

EFFECTO DE MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN QUÍMICOS Y FÍSICOS EN SEMILLAS DE CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA

(Artículo de investigación)

Herlan Willy Valencia Mamani¹, Ema Poma Bustillos¹, Gladys J. Chipana Mendoza²

Resumen

La cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es originaria de los Andes del sur de Perú y Bolivia, donde la planta presenta una gran diversidad genética que necesita ser conservada, por otra parte, la escarificación es cualquier proceso de romper, rayar, alterar mecánicamente o ablandar las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases, los métodos de escarificación comprenden tratamientos físicos, mecánicos y biológicos. En ese sentido, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de métodos de escarificación químicos y físicos en semillas de cañahua, en el Banco de Germoplasma de Granos Andinos perteneciente a la Estación Experimental Choquenaira dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés. Los materiales utilizados fueron cinco accesiones de cañahua, vinagre de manzana, agua oxigenada (10 volúmenes), cajas Petri, agua destilada, papel filtro, paletas y cámara germinadora. Se utilizó un diseño completamente al azar, con 9 tratamientos con 3 repeticiones. El mayor efecto de los tratamientos de escarificación sobre la cantidad de las semillas germinadas de cañahua fue en la accesión 44, se obtuvo con el T2 (semillas sumergidas en vinagre de manzana durante 10 minutos) un porcentaje de germinación del 98.66%, asimismo, se obtuvo buenos resultados con el T6 (semillas sumergidas durante 15 minutos en agua oxigenada) que alcanzó mayores porcentajes de germinación en las accesiones 117 y 352.

Palabras clave: escarificación química, escarificación física, *Chenopodium pallidicaule* Aellen, Altiplano boliviano.

INTRODUCCIÓN

La cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es originaria de los Andes del sur de Perú y Bolivia, fue domesticada por los pobladores de la cultura Tiahuanaco (Mujica, 2009), la razón por la cual se espera que los ecotipos locales presentes en dichas áreas puedan tener alta diversidad genética, aunque de alguna manera está sometida a la erosión genética y que necesita ser protegida y utilizada. Castedo (2007), menciona que la cañahua es un cereal de los Andes que crece a más de 3500 m s.n.m., es de importancia para los productores del Altiplano por su contenido alimenticio que posee este producto para el humano y para el animal. Según Bonifacio (2003), la cañahua es un grano típico de los Andes, crece a más de 3500 m s.n.m.

AGRUCO (2006), indica que esta especie vegetal se encuentra difundida dentro de la región del altiplano Peruano-Boliviano por encima de los 4000 m s.n.m, en Bolivia se cultiva en algunas zonas alto andinas de los departamentos de La Paz y Cochabamba (provincia Bolívar y Tapacari). Bonifacio (2003), señala que la distribución del cultivo es principalmente en las zonas altas y frías del altiplano de Bolivia y Perú, siendo inexistente o insignificante en Ecuador y Colombia. Según Olivera et al. (1999), citado por Cuba (2005), se cultiva la cañahua en los departamentos de La Paz (en las zonas altas de la provincia Omasuyos y Pacajes), al sur del lago Poopó (departamento de Oruro) y en Cochabamba en las provincias Ayopaya (Serranías de Independencia). Mamani (2004), menciona que la distribución de

¹ Egresados de la Carrera de Ingeniería Agronómica Tropical, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

² Docente Investigadora en Conservación de Germoplasma de Tubérculos y Granos Andinos, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8014-0385>. gjchipana@gmail.com

cañahua se encuentra principalmente en las provincias de Ingavi, Los Andes, Omasuyos, Aroma y en el departamento de Oruro, Cochabamba, se encuentra en la Zona norte del Altiplano Peruano.

