



Efecto de extractos acuosos de mojuelo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) sobre plantas de arupo (*Chionanthus pubescens* Kunth)*

Effect of aqueous extracts of quinoa mojuelo (*Chenopodium quinoa* Willd.) on arupo plants (*Chionanthus pubescens* Kunth)

Hugo Alejandro Castro-Albán¹, Laura Esther Muñoz Escobar², Yelenys Alvarado-Capó³,
Deysi Margoth Guanga-Chunata⁴, Darwin Alberto Núñez-Torres⁵, Victor Hugo Montenegro-Robalino⁶

- * Recepción: 21 de octubre, 2024. Aceptación: 11 de marzo, 2025. Este trabajo formó parte de la tesis del primer autor en el Programa Doctoral en Biotecnología Vegetal, impartido en el Instituto de Biotecnología de las Plantas de la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Cuba.
- ¹ Agromikroben. Riobamba, Chimborazo, Ecuador. castroalex1711@hotmail.es (autor para correspondencia; <https://orcid.org/0000-0002-2952-9667>).
- ² Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ciencias de la Educación, Humanas y Tecnologías. Riobamba, Chimborazo, Ecuador. laura.munoz@unach.edu.ec (<https://orcid.org/0009-0003-5573-7923>).
- ³ Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Instituto de Biotecnología de las Plantas. Carretera a Camajuaní, km 5.5, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. yelenys@ibp.co.cu (<https://orcid.org/0000-0003-1721-717X>).
- ⁴ Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Guaranda, Bolívar, Ecuador. dguanga@ueb.edu.ec (<https://orcid.org/0000-0002-6548-5585>).
- ⁵ Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Agroindustria, Departamento de Biología Molecular, grupo de investigación Biomasa-INVAGRO. Guaranda, Bolívar, Ecuador. darkntorres@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0003-0338-3759>).
- ⁶ Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Tungurahua, Ecuador. victorhmr83@gmail.com (<https://orcid.org/0009-0007-8050-5007>).

Resumen

Introducción. *Chionanthus pubescens* Kunth es un árbol endémico del sur de Ecuador con usos ornamentales en los pueblos de la región debido a su inflorescencia rosada. **Objetivo.** Evaluar el efecto de extractos acuosos de mojuelo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) sobre el crecimiento de plantas de arupo (*Chionanthus pubescens* Kunth) y la incidencia de *Fusarium* sp. **Materiales y métodos.** El ensayo se realizó en la provincia de Chimborazo, Ecuador, durante el año 2022. Los extractos acuosos de mojuelo de quinua se obtuvieron mediante el método de Soxhlet, y sus concentraciones se determinaron por espectrofotometría UV-VIS. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo bifactorial, con tres niveles para el factor A (extracto acuoso de mojuelo: extracto madre al 100 % y diluciones al 50 % y 75 % en agua destilada estéril; v/v) y tres niveles para el factor B (frecuencia de aplicación: cada 7, 14 y 21 días). Se evaluaron diez tratamientos, incluido un control absoluto, con tres repeticiones cada uno. En diez plantas seleccionadas al azar por tratamiento se midieron variables morfológicas (altura, número de hojas por planta y diámetro del tallo), así como la incidencia de *Fusarium* sp. **Resultados.** Las concentraciones del extracto acuoso de mojuelo al 50 % y 75 % aplicadas semanalmente promovieron un mejor desarrollo morfológico y redujeron el porcentaje de afectación por *Fusarium* sp. en las plantas de arupo, lo cual se reflejó en la altura (16,3 cm), el número de hojas (17,8), el diámetro del tallo (6,5 cm) y la incidencia de la enfermedad (50 %). **Conclusiones.** Los extractos acuosos obtenidos del mojuelo de quinua aplicados en plantas de *Chionanthus pubescens* Kunth en vivero redujeron la incidencia de marchitez por *Fusarium* sp. y favorecieron su crecimiento en las primeras etapas de desarrollo.

Palabras clave: biofungicida, cultivo andino, marchitez de las posturas, metabolitos secundarios.



Abstract

Introduction. *Chionanthus pubescens* Kunth is an endemic tree of southern Ecuador with ornamental uses in the villages of the region due to its pink inflorescence. **Objective.** To evaluate the effect of aqueous extracts of quinoa mojuelo (*Chenopodium quinoa* Willd.) on the growth of arupo plants (*Chionanthus pubescens* Kunth) and the incidence of *Fusarium* sp. **Materials and methods.** The trial was conducted in the province of Chimborazo, Ecuador, during 2022. Aqueous extracts of quinoa mojuelo were obtained using the Soxhlet method, and their concentrations were determined by UV-VIS spectrophotometry. A completely randomized block design with a bifactorial arrangement was used, with three levels for factor A (aqueous extract of mojuelo: mother extract at 100 %, and 50 % and 75 % dilutions in sterile distilled water; v/v) and three levels for factor B (application frequency: every 7, 14, and 21 days). Ten treatments were evaluated, including an absolute control, with three repetitions each. In ten randomly selected plants per treatment, morphological variables (height, number of leaves per plant, and stem diameter) were measured, as well as the incidence of *Fusarium* sp. **Results.** The 50 % and 75 % aqueous extract concentrations applied weekly promoted better morphological development and reduced the percentage of *Fusarium* sp. incidence in arupo plants, as reflected in height (16.3 cm), number of leaves (17.8), stem diameter (6.5 cm), and disease incidence (50 %). **Conclusions.** Aqueous extracts obtained from quinoa mojuelo applied to *Chionanthus pubescens* Kunth plants in nursery conditions reduced the incidence of *Fusarium* wilt and favored their growth in the early stages of development.

