

Influencia del vermicompost y sus lixiviados sobre la germinación de hortalizas en un suelo sódico

Influence of vermicompost and leakage on the germination of vegetables in a sodic soil

<https://doi.org/10.5281/zenodo.5517938>

AUTORES: María Fernanda Alcívar Llivicura^{1*}

José Humberto Vera Rodríguez²

Laura María Llivisupa Vasquez³

Juan Carlos Gómez Piña⁴

Michelle Steffania Vicuña Rocano⁵

María Del Cisne Mendoza Díaz⁶

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: maryfer2323@hotmail.com

Fecha de recepción: 12 / 12 / 2020

Fecha de aceptación: 09 / 03 / 2021

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia del vermicompost y sus lixiviados sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de hortalizas en un suelo sódico. El estudio se efectuó en especies de hortalizas: lechuga, col y tomate, en total se establecieron tres ensayos para analizar el comportamiento individual de cada hortaliza sometida a cuatro tratamientos con tres repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron T1 (Suelo sódico. Control); T2 (Suelo sódico + Vermicompost); T3 (Suelo sódico + Lixiviado de Vermicompost); T4 (Suelo sódico + Vermicompost + Lixiviado de Vermicompost). En

¹ Magister en Agronomía, Instituto Superior Tecnológico Enrique Noboa.

² Magister en Zootecnia, Instituto Superior Tecnológico Enrique Noboa.

³ Tecnólogo en Agropecuaria, Instituto Superior Tecnológico Enrique Noboa.

⁴ Tecnólogo en Agropecuaria, Instituto Superior Tecnológico Enrique Noboa.

⁵ Tecnólogo en Agropecuaria, Instituto Superior Tecnológico Enrique Noboa.

⁶ Tecnólogo en Agropecuaria, Instituto Superior Tecnológico Enrique Noboa.

las tres hortalizas evaluadas los tratamientos T2 y T4 fueron los que sobresalieron con valores de índice de germinación que se ubicaron entre 112 y 172%. Esta tendencia de mejor respuesta de las hortalizas hacia los T2 y T4 se mantuvo en las variables de peso total de plántulas, longitud del hipocotilo y de la radícula. De este modo podemos concluir que, mediante la aplicación de vermicompost y sus lixiviados es posible mejorar la respuesta biológica de hortalizas cultivadas en suelos sódicos. El vermicompost posee alto contenido de MO (43.6%), esto podría explicar la respuesta positiva del tratamiento que contiene este subproducto T2. Así como la notable sinergia de ambos subproductos en el T4. Sin embargo, aún hace falta profundizar en estudios orientados a entender con mayor detalle los mecanismos con los que estos compuestos orgánicos reducen los efectos antagónicos del sodio sobre la fisiología vegetal.

Palabras clave: *Índice de germinación, lixiviados, sodicidad, vermicompost.*

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the influence of vermicompost and leakage on seed germination and growth of vegetable seedlings in sodium soil. The study was carried out in vegetable species: lettuce, cabbage and tomato, in total three tests were established to analyze the individual behavior of each vegetable subjected to four treatments with three repetitions. The evaluated treatments were T1 (Sodium soil. Control); T2 (Sodium soil + Vermicompost); T3 (Sodium Soil + Vermicompost Leakage); T4 (Sodium soil + Vermicompost + Vermicompost leakage). In three vegetables evaluated, treatments T2 and T4 were those that stood out with germination index values that were between 112 and 172%. This trend of better response of vegetables towards T2 and T4 was maintained in the variables of total seedling weight, hypocotyl and radicle length. In this way we can conclude that, by applying vermicompost and its leakage it is possible to improve the biological response of vegetables grown in sodium soils. Vermicompost has a high MO content (43.6%), this could explain the positive response of the treatment containing this product T2. As well as the remarkable synergy of both by-products in T4. However, further studies are needed to understand in greater detail the mechanisms with which these organic compounds reduce the antagonistic effects of sodium on plant physiology.

