



Efecto de tres niveles de salinidad en el crecimiento del pasto Agropiro variedad Alkar (*Thinopyrum ponticum*) mediante reproducción sexual y vegetativa

Effect of three levels of salinity in the growth of the agropiro pasta variety Alkar (*Thynopirum ponticum*) through sexual and vegetative reproduction

Julio Marcelo Terrazas Rueda

RESUMEN:

La salinidad de los suelos representa un problema que afecta a la producción de muchos cultivos, entre las especies tolerantes está el agropiro variedad Alkar (*Thinopyrum ponticum*). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de niveles de concentración de cloruro de sodio (NaCl) en el crecimiento del pasto agropiro reproducidos de forma sexual y vegetativa, en el centro de facilidades para la investigación Quipaquipani dependiente de la fundación PROINPA, situado en la ciudad de Viacha-La Paz, así mismo se evaluó su germinación, emergencia y rendimiento en concentraciones salinas. Se evaluaron las soluciones salinas con concentraciones Molares de 0.4, 0.7 y 1.0 de NaCl más el testigo para evaluar el crecimiento; mientras que para la germinación se empleó las concentraciones Molares de 0.1, 0.2 y 0.3 de NaCl, equivalentes a 11.2; 24.1; 40; 42.5; 71.9; 104.6 dS.m⁻¹ y testigo equivalente a 0.25 ds.m⁻¹. Se adoptó el diseño experimental completamente al azar para la evaluación del porcentaje de germinación (PG), días a la germinación, porcentaje de emergencia (PE) y con dos factores (métodos de reproducción y niveles de sal) para la evaluación del crecimiento. Las concentraciones salinas tuvieron efectos significativos en el PG y días a la germinación ya que se observó una disminución en el PG y prolongación en los días a la germinación a medida que se aumenta las concentraciones salinas. El crecimiento en altura fue influenciado principalmente por el método de reproducción, siendo el más alto la reproducción vegetativa. En cuanto a los niveles de sal se obtuvieron resultados no significativos atribuible a un lavado de sales provocado por las lluvias. La velocidad de crecimiento fue mayor en el método de reproducción vegetativa (1 cm/semana) a comparación de la reproducida por semilla (0.1 cm/semana), en cuanto a niveles de sal, el testigo fue significativamente mayor al resto. El peso y volumen de raíz fue influenciado por ambos factores registrando menor peso a medida que aumenta la salinidad, excepto en el testigo, el cual es mayor en reproducción por semilla y de manera opuesta el peso y volumen y raíz de la reproducida por semilla es equivalente a altas concentraciones de sal, demostrando la alta tolerancia de esta especie a condiciones salinas. En general, el agropiro alargado presentó alta tolerancia a la condición salina de NaCl, demostrando adaptabilidad y resiliencia ante condiciones de salinidades muy altas.

PALABRAS CLAVE:

Salinidad, *Thinopyrum ponticum*, crecimiento, cloruro de sodio.

ABSTRACT:

The salinity of soils represents a problem that affects the production of many crops, among the tolerant species is the wheatgrass variety Alkar (*Thinopyrum ponticum*). The objective of this work was to evaluate the effect of concentration levels of sodium chloride (NaCl) on the growth of the wheatgrass reproduced in a sexual and vegetative way, in the center of facilities for the Quipaquipani research under the PROINPA foundation, located in the city of Viacha-La Paz, likewise its germination, emergence and yield in saline concentrations were evaluated. Saline solutions were evaluated with Molar concentrations of 0.4, 0.7 and 1.0 of NaCl plus the control to evaluate the growth; while for the germination the Molar concentrations of 0.1, 0.2 and 0.3 of NaCl, equivalent to 11.2; 24.1; 40; 42.5; 71.9; 104.6 dS.m⁻¹ and witness equivalent to 0.25 ds.m⁻¹. The experimental design was completely randomized for the evaluation of the percentage of germination (PG), days to germination, percentage of emergence (PE) and with two factors (reproduction methods and salt levels) for the evaluation of growth. Saline concentrations had significant effects on the PG and days after germination, since there was a decrease in PG and prolongation in days to germination as saline concentrations were increased. The growth in height was influenced mainly by the reproduction method, being the highest the vegetative reproduction. Regarding the salt levels, nonsignificant results were obtained attributable to a salt wash caused by the rains. The speed of growth was higher in the method of vegetative reproduction (1 cm/week) compared to that reproduced by seed (0.1 cm/week), in terms of salt levels, the control was significantly higher than the rest. Root weight and volume was influenced by both factors registering lower weight as salinity increases, except in the control, which is higher in reproduction by seed and in opposite way the weight and volume and root of the seed reproduced is equivalent to high salt concentrations, demonstrating the high tolerance of this species to saline conditions. In general, elongated wheatgrass presented high tolerance to the saline condition of NaCl, demonstrating adaptability and resilience in conditions of very high salinities.

KEY WORDS:

Salinity, *Thinopyrum ponticum*, growth, sodium chloride.

AUTOR:

Julio Marcelo Terrazas Rueda: Carrera Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. julio18t@gmail.com

Recibido: 15/10/2018. Aprobado: 15/11/2018.



INTRODUCCION

La salinidad de los suelos en Bolivia abarca no solamente la cuenca del río Desaguadero en el Altiplano Boliviano, sino también el valle alto y central de Cochabamba, los valles de Santa Cruz, el Chaco y las llanuras de depresión en el Beni. Esta enorme área conlleva preocupación para gran parte de la población agrícola.

La salinidad origina reducción del crecimiento de los cultivos al afectar negativamente la germinación y/o la capacidad de emerger de las plántulas, así mismo retarda el crecimiento de las plantas a través de su influencia sobre varios procesos fisiológicos, en consecuencia, las variables de crecimiento vegetativo tales como: masa seca, altura de planta y área foliar entre otras, son severamente afectadas por la presencia de sales (Rush y Epstein, 1981; Alarcón *et al.*, 1993 citado en Parés, Arizaleta, Sanabria, y García, 2008).

Al disminuir las lluvias, en los sectores deprimidos, los suelos se van secando por infiltración y evapotranspiración. Es entonces cuando comienza a generarse el proceso de salinización quedando interrumpido el ciclo productivo en amplias superficies de la región.

Los suelos salinos ofrecen pocas opciones de crecimiento de plantas, volviéndolos improductivos. Con los efectos del cambio climático, los suelos salinos tienden a incrementarse año a año en las regiones áridas y semiáridas del mundo como consecuencia de las bajas precipitaciones, mal manejo de agua de riego y de los fertilizantes (Martínez *et al.*, 2011 citado en Ramírez, Urdaneta, y Pérez, 2017).

La característica general de los suelos salinos es la presencia de altas concentraciones de sales solubles, lo cual incrementa el potencial osmótico de la solución de suelo, causando estrés fisiológico en las plantas.

La alta concentración salina de los suelos es uno de los principales factores que restringe el

crecimiento y productividad de los cultivos (Cruz *et al.*, 2003 citado en Parés *et al.*, 2008) por lo tanto, comprender la respuesta de las plantas bajo condiciones de estrés es importante para proponer soluciones efectivas al problema de la salinidad. (Larcher, 2003, citado en Parés *et al.*, 2008)

En tal sentido, la “Agricultura salina” se muestra como una solución viable, ya que permite utilizar estos suelos tal como están y sin ningún costo adicional, en comparación a los costos elevados que se tendría que realizar inicialmente si se quiere habilitar estas tierras para cultivos sensibles y además durante el desarrollo de los cultivos para controlar la elevación de la salinidad. (Orsag, 2010)

En el altiplano boliviano existen plantas forrajeras nativas como el qauchi (*Saueda foliosa*) y el atriplex (*Atriplex ssp.*) y cultivos como la quinua y algunas variedades de papa amarga, que se desarrollan en medios adversos de suelos (salinidad y sodicidad), produciendo forrajes o alimentos con alto valor proteico para los animales y el hombre. (Orsag, 2010)

No todas las especies forrajeras presentan tolerancia a este tipo de suelos, entre las diversas especies forrajeras adaptadas a suelos salinos se destaca el agropiro alargado var. Alkar (*Thinopyrum ponticum*).