Woods y Ezaguirre (2004), señalan que la planta de cañahua presenta gran diversidad genética, alcanza una altura de 20 a 60 cm; produce numerosas semillas de tamaño de un milímetro y existen variedades con su propia forma y color de hoja, tallo y grano. Mamani (2004) menciona que la planta de cañahua se ramifica desde la base, lo que le da una apariencia abierta, muy diferente a la quinua, las hojas y la inflorescencia son de 1 a 2 cm, con frutos aquenio de 0.80 a 1.80 mm. De diámetro. La raíz pivotante es relativamente larga de 10 a 20 cm, con escasa ramificación principal, y numerosas raicillas laterales. Es un alimento de mucha importancia para los pobladores de zonas Andinas, presenta nutricionalmente un alto contenido de proteínas, la planta es aprovechada para el alimento humano y como forraje, obteniendo subproductos tradicionales para el consumo en forma de pito o cañihuaco, thayacha, llipta, también es utilizado como medicina, tintes y aspectos culturales en las comunidades en estudio.

Muchas semillas al alcanzar su punto máximo de madurez inician un periodo de latencia producido por factores internos y externos; que normalmente se interrumpe cuando se presentan las condiciones naturales adecuadas para la germinación o cuando se utilizan tratamientos que ayudan a propiciar las condiciones idóneas para la germinación de las semillas y aumentar los porcentajes de germinación (Rodríguez, 2000). La escarificación es cualquier proceso de romper, rayar, alterar mecánicamente o ablandar las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases (Goitia, 2000). Los métodos de escarificación comprenden tratamientos físicos, mecánicos y biológicos como el calor seco, la ruptura de la testa, el remojo en agua y soluciones químicas que propician la germinación de las semillas, todo tratamiento que destruye o reduce la impermeabilidad de la cubierta se denomina escarificación, por eso en algunos casos solo basta con destruir un solo punto de la cubierta para que se produzca la imbibición e intercambio de gases y así se inicie la germinación (Padilla, 1995).

Pérez (2008), menciona que la escarificación mecánica consiste en causar daño en la testa de la semilla sin dañar el embrión; mediante el contacto con superficies abrasivas, evitando la impermeabilidad al agua, temperatura y oxígeno o bien consiste en eliminar la testa de las semillas de forma manual. Araoz y Del Longo (2006), resaltan que los tratamientos pregerminativos son utilizados para superar la dormancia física impuesta por el endocarpo.

Considerando lo anteriormente expuesto, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de métodos de escarificación químicos y físicos en semillas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), en el Banco de Germoplasma de Granos Andinos perteneciente a la Estación Experimental Choquenaira.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El Banco de Germoplasma de Granos Andinos perteneciente a la Estación Experimental Choquenaira, dependiente de la Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés (Bolivia), situada en el departamento de La Paz, provincia Ingavi, al sur de la población de Viacha. Se encuentra a una altitud de 3870 m s.n.m., aproximadamente a 32 km al sud oeste del departamento de La Paz, entre los paralelos 16° 41' 61" de Latitud Sur y 68° 17' 12" de Longitud Oeste, limita al noroeste con los terrenos de Radio San Gabriel y con la colina Huacullani, al Sud con la comunidad Choquenaira y al este con el río Jacha Jahuirá, la Estación Experimental tiene una superficie de 163 ha.

Materiales

Para la evaluación se utilizó semillas de cinco accesiones de Cañahua, vinagre de manzana, agua oxigenada (10 volúmenes), cajas Petri, agua destilada, papel filtro, paletas y cámara germinadora.

Metodología

Los factores de estudio fueron los métodos de escarificación (mecánico y químico) para estimular la germinación y acortar el tiempo de la misma en las semillas de cañahua. Al implementar los métodos de escarificación, se tuvo el cuidado de no dañar el embrión de las semillas, se buscó afectar solo la testa o cubierta que protege el embrión. Se utilizó un diseño completamente al azar, debido a las condiciones controladas en el área experimental; la distribución de los tratamientos se realizó de forma aleatoria en las unidades experimentales, la evaluación fue compuesta por nueve tratamientos con tres repeticiones; haciendo un total de 27 unidades experimentales, compuesta por 50 semillas cada una. El detalle de los tratamientos se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos evaluados.

