

HYDROPRIMING Y FERTILIZANTE LÍQUIDO DE TRUCHA (*Oncorhynchus mykiss*) EN EL INCREMENTO DE LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO RADICULAR EN SEMILLAS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) Y CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)

Hydropriming and liquid fertilizer of trout (*Oncorhynchus mykiss*) on the increase of germination and root growth in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) sedes

Gladys J. Chipana Mendoza¹

RESUMEN

El fertilizante líquido de pescado es buena fuente de nitrógeno, fósforo y proteína que son nutrientes esenciales en las plantas, el hydropriming implica remojar las semillas en agua y secarlas, para mejorar su germinación. Un porcentaje de las semillas de quinua y cañahua del Banco de Germoplasma de Granos Andinos, tienen baja germinación, en ese sentido, el objetivo de la investigación es evaluar el efecto del hydropriming y fertilizante líquido de trucha en el incremento de la germinación y crecimiento radicular en semillas de quinua y cañahua. La investigación se desarrolló en el laboratorio Banco de Germoplasma de Granos Andinos, La Paz (Bolivia). Se tomó una muestra de 100 semillas de tres accesiones de quinua y cañahua, se evaluaron cuatro tratamientos: testigo (100%:0%), tratamiento 1 (99.90%; 0.10%), tratamiento 2 (99.75%;0.25%), tratamiento 3 (99.50%;0.50%) y tratamiento 4 (99.25%;0.75%) con tres repeticiones, el tiempo de remojo fue 12 horas a temperatura ambiente, después fueron secadas y dispuestas en cajas Petri, luego se introdujeron a la cámara germinadora durante siete días a una temperatura de 17°C, la longitud de la radícula (mm) fue determinada mediante un vernier electrónico. La combinación de 99.50% de agua destilada con 0.50% de fertilizante líquido de trucha es el óptimo para alcanzar mayor porcentaje de germinación y longitud radicular en semillas de quinua y cañahua que registran bajos porcentajes de germinación inicial. La combinación de 99.25% de agua destilada con 0.75% de fertilizante líquido de trucha reflejó disminución en ambas variables, que según investigaciones similares es debido al incremento del pH y disminución de la CE. Este método puede ser considerado como una estrategia para recuperar la semilla que registra bajos porcentajes de germinación, además de ser económicamente viable y fácilmente aplicable con insumos que son accesibles por los bancos de germoplasma que tienen dificultades en refrescar periódicamente las accesiones que tienen bajo su custodia.

Palabras clave: N P K, granos andinos, hydropriming, fertilizante líquido de trucha, banco de germoplasma.

ABSTRACT

Liquid fish fertilizer is a good source of nitrogen, phosphorus and protein, which are essential plant nutrients. hydropriming involves soaking the seeds in water and drying them to improve germination. A percentage of quinoa and cañahua seeds from the Andean Grains Germplasm Bank have low germination, so the objective of the research is to evaluate the effect of hydropriming and liquid trout fertilizer in increasing germination and root growth in quinoa and cañahua seeds. The research was carried out in the laboratory of the Banco de Germoplasma de Granos Andinos, La Paz (Bolivia). A sample of 100 seeds was taken from three accessions of quinoa and cañahua, four treatments were evaluated: control (100%:0%), treatment 1 (99.90%; 0.10%), treatment 2 (99.75%;0.25%), treatment 3 (99.50%;0.50%) and treatment 4 (99.25%;0.75%) with three replicates, the soaking time was 12 hours at room temperature, then they were dried and arranged in Petri boxes, then introduced into the germination chamber for seven days at a temperature of 17°C, the length of the radicle (mm) was determined by an electronic vernier. The combination of 99.50% distilled water with 0.50% liquid trout fertilizer is the optimum to achieve higher germination percentage and root length in quinoa and cañahua seeds that have low initial germination percentages. The combination of 99.25% distilled water with 0.75% liquid trout fertilizer showed a decrease in both variables, which according to similar research is due to an increase in pH and a decrease in EC. This method can be considered as a strategy to recover seed that registers low germination percentages, besides being economically viable and easily applicable with inputs that are accessible to germplasm banks that have difficulties in periodically refreshing the accessions under their custody.

Keywords: N P K, Andean grains, hydropriming, liquid trout fertilizer, germplasm bank.