Descripción de la especie

El agropiro alargado var. Alkar es una gramínea perenne originaria del sur de Europa y Asia Menor, introducida a América desde Estados Unidos, entre 1909 y 1950, y ahora se encuentra a través de todos los estados del oeste de los Estados Unidos y la mayoría de las provincias canadienses. Por su rusticidad, resistencia a sequías y adaptación a suelos hidromórficos y salinos se ha difundido y naturalizado en los suelos del Sur de América (Bazzigalupi, Pistorale y Andrés, 2008; United States Department of Agriculture & Natural Resources Conservation Service, 2017).

El cultivo es de desarrollo inicial lento, luego forma matas grandes y en condiciones ambientales favorables crece activamente en primavera, verano y otoño, mientras que en invierno es poco activo por efecto de las bajas temperaturas (Acuña, Grunberg y Andrés, 2015).

El agropiro presenta un crecimiento cespitoso, con un macollaje abundante, formando matas muy densas que mide entre 70 a 180 cm de altura cuando esta florecida. Su sistema radical es homogéneo, poderoso y profundizante. Sus hojas son largas de menos de 10 mm de ancho, rígidas, verdes y glaucas. La inflorescencia es una espiga dística de 12 a 25 cm de largo con espiguillas con 5 a 10 flores. Presenta fruto cariopsis linear y fusiforme.

Produce forraje durante todo el año, pero su máxima producción ocurre en primavera. Se utiliza para heno y ensilaje (Asay y Knowles, 1985 citado en Pistorale, Abbott y Andrés, 2008).

Salinización

La salinización es el “proceso inicial que provoca la acumulación paulatina de sales en el perfil del suelo, principalmente por la evaporación que sufre el agua de este (zonas secas) o cuando no se logra drenar adecuadamente las aguas superficiales y subterráneas del mismo” (Orsag, 2010, p. 272). Los sulfatos y carbonatos de calcio son menos solubles por lo que se acumulan más lentamente.

El proceso de salinización consiste en la concentración de sales más solubles que el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), cuya solubilidad es de 2.41 g L^{-1} , en los horizontes o capas del perfil del suelo. Las principales sales solubles encontradas en los suelos salinos son cloruros, sulfatos y bicarbonatos de Na, Ca, y Mg. En menor cantidad podemos encontrar potasio (K^+), Amonio (NH_4^+), nitratos (NO_3^-) y carbonatos (CO_3^{2-}). Las fuentes suministradoras de sales solubles son, primordialmente, los minerales primarios formadores de rocas, por intemperismo químico, siendo el agua el

principal agente cargador (Raj, da Silva y Feitosa, 2016).

Sodificación

La sodificación es el “proceso por el cual aumenta el contenido de sodio intercambiable gracias al intercambio de sodio de las sales de la solución por otros cationes del complejo absorbente” (Hervé, Ledezma y Orsag, 2002, p. 61). Este proceso de forma paulatina no necesariamente produce incremento en el pH.

Pasaje de Na^+ de forma de ion soluble para el complejo de intercambio, comienza a tener importancia cuando este catión constituye la mitad o más de los cationes solubles de la solución del suelo (USSL Staff, 1954, citado en Raj *et al.*, 2016). En estas condiciones los iones de Ca^{2+} y Mg^{2+} , por ser menos solubles, precipitan cuando la solución del suelo se concentra en consecuencia de evapotranspiración, quedando el Na^+ , prácticamente como un único catión presente en la solución. Por este motivo, el Na a pesar de tener menor poder de cambio, logra desplazar los otros cationes por acción de masa (Ribeiro *et al.*, 2009 citado en Raj *et al.*, 2016).

Raj citado en Raj (2016), indica que diversas medidas de laboratorio son usadas para evaluar la salinidad del suelo, siendo las más importantes:

- pH.
- Conductividad eléctrica del extracto de saturación (CEes).
- Porcentaje de sodio intercambiable (PSI).
- Para evaluar el peligro de sodificación del suelo por el uso del agua de irrigación se utiliza un índice denominado relación de adsorción de sodio (RAS).

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el Centro de facilidades para la investigación Quipaquipani dependiente de la fundación PROINPA que se encuentra situado a 4 km al sur de la ciudad de Viacha, provincia Ingavi en el Departamento de La paz y 41

km de la ciudad de La Paz, Provincia Murillo en el Departamento de La Paz.

Origen de la semilla

El material vegetal consistió en semillas de pasto Agropiro var. Alkar (*Thinopyrum ponticum*) adquirido de una de las agropecuarias de la ciudad de Oruro.

Primera etapa

En la fase inicial se realizó un ensayo preliminar donde se verificó un rango de tolerancia del agropiro alargado var. Alkar.

Según Ochoa (2014), los experimentos preliminares son ensayos o trabajos que no requieren mucha complejidad, en el planteamiento, desarrollo, ni en la evaluación

Este experimento se realizó con el objetivo de obtener información básica y verificar el rango de salinidad aceptable para el agropiro, y de esta manera comenzar la investigación con niveles de salinidad no críticamente altos.

Se trabajo con la concentración Molar de 10 tratamientos: Testigo, 0.5 M, 1.0 M, 1.5 M, 2.0 M, 2.5 M, 3.0 M, 3.5 M, 4.0 M, 4.5 M; de los cuales se establecieron concentraciones de 0.4, 0.7 y 1M.

Preparación de cajas Petri para germinación

Se realizó las observaciones en laboratorio, se sembraron en cajas Petri, sobre doble capa de toalla de papel, humedecidos con soluciones de cloruro de sodio, se incubaron en una cámara de germinación, con equipamiento de frío y calor, se usaron concentraciones salinas de 0.1M, 0.2M, 0.3M y testigo, equivalentes a 0; 5.84; 11.69 y 17.59 g/l, con CE de 251(testigo), 11250, 24150 y 40050 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Preparación de bandejas para porcentaje de emergencia

Para evaluar el porcentaje de emergencia en bandejas se realizó la siembra en bandejas alveoladas de 50 celdas con sustrato de relación 1:1, es decir 50% de suelo del lugar y 50% de turba, se tomó datos cada 7 días desde la siembra y se regó con solución salina un día después de la siembra con concentraciones salinas de 0.4M, 0.7M, 1M y testigo, equivalentes a 0; 23.38; 40.91 y 58.45 g/l, con CE de 251(testigo), 42550, 71950 y 104600 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Segunda etapa

Realizado los experimentos preliminares se estableció los niveles de salinidad para la investigación, con 0.4 M, 0.7 M y 1 M con su debido testigo.

La preparación del sustrato se realizó con una proporción 1:1, es decir 50% de turba y 50% de tierra del lugar, la mezcla del sustrato se realizó previo cernido de la tierra del lugar para evitar terrones y otros materiales. La mezcla de los sustratos se realizó de forma manual utilizando palas y carretillas. Posteriormente se procedió a llenar las bolsas de repique hasta alcanzar un llenado uniforme.

La reproducción sexual se realizó en los predios de PROINPA, en invernaderos, la semilla fue sembrada en bandejas alveoladas de 50 celdas en el sustrato previamente preparado con relación 1:1, estas se mantenían con una humedad apropiada para la germinación y emergencia.

La propagación vegetativa se realizó mediante macollos plantados en bandejas alveoladas de 50 celdas, mantenidas en su enraizamiento. Al igual que en la reproducción sexual en sustrato utilizado que tuvo una proporción 1:1.

El trasplante se realizó con plantines de altura similar, este procedimiento se realizó con la apertura de hoyos en las bolsas de repique, previamente llenadas con sustrato, para luego realizar el trasplante de los plantines con dos tipos de reproducción. Luego

de haber realizado el trasplante se aplicó riego abundante en cada una de las macetas o bolsas.