Tratamiento	Detalle
Tratamiento 1 (T1)	5 minutos en vinagre de manzana
Tratamiento 2 (T2)	10 minutos en vinagre de manzana
Tratamiento 3 (T3)	15 minutos en vinagre de manzana
Tratamiento 4 (T4)	5 minutos en agua oxigenada
Tratamiento 5 (T5)	10 minutos en agua oxigenada
Tratamiento 6 (T6)	15 minutos en agua oxigenada
Tratamiento 7 (T7)	Papel lija No 100
Tratamiento 8 (T8)	Suelo del lugar
Tratamiento 9 (T9)	Testigo

Para la escarificación química se utilizó vinagre de manzana y agua oxigenada, sumergiendo las semillas durante 5, 10 y 15 minutos, luego estas fueron lavadas e introducidas a las cajas Petri preparadas. Para la escarificación mecánica, se realizó una fricción leve a la semilla con el papel lija y en el tratamiento 8 se agitó dentro de un frasco la asemilla con el suelo del lugar.



Figura 1. Escarificación del T1, 5 minutos en vinagre de manzana.

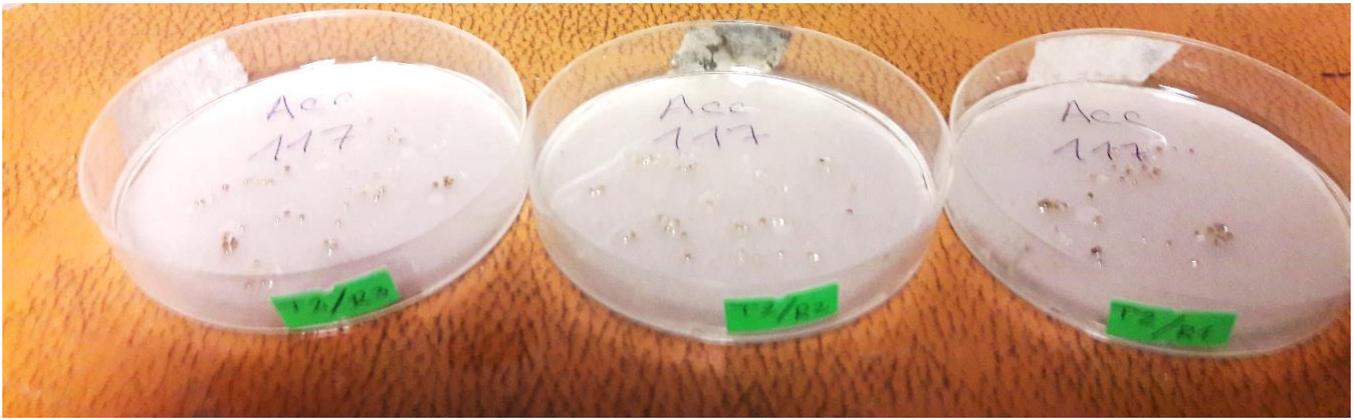


Figura 2. Escarificación del T2, 10 minutos en vinagre de manzana.



Figura 3. Escarificación del T3, 15 minutos en vinagre de manzana.



Figura 4. Escarificación del T4, 5 minutos en agua oxigenada.