¹ ✉ Docente y Docente Investigadora, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8014-0385>. gjchipana@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El hydropriming es una técnica muy accesible y económica que implica remojar las semillas en agua y luego secarlas, esta técnica es eficiente para mejorar la germinación de semillas (Forti et al., 2020). Dipsikha et al. (2021) definen el hycropriming como la exposición de los granos a una disponibilidad restringida de agua en condiciones controladas que permiten que se produzcan algunos de los procesos fisiológicos de la germinación, esta técnica provoca varios cambios en la estructura fisiológica, bioquímica y molecular, como una mayor síntesis de proteínas, una mayor actividad de α y β amilasa que a su vez se correlaciona con una mejor actividad metabólica y un mayor vigor de la semilla. Para Ahammad et al. (2014) y Noorhosseini et al. (2017) el hydropriming es un método simple para hidratar semillas y minimizar el uso de productos químicos, permite que las semillas absorban suficiente agua para iniciar el proceso metabólico hasta finalizar la germinación de una forma rápida y uniforme.

Las plantas requieren al menos 14 elementos minerales para su nutrición, estos incluyen los macronutrientes nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) y los micronutrientes cloro (Cl), boro (B), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), níquel (Ni) y molibdeno (Mo) (While y Brown, 2010). El fertilizante líquido de pescado es una buena fuente de nitrógeno, fósforo y proteína que son utilizados como nutrientes esenciales en las plantas (Suartini et al., 2018; Ahuja et al., 2020). De acuerdo con Palacin (2017) este fertilizante tiene un contenido de 7.112 g L^{-1} de N, 0.517 g L^{-1} de P y 1.945 g L^{-1} de K, mientras que para Pereira et al. (2020a) el contenido es de 10.7 g L^{-1} de N, 14.0 g L^{-1} de P y 1.3 g L^{-1} de K, con adecuadas cantidades de macro y micronutrientes que son fácilmente disponibles y asimilados por las plantas.

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una buena fuente de calidad de proteína, fibra mineral y bioactivos, debido a que el comportamiento es diferente en diversos lugares es relevante que las variedades tengan un crecimiento sostenible en todo el mundo (Angeli et al., 2020; Pereira et al. 2020b). La cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen.) tiene alto potencial nutricional por tener alta calidad proteica, aminoácidos esenciales y ácidos grasos insaturados, alta concentración de ácido linoleico y oleico, con buen nivel de compuestos bioactivos (Gomez et al., 2021). Ambos cultivos son utilizados en la dieta rural

y urbana de tierras secas, áridas y semiáridas de Bolivia y Perú (Rodríguez et al., 2020).

Estos granos andinos desempeñan un papel vital en la seguridad alimentaria y nutricional a nivel mundial, están altamente adaptados a tierras marginales, no requieren altos insumos, son resilientes a la variabilidad climática y son fuente de ingresos para los agricultores de los países en desarrollo; la disponibilidad limitada de recursos de germoplasma y la falta de material de calidad mejorada, son limitaciones que afectan la disponibilidad y productividad de estos cultivos, en ese sentido, los bancos de germoplasma son esenciales para conservar la biodiversidad e iniciar cualquier programa de mejoramiento de cultivos (Jasrotia y Salgotra, 2021).

El Banco de Germoplasma de Granos Andinos (PROGRANO), dependiente de la Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, tiene en total 1 223 accesiones de quinua y 231 accesiones de cañahua. Del total de accesiones de quinua, 50 registraron un porcentaje de germinación del 40 al 50 % y del total de accesiones de cañahua, 11 tuvieron un porcentaje de germinación del 25 al 50 %. Estos valores son alarmantes, por el riesgo de perder la variabilidad genética recolectada de los municipios Puerto Acosta, Achacachi, Copacabana, Pucarani, Viacha, Santiago de Macahaca, Corocoro, Patacamaya y Papel Pamapa de Bolivia, considerando que según FAO (2014) el porcentaje de germinación debe exceder el 85 % en las semillas almacenadas en los bancos de germoplasma.

Los porcentajes bajos de germinación se deben a que estos tienen una antigüedad de siete años, siendo que fueron recolectados en el primer semestre de la gestión 2015, asimismo, las condiciones de almacenamiento en el banco de germoplasma no son adecuadas, debido a que el almacenamiento es a temperatura ambiente que varía de 4 a 25 °C, en frascos de plástico, siendo que de acuerdo a Gómez-Campo (2006), este tipo de recipiente es inadecuado para el almacenamiento de semillas por que permiten la entrada de vapor de agua después de alrededor de tres años, este hecho sería la causa de que en el 30 % de los frascos se encuentre semillas aglomeradas por la humedad.