Keywords: *Germination index, leakage, sodicity, vermicompost.*

INTRODUCCIÓN

En Ecuador se dedican alrededor de 30.000 ha al cultivo de hortalizas. Siendo las provincias productoras: Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo, Azuay, Manabí, Guayas y El Oro. Cabe destacar que la mayor parte de la producción hortícola se realiza al aire libre (Salcedo 2015).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO 2014), en un informe sobre la horticultura en el Ecuador indicó que este rubro ha crecido de forma sostenida a partir de la década de los años 90, esto debido a que la forma de alimentarse de la población ha cambiado positivamente, los habitantes integraron mayor variedad de hortalizas en su dieta.

La salinidad y sodicidad de los suelos son los problemas ambientales más antiguos que afectan el rendimiento de los cultivos y la distribución de las plantas en la naturaleza (Camejo y Torres, 2000; Martínez et al., 2010). A nivel mundial, la salinidad ha afectado cerca del 10% de los suelos (Shahid et al., 2013), lo que significa 1.128 millones de hectáreas (Mha), donde 683 Mha presentan altas concentraciones de sales, 288 Mha presentan altos niveles de sodio y 157 Mha son suelos que califican como salinos-sódicos (Wicke et al., 2011). Latinoamérica tiene aproximadamente 31 Mha de suelos salinos (INTAGRI 2013).

En Ecuador la sodicidad de los suelos se presenta de forma natural o inducida por altos niveles de explotación agrícola (Goykovic y Saavedra, 2007). Se registran altos niveles de salinización en zonas como Guayas (66.698 ha), El Oro (4.943 ha) y Manabí (1.165 ha) según (INIAP 2014).

Los problemas de sales se incrementan cada día más en las superficies cultivadas en todo el mundo, debido a la falta de conciencia medioambiental y del uso de los recursos hídricos de forma irracional. Los cultivos comerciales son afectados por las sales que causan la reducción del número de hojas, del crecimiento y del rendimiento productivo (Pozo et al., 2010). Existen diversas medidas que se pueden aplicar para disminuir el daño en la agricultura entre estas podemos citar la aplicación de enmiendas químicas y orgánicas, lo cual puede permitir, la producción sostenible de los cultivos y garantizar la seguridad alimentaria del país y el mundo (Wicke et al., 2011)

Según Wu et al. (2017) con la aplicación de enmiendas a base de materia orgánica se puede disminuir la afectación de los suelos salinos y sódicos mejorando la estructura y permeabilidad del suelo, liberando CO₂, para aumentar la solubilidad del CaCO₃, y así reducir el estrés salino y la pérdida de nutrientes por lavado.

El vermicompost suministra carbono y permite la incorporación del material húmico al suelo (Mogollón et al., 2016), el cual ayuda al proceso de recuperación de los suelos salinos (Hannco 2017).

Los bioensayos de toxicidad con semillas de especies vegetales permiten evaluar los efectos fitotóxicos de compuestos en el proceso de germinación de las semillas y en el desarrollo de las plántulas durante los primeros días de crecimiento (Gariglio et al., 2002). A través de pruebas de germinación se puede evaluar el efecto de la adición de enmiendas orgánicas a suelos salinos sódicos, pues estos ensayos son indicadores confiables de la madurez de las enmiendas y su efecto al ser aplicado al suelo. Durante el período de germinación ocurren numerosos procesos fisiológicos en los que la presencia de elementos fitotóxicos, como Cu, Ni, Zn, Na, Cl (Shober et al., 2003), puede interferir alterando la viabilidad de la semilla y el desarrollo normal de las plántulas (Sobrero y Ronco, 2004).

Por lo expuesto anteriormente el objetivo del presente estudio fue evaluar la influencia del vermicompost y sus lixiviados sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de hortalizas en un suelo sódico.