Keywords: bio-fungicide, Andean crop, damping-off, secondary metabolites.

Introducción

En Ecuador, la familia Oleaceae está representada por un género (*Chionanthus*) y tres especies (*C. colochensis*, *C. implicatus* L. y *C. pubescens* Kunth) (Palacios, 2011). *Chionanthus pubescens* Kunth, conocida como “arupo”, es un árbol endémico del sur de Ecuador y el norte de Perú que crece en la región tropical húmeda. Esta especie tiene usos ornamentales debido a su inflorescencia rosada y es común en los pueblos de la región andina, desde Loja hasta Carchi (Añazco Romero et al., 2021). Su madera se emplea para fabricar los extremos de herramientas y rodillos para molinos caseros (Lojan, 2003), y sus semillas son materia prima para crear accesorios de moda respetuosos con el medioambiente (Vargas Arguello, 2010). Crece en altitudes que van desde 1800 hasta 3050 m s. n. m., con temperaturas promedio de 11-21 °C, precipitaciones de 300 a 1500 mm y una humedad relativa de 79 % (Peralta, 2017).

Las especies de plantas forestales tienen una gran importancia económica y medioambiental. Sin embargo, la incidencia de enfermedades causadas por hongos puede ocasionar pérdidas cuantiosas, principalmente en la etapa de vivero (Cuzco Cruz et al., 2022; Landis, 2013). Uno de los factores que limita la producción de esta especie forestal en viveros es la afectación provocada por el hongo fitopatógeno del género *Fusarium* (Tapia & Amaro, 2014). Los primeros síntomas incluyen marchitez de hojas y tallos jóvenes, amarillamiento, defoliación y muerte de las plántulas (Retana et al., 2018). Aunque los plaguicidas sintéticos se utilizan como método de control, la búsqueda de alternativas más sostenibles y seguras para el ambiente y la salud humana sigue siendo un área de interés para la investigación global (Casas Pinzón & Cristancho Vega, 2022).

Una alternativa prometedora es el uso de extractos de semillas de quinua, que contienen diversos metabolitos secundarios (saponinas, fitoesteroles, fitocisteroides, compuestos fenólicos, polisacáridos y proteínas y péptidos bioactivos) con importantes actividades biológicas (El Hazzam et al., 2020). La actividad antifúngica se atribuye principalmente a daños en la membrana celular (Colson et al., 2020; Kuljanabhagavad & Wink, 2009). Sin embargo,

se dispone de información limitada acerca de las concentraciones y frecuencias de aplicación de saponinas de quinua en plantas de arupo (*C. pubescens*) bajo condiciones de vivero. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de extractos acuosos de mojuelo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) sobre el crecimiento de plantas de arupo (*Chionanthus pubescens* Kunth) y la incidencia de *Fusarium* sp.

Materiales y métodos

Sitio de estudio, material vegetal y condiciones de cultivo

La investigación se llevó a cabo entre abril y junio de 2022, en el cantón Chambo, en la provincia de Chimborazo, Ecuador (1° 42' 46.77" S, 78° 36' 31.31" O), a una altitud de 2400 m n. s. m. El clima de la región es templado, con una temperatura media de 14 °C. El área de estudio se caracteriza por tener una estación lluviosa entre octubre y abril, y una seca entre mayo y septiembre, con una pluviosidad media anual de 600 a 700 mm (Instituto Geográfico Militar, 2022).

Las plantas de arupo (*C. pubescens*) se obtuvieron a partir de semillas sembradas en bolsas de polietileno negro (13,5 × 16 cm) con un sustrato compuesto por suelo, arena de río y abono orgánico (compost) en una proporción de 2:1:1 (Quishpe Ibujés, 2009). El suelo utilizado para preparar el sustrato procedía del cultivo de plantas descartadas previamente por incidencia de marchitez por *Fusarium* sp., y se comprobó en el laboratorio la presencia del hongo fitopatógeno (10^4 - 10^6 ufc/g de suelo) vía taxonomía clásica en medio de cultivo agar de dextrosa de papa (PDA) (Tapia & Amaro, 2014), el cual se mezcló con el resto de los componentes. A los 150 días después de la siembra se seleccionaron las plantas para en ensayo, según su uniformidad en altura (5-6 cm), diámetro y número de foliolos (3-4 hojas). De las plantas con síntomas de marchitez por *Fusarium* sp. (clorosis, defoliación, muerte, etc.) se hicieron preparaciones directas en lactofenol y se observaron al microscopio óptico (Olympus) con aumentos de 100x y 4000x para comprobar la presencia del hongo fitopatógeno.