En ese sentido el objetivo de la investigación es evaluar el efecto del fertilizante líquido de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en la germinación y crecimiento radicular de las semillas de quinua y

cañahua. La hipótesis planteada establece que existe efecto positivo del fertilizante líquido de trucha en la germinación y crecimiento radicular de las semillas de quinua y cañahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

La investigación se desarrolló en el laboratorio Banco

de Germoplasma de Granos Andinos (PROGRANO), dependiente de la Estación Experimental Choquenaira (Figura 1), Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Estación Experimental se encuentra en la comunidad Choquenaira del municipio Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz (Bolivia), se sitúa geográficamente a 16.694622° de latitud sur y 68.286698° de longitud oeste, a una altitud de 3 870 m s.n.m.



Imagen satelital Google Earth 2022, WGS 84, Zona 19 S

Figura 1. Vista de la Estación Experimental Choquenaira (Izq.) y del Banco de Germoplasma de Granos Andinos (Der.).

Esta zona está enmarcada por la alternancia de una estación seca (invierno) y una estación húmeda (verano), la temperatura promedio es de 8.41 °C, la temperatura mínima absoluta es -0.60 °C entre junio a julio, la temperatura máxima absoluta varía entre 17.56-22.00 °C, la precipitación anual registrada presenta una distribución entre noviembre y febrero, con una media total de 524.60 mm (PDMV, 2021).

Metodología

El fertilizante líquido fue elaborado con la mezcla de 1.5 kg de trucha entera con 1.5 kg de azúcar morena, el tiempo de fermentación anaeróbica fue de ocho meses, Tiwow et al. (2019) indican que este método es un proceso de fermentación tradicional y que para aumentar el contenido de nutrientes se puede reducir la cantidad de agua; para la investigación no se utilizó agua en el proceso de fermentación.

El procedimiento de las pruebas de germinación fue acorde a la norma ISTA (2016), antes de aplicar los tratamientos con hydropriming y fertilizante líquido de trucha, se realizó las pruebas de germinación, donde

se tomó una muestra primaria simple de 100 semillas de las accesiones 77, 138 y 310 quinua, con su disposición en la cámara de germinación a 17 °C durante siete días, los porcentajes de germinación antes de la investigación fueron del 47, 48 y 49 %; y de las accesiones 44, 117 y 4 de cañahua con porcentajes de germinación iniciales de 25, 34 y 54 %, por tratamiento y repetición. Estos bajos porcentajes de germinación se atribuyen a que las semillas tienen antigüedad de siete años, almacenadas bajo inadecuadas condiciones, que son a temperatura ambiente, que varía de 4 a 25°C, y a su disposición en frascos de plástico que permiten la entrada de vapor de agua después de alrededor de tres años (Gómez-Campo, 2006).

Para romper la dormancia secundaria y la pérdida de su potencial germinativo, como resultado del almacenamiento en condiciones ambientales, sin condiciones de frío (Romero et al., 2018); se aplicó la hidratación de las semillas de quinua y cañahua (Sánchez et al., 1997) por medio del hydropriming en combinación con el fertilizante líquido de trucha, dando como resultado cuatro tratamientos: testigo (agua

destilada 100 %), tratamiento 1 (agua destilada 99.90 %; fertilizante líquido de trucha 0.10 %), tratamiento 2 (agua destilada 99.75 %; fertilizante líquido de trucha 0.25 %), tratamiento 3 (agua destilada 99.50 %; fertilizante líquido de trucha 0.50 %) y tratamiento 4 (agua destilada 99.2 5%; fertilizante líquido de trucha 0.75 %) con tres repeticiones. Los porcentajes del fertilizante líquido de trucha fue planteado en base a los resultados de Florez et al. (2020) que recomienda concentraciones de 0.1 a 0.001 % a fin de evitar sustancias fitotóxicas que influyen en la germinación, en el estudio, el fertilizante líquido de trucha fue obtenido a partir de subproductos (estómago, intestino, hígado, corazón, sangre y gónadas) derivados del eviscerado de la trucha, cuyos resultados son citados al ser orientativos a la presente investigación.

