



Respuesta de la germinación de semillas forrajeras a soluciones salinas en condiciones controladas

Response of forage seed germination to saline solutions under controlled conditions

Choque-Marca Willy* , Paco-Pérez Víctor , Murga-Cruz Lizett



Datos del Artículo

Facultad de Ciencias Agrarias y Naturales FCAN.
Universidad Técnica de Oruro UTO.
Av. Dehene entre Román Koslowky y León H. Loza
(Ciudadela Universitaria).
Telf. +591-52 61645-52 62735.
Fax. (591-2) 52 61645.
Oruro, Estado Plurinacional de Bolivia.
www.fcان.uto.edu.bo

***Dirección de contacto:**

Facultad de Ciencias Agrarias y Naturales FCAN.
Universidad Técnica de Oruro UTO.
Av. Dehene entre Román Koslowky y León H. Loza
(Ciudadela Universitaria).
Telf. +591-52 61645-52 62735.
Fax. (591-2) 52 61645.
Oruro, Estado Plurinacional de Bolivia.
Móvil: +591-67201310

Willy Choque-Marca

E-mail: w.choque.m@gmail.com

Palabras clave:

Germinación,
soluciones salinas
especies forrajeras,
salinidad,
cloruro de sodio.

J. Selva Andina Biosph.
2020; 8(2):69-79.

ID del artículo: 096/JSAB/2020

Historial del artículo.

Recibido agosto, 2020.
Devuelto septiembre, 2020.
Aceptado septiembre, 2020.
Disponible en línea, noviembre 2020.

Editado por:
*Selva Andina
Research Society*

Keywords:

Germination,
saline solutions,
forage species,
salinity,
sodium chloride.

Resumen

La salinidad es uno de los factores limitantes que afectan negativamente la germinación, emergencia y desarrollo de pastos en la parte baja de la subcuenca del Río Lauca - Oruro, reduciendo la disponibilidad de forrajes para la ganadería. Con el propósito de identificar especies forrajeras tolerantes a la salinidad, se evaluó la capacidad germinativa en soluciones salinas de ocho especies: *Agropyron elongatum* (Host) P. Beauv., *Hordeum muticum* J. Presl., *Bromus catharticus* Vahl., *X. Triticosecale* Wittmarck, *Hordeum vulgare* L., *Atriplex cristata*, *Trifolium amabile* (L.) Kunth., y *Suaeda foliosa* Moq. La investigación, se realizó en laboratorios de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Naturales – Universidad Técnica de Oruro; a las semillas se aplicó soluciones salinas con cuatro concentraciones de NaCl por un litro de agua destilada: 2.56, 5.12, 7.68 y 10.54 g, y un testigo sin salinidad. Los resultados indican que *X. Triticosecale* Wittmarck y *H. vulgare* tienen mayor tolerancia a las soluciones de extrema salinidad y poco afectadas en su capacidad germinativa. Las semillas de *A. elongatum*, *B. catharticus* y *S. foliosa* reducen significativamente la germinación, sin embargo, logran germinar en todos los niveles de salinidad. Las semillas de *A. cristata* y *T. amabile*, son las más sensibles a la afectación salina, la germinación se reduce significativamente en todos los niveles de salinidad, incluso se anula en la concentración más alta. Se concluye que estas especies pueden utilizarse como forrajeras para el aprovechamiento de suelos salinizados, en función a la tolerancia máxima determinada.

© 2020. Journal of the Selva Andina Biosphere®. Bolivia. Todos los derechos reservados.

Abstract

Salinity is one of the limiting factors that negatively affect the germination, emergence, and development of pastures in the lower part of the Lauca - Oruro River sub-basin, reducing the availability of forages for livestock. With the purpose of identifying salinity tolerant forage species, the germination capacity in saline solutions of eight species was evaluated: *Agropyron elongatum* (Host) P. Beauv., *Hordeum muticum* J. Presl., *Bromus catharticus* Vahl., *X. Triticosecale* Wittmarck, *Hordeum vulgare* L., *Atriplex cristata*, *Trifolium amabile* (L.) Kunth., and *Suaeda foliosa* Moq. The research was carried out in laboratories of the Faculty of Agricultural and Natural Sciences - Technical University of Oruro; Saline solutions with four concentrations of NaCl per one liter of distilled water were applied to the seeds: 2.56, 5.12, 7.68, and 10.54 g, and control without salinity. The results indicate that *X. Triticosecale* Wittmarck and *H. vulgare* have greater tolerance to solutions of extreme salinity and little affected in their germination capacity. The seeds of *A. elongatum*, *B. catharticus* and *S. foliosa* significantly reduce germination, however, they manage to germinate at all salinity levels. The seeds of *A. cristata* and *T. amabile* are the most sensitive to saline affectation, germination is significantly reduced at all salinity levels, even at the highest concentration. It is concluded that these species can be used as forage for the use of salinized soils, depending on the maximum tolerance determined.

© 2020. Journal of the Selva Andina Biosphere®. Bolivia. All rights reserved.



Introducción

La germinación de las semillas es una etapa crítica en el desarrollo de las plantas, debido a que están expuestas a factores adversos, salinidad y estrés hídrico¹⁻³, principalmente tiene que ver con la disminución de la disponibilidad de agua en el suelo^{4,5}. La mayoría de las especies son sensibles a la salinidad durante la germinación y emergencia, que en su crecimiento y desarrollo^{6,7}.