Obtención del extracto de saponinas

El extracto acuoso madre se obtuvo a partir del mojuelo resultante del proceso de desaponificación en seco por abrasión mecánica de los granos de quinua mediante el método de Soxhlet (Naik et al., 2022). Para preparar el extracto madre, se empleó una proporción de mojuelo y agua de 1:3, partiendo de 200,0 g. Se hicieron tres extracciones sucesivas, y el ciclo completo duró aproximadamente cinco horas. A partir del extracto madre (100 %) se prepararon diluciones con agua desionizada estéril. La concentración de saponinas en el extracto madre y en las diluciones (Cuadro 1) se determinó por medio del método espectrofotométrico UV-VIS con el uso del reactivo de Lieberman-Burchard, según la metodología descrita por Monje & Raffaillac (2006) y Mora-Ocación et al. (2022). Las lecturas de absorbancia se realizaron a 528 nm en espectrofotómetro (Thermo Electron Helios β) y la concentración de saponinas se expresó en mg/mL.

Aplicación del extracto

La aplicación de los extractos se efectuó mediante aspersión foliar y al suelo, con el uso de una bomba de motor equipada con una barra de tres boquillas de 52 nm de diámetro. Cada tratamiento consistió en la aplicación de 50 mL de extracto a un grupo de diez plantas de arupo (*C. pubescens*). Los tratamientos se diferenciaron por la concentración del extracto acuoso de mojuelo (extracto madre al 100 %, diluido al 50 % y diluido al 75 % en agua

Cuadro 1. Concentración de saponinas en extractos acuosos de mojuelo de *Chenopodium quinoa* Willd. empleados para la evaluación en una muestra de diez plantas de *Chionanthus pubescens* Kunth en etapa de vivero en Chimborazo, Ecuador. 2022.

Table 1. Concentration of saponins in aqueous extracts of *Chenopodium quinoa* Willd. mojuelo used for evaluation in a sample of ten *Chionanthus pubescens* Kunth plants in the nursery stage in Chimborazo, Ecuador. 2022.

Concentración del extracto acuoso (%)	Absorbancia UV/VIS $\lambda=528$ nm	Absorbancia	Concentración de saponinas (mg mL ⁻¹)
100 (sin diluir)	4,495	2,806	0,610
75	4,432	2,743	0,596
50	3,840	2,151	0,467

destilada estéril; v/v) y por la frecuencia de aplicación, que fue cada 7, 14 o 21 días. Las aplicaciones se iniciaron al momento de establecer los tratamientos y se repitieron según la frecuencia asignada, hasta alcanzar los 70 días, momento en el cual se evaluaron las variables de interés.

Variables evaluadas

A los 70 días de iniciados los tratamientos se seleccionaron al azar diez plantas por tratamiento y se evaluaron las siguientes variables: a) altura de las plantas (cm), que se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la planta con una regla graduada; b) número de hojas por planta, el cual se determinó mediante un conteo manual en cada planta, y c) diámetro del tallo (cm), que se midió a 2 cm desde el suelo con un calibrador digital (pie de rey). La incidencia de marchitez por *Fusarium* sp. se evaluó a partir de la presencia de los síntomas descritos por Morante (2018). El resultado se expresó en porcentaje por medio de la ecuación 1 (Zhang et al., 2022).

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{Número de plantas con síntomas de } Fusarium \text{ sp.}}{\text{Número de plantas totales/tratamiento}} \times 100 \quad (1)$$

Análisis estadístico

El experimento se condujo bajo un diseño de bloques completamente al azar con arreglo bifactorial $3 \times 3 + 1$, que incluyó tres niveles para el factor A (extracto acuoso de mojuelo: extracto madre (100 %), diluido al 50 % y diluido al 75 % en agua destilada estéril; v/v) y tres niveles para el factor B (frecuencia de aplicación: cada 7, 14 y 21 días), además de un control al que se aplicó agua. Esto resultó en un total de diez tratamientos distribuidos en tres bloques, con 30 unidades experimentales por cada bloque, para un total de 90 unidades experimentales (Cuadro 2). Cada unidad experimental en este estudio correspondió a un conjunto de diez plantas de arupo (*C. pubescens*) que fueron seleccionadas al azar por cada tratamiento. Previo al análisis estadístico se verificó la normalidad de los datos mediante el test de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) y la homocedasticidad con el test de Levene ($p > 0,05$). Los datos que cumplieron con estos supuestos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y, en el caso de diferencias significativas, se aplicó la prueba de rango múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$). El análisis estadístico se llevó a cabo con el programa STATISTICA, versión 12.0 para Windows (StatSoft, 2014).

Cuadro 2. Tratamientos empleados para la evaluación del efecto del extracto de *Chenopodium quinoa* Willd. en una muestra de diez plantas de *Chionanthus pubescens* Kunth en etapa de vivero en Chimborazo, Ecuador. 2022.

Table 2. Treatments used to evaluate the effect of *Chenopodium quinoa* Willd. extract on a sample of ten *Chionanthus pubescens* Kunth plants in the nursery stage in Chimborazo, Ecuador. 2022.