Considerando el resultado de Dashab y Omid (2021), el tiempo de remojo de las semillas fue 12 horas a temperatura ambiente (durante la noche), después las semillas fueron secadas a temperatura ambiente durante 24 horas sobre papel filtro y dispuestas uniformemente en cajas Petri en papel filtro con la adición de agua destilada. Luego, estas se introdujeron a la cámara germinadora de mesa

Seedburo modelo 548^a en oscuridad durante siete días a una temperatura de 17 °C (según la norma del banco de germoplasma), durante este tiempo se humedecieron las semillas cada 36 horas. La temperatura de 17 °C fue establecida según la norma del banco de germoplasma. Las variables evaluadas fueron a) porcentaje de germinación, determinado mediante el conteo de las semillas germinadas del total de las evaluadas y b) longitud de la radícula (mm) mediante el uso de un vernier electrónico.

El procedimiento estadístico constó de un análisis de varianza, con la aplicación de la prueba F para medir la significancia (5 % de probabilidad) y la alta significancia (1 % de probabilidad), la comparación de grupos de medias fue mediante Duncan (P = 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de germinación

El análisis de varianza, para el porcentaje de germinación en semillas de quinua y cañahua, resultó en diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para las tres accesiones de quinua y cañahua evaluadas (Tabla 1 y 2).

Tabla 1. Análisis de varianza del porcentaje de germinación en semillas de quinua.

		Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F calculado	Valor (p)
Accesión 77	Inter-grupos	992.267	4	248.067	4.532	0.024
	Intra-grupos	547.333	10	54.733		
	Total	1539.600	14			
Accesión 138	Inter-grupos	425.733	4	106.433	8.724	0.003
	Intra-grupos	122.000	10	12.200		
	Total	547.733	14			
Accesión 310	Inter-grupos	258.267	4	64.567	19.765	0.000
	Intra-grupos	32.667	10	3.267		
	Total	290.933	14			

Tabla 2. Análisis de varianza del porcentaje de germinación en semillas de cañahua.

		Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F calculado	Valor (p)
Accesión 44	Inter-grupos	570.267	4	142.567	13.040	0.001
	Intra-grupos	109.333	10	10.933		
	Total	679.600	14			
Accesión 117	Inter-grupos	715.733	4	178.933	6.086	0.010
	Intra-grupos	294.000	10	29.400		
	Total	1009.733	14			
Accesión 4	Inter-grupos	294.267	4	73.567	10.124	0.002
	Intra-grupos	72.667	10	7.267		
	Total	366.933	14			

Para las tres accesiones de quinua y cañahua se tuvo incremento en el porcentaje de germinación en relación al registrado antes de la investigación

(inicial), este incremento varía entre el 2.33 al 29.67 % a causa de la aplicación de hydropriming (Tabla 3), que según Laabas y Balouta (2020) y Fathollah et al.

(2021), en investigaciones referentes a efectos fisiológicos, con la aplicación de este método en semillas de quinua se tiene mayor tasa de germinación del 30 al 90 %. Asimismo, Daur (2018) menciona que el hydropriming estimula la germinación normal de semillas en quinua, iniciando procesos metabólicos previos a la germinación con la activación de antioxidantes que promueven

emergencia y crecimiento de semillas. Dados los resultados en el incremento de la germinación sin la aplicación del fertilizante líquido de trucha, se puede inferir que el hydropriming, es un método que permite incrementar el porcentaje de germinación en semillas, alcanzando uniformidad, es económico debido a que solo consiste en sumergir las semillas en agua destilada para hidratarlas.

Tabla 3. Incremento del porcentaje de germinación con la aplicación de hydropriming (testigo).

	Accesión	Porcentaje de germinación inicial	Porcentaje de germinación con hydropriming (testigo)	Porcentaje de incremento
Quinua	77	47.00	50.33	3.33
	138	48.00	66.33	18.33
	310	49.00	78.67	29.67
Cañahua	44	25.00	27.33	2.33
	117	34.00	38.67	4.67
	4	54.00	81.67	27.67

En la comparación de grupos de medias mediante Duncan (Tabla 4) se encontró mayor porcentaje de germinación con la aplicación del tratamiento 3, con incremento del porcentaje de germinación variante entre 12.00 y 20.66 en relación con el testigo, este hecho se atribuye al efecto del fertilizante líquido de trucha, que según Florez (2017) el contenido de macronutrientes presentes en el fertilizante líquido es de 12.057 mg L⁻¹ de nitrógeno, 953 mg L⁻¹ de fósforo y 4.230 mg L⁻¹ de potasio, Delgado et al. (2019) encontró que el contenido fue de 0.155 de nitrógeno, 467.745 ppm de fósforo y 0.0175 % de potasio, estos valores son adecuados considerando que la quinua requiere de importantes cantidades de nitrógeno para el crecimiento vegetativo y capacidad fotosintética de la planta, el fósforo y el potasio son importantes para la buena formación radicular (FAO, 2016).