La solución salina se preparó en base a cloruro de sodio comercial (sal de mesa), este contiene 99.5% de Cloruro de Sodio y 68.74 ppm de Yodato de Potasio. La concentración molar que se utilizó fue de 0.4 M, 0.7 M y 1 M equivalentes a 23.38, 40.91, y 58.45 gramos. Una vez preparado la solución salina se procedió al riego de cada una de las macetas con 300 ml, medidos con una probeta, de esta manera todas las macetas tienen la misma cantidad de solución en el riego inicial.

Dicho riego se realizó 21 días después del trasplante y para minimizar el lavado de sales se puso bases de plástico en cada una de las macetas.

El diseño que se utilizó para la investigación fue un arreglo combinatorio bifactorial llevado a cabo en un Diseño completamente al Azar. Se evaluaron los siguientes factores: Factor A métodos de reproducción (sexual y vegetativo). Factor B niveles de salinidad (0.4 M, 0.7 M, 1 M).

Se evaluó el porcentaje de germinación, porcentaje de emergencia, altura de planta (cm), velocidad de crecimiento (cm/semana), peso (g) y volumen de la raíz (ml) y rendimiento transformado a kg/ha.

RESULTADOS

Porcentaje de germinación

Para niveles de sal en el porcentaje de germinación, el resultado obtenido en el análisis de varianza fue altamente significativo, esto indica que cuando se utilizan 0 M (Testigo), 0.1 M, 0.2 M, 0.3 M de solución salina en la germinación, el porcentaje de germinación del Alkar es diferente.

Los datos obtenidos mediante las comparaciones de medias de la prueba Duncan, muestran el retraso del porcentaje de germinación de la semilla a niveles altos de salinidad. De esta manera

cuando el testigo superó el 50% de germinación, los niveles de sal 0.1 M y 0.2 M tuvieron un porcentaje promedio de 48% y 21% respectivamente, mientras que, con un riego de 0.3 M la germinación es nula. La disminución del número de semillas germinadas por incremento de la conductividad eléctrica varió entre tratamientos.

Los días a la germinación se registraron en función al 50% semilla germinada por muestra. Los datos obtenidos del análisis de varianza del cuadro 17 indican que los días de germinación en distintos niveles de sal es altamente significativo, esto indica que a mayor concentración salina mayor fue la cantidad de días para germinar, asimismo mostró un coeficiente de variación de 5.3% indicando que los datos fueron confiables ya que se encuentra por debajo del límite. Los días que tarda el Alkar en germinar (testigo) es de tres días, que es el tiempo en que germinaría en condiciones favorables, con una solución de 0.3 M los días que tarda en germinar es 5 veces más, de esta manera se evidencia que las altas concentraciones salinas, retrasan la germinación de la semilla en un factor exponencial.

El tratamiento T0 (testigo) y T1 (0.1 M) tuvieron mayor rapidez, superando de forma consistente a los tratamientos T2 y T3 con una concentración molar de 0.2 y 0.3 Molar respectivamente, de esta manera, todos los tratamientos son estadísticamente diferentes. En todos los tratamientos se incrementó de manera significativa el número de días a la germinación al aumentar la concentración salina, siendo muy drástico el efecto en el tratamiento equivalente a 0.3M equivalente a 40.050 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica. La concentración de sales en la germinación influye en la imbibición del agua y determinan la germinación de la semilla. Así mismo la disminución del ψ en la solución explica la demora progresiva en la germinación, el incremento en la variación de los tiempos de germinación entre semillas y la variación del porcentaje final Bradford, citado en Bazzigalupi, *et al.* (2008).

Estos resultados son comparables con resultados previamente obtenidos en agropiro alargado, donde se encontró evidencias de una brusca disminución del crecimiento de las plántulas, con disminución del largo de las raíces asociadas al efecto de una conductividad eléctrica de 18 dS/m (Roundy, citado en Bazzigalupi *et al.*, 2008), sin embargo, la presente investigación usó hasta 40.050 μ S/cm de conductividad eléctrica equivalente a 40.05 dS/m de la investigación citada.

No obstante, Bazzigalupi, *et al.* (2008), expresa especial énfasis en que se ha demostrado que en especies forrajeras la existencia de variabilidad genética heredable respecto a la tolerancia a salinidad se debe a la procedencia de las poblaciones de semillas.

Estos resultados evidenciaron el mayor efecto inhibitorio a partir de 0.3M con una conductividad eléctrica de 40.050 microsiemens/cm, equivalente a 40.05 dS/m de NaCl, y que a partir de esa concentración la germinación es nula, lo cual tiene relación con lo señalado por Martínez *et al.* (2011), quien destaca el efecto de las sales sobre el proceso de germinación.

Al igual que el porcentaje de germinación se puede observar un retraso en la emergencia de los plantines en las bandejas. La bandeja 1 (TESTIGO) llegó al 50% de emergencia transcurridos 2 semanas después de la siembra y el riego con la solución salina, en contraste a la bandeja 4 (1 M) que en el mismo tiempo el porcentaje de emergencia llega a 11%.

Porcentaje de emergencia

Así mismo, se puede observar la reducción de población a niveles más altos de salinidad, puesto que la germinación y emergencia están influenciados directamente por las concentraciones salinas en la semilla también reportados por investigaciones en otras especies con menores concentraciones de NaCl en guayabo (Ramírez *et al.*, 2017) y en caso de quinua (Jacobsen, Ruiz, Mujica, Christiansen y Ortiz, 2010),

cuyos resultados son comparables a los presentados en esta investigación.

El análisis de varianza presentó un coeficiente de variación de 2.4%, estando este por debajo del 30%, lo que indica la confiabilidad de los datos, mostrando una alta significancia, al encontrarnos en un ambiente protegido se trató de homogenizar todos los factores, incluso el riego y el lavado de las sales, que este fue mucho menor que en campo, por esta razón se obtuvieron coeficientes de variación bajos.

Con respecto a los niveles de sal, estos indican alta significancia en la emergencia al igual que la germinación, debido a que el efecto de las sales en las fases iniciales es significativo, lo cual tiene relación con lo señalado por Martínez *et al.*, (2011), quien destaca el efecto de las sales sobre el proceso de germinación y de esta manera reduce la emergencia por la elevada concentración de sales en el riego, también demostrados por (Killian y Leiva, 2005; Meza *et al.*, 2007; Moreno *et al.*, 1990), cuyas investigaciones demostraron una reducción en el porcentaje de germinación y emergencia por la influencia de sales.

De igual manera en la presente investigación, la cantidad de plantines emergidos en un sustrato con concentraciones salinas altas (0.4 M) es menor en relación a sustratos con concentraciones salinas menores, así mismo afecta en la cantidad de plantines que emergen, debido a que la concentración de sales es muy alta, la poca cantidad de plantines que emerja será la única cantidad que emerja, posteriormente no incrementara el porcentaje de emergencia ya que las sales causan un daño a la semilla y estas no saldrán días después, estos resultados concuerdan con los obtenidos en Guayabo por Ramírez *et al.* (2017), los cuales no germinaron a partir de 8 dS/m demostrando un límite de tolerancia para esa especie.

De la misma manera, Meza *et al.* (2004) demostraron que el tiempo transcurrido para el inicio de la emergencia en las plántulas de níspero fue mayor al incrementar los niveles de sales en el agua de riego.

De manera opuesta estudios realizados por Ríos *et al.* (2013) demostraron que la salinidad no afecta la germinación y emergencia del maíz amarillo duro, puesto que sus resultados mantuvieron un 100% después del proceso, cabe recalcar que el procedimiento y metodología de la investigación de estos autores varía ligeramente con el propuesto en esta investigación, además que el recubrimiento de la semilla es diferente a la de la semilla de Alkar, al respecto, Galussi *et al.* (2015) encontraron que las propiedades anatómicas de la cubierta seminal de la alfalfa afectaron sus características de germinación, en semillas de otras especies se han evidenciado diferentes grados de tolerancia a la salinidad, 2.5dS/m en *M. achras* (Meza, Pereira y Bautista, 2004), 6 dS/m en *Pasiflora edulis* (Meza *et al.*, 2007), 18 dS/m en *thinopyrum ponticum* (Bazzigalupi *et al.*, 2008), y 34 dS/m en *Chenopodium quinoa*, Chilo *et al.* citado en Ramirez *et al.* (2017), no obstante, el resultado obtenido es notable, puesto que la germinación y emergencia no se ve afectada aun con salinidades tan altas como de 18.8 dS/m.