La germinación depende de la disponibilidad de agua, en condiciones de estrés hídrico, existe una germinación baja o nula de las semillas^{1,8,9}. El incremento de salinidad en suelos, provoca un descenso del potencial hídrico, induciendo efectos tóxicos sobre la germinación^{10,11}.

La acumulación excesiva de iones, como Cl^- o Na^+ en la solución del suelo, resultan ser tóxicos para la mayoría de las especies¹²⁻¹⁴. Si estas tienen la habilidad de controlar el transporte y absorción de Na^+ al tejido fotosintético, tienen la capacidad de tolerar la salinidad^{15,16}, principalmente en etapa germinativa, pero no solo en esta etapa, es crucial para la vida muchas especies, sino también en el inicio del desarrollo y crecimiento^{17,18}.

Muchas especies tienen la tolerancia a las sales por poseer un carácter heredable poligénico, es decir, tienen la capacidad de soportar a nivel celular el estrés osmótico e iónico¹⁹⁻²³. Las sales no son un estímulo en la etapa germinativa de las semillas, sino, actúan como un tóxico. La acción tóxica del catión o del anión puede superar al efecto producido sobre la presión osmótica²⁴. La salinidad disminuye el poder germinativo de las semillas, y reduce el desarrollo de las plantas²⁵.

La salinidad es una importante causa para el escaso desarrollo de pastizales forrajeros en los ecosistemas de la parte baja de la cuenca del Río Lauca, territorio de la nación ancestral Uru Chipaya – Departamento de Oruro, siendo uno de los principales

problemas de los sistemas de vida. El presente trabajo de investigación se realizó con el propósito de identificar a nivel de laboratorio especies forrajeras con tolerancia a condiciones de diferentes concentraciones de NaCl en la etapa germinativa de ocho especies forrajeras nativas y naturalizadas del altiplano orureño.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en Facultad de Ciencias Agrarias y Naturales de la Universidad Técnica de Oruro (FCAN-UTO), ubicada en avenida Dehene entre Román Koslowky y León H. Loza (Ciudadela Universitaria) al Sud de la ciudad de Oruro, a una altitud de 3735 msnm. La ejecución fue de octubre, a diciembre 2017 y enero 2018.

Semilla. Se trabajó con semillas de ocho especies forrajeras que tienen tolerancia a la salinidad, de las cuales tres especies provienen de semilleros certificados comerciales: alkar (*Agropyron elongatum* (Host) P. Beauv.), triticale (*X. Triticosecale* Wittmarck) y cebada (*Hordeum vulgare* L.) que se adquirió en tiendas especializadas en la ciudad de Oruro, las otras cinco especies son nativas del altiplano y que se recolectaron en la provincia Saucarí del Departamento de Oruro: cola de ratón (*Hordeum muticum* J. Presl), cebadilla nativa (*Bromus catharticus* Vahl.), *livi livi* (*Atriplex cristata*), layu layu (*Trifolium amabile* (L.) Kunth.), y qauchi (*Suaeda foliosa* Moq.). Se realizó selección manual para contar con semilla homogéneas de cada especie, también limpieza de impurezas físicas, no se aplicó ningún tratamiento pregerminativo ni de desinfección.

Soluciones salinas. Se preparó soluciones salinas en 1 L de agua destilada con diferentes niveles de NaCl: T₁=testigo agua destilada (sin salinidad),

$T_2=2.56$ g de NaCl que equivale a una CE del suelo de 4 dS m^{-1} (salinidad ligera), $T_3=5.12$ g de NaCl equivale a una CE del suelo de 8 dS m^{-1} (salinidad mediana), $T_4=7.68$ g de NaCl equivale a una CE del suelo de 12 dS m^{-1} (salinidad fuerte) $T_5=10.54$ g de NaCl equivale a una CE del suelo de 16 dS m^{-1} (salinidad extrema)^{26,27}. Las variables evaluadas fueron: germinación diaria y capacidad de germinación. El primer conteo se evaluó a las 24 h después de la siembra y se evaluó diariamente durante 30 días.

Incubación para germinación de semillas. En cajas Petri de 10 cm de diámetro con papel de filtro se sembraron 100 semillas de cada especie, las placas fueron humedecidas con 5 mL de cada solución salina de NaCl y mantenidas en una incubadora automática bajo condiciones homogéneas de 25°C de temperatura, una humedad relativa de 80 %, 12 h con luz de cámara germinadora y 12 h en oscuridad por 30 días^{28,29}.

Diseño experimental. Se utilizó el diseño experimental completamente al azar (DBCA) con cuatro repeticiones por tratamiento. Los datos se analizaron mediante el análisis de la varianza (ANOVA), para contrastar los promedios de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey con $P < 0.05$ ³⁰⁻³².

Resultados

Germinación diaria. El inicio y la duración del período de germinación (hasta el conteo de la última semilla germinada) fueron diferentes en cada especie. *A. elongatum* (Host) P. Beauv en todos los tratamientos inició la germinación el primer día, la duración del proceso germinativo, fue de 10 días en condiciones sin salinidad (T_1), 11 días con salinidad ligera (T_2) y 12 días para soluciones de moderada (T_3), fuerte (T_4) y extrema salinidad (T_5). El máximo número de semillas germinadas por día (pico de

germinación) se presentó en el día 4 para T_1 y T_2 , y el día 5 para T_3 , T_4 y T_5 , figura 1.

B. catharticus Vahl., inició la germinación en el día 6 para T_1 y T_2 , en el día 8 para T_3 y en el día 10 para T_4 y T_5 . La duración del proceso de germinación fue de 10 días para T_1 , T_2 , T_4 y T_5 , en tanto que para T_3 fue 9 días. Los picos de germinación se dieron a los 9 días para T_1 , a 10 días para T_2 , T_3 , T_4 , y en 12 días para T_5 .