Extracto acuoso de mojuelo (Factor A)	Frecuencia de aplicación (Factor B)	Tratamientos (A × B)
50 %	7	T 1 = extracto 50 × cada 7 días
	14	T 2 = extracto 50 × cada 14 días
	21	T 3 = extracto 50 × cada 21 días
75 %	7	T 4 = extracto 75 × cada 7 días
	14	T 5 = extracto 75 × cada 14 días
	21	T 6 = extracto 75 × cada 21 días
Extracto madre 100 %	7	T 7 = extracto 100 × cada 7 días
	14	T 8 = extracto 100 × cada 14 días
	21	T 9 = extracto 100 × cada 21 días
		T 10 = Control

Resultados

Altura

El análisis de varianza del efecto de las concentraciones de extracto acuoso de mojuelo (50, 75 y 100 %) y la interacción entre las concentraciones y la frecuencia de aplicación (7, 14 y 21 días) no mostró diferencias significativas para la variable altura de las plantas de arupo (*C. pubescens*) ($p > 0,05$) a los 70 días después de iniciados los tratamientos. Solo se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en la altura para el factor frecuencia de aplicación. Esta disminuyó a medida que aumentó el tiempo entre aplicaciones del extracto (foliar y al sustrato) ($R^2 = 0,9843$). Con la aplicación semanal se obtuvo la mayor altura, con diferencias significativas con respecto al resto de los tratamientos (Figura 1).

Número de hojas por planta

El análisis de varianza para el número de hojas de las plantas de arupo (*C. pubescens*) a los 70 días después del inicio de los tratamientos mostró diferencias significativas ($p \leq 0,05$) para los factores concentración, frecuencia de aplicación y su interacción. La aplicación del extracto de mojuelo incrementó significativamente el número de hojas en las plantas de *C. pubescens*. La mayor cantidad de hojas (17,8) se obtuvo con la aplicación del extracto acuoso al 75 % ($0,596 \text{ mg mL}^{-1}$) cada 7 días, sin diferencias significativas con el tratamiento de 50 % cada 7 días, pero con diferencias significativas respecto a los demás tratamientos. La menor cantidad de hojas (12,8 y 12,5) se observó en los tratamientos con extracto al 100 % aplicados cada 14 y 21 días, respectivamente. El control presentó el menor valor (9,1 hojas) (Cuadro 3).

Diámetro del tallo

El análisis de varianza del efecto de la concentración de extracto acuoso de mojuelo (50, 75 y 100 %) y la interacción entre las concentraciones y la frecuencia de aplicación (7, 14 y 21 días) no mostró diferencias

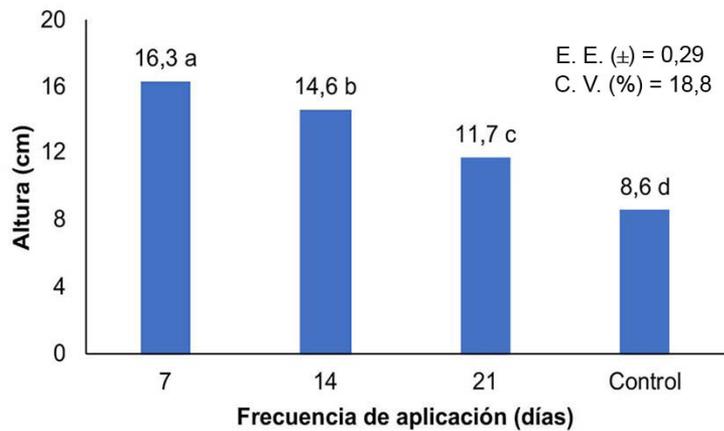


Figura 1. Altura de plantas de *Chionanthus pubescens* Kunth en relación con la frecuencia de aplicación de extractos acuosos de mojuelo de *Chenopodium quinoa* Willd. a los 70 días después de iniciados los tratamientos, en etapa de vivero en Chimborazo, Ecuador. 2022.

Medias con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas, según Tukey ($p \leq 0,05$).

E. E.: Error estándar, **C. V.:** Coeficiente de variación.

Figure 1. Height of *Chionanthus pubescens* Kunth plants in relation to the frequency of application of aqueous extracts of *Chenopodium quinoa* Willd. mojuelo, 70 days after the treatments began, in the nursery stage in Chimborazo, Ecuador. 2022.

Means with different letters indicate significant statistical differences, according to Tukey ($p \leq 0,05$).

E. E.: Standard error, **C. V.:** Coefficient of variation.

Cuadro 3. Influencia de la concentración del extracto acuoso de mojuelo de *Chenopodium quinoa* Willd. y la frecuencia de aplicación sobre el número de hojas de *Chionanthus pubescens* Kunth a los 70 días después de iniciados los tratamientos, en etapa de vivero en Chimborazo, Ecuador. 2022.

Table 3. Influence of the concentration of aqueous extract of *Chenopodium quinoa* Willd. mojuelo and the frequency of application on the number of leaves of *Chionanthus pubescens* Kunth, 70 days after the treatments began, in the nursery stage in Chimborazo, Ecuador. 2022.

Tratamientos	Número de hojas/planta
50 % × cada 7 días	14,6 ab
50 % × cada 14 días	12,5 b
50 % × cada 21 días	12,5 b
75 % × cada 7 días	17,8 a
75 % × cada 14 días	14,4 b
75 % × cada 21 días	12,7 b
100 % × cada 7 días	11,4 b
100 % × cada 14 días	12,8 b
100 % × cada 21 días	12,5 b
Control	9,1 c
E. E. (±)	0,31
C. V. (%)	20,8

Medias con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas, según Tukey ($p \leq 0,05$). **E. E.:** Error estándar. **C. V.:** Coeficiente de variación. / Means with different letters indicate significant statistical differences, according to Tukey ($p \leq 0,05$). **E. E.:** Standard error. **C. V.:** Coefficient of variation.

significativas para la variable diámetro del tallo de las plantas de arupo (*C. pubescens*) ($p > 0,05$) a los 70 días después de iniciados los tratamientos. Solo se hallaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) para las frecuencias de aplicación. Los mayores valores de diámetro del tallo se registraron en los tratamientos con aplicaciones cada 7 y 14 días, sin diferencias significativas entre estos, pero sí en comparación con las aplicaciones cada 21 días y el control (Figura 2).