Altura de planta

Para esta variable se tomó en cuenta 2 fechas:

- El punto de crecimiento más alto, que representa el crecimiento máximo de la especie durante la investigación, en todos los tratamientos y en ambos métodos de reproducción, en este caso en fecha 28/05/2017.
- Altura en la cosecha, donde se muestra la altura de la planta en el momento de la cosecha.

La mortalidad disminuyó solamente en los tratamientos 0.1M en ambos métodos de reproducción, es decir, T4 y T8 respectivamente. Punto de crecimiento más alto

Los análisis estadísticos indican que la altura de planta fue influenciada significativamente por el método de reproducción ($p < .0001$), pero no por los niveles de salinidad ($p = 0.1032$), ni por la interacción entre factores ($p = 0.5327$). Existen diferencias entre

altura de planta en los dos tipos de reproducción con valores de 27.69 y 12.12, para los métodos de reproducción vía vegetativa y por semilla, respectivamente, en general el agropiro alargado variedad Alkar, tanto a salinidades moderadas como altas, reproducido vía vegetativa, presentó mayor longitud de la parte aérea. El crecimiento de la parte aérea del agropiro alargado var. Alkar reproducido mediante semilla fue muy bajo con relación a la reproducción vía vegetativa, este presentó una reducción del crecimiento del 56% como promedio.

Para los niveles de sal con respecto a la altura de planta el resultado obtenido en el análisis de fue no significativo, esto indica que cuando se utilizan diferentes niveles de sal, en el Alkar, la altura de planta es estadísticamente igual. Sin embargo, la prueba Duncan para niveles de sal sugiere que hay una diferencia entre el testigo y la concentración más alta (1 M). La no significancia en los niveles de salinidad fue resultado de un lavado de sales provocado por las lluvias que se produjeron en 2017, a pesar de tener prevención contra posible lavado de sales.

Estudios realizados por Acuña *et al.* (2015), reportaron que la tasa de elongación foliar es superior en condiciones no salinas respecto de la lograda en condiciones de salinidad, resultado similar se pudo encontrar en la presente investigación, puesto que en la prueba Duncan (tabla 2), se puede apreciar que existe una diferencia del testigo con respecto a los tratamientos con niveles de salinidad. De igual manera, estudios realizados por Mohedano-Caballero *et al.* (2005), concluyeron que la presencia de salinidad en el suelo no afectó el establecimiento y crecimiento de árboles de *Pinus greggii Engelm.*, trasplantados, esto debido al riego permanente que hicieron durante su investigación, que permitió el lavado paulatino de sales.

De la misma manera el presente trabajo, a consecuencia de las lluvias, la no significancia en el factor niveles de sales fue el resultado de un lavado paulatino de sales.

Altura de planta en la cosecha

El análisis de varianza correspondiente a la altura de planta en la cosecha muestra que el factor A, es decir, los métodos de reproducción muestran una alta significancia ($p < 0.0001$), esto indica que la altura de planta es estadísticamente diferente en ambos métodos de reproducción, así mismo, los resultados del análisis de varianza indican que hubo una diferencia significativa en los niveles de sal ($p = 0.01$), pero la interacción de métodos de reproducción por niveles de sal estadísticamente no fue significativa.

Los datos obtenidos de la prueba Duncan describen una diferencia estadística significativa en los niveles de sal con respecto al testigo, obteniendo una categoría de agrupamiento A en el Testigo y B en los niveles 0.4 M, 0.7 M, y 1 M respectivamente.

Tal resultado puede estar sujeto a contradicciones con respecto a los resultados obtenidos en el punto más alto, puesto que en ese punto se obtuvieron resultados No Significativos, una de las posibles razones sería la reducción del crecimiento originado por la salinidad, que igualmente retarda el crecimiento de las plantas a través de su influencia sobre procesos fisiológicos expresados por Martínez *et al.* (2011), así mismo estudios realizados por Jauregui *et al.* (2017) detectaron un brusco descenso en la longitud total de la plántula y en su biomasa, pero la presente investigación demostró que hubo un lavado progresivo de sales), de tal manera que para el tiempo de la cosecha las sales existentes aun en el sustrato tenían un efecto mínimo en el crecimiento, sin embargo, la influencia de las sales en esta etapa del cultivo fue mínima por el lavado de sales ya mencionado, este resultado puede atribuirse principalmente al rebrote, expuesto a continuación: se puede evidenciar un fenómeno muy interesante en las semanas finales de cada tratamiento, puesto que, mientras que los tratamientos T5, T6, T7 y T8 “disminuían” el crecimiento, vale decir, los tratamientos con reproducción vegetativa, mientras que, los tratamientos T1, T2, T3 y T4, referidos a la reproducción por semilla, aumentaron el crecimiento.

Este efecto fue resultado del rebrote, puesto que, tras haber ocurrido un lavado de sales, la especie entra en un periodo de rebrote, donde se pudo evidenciar el mayor crecimiento en altura de los tratamientos reproducidos por semilla, tratamientos T1, T2, T3 y T4, respectivamente, además se observó que en esta última etapa la biomasa aumentó significativamente.

Resultado opuesto se pudo evidenciar en los tratamientos T5, T6, T7 y T8 correspondientes a la reproducción vía vegetativa, el cual presentó amarillamiento, llegando a un punto de marchitez o sequía fisiológica y resquebrajamiento o abscisión de hojas adultas, puesto que estas hojas, si bien desarrollaron más grandes, tendían a quebrarse al tacto, además, se pudo observar que no aumentó la biomasa ni el macollamiento. Efectos similares se reportan en el cultivo de fresa, la necrosis en hojas adultas se presenta de forma mayor que en las hojas jóvenes, las plantas de fresa acumulan los iones tóxicos en las hojas adultas como respuesta a la toxicidad por NaCl, lo que posteriormente ocasiona que las hojas se necrosen por completo y se caigan, lo que ocurre para la mayoría de las plantas sometidas a estrés por sales (Casierra-Posada y García, 2005).

Según Olmos, (2007) el macollamiento comienza cuando una plántula está establecida y generalmente termina cuando se inicia el desarrollo del primordio floral (inicio de fase reproductiva), al respecto, Marchegiani (1985) menciona que el macollaje influye marcadamente sobre la productividad a través del rebrote, de la misma manera autores como Ramírez *et al.* (2011) y Polón *et al.* (2012), aseveran que con el rebrote se puede alcanzar un rendimiento mayor y un mayor índice de área foliar.

En este sentido se evidencia que, en las últimas semanas de esta investigación, cuando inició el periodo de rebrote, los tratamientos con reproducción vegetativa (T5, T6, T7 y T8) presentaron disminución en la altura de planta y los tratamientos con reproducción por semilla (T1, T2, T3 y T4) aumentaron la altura de planta, esto debido

principalmente a la etapa de rebrote y no así por los niveles de sal.

Velocidad de crecimiento

Para los métodos de reproducción, tanto por semilla y vegetativa, respecto a la velocidad de crecimiento los datos obtenidos en el análisis de varianza indican que son altamente significativos ($p < .0001$), esto indica que la velocidad de crecimiento es diferente en la reproducción mediante semilla y la reproducción vía vegetativa, de la misma manera, el análisis de varianza demostró una alta significancia en los niveles de sal ($p = 0.0034$), el cual indica que la velocidad de crecimiento está influenciada por la concentración de sales, pero no por la interacción entre ambos factores ($p = 0.1630$).

Los datos obtenidos mediante las comparaciones de medias de la prueba Duncan, muestran una velocidad de crecimiento superior en la reproducción vegetativa, el cual en promedio crece a una velocidad de 1 cm por semana, a diferencia de la reproducción por semilla, el cual crece a un promedio de 0.1 cm por semana.

Tabla 1. Velocidad de crecimiento por tratamiento.