X. Triticosecale Wittmarck. la germinación inició en el día 2 para T_2 , el día 3 para T_1 , T_3 , T_5 , y día 5 para T_4 , 7 días fue la duración de la germinación para T_1 , T_3 y T_4 , 8 días para T_2 y 10 días para T_5 . Los picos de germinación se dieron en el día 5 para T_1 y T_2 , en el día 6 para T_3 y T_4 , y el día 7 para T_5 .

H. vulgare L. el inicio de germinación fue el día 3 para T_2 y T_3 , el día 5 para T_1 , T_4 y T_5 , en tanto que la última semilla germinada se registró después de 7 días para T_1 , 8 días para T_3 , 9 días para T_2 y T_4 , y 13 días para T_5 . El máximo número de semillas germinadas por día se registró en 5 para T_1 , T_2 y T_3 , y el día 6 para T_4 y T_5 .

S. foliosa Moq., la germinación inició en el día 8 para T_1 , día 11 para T_2 , día 12 para T_5 , día 13 para T_3 y día 15 para T_5 , se prolongó hasta 20 días para T_1 , 17 días para T_2 , 16 días para T_5 , 15 días para T_3 y 15 días para T_4 . Los picos de germinación se registraron en el día 15 para T_1 , T_2 y T_3 , día 20 para T_4 y el día 23 para T_5 .

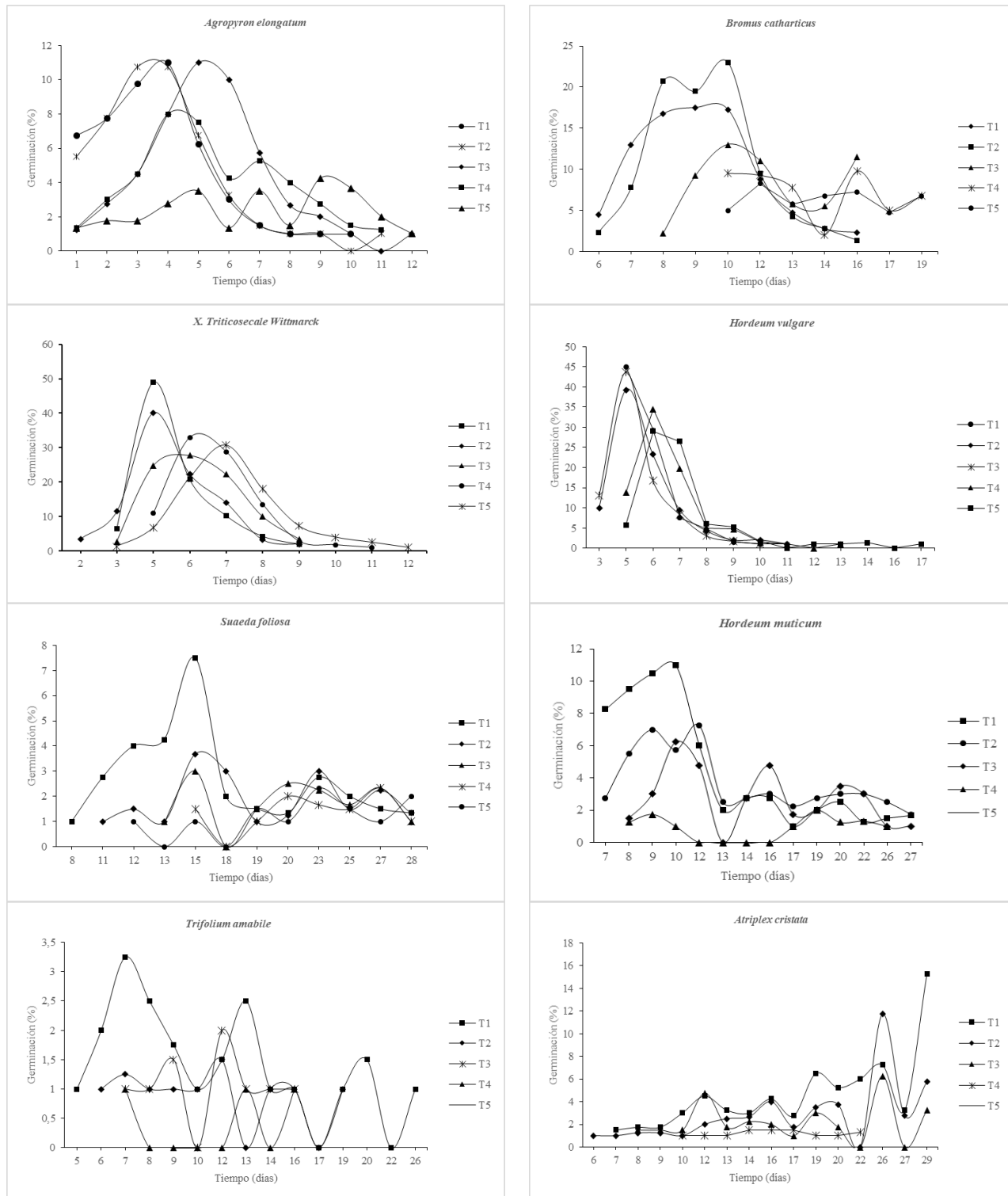
H. muticum J. Presl el inicio de germinación se registró en el día 7 para T_1 y T_2 , día 8 para T_3 y T_4 , el T_5 no germinó. La germinación se prolongó por 20 días a partir del inicio para T_1 y T_2 , 19 días para T_3 y 18 días para T_4 . Los picos de germinación se presentaron en los días 9 (T_1), 10 (T_3) y 11 (T_2), T_4 no presentó un pico claro de germinación.