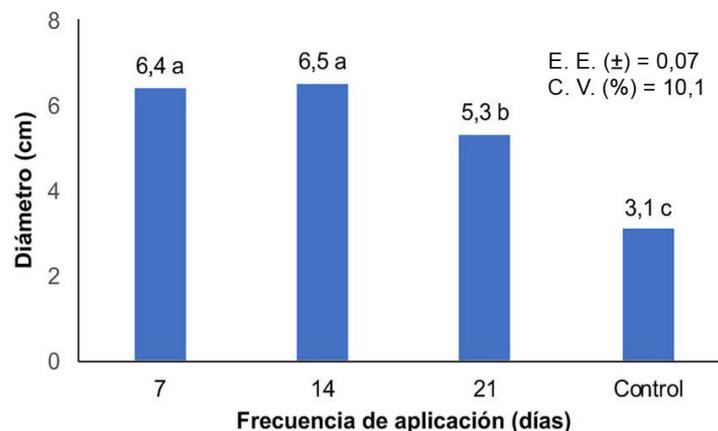


Figura 2. Diámetro del tallo de plantas de *Chionanthus pubescens* Kunth en relación con la frecuencia de aplicación de extracto acuoso de mojuelo de *Chenopodium quinoa* Willd. a los 70 días después de iniciados los tratamientos, en etapa de vivero en Chimborazo, Ecuador. 2022.

Medias con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas, según Tukey ($p \leq 0,05$).

E. E.: Error estándar. **C. V.:** Coeficiente de variación.

Figure 2. Stem diameter of *Chionanthus pubescens* Kunth plants in relation to the frequency of application of aqueous extract of *Chenopodium quinoa* Willd. mojuelo, 70 days after the treatments began, in the nursery stage in Chimborazo, Ecuador. 2022.

Means with different letters indicate significant statistical differences, according to Tukey ($p \leq 0,05$)

E. E.: Standard error. **C. V.:** Coefficient of variation.

Incidencia de marchitez por *Fusarium* sp.

La marchitez por *Fusarium* en las plantas de arupo (*C. pubescens*) se presentó con los síntomas típicos de la enfermedad de marchitez y muerte posterior de las plantas descritos previamente para especies forestales en viveros. En los análisis de laboratorio se comprobó la presencia de estructuras de reproducción del género *Fusarium* sp. en las plantas afectadas. El análisis de varianza para la variable incidencia de la enfermedad en plantas de arupo (*C. pubescens*) a los 70 días después del inicio de los tratamientos mostró diferencias significativas para la interacción entre la concentración del extracto y la frecuencia de aplicación. Los menores porcentajes de afectación por la marchitez de las posturas, causada por el hongo fitopatógeno *Fusarium* sp., se observaron con las concentraciones de 50 % y 75 % (0,467 y 0,596 mg mL⁻¹) aplicadas cada 7 días, sin diferencias significativas entre ellas, pero sí respecto al extracto sin diluir (100 %) (0,610 mg mL⁻¹) y el control (85,1 %) (Cuadro 4).

La incidencia de marchitez por *Fusarium* sp. aumentó a medida que el tiempo entre aplicaciones fue mayor. El menor valor de incidencia de marchitez por *Fusarium* sp. se observó en las plantas con aplicaciones cada 7 días, con diferencias significativas respecto a los demás tratamientos. No se hallaron diferencias significativas entre las frecuencias de aplicación de 14 y 21 días, aunque sí en comparación con el control.

Cuadro 4. Influencia de la concentración del extracto acuoso de mojuelo de *Chenopodium quinoa* Willd. y la frecuencia de aplicación sobre la incidencia de marchitez por *Fusarium* sp. en plantas de *Chionanthus pubescens* Kunth a los 70 días después de iniciados los tratamientos, en etapa de vivero en Chimborazo, Ecuador. 2022.

Table 4. Influence of the concentration of aqueous extract of *Chenopodium quinoa* Willd. mojuelo and the frequency of application on the incidence of wilt caused by *Fusarium* sp. in *Chionanthus pubescens* Kunth plants, 70 days after the treatments began, in the nursery stage in Chimborazo, Ecuador. 2022.

Tratamientos	Incidencia (%)
50 % × cada 7 días	53,3 d
50 % × cada 14 días	70,0 bc
50 % × cada 21 días	76,7 b
75 % × cada 7 días	50,0 d
75 % × cada 14 días	70,0 bc
75 % × cada 21 días	66,7 c
100 % × x cada 7 días	66,7 c
100 % × cada 14 días	83,3 a
100 % × cada 21 días	73,3 bc
Control	84,8 a
E. E. (±)	1,3
C. V. (%)	17,8

Medias con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas, según Tukey ($p \leq 0,05$). **E. E.:** Error estándar. **C. V.:** Coeficiente de variación. / Means with different letters indicate significant statistical differences, according to Tukey ($p \leq 0.05$). **E. E.:** Standard error. **C. V.:** Coefficient of variation.