Ticona (2011) indica que en cañahua se tienen mejores resultados con la adición de nitrógeno y fósforo, razón por la cual el cultivo es bastante exigente en estos macronutrientes.

Las adecuadas cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio presentes en el fertilizante líquido de trucha supondría que a mayor concentración de este insumo tendría mayores resultados, sin embargo, se observa (Tabla 4) un decremento del porcentaje de germinación, variante entre el 3.67 y 13.33 %, con el tratamiento 4 respecto al tratamiento 3. Al respecto, García (2008) encontró que a medida que se incrementa la dilución del fertilizante líquido de pescado, se incrementa el pH y la CE disminuye. Florez et al. (2020) indican que concentraciones fuera del rango de 0.1 a 0.001 % contiene sustancias fitotóxicas que reducen la germinación en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*).

Considerando estos resultados, se tiene que el porcentaje óptimo para la obtención del incremento en el porcentaje de germinación en las semillas de quinua y cañahua con bajos porcentajes de germinación, es mediante la aplicación de 90.50 % de agua destilada con 0.50 % de fertilizante líquido de trucha (Figura 2), porcentajes mayores a 0.50 provoca disminución en la germinación.

Tabla 4. Comparación de grupos de medias mediante Duncan para la germinación de semillas de quinua y cañahua.

	Accesión	Tratamiento	Grupo A	Grupo B	Grupo C
Quinua	77	Testigo	50.33		
		1	52.00		
		4	56.67	56.67	
		2		68.00	
		3		70.00	
	138	Testigo	66.33		
		1		77.67	
		4		78.00	
		2		78.67	
		3		82.00	
	310	Testigo	78.67		
		1	81.00		
		4		85.33	
		2		85.67	
		3			90.67
Cañahua	44	Testigo	27.33		
		1	28.33	28.33	
		4	33.33	33.33	
		2		34.33	
		3			44.67
	117	Testigo	38.67		
		1	45.00	45.00	
		4		49.33	49.33
		2		52.00	52.00
		3			59.33
	4	Testigo	81.67		
		1		89.33	
		2		91.33	91.33
		4		91.33	91.33
		3			95.00



Figura 2. Vista de la germinación a los siete días en semillas de quinua (negra) y cañahua (ecotipo naranja) con la aplicación del tratamiento 3.

Longitud de la radícula

En el análisis de varianza, para la longitud de la radícula en semillas de quinua y cañahua, resultó en

diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para las tres accesiones de quinua y cañahua evaluadas (Tabla 5 y 6).

Tabla 5. Análisis de varianza de la longitud de radícula en semillas de quinua.

		Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F calculado	Valor (p)
Accesión 77	Inter-grupos	8 160.919	4	2 040.230	5.183	0.001
	Intra-grupos	57 080.140	145	393.656		
	Total	65 241.059	149			
Accesión 138	Inter-grupos	5 262.971	4	1 315.743	8.224	0.000
	Intra-grupos	23 197.417	145	159.982		
	Total	28 460.388	149			
Accesión 310	Inter-grupos	12 721.878	4	3 180.470	6.635	0.000
	Intra-grupos	69 505.131	145	479.346		
	Total	82 227.010	149			

Tabla 6. Análisis de varianza de la longitud de radícula en semillas de cañahua.

		Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F calculado	Valor (p)
Accesión 44	Inter-grupos	5 904.064	4	1 476.016	22.612	0.000
	Intra-grupos	9 465.008	145	65.276		
	Total	15 369.073	149			
Accesión 117	Inter-grupos	1 042.795	4	260.699	5.201	0.001
	Intra-grupos	7 267.616	145	50.121		
	Total	8 310.411	149			
Accesión 4	Inter-grupos	1 151.508	4	287.877	3.525	0.009
	Intra-grupos	11 840.982	145	81.662		
	Total	12 992.490	149			

En la comparación de grupos de medias mediante Duncan (Tabla 7), se constata que con la aplicación del tratamiento 3 se tiene mayor longitud de la radícula en comparación con el testigo, que para la quinua esta diferencia en la longitud es de 22.5 mm en la accesión 77, 15.23 mm en la accesión 138 y 27.4 mm en la accesión 310. En la cañahua, se tuvo

similar respuesta, a excepción de la accesión 4 cuya longitud de la radícula fue menor con el tratamiento 4; las diferencias de longitud con relación al testigo fueron de 14.6 mm en la accesión 44, 6.69 mm en la accesión 117 y 7.57 mm en la accesión 4 con relación al tratamiento 4.

Tabla 7. Comparación de grupos de medias mediante Duncan para la longitud de la radícula en semillas de quinua y cañahua.

	Accesión	Tratamiento	Grupo A	Grupo B	Grupo C
Quinua	77	Testigo	18.35		
		1		29.67	
		4		30.29	30.29
		2		34.61	34.61
		3			40.85
		138	Testigo	16.94	
	1		19.35		
	2			27.55	
	4			29.56	
	3			32.17	
	310	Testigo	46.05		
	1		51.66	51.66	
	2			61.36	61.36
4			63.01	63.01	
3				72.45	
Cañahua	44	Testigo	7.26		
		1	7.47		
		4		13.56	
		2			20.87
	3			21.86	
	117	Testigo	7.60		

	4	7.71	
	1	10.88	10.88
	2		12.52
	3		14.29
4	4	34.87	
	Testigo	35.86	35.86
	1	37.33	37.33
	2		39.97
	3		42.44

Laabas y Balouta (2020) indican que el desarrollo de la longitud de la radícula en quinua se incrementa con la aplicación de hydropriming. Patel et al. (2017) encontraron mayor longitud de radícula en tomate y berenjena con este método. Esto indica que con la aplicación de solamente hydropriming se puede alcanzar mayor longitud radicular al momento de la germinación. Florez (2017) concluye que con diluciones de 0.001 y 0.01 % de fertilizante líquido de trucha presentan un pH y C.E. aceptables para el crecimiento de la radícula en el cultivo de lechuga, asimismo, Cruz-Hernández et al. (2015) indican que con la aplicación del abono líquido de pez se tienen mayores longitudes de radícula, pero esta tiende a disminuir con aumentos graduales en la proporción del producto aplicado, lo cual se ve reflejado en los resultados obtenidos con el tratamiento 4, donde se tiene un decremento de la longitud radicular.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, se concluye que la combinación de 99.50 % de agua destilada con 0.50 % de fertilizante líquido de trucha es el óptimo para alcanzar mayor porcentaje de germinación y longitud radicular en semillas de quinua y cañahua que tienen bajos porcentajes de germinación inicial. La combinación de 99.25 % de agua destilada con 0.75 % de fertilizante líquido de trucha reflejó disminución en ambas variables, que según investigaciones similares es debido al incremento del pH y disminución de la CE.

Este método puede ser considerado como una estrategia para recuperar la semilla que registra bajos porcentajes de germinación, además de ser económicamente viable y fácilmente aplicable con insumos que son accesibles por los bancos de germoplasma que tienen dificultades en refrescar periódicamente las accesiones que tienen bajo su custodia.

Agradecimientos

La investigación fue desarrollada gracias a la Estación Experimental Choquenaira, dependiente de la Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, que proporcionó los materiales necesarios.