T. amabile (L.) Kunth., comenzó en el día 5 (T_1), día 6 (T_2), y día 7 para T_3 y T_4 , este proceso se prolongó hasta 21 días posteriores para T_1 , 13 días para T_2 , y 9 días para T_3 y T_4 . El pico de germinación

solo se perceptible en T₁ a los 7 días; en el resto no

hay un día sobresaliente.

Figura 1 Germinación diaria de ocho especies forrajeras a diferentes concentraciones de soluciones salinas de NaCl



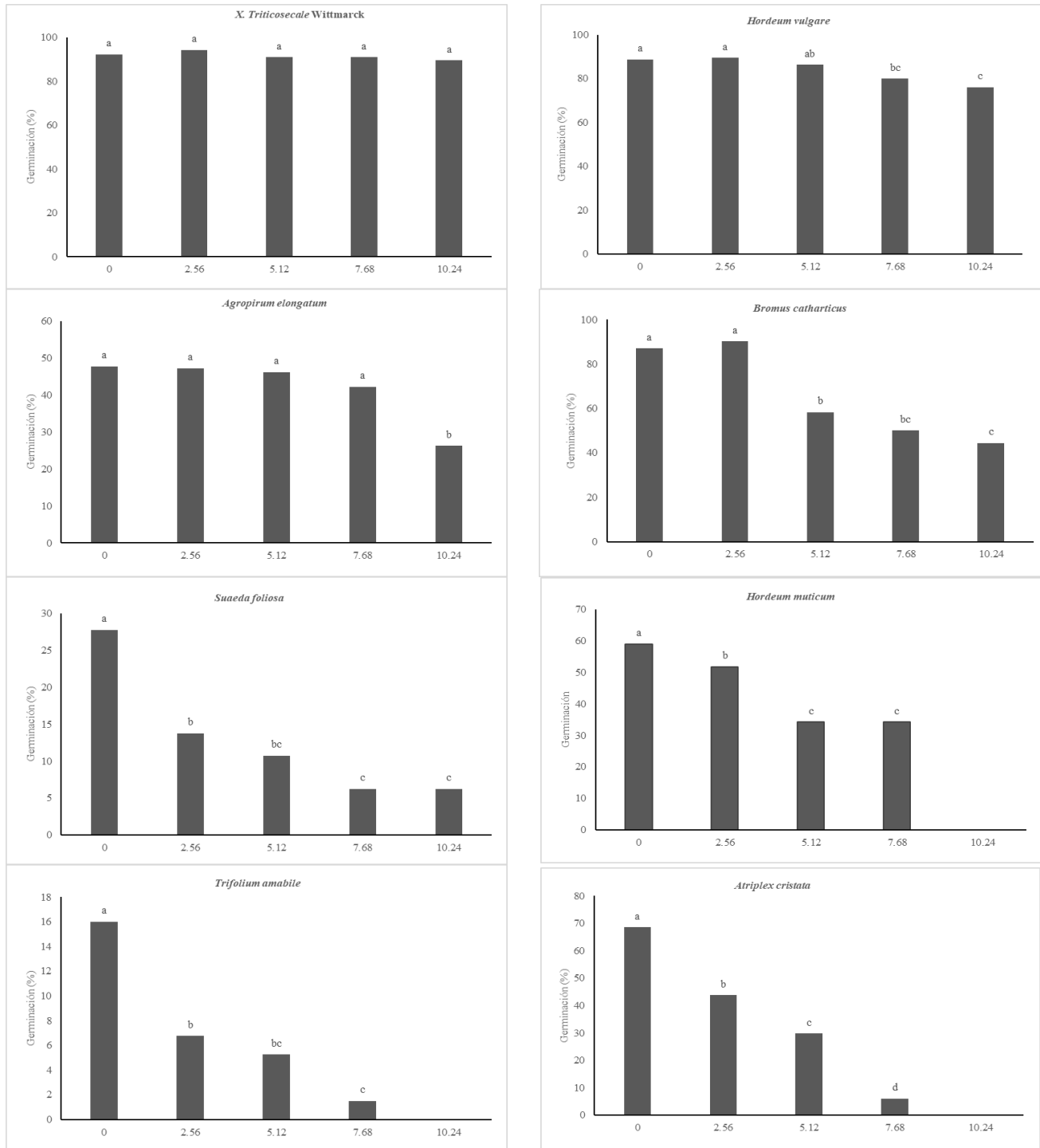
A. cristata la germinación inició el día 6 para T₂, día 7 para T₁, día 8 para T₃, día 10 para T₄, en tanto que T₅ no logró germinar, el plazo de duración de este

proceso fue de 22 días para T₁, 23 días para T₂, 21 días para T₃ y 12 días para T₄. Los picos de germi-

nación se presentaron a los 12 días para T₁ y T₃, y

16 días para T₂, el T₄ no tiene un pico sobresaliente.

Figura 2 Comparación de medias de la capacidad de germinación a estrés salino de ocho semillas evaluadas a diferentes concentraciones de NaCl



Capacidad de germinación o germinación acumulada. Según la capacidad germinativa de las semillas de ocho especies forrajeras humedecidas con soluciones salinas, se agrupó en tres estas especies: En el grupo 1 se encuentran el *X. Triticosecale*

Wittmarck y *H. vulgare* L. en los cuales los niveles de salinidad tienen baja afectación en su capacidad de germinación que disminuye de 92.5% a 89.5% y de 88.75% a 76% respectivamente, en el nivel de salinidad extrema T₅, figura 2.