Discusión

La estimulación del crecimiento de plantas mediada por la aplicación de extractos de saponinas de diferentes especies vegetales ha sido reportada por otros autores (Al-Mughrabi et al., 2010; Andresen et al., 2014). Sin embargo, son escasos los registros de su uso en especies forestales cultivadas en vivero, ya que la mayoría de las investigaciones se refieren a sus actividades biológicas (Casas Pinzón & Cristancho Vega, 2022; Hernández-Ledesma, 2019; Singh & Kaur, 2018). Las semillas de *C. pubescens* tienen una dormancia prolongada, cuya germinación natural toma entre 80 y 112 días (Quishpe Ibujés, 2009) y que, aun con tratamientos pregerminativos para favorecer este proceso, tales como la escarificación, solo alcanza un 39,22 % (Añazco Romero et al., 2021). El efecto estimulante de las saponinas triterpenoides en el crecimiento de las plantas se ha atribuido a su capacidad surfactante, la cual favorece una mayor disponibilidad de agua para las plantas y su interferencia con reguladores del crecimiento como el etileno (Durán et al., 2022).

El crecimiento en vivero de esta especie es lento, con incrementos en altura en el tratamiento control de 5,4 cm a 14,4 cm en 70 días (0,12 cm/día), lo que está mediado por sus características intrínsecas y las condiciones del entorno de cultivo: altitud (1800-3050 m s. n. m.), temperatura (11-21 °C), precipitaciones (300-1500 mm) y humedad relativa (79,0 %) (Peralta, 2017). Los resultados obtenidos en la presente investigación coinciden con los reportados por Córdova Tigse (2018), quien observó que los extractos de saponina de quinua también promovieron un aumento en la altura, el número de hojas y el diámetro del tallo de las plantas de arupo (*C. pubescens*).

La incidencia de la marchitez por *Fusarium* fue elevada en un sustrato que contenía suelo infectado de manera natural y donde previamente se habían descartado plantas enfermas, lo cual garantizó una densidad de inóculo que permitió la expresión de los síntomas durante el ensayo. Los hallazgos concuerdan con lo informado por Zhou et al. (2023), quienes reportaron una disminución significativa en la incidencia de esta enfermedad en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*) tras la aplicación de saponinas de quinua. Resultados similares fueron obtenidos por Naqvi et al. (2023) en el mismo cultivo, con el empleo de extractos de tallos de *Chenopodium murale* L.

Los hallazgos de esta investigación refuerzan estudios previos que señalan que el uso de saponinas reduce la incidencia de enfermedades en plantas (Abdelrahman & Jogaiah, 2020). Por ejemplo, las saponinas de *Atriplex nummularia* Lindl. se han utilizado para disminuir el *damping-off* en plántulas de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) (Aly et al., 2000). De manera similar, saponinas de quinua (producto comercial HeadsUp®) han demostrado eficacia contra enfermedades de la papa (Al-Mughrabi et al., 2010), el síndrome de muerte súbita y la pudrición del tallo por *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary en soya (*Glycine max* [L.] Merrill) (Navi & Yang, 2016). La utilización de saponinas triterpénicas puede activar la resistencia sistémica adquirida en las plantas, lo que las convierte en una herramienta valiosa para el manejo integrado de plagas (Trdá et al., 2019).

Las saponinas son una parte esencial del sistema de defensa de las plantas y se encuentran en diversos cultivos; entre ellas, las saponinas triterpénicas se han reportado en miembros de la subfamilia Chenopodiaceae, a la cual pertenece la quinua (Zaynab et al., 2021). La concentración del extracto es un factor determinante para obtener resultados efectivos en el control de *Fusarium*. La mayoría de las investigaciones relacionadas con la actividad antifúngica de los extractos de saponinas de quinua contra *Fusarium* se han realizado bajo condiciones de laboratorio (Chaudhary et al., 2023; El Hazzam et al., 2020; McCartney et al., 2019; Villacrés et al., 2022). La actividad biológica de las saponinas y su efecto se debe a las interacciones sinérgicas que se producen entre los múltiples componentes del extracto (Woldemichael & Wink, 2001).

Conclusiones

Los extractos acuosos obtenidos a partir del mojuelo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) aplicados a plantas de arupo (*Chionanthus pubescens* Kunth) en vivero, redujeron significativamente la incidencia de marchitez por *Fusarium* y favorecieron el crecimiento morfológico en las primeras etapas de desarrollo. La aplicación semanal del extracto destacó como un factor clave para maximizar los beneficios del tratamiento, lo que resalta su potencial como alternativa natural a los agroquímicos convencionales. Estos hallazgos refuerzan la importancia del uso de bioinsumos en la agricultura sostenible, al disminuir la dependencia de productos sintéticos y minimizar los impactos ambientales negativos. Además, el aprovechamiento de subproductos agrícolas como fuente de compuestos bioactivos contribuye a la economía circular y la reducción de residuos, e impulsa un modelo productivo más sostenible y resiliente. El uso de extractos de saponina en sistemas de producción forestal puede representar una solución innovadora para mejorar la sanidad vegetal y fortalecer la seguridad ambiental en los viveros.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la empresa Agromikroben por su valiosa contribución.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses financieros ni personales que puedan influir inapropiadamente en el desarrollo de esta investigación.