METODOLOGÍA

Localización del experimento. El experimento se realizó en condiciones controladas de cámara de crecimiento (temperatura de entre 25±2°C; humedad del aire promedio de 70%) en el campus del Instituto Superior Tecnológico Enrique Noboa, en la ciudad de La Troncal, provincia del Cañar, Ecuador.

Características del suelo. Se recolectaron muestras de suelo a 20 cm. de profundidad en una finca localizada entre las coordenadas 2°31'10,9"S 79°35'10,8"W, Hcda. Shanghai, Cantón Naranjal, Provincia del Guayas, Ecuador. Cabe mencionar que la principal característica de estos suelos degradados es su alto contenido de sales de sodio. Según la clasificación Soil Taxonomy, el suelo corresponde a un Sodic Haplusterts, arcillo limoso,

presenta CIC 19 cmol kg⁻¹; MO 0,7%; pH 4,7; valores de Fósforo- Bray II de 8,2 ppm; Potasio disponible 0,4 cmol kg⁻¹, PSI 21,9; CE 0,94 dSm⁻¹

El clima del área de estudio está influenciado principalmente por la posición ecuatorial, las corrientes marinas y la cordillera de los Andes, con un período lluvioso de enero a abril con precipitaciones medias entre 1.100 a 1.300 mm, presenta un período seco más prolongado que comprende los meses de mayo a diciembre donde caen entre 200 a 300 mm. Temperatura media anual 24,7°C. Humedad relativa media anual 85% (Bouzo *et al.*, 2012).

Obtención de vermicompost y lixiviados. Las proporciones de residuos para producir el vermicompost y a partir del cual se recolectaron sus fluidos líquidos (lixiviados) para aplicación en el ensayo fueron: Mezcla de Residuos Vegetales (restos de podas de árboles y restos de vegetales) 70% + Residuos Agroindustriales (obtenidos de la industria azucarera a partir de caña de azúcar cachaza y bagazo) 30%.

El proceso para la producción del vermicompost se realizó en campus del Instituto Superior Tecnológico Enrique Noboa, en la ciudad de La Troncal, provincia del Cañar, Ecuador. Las lombrices de la especie *Eisenia sp.* fueron adquiridas mediante donación por el Departamento de Investigaciones de Campo del Ingenio Azucarero Agro azúcar - La Troncal. Se construyeron cajas de madera con medidas de 1,5 metros de longitud por 0,6 metros de ancho por 0,5 metros de altura en las cuales se colocaron los residuos.

Al interior de las cajas se colocó plástico. Luego de 2 días del llenado de residuos en las cajas y de efectuarse riego hasta humedecer los residuos en rangos de 80%, se realizó la siembra de 0,5 kg de lombrices por cada 10 kg de residuos.

Para el mantenimiento de las cajas o lombriceras se monitoreo humedad y temperatura. Durante todo el proceso de descomposición de los residuos la temperatura se procuró mantener entre 18 y 23 °C, para controlar las subidas de temperatura se realizaba remociones y/o riegos. De tal manera se ejecutaron remociones cada cinco días y aplicaciones de riegos cada dos días manteniendo la humedad de las lombriceras entre 75 y 80%. Después de 3 meses de haber iniciado el proceso de vermicompostaje se tomaron las muestras de lixiviado de vermicompost para aplicar en el ensayo. El contenido nutricional de los productos orgánicos empleados en el ensayo se presentan a continuación:

Vermicompost a partir de residuos vegetales + agroindustriales con valores de Materia orgánica 43,6%; Nitrógeno 2,35 g/ 100g⁻¹; Fósforo 1,43 g/ 100g⁻¹; Potasio 0,52 g/ 100g⁻¹; lixiviado obtenido a partir de la producción de vermicompost con valores de Materia orgánica 0,33%; Nitrógeno 0,22 g 100g⁻¹; Fósforo 0,04 g 100g⁻¹; Potasio 0,22 g 100g⁻¹