En el grupo 2 se tiene a las especies cuya germinación son afectadas significativamente con niveles altos de salinidad, en efecto, *A. elongatum* (Host) P. Beauv., baja su capacidad germinativa de 47.75% a 26.25% con el T₅, en tanto que *B. catharticus* Vahl reduce la germinación con T₃, T₄ y T₅, y finalmente está la *S. foliosa* Moq., que la germinación es afectada significativamente con T₂, T₃, T₄ y T₅.

En el grupo 3 están *H. muticum* J. Presl cuya germinación es afectada significativamente con T₃ y T₄, asimismo *T. amabile* (L.) Kunth., y *A. cristata* donde los niveles T₂, T₃ y T₄ reducen significativamente su capacidad germinativa. En las dos especies la germinación se anula en condiciones de extrema salinidad (T₅).

Discusión

El Departamento de Oruro se encuentra en el altiplano central boliviano, territorio donde están las partes bajas de las subcuencas endorreicas Desaguadero, Poopó y Coipasa, que gradualmente han venido degradando los suelos por salinización de diferentes grados en una superficie estimada en 14 254.26 km² suelos con extrema salinidad de hasta 63 dS m⁽⁻¹⁾ de CE³³. La salinidad edáfica es uno de los factores abióticos de alto impacto, de degradación del recurso suelo³⁴, incluso podría llegar a la pérdida total de la capacidad productiva, cuando las concentraciones de sales son extremadamente altas. Se han desarrollado varios métodos para recuperación o aprovechamiento de los suelos salinizados (físicos, biológicos, hidrotécnicos y químicos), sin embargo, su aplicación en grandes extensiones es poco viable por los altos costos. La implementación de especies forrajeras, es una de las mejores alternativas en estas condiciones, puesto que permiten extraer las sales del suelo, pero además producir forraje para la ganadería³⁵.

El presente estudio fue realizado con el propósito de identificar especies forrajeras con mayor tolerancia a la salinidad, en la fase fenológica de germinación a nivel de laboratorio, puesto que la germinación y las primeras etapas del crecimiento de las plantas son las fases fenológicas más sensibles a cualquier situación de estrés, principalmente a la disminución en la disponibilidad de agua originado por la salinidad^{18,34,35}.

Los resultados señalan, que la capacidad de germinación de las siete especies es afectada en diferente grado por el incremento de las concentraciones de NaCl en las soluciones salinas, que concuerda con varios estudios sobre el impacto de las sales en el proceso germinativo³⁶⁻³⁸. Solo *X. Triticosecale* Wittmarck no sufrió una disminución significativa en la germinación de semillas.

Estudios precedentes señalan que las especies de plantas no responden forma igualitaria a los efectos de las sales^{17,34,39,40}, en este sentido, los efectos adversos de la salinidad en las especies forrajeras varían de acuerdo al carácter hereditario genético⁴¹⁻⁴³. Al respecto, Lastiri-Hernández et al.⁴⁴ determinó que la tolerancia a la salinidad varía en función a la permeabilidad de la semilla, composición de la estructura lípida y viscosidad citoplasmática, factores claves para la preservación de la integridad de la membrana plasmática de las semillas, como es el caso específico de *H. vulgare*.

Con relación a los efectos de la salinidad en la germinación de semillas, varias investigaciones indican que la salinidad disminuye el potencial hídrico de la solución del suelo, causando retención osmótica del agua, disminuyendo la disponibilidad de agua para la semilla, además genera efectos iónicos de toxicidad^{34,35,45-49} por tanto, el embrión no alcanza la turgencia necesaria para romper las cubiertas seminales y la germinación no ocurre¹⁸.

La reducción de la capacidad germinativa de las semillas es gradual a medida a que las concentraciones de sales aumentan, hasta un nivel que puede

llegar a inhibir totalmente este proceso⁵⁰⁻⁵². En condiciones salinas la semilla requiere mayores cantidades de energía⁵³ para absorber el agua, capacidad que no tienen todas las especies de plantas.

En el caso específico de las soluciones salinas de NaCl, Ruiz & Terenti¹⁸ determinó que tienen un efecto combinado sobre las semillas: por una parte, produce el efecto osmótico y causa estrés de agua en las semillas, y por otra, crea un efecto iónico por la entrada y/o acumulación de iones en las semillas, que causa toxicidad en las mismas. Según Lastiri-Hernández et al.⁴⁴ la toxicidad iónica afecta las funciones de la membrana y la pared celular del embrión, producto la reducción en la permeabilidad de las membranas plasmáticas, el incremento del influjo de iones externos y del reflujo de solutos citosólicos.

Otro efecto de la salinidad en las semillas, es la retardación del inicio y el proceso germinativo, aspecto que fue registrado en siete de las especies estudiadas, excepto *A. elongatum* que no sufrió esta afectación, este resultado también coincide con la tendencia general de varios estudios en plantas halófitas y glicófitas, causada por la disminución de la capacidad de absorción de agua y la velocidad de imbibición de las semillas^{18,44,54,55}.