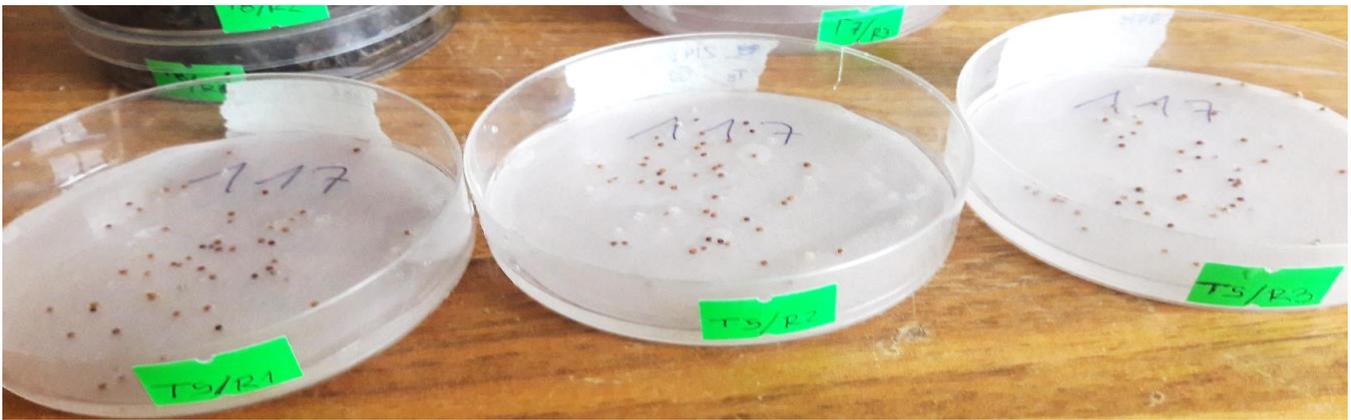


Figura 5. Escarificación del T5, 10 minutos en agua oxigenada.



Figura 6. Escarificación del T6, 15 minutos con agua oxigenada.

Para la escarificación mecánica con papel lija, se procedió a realizar la eliminación de parte de la testa de la semilla de forma manual, y el suelo del lugar fue procedente de las parcelas de siembra de cañahua.

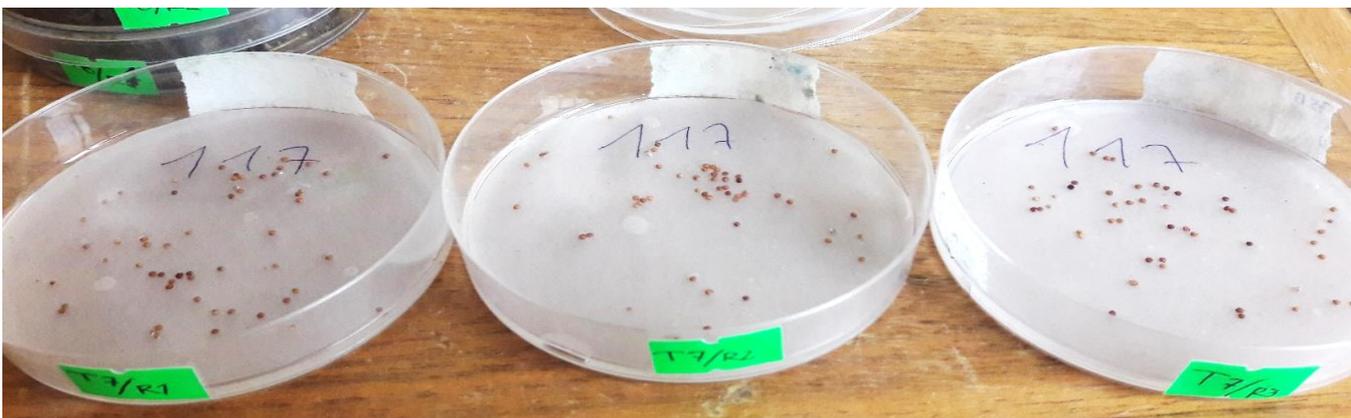


Figura 7. Escarificación del T7, papel de lija.



Figura 8. Escarificación del T8, suelo del lugar.

Se contempló un tratamiento como testigo, donde solo se introdujo agua destilada en las cajas de Petri.