Velocidad de Unidades crecimiento		
T1	0,21	Cm/semana
T2	0,09	Cm/semana
T3	0,08	Cm/semana
T4	0,10	Cm/semana
T5	1,23	Cm/semana
T6	1,03	Cm/semana
T7	0,98	Cm/semana
T8	0,85	Cm/semana

Los datos obtenidos mediante las comparaciones de medias de la prueba Duncan indican que hubo una diferencia marcada en la velocidad de crecimiento de los tratamientos con niveles de sal respecto al testigo.

En general las gramíneas perennes de uso forrajero presentan un lento crecimiento inicial y pocas reservas en la semilla, lo que hace que el establecimiento de la plántula sea una etapa crucial para el desarrollo del cultivo. Si a esto se suman condiciones adversas en el medio, como la falta de agua o la presencia de sales en el perfil del suelo, el establecimiento de la pastura es aún más difícil (Ruiz y Terenti, 2012).

En ensayos realizados por García *et al.* (citado en Jauregui *et al.*, 2017) se encontró una reducción de la germinación con el aumento del estrés salino; causado por la sequía fisiológica inducida por la disminución del potencial osmótico. Ello ocasiona una menor disponibilidad del agua, lo que genera estrés hídrico en la semilla y retrasa su crecimiento como consecuencia del costo energético para la planta; además el NaCl puede generar, a su vez, un efecto tóxico adicional. En este sentido Azcón y Talón (citado en Ramírez *et al.*, 2017) menciona que la reducción del desarrollo inicial de las plantas en condiciones de salinidad se ha asociado a una disminución de la fotosíntesis.

Los resultados del presente trabajo demostraron que la velocidad de crecimiento está influenciada por el método de reproducción, y así mismo por los niveles de sales que interactúan en el proceso de crecimiento, ello explica lo enunciado por Borrajo y Alonso, citado en Jauregui, *et al.* (2017), acerca de que el crecimiento de las plantas es proporcional a la concentración salina.

Peso y volumen de raíz

Los datos obtenidos del análisis de indican que existe una alta significancia respecto al peso de raíz y volumen de raíz en los diferentes métodos de reproducción ($p < .0001$) en ambos casos, esto indica que el peso y volumen de la raíz es diferente en ambos métodos de reproducción, así mismo el análisis de varianza indica que el peso y el volumen de raíz están influenciados por los niveles de sal ($P < .0001$), al igual que la interacción de ambos factores ($P < .0001$).

Los datos obtenidos mediante las comparaciones de medias de la prueba Duncan, muestran un peso y volumen mayor para el método de reproducción por semilla, esto indica que, en la reproducción por semilla, la formación de raíces fue mayor que la producida mediante la reproducción vegetativa.

Tabla 2. Prueba de Duncan peso de la semilla

Duncan Agrupamiento	Media (Peso)	Media(Vol.)	N	Método de reproducción
A	9.2872	47.530	12	Semilla
B	7.7503	41.106	12	Vegetativo

Al respecto Harymann y Kester, citado en Ovando *et al.* (s.f.), afirman que la formación de raíces en la propagación vegetativa puede depender de ciertos factores inherentes como la condición fisiológica de la planta madre y las variables climáticas, al respecto, Gutiérrez, citado en Henríquez (2004), señala que la formación de raíces depende de una serie de factores internos o endógenos, los que interactúan en forma compleja, generando cambios en el metabolismo, la desdiferenciación y el crecimiento. Este mismo autor indica que las auxinas son los que tienen el mayor efecto sobre la formación de raíces, y que estas se sintetizan en las hojas y promueven la formación de raíces. Esta afirmación concuerda con la presente investigación puesto que, las plantas reproducidas por semilla presentaron mayor biomasa, en contraste a las plantas reproducidas de forma vegetativa, que, si bien tenían mayor altura, estas registraron menor biomasa.

Según Hartman y Kester, citado en Henríquez (2004), los principales factores que afectan la formación de raíces son: edad de la planta madre, condición fisiológica de la planta madre, época de colecta, condiciones sanitarias, condiciones ambientales, condiciones de enraizamiento, factores que pudieron afectar las plantas reproducidas vegetativamente.

Sin embargo, en esta investigación se pudo evidenciar que el crecimiento de las raíces de plantas

reproducidas por semilla fue mayor a las reproducidas mediante macollos o parte vegetal.

Con los niveles de salinidad respecto al peso y volumen de raíz en el análisis de varianza, se obtuvo datos altamente significativos, esto indica que a diferentes niveles de salinidad el peso y volumen de la raíz es diferente, la prueba Duncan realizada para el peso de raíz respecto a los niveles de salinidad muestra diferencias entre los pesos agrupándolo en 4 grupos.

Tabla 3. Prueba Duncan nivel de sal y peso semilla.

Duncan Agrup.	Media (Peso)	Nivel de sal	Duncan Agrup.	Media (Vol.)
A	9.9854	0(TESTIGO)	A	49.896
B	9.0396	0.4_M	B	45.667
C	7.9396	0.7_M	B	43.042
D	7.1104	1_M	C	38.667

En esta investigación se observó la capacidad de enraizamiento de esta especie, aun en condiciones de salinidad, el cual se atribuye principalmente a dos aspectos, uno y más importante, la tolerancia a la salinidad demostrada por esta especie y mencionada por autores como Bazzigalupi *et al.* (2008) y Borrajo *et al.* (1998), los cuales resaltan la tolerancia de esta especie a altos niveles de salinidad, y dos, el lavado de sales ya reportado en esta investigación, cabe recalcar que durante la cosecha se observó presencia de sales situadas cerca de la raíz, puesto que, si bien hubo un lavado de sales, las sales aún estaban presentes en el sustrato. La prueba Duncan indica que, a mayor concentración salina o salinidad en el sustrato, el peso y volumen de la raíz es diferente, este efecto se debe a los problemas que tiene la planta para la asimilación de agua y nutrientes y es causado por la toxicidad de las sales, en especial la toxicidad de iones específicos.

Al respecto Pizarro (1996), indica que la absorción de agua del suelo por las raíces de las plantas exige a estas un esfuerzo mayor, en efecto las raíces se comportan como membrana semipermeable que separan dos soluciones de distinta concentración, y por

Efecto de tres niveles de salinidad en el crecimiento del pasto Agropiro variedad Alkar (*Thinopyrum ponticum*) mediante reproducción sexual y vegetativa.

lo tanto de distinto potencial osmótico en el exterior del agua del suelo y en el interior del xilema.

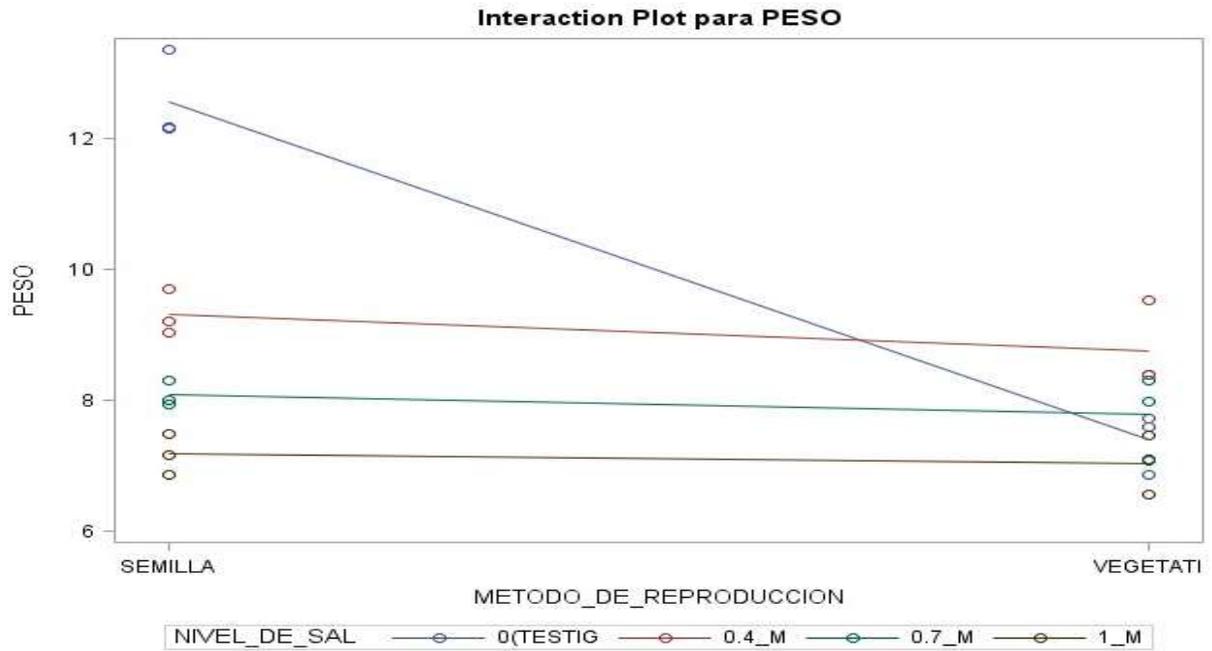


Figura 1. Método de reproducción y peso.