Referencias

- Abdelrahman, M., & Jogaiah, S. (2020). Isolation and characterization of triterpenoid and steroidal saponins. In M. Abdelrahman & S. Jogaiah (Eds.), *Bioactive molecules in plant defense* (pp. 59–78). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61149-1_6
- Al-Mughrabi, K. I., Vikram, A., & Poirier, R. (2010). Effect of saponins of *Chenopodium quinoa* applied as seed or foliar treatments on dry rot, common scab and black scurf diseases of potato. *The Americas Journal of Plant Science and Biotechnology*, 4(2), 65–70.
- Aly, A. A., Omar, S. A., Zayed, S. M. E., & Mansour, M. T. M. (2000). Use of saponin-containing *Atriplex nummularia* to suppress damping-off of cotton seedlings. *Journal of Plant Production*, 25(12), 7621–7631. <https://dx.doi.org/10.21608/jpp.2000.260257>
- Andresen, M., Wulff, E. G., Mbega, E. R., Stokholm, M. S., Glazowska, S. E., Zida, P. E., Mabagala, R. B., & Lund, O. S. (2014). Seed treatment with an aqueous extract of *Agave sisalana* improves seed health and seedling growth of sorghum. *European Journal of Plant Pathology*, 141, 119–132. <https://doi.org/10.1007/s10658-014-0530-6>
- Añazco Romero, M. J., Haro Mediavilla, B. S., & Vizcaíno Pantoja, M. I. (2021). Pre-germinative treatments applied to *Chionanthus pubescens* and *C. virginicus* seeds for sexual propagation. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, 51, Article e66875. <https://doi.org/10.1590/1983-40632021v51166875>
- Casas Pinzón, M. M., & Cristancho Vega, J. A. (2022). *Determinación de la actividad plaguicida de las saponinas presentes en la cáscara de las semillas de la especie vegetal quinua (Chenopodium quinoa) para aplicación en cultivos de fresa (Fragaria albión)* [Tesis de grado, Corporación Tecnológica de Bogotá]. Repositorio de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/5005>
- Chaudhary, N., Walia, S., & Kumar, R. (2023). Functional composition, physiological effect and agronomy of future food quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 118, Article 105192. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105192>
- Colson, E., Savarino, P., Claereboudt, E. J. S., Cabrera-Barjas, G., Deleu, M., Lins, L., Eeckhau, I., Flammang, P., & Gerbaux, P. (2020). Enhancing the membranolytic activity of *Chenopodium quinoa* saponins by fast microwave hydrolysis. *Molecules*, 25(7), Article 1731. <https://doi.org/10.3390/molecules25071731>
- Córdova Tigse, S. V. (2018). *Evaluación del efecto de la aplicación del fertilizante en las plantas de Chionanthus pubescens K. (arupo), parroquia la península, cantón Ambato, provincia de Tungurahua* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/8732>
- Cuzco Cruz, M. E., Quiñonez Bustos, J. P., Meza Cabrera, W. G., & Loqui Sánchez, A. J. (2022). Caracterización molecular y morfológica del género *Pythium* provenientes de especies forestales. *RECIAMUC*, 6(2), 375–387. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(2\).mayo.2022.375-387](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(2).mayo.2022.375-387)