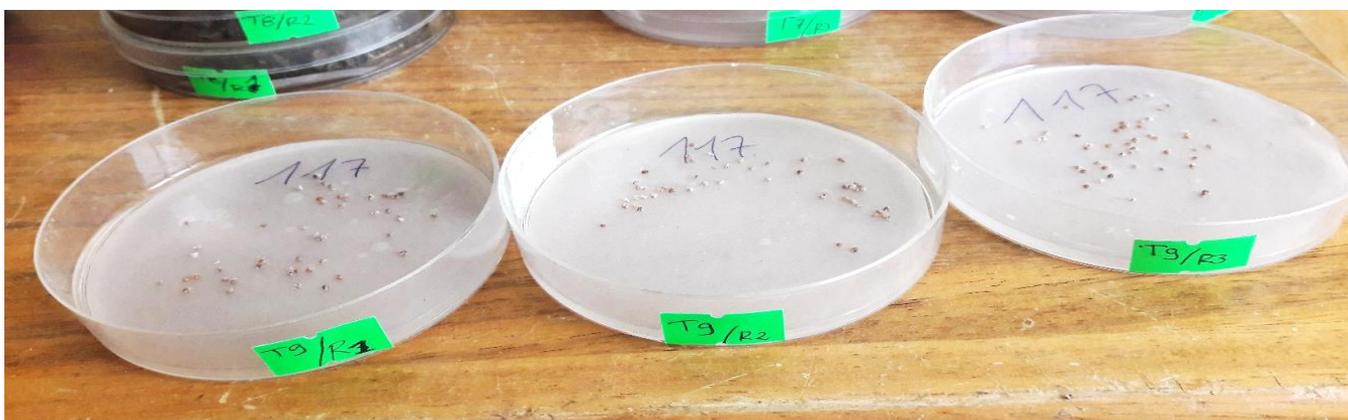


Figura 9. Testigo (T9).

Las muestras fueron introducidas a la cámara germinadora durante 24 horas, posteriormente éstas fueron puestas a temperatura ambiente por 48 horas, para finalmente realizar el conteo de germinación por tratamiento.



Figura 10. Cámara germinadora.

RESULTADOS

Accesión 117

En cuanto al número de semillas germinadas en la accesión 117, existen diferencias significativas entre los tratamientos a un nivel de confianza de 5 % (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de la varianza para la accesión 117.

F.V.	SC	gl	CM	FCAL	p-valor
Tratamiento	1524.67	8	190.58	18.44	<0.0001
Error	186.00	18	10.33		
Total	1710.67	26			

F.V. = fuentes de variación; SC = suma de cuadrados; gl = grados de libertad; CM = cuadrado medio; FCAL = F calculado.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 3, se formaron cuatro grupos estadísticos; el primero “A” conformado por los tratamientos T6, T5, T9 y T4, que representan los tratamientos con las medias de mayor valor. Los tratamientos T3 y T8 obtuvieron los valores más bajos. El efecto de los métodos de escarificación sobre el porcentaje de germinación de las semillas de cañahua se evaluó mediante el conteo del número de semillas germinadas por tratamiento. Según los datos descritos en la Tabla 3, el T6 que consistió en sumergir las semillas de cañahua en agua oxigenada durante 15 minutos presenta mayor porcentaje de germinación con 33.0 %, seguido del T9 con un 27.0 %.

Tabla 3. Prueba de medias Tukey al 5% para el número de semillas de cañahua germinadas en la acción 117.

Tratamientos	Número de semillas germinadas	Porcentaje de germinación	Grupos
T6	22.00	44.00	A
T5	20.33	40.66	A B
T9	18.00	36.00	A B
T4	13.00	26.00	A B C
T1	12.67	25.34	B C
T2	8.67	17.34	C D
T7	3.33	6.66	D
T3	1.67	3.34	D
T8	1.33	2.66	D



Figura 11. Vista de la germinación en los tratamientos de la accesión 117.

Accesión X2

Se tuvieron diferencias significativas en el número de semillas germinadas bajo efecto de los tratamientos, a un nivel de confianza de 5 % (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de la varianza para la accesión X2.

F.V.	SC	gl	CM	FCAL	p-valor
Tratamiento	547.33	8	68.42	4.55	<0.0036
Error	270.67	18	15.04		
Total	818.00	26			

El base a los datos descritos en la Tabla 6, se puede observar que se formaron tres grupos estadísticos, el grupo “A” conformado por el T9 y T4 cuyos porcentajes de germinación son superiores a los demás tratamientos, con el T8 se obtuvo 0.0 % de germinación posiblemente por el daño que pudo tener la semilla durante la agitación con el suelo de lugar. Los datos descritos en la Tabla 5, el T2 obtuvo el mayor porcentaje de germinación con 74 % (escarificación con vinagre de manzana durante 10 minutos), seguido del T4 con un 72.5 % (escarificación con agua oxigenada durante 5 minutos).

Tabla 5. Prueba de medias Tukey al 5% para el número de semillas de cañahua germinadas en la acción X2.