La rapidez y uniformidad de la germinación de semillas es uno de los factores de éxito para el desarrollo de especies forrajeras en condiciones de salinidad, por tanto la retardación del proceso germinativo disminuye las posibilidades de reproducción de las especies¹⁸, sin embargo, para Lastiri-Hernández et al.⁴⁴, la reducción de la germinación en condiciones de salinidad incrementan su estado de latencia y dormancia, dos mecanismos que ayudan a las semillas a germinar en condiciones de disminución de salinidad, por tanto, puede considerarse como una adaptación a la salinidad y maximizar las posibilidades de sobrevivencia de las especies⁵⁶⁻⁵⁸.

En cuanto a los resultados por cada especie, *A. elongatum* reduce significativamente la germinación

en condiciones de extrema salinidad, coincidiendo con los reportes de Ruiz & Terenti¹⁸, Terrazas⁸ y Jauregui et al.⁵⁹ que además de disminución de la germinación, mencionan la disminución de la velocidad germinativa en parientes cercanos a esta especie.

H. vulgare, a pesar de que es afectada por la solución de extrema salinidad (CE 18 dS m⁻¹), su germinación es superior al 76%, tienen similitud a los reportes de Lastiri-Hernández et al.⁴⁴ que indican que niveles de CE de 18.25 y 35.3 dS m⁻¹ la germinación reduce en 33.33 y 76% respectivamente.

Respecto *S. foliosa*, tiene un bajo porcentaje de germinación en condiciones normales (28%), con el incremento de concentración de sales su capacidad germinativa disminuye significativamente hasta el 6%. Estos datos se asemejan a los reportados por Morón-Ríos³³ con el 19% de germinación en condiciones normales, sin embargo, indica que con soluciones de extrema salinidad la germinación se anula debido a la presencia del perianto, episperma impermeable y semiduro, asimismo, determina que la retardación del proceso germinativo en esta especie se extiende hasta la séptima semana. En estudios de otras especies del género *Suaeda* también registran disminución de la germinación y retardación del proceso entre 2 a 7 días respecto al testigo sin salinidad⁶⁰.

En cuanto a las semillas de *A. cristata* el incremento de las concentraciones salinas disminuyen su capacidad germinativa, llegando a anular en condiciones de extrema salinidad, resultados que se asemejan a los reportes de Morón-Ríos³³ para la misma especie. Se concluye que estas especies pueden utilizarse como forrajeras para el aprovechamiento de suelos salinizados, en función a la tolerancia máxima determinada. *X. Triticosecale* Wittmarck y *H. vulgare* tienen tolerancia por tanto pueden sembrarse en suelos con extrema salinidad. Las especies *A. elongatum*, *B. catharticus* y *S. foliosa* también pueden

sembrarse en suelos con extrema salinidad, sin embargo, para alcanzar aceptables niveles de germinación, se recomienda quintuplicar la densidad de siembra.

Finalmente, las especies *A. cristata* y *T. amabile*, son las más sensibles a la afectación salina, no se sugiere sembrar en suelos con extrema salinidad.

Fuente de financiamiento

Este trabajo se realizó en el marco del proyecto “Manejo integral de los recursos naturales cuenca Río Lauca”, que fue cofinanciado por Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), Gobierno Autónomo Departamental de Oruro (GADOR) y Gobierno Autónomo de la Nación Originaria Uru-Chipaya (GAIOC).

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo brindado por la Facultad de Ciencias Agrarias y Naturales de la Universidad Técnica de Oruro, en particular al Ing. Agr. Pedro Cárdenas Castillo, Docente del Laboratorio de Fitotecnia e Ing. Agr. Ermindo Barrientos Pérez, Docente del Laboratorio de Semillas de Pastos Nativos y Forestales. Asimismo, expresamos nuestra gratitud a la empresa CALEF SRL, ejecutora del proyecto “Manejo integral de los recursos naturales cuenca Río Lauca”.

Aspectos Éticos

El presente documento fue aprobado por la Dirección de Investigación Científica y Tecnológica de la Universidad Técnica de Oruro.

Literatura Citada

1. Supervisión técnica proyecto manejo integral de los recursos naturales cuenca Río Lauca [Internet]. Gobierno Autónomo Departamental de Oruro-INFOSICOES. 2019 [citado 15 de mayo de 2019]. Recuperado a partir de: <https://www.infosicoes.com/supervision-tecnica-proyecto-manejo-integral-de-los-recursos-naturales-cuenca-rio-lauca-lct298202.html>
2. Marañón T, García LV, Troncoso A. Salinity and germination of annual Melilotus from the Guadalquivir delta (SW Spain). Plant Soil 1989;119: 223-8. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02370412>
3. Khan MA. Studies on germination of *Cesca cretica* L. sedes. Pak J Weed Sci Res 1991;4(2):89-98.
4. Khan MA, Weber DJ. Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants [Internet]. Netherlands: Springer; 2006. 397 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/1-4020-4018-0>
5. Bewley JD. Seed germination and reserve mobilization. ESL 2001; 1. DOI: <https://doi.org/10.1038/npg.els.0002047>
6. Ashraf M, Foolad MR. Pre-sowing seed treatment - a shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. Adv Agron 2005;88:223-71. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(05\)88006-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(05)88006-X)
7. Schmidhalter U, Oertli JJ. Germination and seedling growth of carrots under salinity and moisture stress. Plant Soil 1991;132(1):243-51. DOI: <https://doi.org/10.1007/FB00010450>