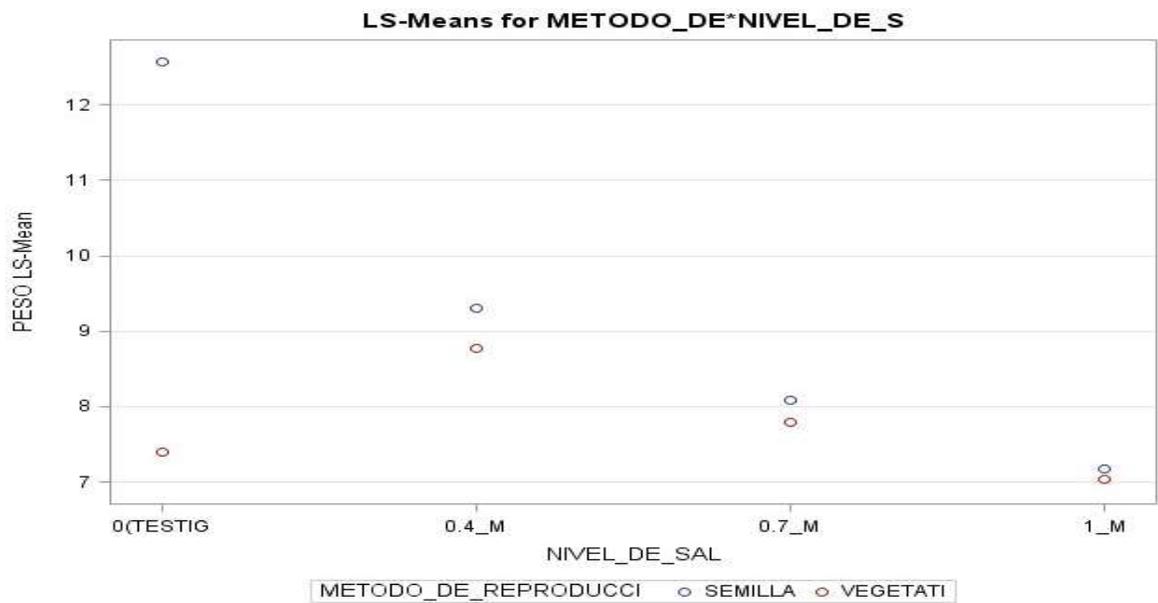


Figura 2. Nivel de sal y peso de la semilla.

Efectos comparativos se han señalado en otras investigaciones realizadas con *Manilkara achras*, de acuerdo a Meza *et al.* (2004), *Solanum lycopersicum*, *Phaseolus vulgaris*, *Kochia scoparia*, *Tabebuia serratifoliay* *Allium cepa* (Morales *et al.*; García *et al.*;

Sisov *et al.*; Ramírez *et al.*; García *et al.* citados en Ramírez *et al.* 2017) puesto que el poco desarrollo de las raíces fue causado por las condiciones salinas, el cual probablemente influyo en el bajo crecimiento de los tallos.

Análisis de efectos simples

En el análisis de efectos simples para la interacción con relación al método de reproducción se obtuvieron resultados altamente significativos para la reproducción por semilla ($p < .0001$), esto indica que el peso y volumen de raíz en la reproducción por semilla están influenciados por el método de reproducción, así mismo el peso de raíz respecto a la reproducción vegetativa, ($p = 0.0038$).

El análisis de efectos simples para la interacción con respecto a los niveles de sal muestra resultados altamente significativos solamente para el TESTIGO ($p < .0001$), y no significativo para el resto de los niveles de sal ($p = 1.81$), ($p = 0.53$), ($p = 0.11$), correspondientes a 0.4M, 0.7M y 1M respectivamente.

En la figura 2 se puede apreciar tal efecto, donde, se obtiene como resultado que a mayor nivel de salinidad el peso y volumen de raíz es menor, este peso y volumen de raíz estadísticamente es no significativo en los tratamientos que contienen niveles de salinidad, es decir, 0.4 M, 0.7 M, y 1 M, ya sea el método de reproducción que se utilice el peso y volumen de la raíz es estadísticamente similar, esto indica que los métodos de reproducción no afectaron al peso y volumen de la raíz en los distintos niveles de salinidad, que se aprecia de manera detallada en la figura 3.

No obstante, el peso y volumen de raíz en los tratamientos T1 y T5, correspondientes a los Testigos, es diferente de manera significativa, puesto que, el peso y volumen de la raíz en el tratamiento reproducido mediante semilla (T1) es notablemente mayor que el resto de los tratamientos, y de manera opuesta, el tratamiento reproducido de manera vegetativa (T5) es comparable con el peso y volumen de tratamientos con altos niveles de sal (figura 3).

Este fenómeno particular posiblemente se debe a que a niveles de salinidad el efecto osmótico genera un comportamiento donde no importando el tipo de reproducción, las raíces se adecuan a la necesidad de conseguir agua y por ende nutrientes, aspecto que es

difícil por la cantidad de sales en el sustrato y la toxicidad específica de iones de esta, a esto sumarle la tolerancia genética de esta especie, que demuestra un comportamiento muy diferente cuando el sustrato es óptimo para su desarrollo (Testigo), puesto que en la presente investigación se ha demostrado que a pesar de que el tratamiento T5 presenta menor peso y volumen de raíz, tiene mayor altura de planta.

Al respecto Santamaría-Cesar *et al.* citado en Martínez *et al.* (2011), menciona que este efecto osmótico consiste en que altas concentraciones de sales incrementan las fuerzas potenciales que retienen al agua en la solución del suelo y hace más difícil la extracción del agua por las raíces de la planta, incrementando la energía necesaria para su absorción.

En investigaciones realizadas por Zapata *et al.* citado en Martínez *et al.* (2011), se observaron efectos adicionales al estrés por salinidad, donde la producción de etileno tanto de la parte aérea y de la raíz disminuyó de manera significativa (más de un 25%) como consecuencia de la salinidad en el tomate, melón y brócoli, mientras que aumento más de cuatro veces en la parte aérea del pimiento y alrededor de un 20% en la raíz.

Rendimiento - Peso fresco de la parte aérea

Según el análisis de varianza los valores obtenidos para los métodos de reproducción son altamente significativos ($p = 0.0015$), el cual indica que uno de los métodos de reproducción fue diferente respecto al peso fresco, de manera opuesta, los resultados obtenidos en el análisis de varianza indican que no hubo significancia en los niveles de sal ($p = 0.0931$), efecto posiblemente relacionado por el lavado de sales producido por las lluvias en el año 2017 que se realizó la investigación. De igual manera, la interacción de los métodos de reproducción por los niveles de sal obtuvo un resultado no significativo ($p = 0.3372$) en el análisis de varianza.