Tratamientos	Número de semillas germinadas	Porcentaje de germinación	Grupos
T2	15.67	31.34	A
T4	15.33	30.66	A
T9	14.00	28.00	A B
T6	12.67	25.34	A B
T3	11.67	23.34	A B
T1	11.67	23.34	A B
T5	9.67	19.34	B C
T7	8.67	17.34	B C
T8	0.00	0.00	C



Figura 12. Vista de la germinación en los tratamientos de la accesión X2.

Accesión 44

A un nivel de confianza de 5%, se registraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados (Tabla 6).

Tabla 6. Análisis de la varianza para la accesión 44.

F.V.	SC	gl	CM	FCAL	p-valor
Tratamiento	2434.07	8	304.24	29.34	<0.0001
Error	186.67	18	10.37		
Total	2620.74	26			

La prueba de Tukey identifica 3 grupos, el primero compuesto por la accesión T2, cuyo porcentaje de germinación es superior a los demás tratamientos (98.66 %), el tratamiento con el menor porcentaje (34 %) fue el T8 bajo el efecto del suelo del lugar (Tabla 7).

Tabla 7. Prueba de medias Tukey al 5% para el número de semillas de cañahua germinadas en la acción 44.

Tratamientos	Número de semillas germinadas	Porcentaje de germinación	Grupos
T2	49.33	98.66	A
T4	48.33	96.66	A B
T6	47.67	95.34	A B
T5	47.33	94.66	A B
T3	46.67	93.34	A B
T9	46.33	92.66	A B
T7	44.67	89.34	B
T1	44.00	88.00	B
T8	17.00	34.00	C

Accesión X4

Se registraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, bajo un nivel de confianza de 5% (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis de la varianza para la accesión.

F.V.	SC	gl	CM	FCAL	p-valor
Tratamiento	4836.00	8	604.50	31.21	<0.0001
Error	348.67	18	19.19		
Total	5184.67	26			

La prueba de medias de Tukey y el consecuente cálculo del porcentaje de germinación (Tabla 9) muestran que el T9 y T1 tuvieron mejores resultados en comparación con los demás tratamientos, siendo que el T8 obtuvo el valor más bajo con tan solo 4.00 % de germinación.

Tabla 9. Prueba de medias Tukey al 5% para el número de semillas de cañahua germinadas en la acción X4.

Tratamientos	Número de semillas germinadas	Porcentaje de germinación	Grupos
T9	46.67	93.34	A
T1	46.00	92.00	A B
T5	44.33	88.66	A B
T4	43.67	37.34	A B
T2	42.67	85.34	A B
T3	41.00	82.00	A B
T6	40.67	81.34	A B
T7	50.50	101.00	B
T8	2.00	4.00	C

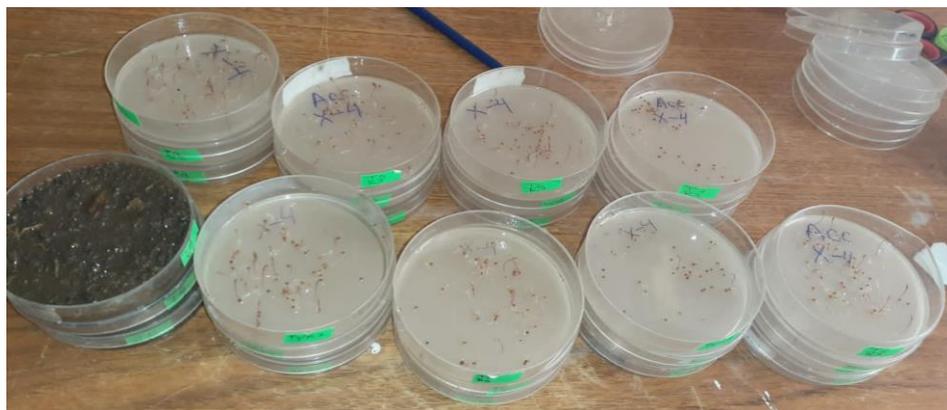


Figura 13. Vista de la germinación en los tratamientos de la accesión X4.