BIBLIOGRAFÍA

- Angeli, V; Silva, P; Massuela, D; Khan, MW; Hamar, A; Khajehei, F; Graeff-Hönniger, S; Piatti, C. 2020. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An Overview of the Potentials of the “Golden Grain” and Socio-Economic and Environmental Aspects of Its Cultivation and Marketization. *Foods* 9(2): 216. Consultado 12 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.3390/foods9020216>
- Ahuja, I; Dauksas, E; Remme, J; Richardsend, R; Løes, AK. 2020. Fish and fish waste-based fertilizers in organic farming – With status in Norway: A review. *Waste Management* 115, 95-112. Consultado 12 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.025>
- Ahammad, KU; Rahman, MM; Ali, S. 2014. Effect of hydropriming method on maize (*Zea mays*) seedling emergence. *Bangladesh Journal of Agricultural Research* 39(1):143–150. Consultado 27 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.3329/bjar.v39i1.20164>
- Cruz-Hernández, J; Acebedo-Alcalá, P; Báez-Cruz, C. 2015. Fitotoxicidad de abonos orgánicos líquidos en especies hortícolas indicadoras, un método de pre-selección. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan* 3(5):964-971. Consultado 27 mar. 2022. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/330366514_Fitotoxicidad-de-abonos-organicos-liquidos-en-especies-hortícolas-indicadoras-un-metodo-de-pre-selección
- Dashab, S; Omid, H. 2021. Effects of hydro- and bio-priming on some physiological and biochemical characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa*) seedlings under drought stress. *Iranian Journal of Plant Physiology* 11(3):3659-3682. Consultado 15 mar. 2022. Disponible en https://ijpp.iau-saveh.ac.ir/article_682482.html
- Daur, I. 2018. Effects of hydro and hormonal priming on quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seed germination under salt and drought stress. *Pak. J. Bot.* 50(5):1669-1673. Consultado 11 mar. 2022. Disponible en <http://www.pakbs.org/pjbot/papers/1527613901.pdf>

- Delgado, EJ; Benavente, GE; Cáceres, GV. 2019. Elaboración de fertilizante orgánico a partir de vísceras de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) y Jurel (*Trachurus murphyi*), cuantificación y evaluación del efecto de los nutrimentos minerales. *Anales Científicos* 80(2):452-461. Consultado 11 mar. 2022. Disponible en https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1471/pdf_230
- Fipsikha, K; Shubham, J; Brijesh, S; Vaibhav, VG. 2021. Sono-hydro priming process (ultrasound modulated hydration): Modelling hydration kinetic during paddy germination. *Ultrasonics Sonochemistry* 70:1-15. Consultado 13 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105321>
- Fathollah, N; Reza, H; Abbasdokht, H; Dorostkar, V; Bagheri, M. 2021. Improved Quinoa Growth, Physiological Response, and Yield by Hydropriming Under Drought Stress Conditions. *Gesunde Pflanzen* 73:53–66. Consultado 11 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10343-020-00527-1>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://www.fao.org/3/i3704s/i3704s.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2016. Guía del cultivo de quinua. Consultado 29 mar. 2022. Disponible en <https://www.fao.org/3/i5374s/i5374s.pdf>
- Forti, C; Shankar, A; Singh, A; Balestrazzi, A; Prasad, V; Macovel, A. 2020. Hydropriming and Biopriming improve *Medicago truncatula* germinación de semilla and upregulate DNA repair and antioxidant genes. *Genes* 11(3): 242. Consultado 24 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.3390/genes11030242>
- Florez Jalixto, MA. 2017. Elaboración de biofertilizante líquido utilizando subproductos del procesamiento de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Tesis, Lima, Perú Universidad Nacional Agraria La Molina. Consultado 12 feb. 2022. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3271/florez-jalixto-marco-antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Florez, MA; Roldán, DJ; Juscamaita, JG. 2020. Evaluación de fitotoxicidad y caracterización de un fertilizante líquido elaborado mediante fermentación láctica utilizando subproductos del procesamiento de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). *Revista Ecológica Aplicada* 19(2):121-131. Consultado 15 mar. 2022. Disponible en <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v19i2.1563>
- García, LA. 2008. Uso de bacterias probióticas en el ensilado de residuos de pescado. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Gomez, JF; Rosas-Quina, YE; Pachari, E. 2021. Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) a promising superfood in food industry: a review. *Nutrition & Food Science*, 35. Consultado 26 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1108/NFS-09-2021-0277>
- Gómez-Campo, C. 2006. Erosion of genetic resources within seed genebanks: the role of seed containers). *Seed Science Research* 16:291-294. Consultado 14 nov. 2022. Disponible en <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/01A0A22C629F7AF2A4175B5651303B4D/S0960258506000328a.pdf/div-class-title-erosion-of-genetic-resources-within-seed-genebanks-the-role-of-seed-containers-div.pdf>
- ISTA (International Seed Testing Association). 2016. Reglas internacionales para análisis de las semillas. Consultado 05 nov. 2021. Disponible en https://vri.umayor.cl/images/ISTA_Rules_2016_Spanish.pdf
- Jasrotia, S; Salgotra, RK. 2021. *Germplasm Resources of Major Underutilized Crops*. Springer, Singapur. Consultado 13 mar. 2022. Disponible en https://doi.org/10.1007/978-981-16-3876-3_3
- Laabas, K; Balouta, A. 2020. Influence de différents traitements de prégermination des graines de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Sur les performances germinatives et la tolérance au stress hydrique. Université Mohamed Khider de Biskra. Consultado 12 feb. 2022. Disponible en http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/16621/1/Khalida_LAAB_AS_anissa_balouta.pdf
- Noorhosseini, SA; Jokar, NK; Damalas, CA. 2017. Improving Seed Germination and Early Growth of Garden Cress (*Lepidium sativum*) and Basil (*Ocimum basilicum*) with Hydro-priming. *J Plant Growth Regul* 37:323–334. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s00344-017-9728-0>
- Palacin Valerio, JK. 2017. Elaboración del fertilizante orgánico líquido a partir de residuos de pescado para la producción del *Raphanus Sativus* – S.J.L. 2017. Universidad César Vallejo. Consultado 18 mar. 2022. Disponible en https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/24610/Palacin_VJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Patel, RV; Pandya, KY; Jasrai, RT; Brahmabhatt, N. 2017. Effect of hydropriming and biopriming on seed germination of Brinjal and Tomato seed. *Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences* 5(6):1-14. Consultado 18 mar. 2022. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/317558861_Effect_of_Hydropriming_and_Biopriming_on_Seed_Germination_of_Brinjal_and_Tomato_seed
- Pereira, IL; Batista, EA; Lopez, EB; Michiles, SL; Oliveira, D; Morota, E. 2020a. Análise da composição de biofertilizante com víscera de pescado: caminhos para a validação de um insumo orgânico em Maués – AM. En *Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia, São Cristóvão*. Consultado 29 mar. 2022. Disponible en <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/5964>
- Pereira, E; Cadavez, V; Barros, L; Encina-Zelada, C; Stojkovic, D; Calhelha, R; Gonzales-Barron, U; Ferreira, I. 2020b. *Chenopodium quinoa* Willd. (quinoa) grains: A