8. Terrazas Rueda JM. Efecto de tres niveles de salinidad en el crecimiento del pasto Agropiro variedad Alkar (*Thinopyrum ponticum*) mediante reproducción sexual y vegetativa. *Apthapi* 2018;4 (3):1295-311.
9. Gorai M, Neffati M. Germination responses of *Reaumuria vermiculata* to salinity and temperature. *Ann Appl Biol* 2007;151(1):53-9. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2007.00151.x>
10. Rasheed A, Ahmed MZ, Gul B, Khan MA, Hameed A. Comparative seed germination ecology of sabkha and playa halophytes of Pakistan. In: Gul B, Böer B, Khan M, Clüsener Godt M, Hameed A, editors. *Sabkha Ecosystems. Tasks for Vegetation Science*. Cham: Springer; 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-04417-6_4
11. Fenner M, Thompson K. The ecology of seeds. *Ann Bot* 2006;97:151-3. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcj016>
12. Ajmal Khan M, Zaheer Ahmed M, Hameed A. Effect of sea salt and L-ascorbic acid on the seed germination of halophytes. *J Arid Environ* 2006; 67(3):535-40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.03.001>
13. Iyengar ERR, Patolia JS, Kurian T. Varietal differences in barley to salinity. *Z Pflanzenphysiol* 1977;84(4):355-61. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-328X\(77\)80149-9](https://doi.org/10.1016/S0044-328X(77)80149-9)
14. Ashraf M, McNeily T, Bradshaw AD. The response of selected salt-tolerant and normal lines of four grass species to NaCl in sand culture. *New Phytol* 1986;104(3):453-61. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1986.tb02912x>
15. Hajiboland R, Bahrami Rad S, Akhiani H, Poschenrieder C. Salt tolerance mechanisms in three Irano-Turanian Brassicaceae halophytes relatives of *Arabidopsis thaliana*. *J Plant Res* 2018;131 (6):1029-46. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10265-018-1053-6>
16. Laynez Garsaball JA, Méndez Natera JR, Mayz Figueroa J. Efecto de la salinidad y del tamaño de la semilla sobre la germinación y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de laboratorio. *TIP* 2018;11(1):17-25.
17. Reyes Pérez JJ, Murillo Amador B, Nieto Garibay A, Troyo Diéguez E, Reynaldo Escobar IM, Rueda Puente EO. Germinación y características de plántulas de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) sometidas a estrés salino. *Rev Mex Cienc Agríc* 2013;4(6):869-80. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i6.1155>
18. Ruiz M, Terenti O. Germinación de cuatro pastos bajo condiciones de estrés salino. *Phyton* 2012; 81(2):169-76.
19. Kusvuran A, Nazli RI, Kusvuran S. The effects of salinity on seed germination in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) varieties. *Türk Tarım Doğa Bilim Derg* 2015;2(1):78-84.
20. Cheeseman JM. Mechanisms of salinity tolerance in plants. *Plant Physiology*. 1988;87:547-50. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.87.3.547>
21. Foolad MR, Jones RA. Parent-offspring regression estimates of heritability for salt tolerance during germination in tomato. *Crop Sci* 1992;32 (2):439-42. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1992.0011183X003200020031x>
22. Saleki R, Young PG, Lefebvre DD. Mutants of *Arabidopsis thaliana* capable of germination under saline conditions. *Plant Physiol* 1993;101(3):839-45. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp101.3.839>
23. Yeo AR. Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology. *J Exp Bot* 1998;49(323):915-29. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/49.323.915>
24. Hernández JA. Salinity tolerance in plants: trends and perspectives. *Int J Mol Sci* 2019;20(10): 2408. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20102408>

25. Guerrier G. Influence de différentes salinités (sels de sodium et sels de chlorure) sur la germination de *Raphanus sativus*. Plant Soil 1981;61(3):457-69. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf02182026>
26. Epstein E, Norlyn JD, Rush DW, Kingsbury RW, Kelley DB, Gunningham GA, et al. Saline culture of crops: A genetic approach. Science 1980;210(4468):399-404. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.210.4468.399>
27. Hanslin HM, Eggen T. Salinity tolerance during germination of seashore halophytes and salt-tolerant grass cultivars. Seed Sci Res 2005;15(01):43-50. DOI: <https://doi.org/10.1079/SSR2004196>
28. Ruiz Ramírez S, Valdés Oyervides A, Facio Parra F, Arce González L. Efecto de diferentes niveles de salinidad en la germinación y vigor de semillas de cinco gramíneas forrajeras. Agraria 2012;9(1):7-13.
29. Pablo Pérez M, Lagunes Espinoza LC, López Upton J, Ramos Juárez J, Aranda Ibáñez EM. Morfometría, germinación y composición mineral de semillas de *Lupinus silvestres*. Bioagro 2013;25(2): 101-8.
30. León Lara JD, Ramos Torres I, Marrufo Pinedo RR, Borboa Félix J. Optimización del proceso de germinación de *Salicornia bigelovii* tratada con soluciones salinas. Epistemus 2014;16:29-35.
31. Easterling RG. Fundamentals of Statistical Experimental Design and Analysis. New York: John Wiley & Sons, Ltd; 2015. p. 245.
32. Barker TB, Milivojevic A. Quality by Experimental Design. New York: CRC Press, 2016. 707 p.
33. Morón Ríos E. Introducción a la biología y ecología de las halófitas del Altiplano Central de Bolivia. 2018. 180 p.
34. Terrazas Rueda JM. Aprovechamiento del suelo salino: agricultura salina y recuperación de suelos. Aphapi 2019;5(1):1539-63.
35. Mata Fernández I, Rodríguez Gamiño ML, López Blanco J, Vela Correa G. Dinámica de la salinidad en los suelos. Revista Digital E-BIOS 2014; 5(1):26-35.
36. Bilquees G, Khan MA. Effect of compatible osmotic and plant growth regulators in alleviating salinity stress on the seed germination of *Allenrolfea occidentalis*. Pak J Bot 2008;40(5):1957-64.
37. Mitsuo Yamashita O, Carneiro Guimarães S. Efecto de estrés salino sobre la germinación de las semillas de *Conyza canadensis* y *Conyza bonariensis*. Bioagro 2011;23(3):169-74.
38. Ramírez Suárez WM, Hernández Olivera LA. Tolerancia a la salinidad en especies cespitosas. Past Forr 2016;39(4):235-45.
39. Grieve C. Salinity-induced enhancement of horticultural crop quality. In: Pessaraki M, editor. Handbook of plants and crop stress. New York: Taylor & Francis Group; 2011. p. 1173-93. DOI: <https://doi.org/10.1201/b10329-58>
40. Bojórquez Quintal E, Velarde Buendía A, Ku Gónzales A, Carrillo Pech M, Ortega Camacho D, Echevarría Machado I, et al. Mechanisms of salt tolerance in habanero pepper plants (*Capsicum chinense* Jacq.): Proline accumulation, ions dynamics and sodium root-shoot partition and compartmentation. Front Plant Sci 2014;605(5): 1-14. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00605>
41. Marcar NE. Salt tolerance in the genus *Lolium* (ryegrass) during germination and growth. Aust J Agric Res 1987;38(2):297-307. DOI: <https://doi.org/10.1071/AR9870297>
42. Shannon MC, Noble CL. Variation in salt tolerance and ion accumulation among subterranean clover cultivars. Crop Sci 1995;35:798-804. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183x003500030027x>
43. Rogers M, Grieve C, Shannon M. The response of lucerne (*Medicago sativa* L.) to sodium sul-