- Durán, A. G., Calle, J. M., Butrón, D., Pérez, A. J., Macías, F. A., & Simonet, A. M. (2022). Steroidal Saponins with Plant Growth Stimulation Effects; *Yucca schidigera* as a Commercial Source. *Plants*, *11*(23), Article 3378. <https://doi.org/10.3390/plants11233378>
- El Hazzam, K., Hafsa, J., Sobeh, M., Mhada, M., Taourirte, M., El Kacimi, K., & Yasri, A. (2020). An insight into saponins from Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): A review. *Molecules*, *25*(5), Article 1059. <https://doi.org/10.3390/molecules25051059>
- Hernández-Ledesma, B. (2019). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as source of bioactive compounds: a review. *Bioactive Compounds in Health and Disease*, *2*(3), 27–47. <https://doi.org/10.31989/bchd.v2i3.556>
- Instituto Geográfico Militar. (2012). Cantón Chambo. Generación de geoinformación para gestión del territorio a nivel nacional escala 1:25.000. *Clima e Hidrología*. Ministerio de Defensa Nacional, Instituto Espacial Ecuatoriano, y Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. https://www.geoportaligm.gob.ec/descargas_prueba/chambo.html
- Kuljanabhadgavad, T., & Wink, M. (2009). Biological activities and chemistry of saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. *Phytochemistry Reviews*, *8*(4), 473–490. <https://doi.org/10.1007/s11101-009-9121-0>
- Landis, T. D. (2013). Forest nursery pests: Damping-off. *Winter Forest Nursery Notes*, *2013*, 25-32. <https://rngr.net/publications/fnn/2013-winter/2013-winter-forest-nursery-notes-publications-by-article/forest-nursery-pests-damping-off>
- Lojan, L. (2003). *El verdor de los Andes ecuatorianos: realidades y promesas*. Proyecto Desarrollo Forestal Participativo en los Andes.
- McCartney, N. B., Ahumada, M. I., Muñoz, M. P., Rosales, I. M., Fierro, A. M., & Chorbadjian, R. A. (2019). Effects of saponin-rich quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bran and bran extract in diets of adapted and non-adapted quinoa pests in laboratory bioassays. *Ciencia e Investigación Agraria*, *46*(2), 125–136. <http://dx.doi.org/10.7764/rcia.v45i2.2159>
- Monje, Y., & Raffailac, J. P. (2006, abril 5-7). *Determinación de saponina total en quinua (Chenopodium quinoa Willd.) método espectrofotométrico* [Presentación en conferencia]. IV Congreso Nacional de la Asociación Boliviana de Protección Vegetal, Oruro, Bolivia.
- Mora-Ocación, M. S., Morillo-Coronado, A. C., & Manjarres-Hernández, E. H. (2022). Extraction and quantification of saponins in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Genotypes from Colombia. *International Journal of Food Science*, *1*, Article 7287487. <https://doi.org/10.1155/2022/7287487>
- Morante, M. C. (2018). Wilt disease of tara (*Caesalpinia spinose* Molina Kuntz) in nursery in the inter Andean Valley of Cochabamba, Bolivia. *American Journal of Plant Sciences*, *9*(9), 1963–1973. <https://doi.org/10.4236/ajps.2018.99142>
- Naik, P. M., Sudheer, W. N., Dubey, S., Surya Ulhas, R., & Praveen, N. (2022). *In Vitro* Production of Saponins. In T. Belwal., M. I. Georgiev., & J. M. Al-Khayri (Eds.) *Nutraceuticals production from plant cell factory* (pp. 229–263). Springer.
- Naqvi, S. F., Javaid, A., & Khan, I. H. (2023). Fungicidal activity of stem extract of *Chenopodium murale* L. against the pathogen of *Fusarium* wilt of tomato. *Allelopathy Journal*, *59*(1), 69–80. <https://doi.org/10.26651/allelo.j/2023-59-1-1432>
- Navi, S., & Yang, X. (2016). Summary of 11-year field trials of using Heads Up®-a Saponin plant protectant to manage soybean diseases. *Phytopathology*, *106*(12), 50–51.
- Palacios, W. (2011). *Árboles del Ecuador*. Ministerio del Ambiente.
- Peralta, E. (2017). *El arupo (Chionanthus pubescens Kunth), árbol ornamental con potencial de uso en Ecuador*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4298>

- Quishpe Ibujés, J. A. (2009). *Evaluación de seis tratamientos pre germinativos y cuatro tipos de sustratos para la propagación de Arupo (Chionanthus pubescens Kunth)* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/708>
- Retana, K., Ramírez-Coche, J. A., Castro, O., & Blanco-Meneses, M. (2018). Caracterización morfológica y molecular de *Fusarium oxysporum* f. sp. *apii* asociado a la marchitez del apio en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 42(1), 115–126. <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v42i1.32199>
- Singh, B., & Kaur, A. (2018). Control of insect pests in crop plants and stored food grains using plant saponins: a review. *LWT*, 87, 93–101. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.077>
- StatSoft. (2014). *Statistica* (12.0) [Software]. www.statsoft.com
- Tapia, C., & Amaro, J. (2014). Género *Fusarium*. *Revista Chilena de Infectología*, 31(1), 85–86. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182014000100012>
- Trdá, L., Janda, M., Macková, D., Pospíchalová, R., Dobrev, P. I., Burketová, L., & Matušinsky, P. (2019). Dual mode of the saponin aescin in plant protection: antifungal agent and plant defense elicitor. *Frontiers in Plant Science*, 10, Article 1448. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01448>
- Vargas Arguello, C. E. (2010). *Uso de materiales biodegradables para accesorios de moda* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/6575>
- Villacrés, E., Quelal, M., Galarza, S., Iza, D., & Silva, E. (2022). Nutritional value and bioactive compounds of leaves and grains from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Plants*, 11(2), Article 213. <https://doi.org/10.3390/plants11020213>
- Woldemichael, G. M., & Wink, M. (2001). Identification and biological activities of triterpenoid saponins from *Chenopodium quinoa*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(5), 2327–2332. <https://doi.org/10.1021/jf0013499>
- Zaynab, M., Sharif, Y., Abbas, S., Afzal, M. Z., Qasim, M., Khalofah, A., Ansari, M. J., Khan, K. A., Tao, L., & Li, S. (2021). Saponin toxicity as key player in plant defense against pathogens. *Toxicon*, 193, 21–27. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2021.01.009>
- Zhang, R., Yin, J., Sui, Z., Han, L., Li, Y., & Huang, J. (2022). Biocontrol of antifungal volatiles produced by *Ceriporia lacerate* HG2011 against citrus fruit rot incited by *Penicillium* spp. *Postharvest Biology and Technology*, 194, Article 112094. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112094>
- Zhou, X., Guo, H., Zhang, L., Yang, L., Wei, Z., Zhang, X., & Niu, Y. (2023). Crude saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. reduce *Fusarium* Wilt infection in tomato seedlings. *Horticulturae*, 9(12), Article 1340. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9121340>