- good source of phenolic compounds. Food Research International 137:109574. Consultado 29 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109574>
- PDMV (Plan de Desarrollo Municipal Viacha). 2021. Plan de Desarrollo Municipal de Viacha 2016-2020.
- Rodríguez, JP; Jacobsen, S-E; Andreasen, C; Sørensen, M. 2020. Cañahua (*Chenopodium pallidicaule*): A Promising New Crop for Arid Areas. Emerging Research in Alternative Crops 221-243. Consultado 09 mar. 2022. Disponible en https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-90472-6_9
- Romero, G; Heredia, A; Chaparro-Zambrano, HN. 2018. Potencial germinativo en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) almacenadas bajo condiciones de frío. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 21(2):341-350. Consultado 11 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1076>
- Sánchez, J; Calvo, E; Orta, R; Muñoz, B. 1997. Tratamientos pregerminativos de hidratación deshidratación para semillas de pepino (*Cucumis sativus* L.). Acta Botánica Mexicana 38:13-20. Consultado 12 mar. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/574/57403803.pdf>
- Suartini, K; Abram, PH; Rama, M. 2018. Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Jeroan Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*). Jurnal Akademika Kimia 7(2):70-74. Consultado 13 feb. 2022. Disponible en <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/JAK/article/view/10396>
- Ticona Tacachira, JC. 2011. Efecto de la biofertilización en dos líneas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en Calasaya provincia Los Andes. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/7500/T-1591.pdf?sequence=1>
- Tiwow, VA; Paulus, A; NurHopiayanti, A. 2019. Production of Liquid and Solid Organic Fertilizer from Tilapia Fish (*Oreochromismossambicus*) Wasteusing "Bakasang" Traditional Fermentation Technology. International Journal of Engineering and Advanced Technology 8:885-888. Consultado 27 mar. 2022. Disponible en <https://www.ijeat.org/wp-content/uploads/papers/v8i3S/C11020283S19.pdf>
- While, PJ; Brown, PH. 2010. Plant nutrition for sustainable development and global health. Annals of Botany 105(7):1073-1080. Consultado 15 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1093/aob/mcq085>

Artículo recibido en: 07 de octubre 2022

Aceptado en: 09 de diciembre 2022