Los datos obtenidos mediante las comparaciones de medias de la prueba Duncan,

Efecto de tres niveles de salinidad en el crecimiento del pasto Agropiro variedad Alkar (*Thinopyrum ponticum*) mediante reproducción sexual y vegetativa.

muestran un rendimiento por planta mayor en la reproducción por semilla. El rendimiento de peso fresco de la parte aérea se expresó en toneladas por hectárea, el cual fue el resultado de la conversión del rendimiento promedio por tratamiento y la superficie de una maceta o bolsa de dimensiones 20*30 cm expresado en m², obteniendo como resultado 0.02m², transformado a hectárea. (ver figura 3)

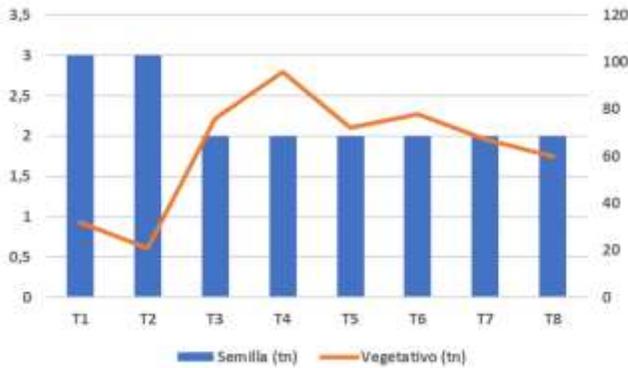


Figura 3. Peso seco de la parte aérea (tn/ha)

En el análisis de varianza para el rendimiento en peso seco de la parte aérea se obtuvo resultados no significativos para métodos de reproducción ($p=0.0848$), niveles de sal ($p=0.3832$) y para la interacción de métodos de reproducción por niveles de sal ($p=0.8880$).

El valor de la variable peso seco por planta no se vio afectado ni por los métodos de reproducción, ni por los niveles de sal, posiblemente esto se debe a que el porcentaje de materia seca tiene una tendencia a aumentar en la reproducción vegetativa, pero el porcentaje de agua que tiene este forraje tiene una tendencia a disminuir.

Durante la investigación se pudo observar que los tratamientos correspondientes a la reproducción vegetativa formaron de manera temprana tallos, y los reproducidos por semilla, presentaron mayor cantidad de hojas.

Este factor pudo afectar el peso seco y la no significancia en el análisis de varianza, puesto que, en la variable peso fresco, la reproducción por semilla

obtuvo mayor rendimiento a comparación del peso fresco de la reproducción vegetativa.

En el proceso de secado, la reproducción por semilla, que tiene mayor cantidad de hojas y área foliar, se redujo, a comparación del secado en la reproducción vegetativa, que su reducción en cuanto a peso fue menor, este fenómeno pudo incidir en la no significancia en el análisis de varianza.

Estudios realizados por Casierra-Posada (2006), demostraron que el peso seco total por planta fue afectado severamente por la salinidad en el sustrato, por tanto, se presentaron diferencias altamente significativas ($p<0.01$) entre los tratamientos de guayabo. Una disminución originada por la salinidad sobre el peso seco total de las plantas fue del orden de 16.6, 20.4, 43.1 y 49.4%, en comparación con las plantas control, para tratamientos con 20; 40; 60 y 80 mili moles de NaCl.

Acuña *et al.* (2015) reporta que la producción de materia seca por planta disminuye respecto a la concentración salina en sustratos sódicos, salinos, salino-sódicos, respectivamente, cabe recalcar que esta investigación uso solo el método de reproducción vegetativa.

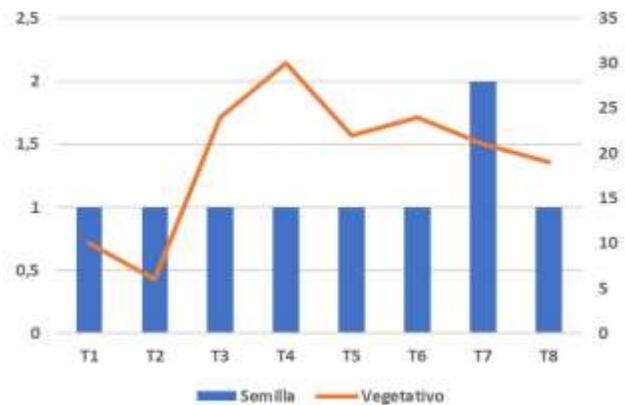


Figura 4. Rendimiento en peso seco (tn/ha).

El rendimiento de peso seco de la parte aérea se expresó en toneladas por hectárea, el cual fue el resultado de la conversión del rendimiento promedio por tratamiento y la superficie de una maceta o bolsa

de dimensiones 20*30 cm, expresado en m², obteniendo como resultado 0.02 m², transformado a hectárea.

CONCLUSIONES

Las soluciones salinas de 0.1 M y 0.2 M de NaCl afectaron significativamente el porcentaje de germinación, a partir de 0.3 M la semilla de pasto agropiro demostró ser sensible. Así mismo estas concentraciones retrasan los días a la germinación hasta 5 veces más con respecto al testigo.

Las concentraciones 0.4 M; 0.7 M y 1M produjeron una disminución y retraso en el porcentaje de emergencia. La población de los plantines emergidos se reduce en medida que aumenta la concentración de la salinidad.

El crecimiento en altura de planta está influenciado por el método de reproducción, obteniendo mayor altura la reproducción por vía vegetativa. En cuanto a los niveles de sal respecto a la altura de planta, la no significancia fue resultado de un lavado paulatino de sales provocado por lluvias.

La velocidad de crecimiento está influenciada por el método de reproducción y por los niveles de sal, ésta disminuye cuando está afectada por concentraciones salinas.

El peso y volumen de raíz fue influenciado por el método de reproducción, niveles de sal y la interacción entre estos factores, se observó que la reproducción por semilla produce un mayor crecimiento radicular. Los niveles de sal afectaron el volumen y peso de raíz, mostrando que, a mayor concentración de sal, menor fue el volumen y el peso de raíz.

Se demostró que las raíces del Agropiro se adecuan a la necesidad de conseguir agua y por ende nutrientes en consecuencia de las soluciones salinas. • El rendimiento en peso fresco de la parte aérea fue mayor en la reproducción por semilla, y no tuvo diferencias significativas en los niveles de sal, pero el

peso seco de la parte aérea no obtuvo diferencias significativas en ambos factores (métodos de reproducción y niveles de sal) ni en la interacción, esto debido a que la reproducción vegetativa presentó tallos gruesos y la reproducción por semilla solo presentó hojas y tras el secado dio como resultado diferencias no significativas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acuña, M., Grunberg, K., & Andres, A. (2015). *Evaluacion agronomica de agropiro alargado en sustratos halomorficos*. Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria, 10(29), 43-46.
- Argentel, L., López, R., González, L., López, R., Gómez, E., & Fonseca, I. (2010). *Evaluacion de la tolerancia a la salinidad en estadios tempranos y finales del desarrollo en triticales (X Triticum secale)*. Cultivos Tropicales, 31(1), 48-53.
- Bazzigalupi, O., Pistorale, S., & Andrés, A. (2008). *Tolerancia a la salinidad durante la germinacion de semillas provenientes de poblaciones naturalizadas de agropiro alargado (Thynopyrum ponticum)*. Ciencia e Investigacion Agraria, 35(3), 277-285.
- Borrajó, C., Alonso, S., Mazzanti, A., & Monterubbianesi, G. (1998). *Caracterización de poblaciones naturalizadas de Agropiro alargado. 2. Macollaje y caracteres reproductivos*. Revista Argentina de Produccion Animal, 18(3-4), 183192.
- Casierra-Posada, F. (2006). *Distribucion y produccion total de materia seca en guayabo (Psidium guajava L. cv. Palmira ICA-1) bajo estres salino*. ORINOQUIA, 10(2), 59-66. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89610208>
- Casierra-Posada, F., & García, N. (2005). *Crecimiento y distribucion de materia seca en cultivares de fresa (Fragaria sp.) bajo estres salino*. Agronomia Colombiana, 23(1), 83-89.

Efecto de tres niveles de salinidad en el crecimiento del pasto Agropiro variedad Alkar (*Thinopyrum ponticum*) mediante reproducción sexual y vegetativa.

