z., Kamaruddin, N., Razali, S. M. (eds) Los servicios de los ecosistemas de bosques tropicales en la mejora de los medios de vida de las comunidades locales. Springer, Singapur. Disponible en https://doi.org/10.1007/978-981-19-3342-4_2

Artículo recibido en: 02 de diciembre del 2024

Aceptado en: 10 de abril del 2025