- phate and chloride salinity. *Plant Soil* 1998;202 (2):271-80. DOI: <https://doi.org/10.1023/a:1004317513474>
44. Lastiri Hernández MA, Álvarez Bernal D, Soria Martínez LH, Ochoa Estrada S, Cruz Cárdenas G. Efecto de la salinidad en la germinación y emergencia de siete especies forrajeras. *Rev Mex Cienc Agríc* 2017;8(6):1245-57.
45. Hasegawa PM, Bressan RA, Zhu JK, Bohnert HJ. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 2000;51:463-99. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.51.1.463>
46. Zhu JK. Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Curr Opin Plant Biol* 2003;6(5):441-5. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(03\)00085-2](https://doi.org/10.1016/S1369-5266(03)00085-2)
47. Ashraf M, Harris PJC. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Sci* 2004;166(1):3-16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2003.10.024>
48. Poustini K, Siosemardeh A. Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. *Field Crops Res* 2004;85(2-3):125-33. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00157-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00157-6)
49. Chinnusamy V, Jagendorf A, Zhu JK. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Sci* 2005;45(2):437-48. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.0437>
50. Zhu JK. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annu Rev Plant Biol* 2002;53:247-73. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.53.091401.143329>
51. Bazzigalupi O, Pistorale SM, Andrés AN. Tolerancia a la salinidad durante la germinación de semillas provenientes de poblaciones naturalizadas de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*). *Cien Inv Agr* 2008;35(3):277-85. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-16202008000300005>
52. Salomón J, Samudio A. Efecto del estrés salino en la germinación y vigor de semillas de *Panicum maximum* Jacq. variedades Tanzania y Mombasa. *Compend Cienc Vet* 2015;5(2):23-31. DOI: <https://doi.org/10.18004/compend.cienc.vet.2015.05.02.23-31>
53. Rubio Casal AE, Castillo JM, Luque CJ, Figueroa ME. Influence of salinity on germination and seeds viability of two primary colonizers of Mediterranean salt pans. *J Arid Environ* 2003;53 (2):145-54. DOI: <https://doi.org/10.1006/jare.2002.1042>
54. Munns R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ* 2002;25(2):239-50. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x>
55. Munns R, Tester M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu Rev Plant Biol* 2008;59:651-81. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
56. Keiffer CH, Ungar IA. The effect of extended exposure to hypersaline conditions on the germination of five inland halophytes species. *Am J Bot* 1997;84(1):104-11. DOI: <https://doi.org/10.2307/2445887>
57. Khan MA, Gul B, Weber DJ. Influence of salinity and temperature on the germination of *Kochia scoparia*. *Wetl Ecol Manag* 2001;9:483-9. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1012232728565>
58. Abbad A, El Hadrami A, Benchaabane A. Germination responses of the Mediterranean saltbush (*Atriplex halimus* L.) to NaCl treatment. *J Agron* 2004;3(2):111-4. DOI: <https://doi.org/10.3923/ja.2004.111.114>
59. Jauregui CJ, Ruiz MA, Ernst RD. Tolerancia a la salinidad en plántulas de agropiro criollo (*Elymus scabrifolius*) y agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*). *Past Forr* 2017;40(1):29-36.
60. Núñez Cuerda E. Respuestas a la salinidad en varias especies halófitas adaptadas a diferentes hábitats [tesis licenciatura]. [Jaén]: Universidad de Jaén; 2020 [citado 26 de septiembre de 2020].

Recuperado a partir de: <http://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/12300/1/TFG%20Elena%20Nunez%20Cuerda.pdf>

Nota del Editor:

Journal of the Selva Andina Biophere (JSAB) se mantiene neutral con respecto a los reclamos jurisdiccionales publicados en mapas y afiliaciones institucionales.