- Cruz, J., Pelacani, C., Soares, W., Castro, M., Ferreira, E., Tosta, A., & Amoedo, R. (2003). *Produção E Partição De Matéria Seca E Abertura Estomática Do Limoeiro 'Cravo' Submetido A Estresse Salino*. Revista Brasileira de Fruticultura, 528-531.
- Galussi, A., Arguello, J., Cerana, M., Maximino, M., & Moya, M. (2015). *Características anatómicas y químicas del tegumento seminal de Medicago sativa L. (alfalfa) cv. Baralba 85 y su asociación con la dormición*. Pyton, 84, 163-175.
- García Zamorano, F., Ruiz Coletto, F., Cano Rodríguez, J., Pérez García, J., & Molina de la Rosa, J. L. (2004). *Suelo, riego, nutrición y medio ambiente del olivar*. Viseconsejería Servicio de Publicaciones y Divulgación.
- García, Á. (6 de Junio de 2012). *Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego*. Primera parte. Chair Person Soil Fertility and Plant nutrition Commission, 27-36.
- García, M., García, G., & Sanabria, M. E. (2010). *Efecto de la salinidad sobre el crecimiento, daño oxidativo y concentración foliar de metabolitos secundarios en dos variedades de caraota (Phaseolus Vulgaris L.)*. Interciencia, 35(11), 840-846. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33915598009>
- Henríquez, E. (2004). *Evaluación de tres factores de enraizamiento en estacas de morena (Morus alba)*. Santiago – Chile.
- Hervé, D., Ledezma, R., & Orsag, V. (2002). *Limitantes y manejo de los suelos salinos y/o sódicos en el Altiplano Boliviano*. La Paz Talleres Gráficos Pérez.
- Jacobsen, S., Ruiz, E., Mujica, A., Christiansen, J., & Ortiz, O. (s.f.). *Evaluación de Accesiones de Quinua para la Tolerancia a Salinidad*.
- Jauregui, C. G., Ruiz, M., & Ernst, R. (2017). *Tolerancia a la salinidad en plántulas de Agropiro criollo (Elymus scabrifolius) y Agropiro alargado (Thinopyrum ponticum)*. Pastos y Forrajes, 40(1), 29-36.
- Killian, S., & Leiva, M. (2005). *Efecto de sales de sodio y potasio sobre la germinación de semillas de tomate (Lycopersicon esculentum MILL.) y albahaca (Ocimum basilicum L.)*. Revista del CIZAS, 6(1 y 2), 40-47.
- Marchegiani, G. (1985). *Morfología de plantas forrajeras*. Sitio Argentino de Producción Animal, 36, 6-16. Recuperado de: www.produccionanimal.com.ar
- Martínez, N., López Alonzo, C., Basurto Sotelo, M., & Pérez Leal, R. (2011). *Efectos por salinidad en el desarrollo vegetativo*. TECNOCENCIA Chihuahua, V(3), 156-161. Septiembre-Diciembre 2011.
- Meza, N., Arizaleta, M., & Bautista, D. (2007). *Efecto de la salinidad en la germinación y emergencia de semillas de parchita (Passiflora edulis f. flavicarpa)*. Revista de la Facultad de Agronomía, 24(1), 69-80. Recuperado de: http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182007000100005&lng=es&tlng=es
- Meza, N., Pereira, A., & Bautista, D. (2004). *Efecto de la salinidad en la germinación y emergencia de semillas de níspero (Manilkara achras Miller Fosberg)*. Rev. Fac. Agron. (Luz), 21(1), 60-66.
- Mohedano-Caballero, L., Cetina-Alcalá, V., ChacaloHilu, A., Trinidad-Santos, A., & González Cossio, F. (2005). *Crecimiento y estrés posttransplante de árboles de pino en suelo salino urbano*. Revista Chapingo Serie Horticultura, 11(1), 43-50.
- Ochoa Torrez, R. R. (2014). *Diseños experimentales*. Bolivia: Ochoa Torrez.

- Olmos, S. (2007). *Apunte de morfología, fenología, eco-fisiología y mejoramiento genético del arroz*. En Catedra de cultivos II (págs. 1-13). Corrientes, Argentina.
- Orsag, V. (2010). *El recurso suelo. Principios para su manejo y conservación*. La Paz, Bolivia: Zeus.
- Ovando, G. L., Enciso, M., Ovelar, G., & Villalba, N. (s.f.). *Propagación vegetativa de tabebuia heptaphylla (vell.) Toledo (lapacho negro), mediante esquejes de raíz*. *Investigacion Agraria*, 9(1), 73-79. Recuperado de: <http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/articulo/download/91/87/>
- Parés, J., Arizaleta, M., Sanabria, M., & Garcia, G. (2008). *Efecto de los niveles de salinidad sobre la densidad estomática, índice estomático y el grosor foliar en plantas de Carica papaya L.* *ACTA BOT. VENEZ.*, 27-34.
- Pistorale, S., Abbott, L., & Andrés, A. (2008). *Diversidad genética y heredabilidad en sentido amplio en Agropiro alargado, Thinopyrum ponticum*. *Ciencia e Investigación agraria*, 35(3), 259-264. Septiembre – Diciembre, 2008.
- Pizarro, F. (1996). *Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, micro aspersión, exudación*. (3ra edición ed.). Ediciones Mundi Prensa.
- Polón, R., Castro, R., Ruiz, M., & Maqueira, L. (2012). *Practica de diferentes alturas de corte en el rebrote y su influencia en el rendimiento del arroz (Oriza sativa L.) en una variedad de ciclo medio*. *Cultivos tropicales INCA*, 33(4), 59-62.
- Raj Gheyi, H., da Silva Dias, N., & Feitosa de Laceda, C. (Edits.). (2016). *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos basicos y aplicados*. (Segunda ed.). Brasil: Fortaleza, CE.
- Raj, H., da Silva, N., & Feitosa de Lacerda, C. (Edits.). (2010). *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCT sal.
- Ramirez, M., Urdaneta, A., & Perez, E. (2017). *Germinación del guayabo tipo "Criolla roja" bajo condiciones de salinidad por cloruro de sodio*. *Bioagro*, 29(1), 65-72.
- Ramirez, O., Carneiro da Silva, S., Hernandez, A., Enriquez, J., Pérez, J., Quero, A., & Herrera, J. (2011). *Rebrote y estabilidad de la poblacion de tallos en el pasto Panicum maximum CV. "Mombaza" cosechado en diferentes intervalos de corte*. *Rev.Ditotec. Mex*, 34(3), 213-220.
- Ruiz Baena, N. (2017). *La salinidad del agua de riego y del suelo*. Instituto de investigación y formación agraria y pesquera. Recuperado de: <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/-/action/90004fc0-93fe-11df-8d8bf26108bf46ad/e5747030-1bb8-11df-b7e235c8dbbe5a83/es/02f9e190-faff-11e0-929ff77205134944/alfrescoDocument?i3pn=contenidoAlf&i3pt=S&i3l=es&i3d=e5747030-1bb8-11df-b7e2>
- Ruiz, M., & Terenti, O. (2012). *Evaluación comparativa de cuatro especies forrajeras bajo condiciones de estrés hídrico y salino durante la germinación*. *Agriscientia*, 29(2), 91-97. Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-298X2012000200004&lng=es&tlng=es
- United States Departament of Agriculture & Natural Resources Conservation Service. (2017). *Thinopyrum ponticum (Podp.) Z.-W. Liu & R.C. Wang tall wheatgrass*. Plant Guide.
- USDA. (2017). *Thinopyrum ponticum (Podp.) Z.-W. Liu & R.-C. Wang tall wheatgrass*. Recuperado de: <https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=THP07>

Efecto de tres niveles de salinidad en el crecimiento del pasto Agropiro variedad Alkar (*Thinopyrum ponticum*) mediante reproducción sexual y vegetativa.

USSL STAFF. (1954). *Diagnosis and Improvement of saline and alkali soils* (Vol. Handbook 60). (L. A. Richards, Ed.) Washington: United States Department of Agriculture.