Accesión 352

En la accesión 352, se encontraron diferencias estadísticamente significativas bajo un nivel de confianza de 5 %.

Tabla 10. Análisis de la varianza para la accesión 352.

F.V.	SC	gl	CM	FCAL	p-valor
Tratamiento	256.07	8	32.01	5.76	<0.0010
Error	100.00	18	5.56		
Total	356.07	26			

La prueba de medias de Tukey y el consecuente cálculo del porcentaje de germinación (Tabla 11) muestran que el T6 y T9 tuvieron mejores resultados en comparación con los demás tratamientos, siendo que el T8 obtuvo el valor más bajo con tan solo 0.00 % de germinación.

Tabla 11. Prueba de medias Tukey al 5% para el número de semillas de cañahua germinadas en la acción 352.

Tratamientos	Número de semillas germinadas	Porcentaje de germinación	Grupos
T6	9.33	18.66	A
T9	9.00	18.00	A
T7	8.67	17.34	A
T5	7.67	15.34	A
T1	7.33	14.66	A
T4	7.33	14.66	A
T2	3.33	6.66	A B
T3	3.00	6.00	B
T8	0.00	0.00	B



Figura 14. Vista de la germinación en los tratamientos de la accesión 352.

CONCLUSIONES

El mayor efecto de los tratamientos de escarificación sobre la cantidad de las semillas germinadas de cañahua fue en la accesión 44, se obtuvo con el T2 (semillas sumergidas en vinagre de manzana durante 10 minutos) un porcentaje de germinación del 98.66 %, asimismo, se obtuvo buenos resultados con el T6 (semillas sumergidas durante 15 minutos en agua oxigenada) que alcanzó mayores porcentajes de germinación en las accesiones 117 y 352.

BIBLIOGRAFÍA

Araoz, SD., Del Longo, OT. (2006). Tratamientos pregerminativos para romper la dormancia física impuesta por el endocarpo en *Ziziphus mistol* Grisebach. Laboratorio de Semillas. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Córdoba. Quebracho No. 13 (56-65).

AGRUCO. (2006). Aportes de la Formación, Investigación y Desarrollo, Revista de Agricultura “Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinarias”. Cochabamba, Bolivia pp 24- 28.

Bonifacio, A. (2003). *Chenopodium* especies: genetic resources, ethnobotany, and geographic distribution. Food Reviews International Vol. 19, Issue 1&2.

Castedo, JP. (2007). Cañahua - Qañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Santa Cruz, Bolivia. Disponible en: <http://ccbolgroup.com/hierbas3.html>.

Cuba, E. (2005). Proceso Productivo del cultivo de la cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en comunidades del Ayllu, Majasaya, Mujlli. Universidad Mayor de San Simón Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Cochabamba, Bolivia.

Goitia, L. (2000). Manual preliminar de prácticas. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 30 p.

Rodríguez, L. (2000). Tratamientos pregerminativos para algunas especies forestales nativas de la Región Huerta Norte de Costa Rica. In Simposio avances en la producción de semillas forestales en América Latina. (2000, Managua Nic.). Memoria. Ed. Rodolfo Salazar, Managua, Nicaragua.

Padilla, M. (1995). Tratamientos pregerminativos para semillas forestales. In Curso Nacional de Recolección y procesamiento de Semillas Forestales (I., 1995, Guatemala). Memoria. Guatemala. CATIE.

Pérez, A. (2008). Evaluación de doce métodos de escarificado en semillas de Chonte (*Zanthoxylum aguilari*) y Canoj (*Ocotea guatemalensis*) en el Asintal, Retalhuleu. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, URL 126 p.

Mamani, R. F. (2004). Manual de Cultivo de Qañahua (Aymara) o Kañiwa (Quechua). PROGRANO (Programa de Granos Andinos). Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de Andrés. La Paz, Bolivia. p. 5-7.

Mujica, A. (2009). Usos de los Parientes Silvestres de los Cultivos Andinos. Presentación Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

Woods, PA. Eyzaguirre, P. (2004). La cañahua merece regresar. Disponible en: <http://www.grain.org/article/entries/1030-la-cañahua-merece-regresar>.