Procedimiento Experimental. Los tratamientos de las mezclas suelo, vermicompost y lixiviados sirvieron para conducir los bioensayos de germinación de lechuga, col y tomate acorde el método propuesto por Bagur-González et al. (2011). Las muestras de suelo y vermicompost fueron secadas a temperatura ambiente y luego tamizadas en malla de 2 mm. Cada unidad experimental constó de 20 g de sustrato, mismo que se colocó en cajas Petri identificadas respectivamente acorde al tratamiento y repetición. A cada caja se le aplicó 5ml de agua destilada con una bomba de aspersion manual para favorecer la germinación. En el tratamiento de suelo + vermicompost previamente se mezcló el suelo con el vermicompost en relación 70% suelo + 30% vermicompost, luego se colocó en la caja Petri. Para el tratamiento que contenía lixiviado de vermicompost se colocaron los 20 g de suelo en la caja petri y en lugar de aplicar agua destilada se reemplazó por 5ml de lixiviado de vermicompost. Posteriormente con la ayuda de una pinza, se colocaron cuidadosamente 20 semillas de cada hortaliza en cada caja Petri (unidad experimental), dejando espacio suficiente entre ellas para permitir la elongación de las radículas. Los platos fueron forrados con papel kraft y colocados en una cámara de crecimiento a temperatura $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ por siete días. Al séptimo día, los platos fueron abiertos en el mismo orden en que fueron guardados. Como control negativo que se refiere asegurar una buena germinación, se utilizó agua destilada, es decir para este tratamiento solo se colocó papel filtro humedecido con agua destilada al interior de la caja Petri, posteriormente se realizó la colocación de las 20 semillas de la hortaliza.

Para este estudio se establecieron 3 ensayos, cada ensayo se trabajó con una hortaliza diferente (Lechuga, col, tomate). Así mismo, cada ensayo estuvo conformado por 4 tratamientos con 3 repeticiones cada uno. Total 36 unidades experimentales. Además, se estableció un tratamiento T0 = Control negativo (solo papel filtro humedecido con agua destilada). Es importante mencionar que T0 solo se empleó para cálculo de índice de

germinación, este tratamiento no formó parte del análisis estadístico. A continuación, se describen los tratamientos evaluados:

T1 = Suelo sódico (Control)

T2 = Suelo sódico + Vermicompost

T3 = Suelo sódico + Lixiviado de Vermicompost

T4 = Suelo sódico + Vermicompost + Lixiviado de Vermicompost

VARIABLES EVALUADAS. Índice de germinación (IG) sugerido por Tiquia (2000), por tener la ventaja de que permite evaluar la toxicidad baja (que afecta el crecimiento de la raíz) y la toxicidad pesada (que afecta la germinación), a través de la expresión:

$$IG = \frac{G \times L}{Gc \times Lc} \times 100$$

Dónde:

IG es el índice de germinación (%), G es el promedio de semillas germinadas en la muestra, Gc es el promedio de semillas germinadas en el control negativo, L es el promedio de longitud de la radícula en la muestra (mm), y Lc es el promedio de longitud de la radícula en el control negativo (mm). El valor del IG puede variar entre 0 y superar el 100 %.

Se procedió a medir con una regla milimétrica la longitud de la radícula y del hipocotilo de cada una de las plántulas (Sobrero y Ronco, 2004). Se evaluó el peso fresco total con una balanza electrónica calibrada a 0,00 g

Análisis estadísticos. Se empleó un diseño completamente al azar conformado por 4 tratamientos y 3 repeticiones. Los resultados fueron sometidos al análisis de varianza ANDEVA, cuyos efectos significativos ($P < 0,05$) fueron evaluados a través de la comparación de medias en prueba de Tuckey ($P < 0,05$), con paquete estadístico Infostat V2016e.

RESULTADOS

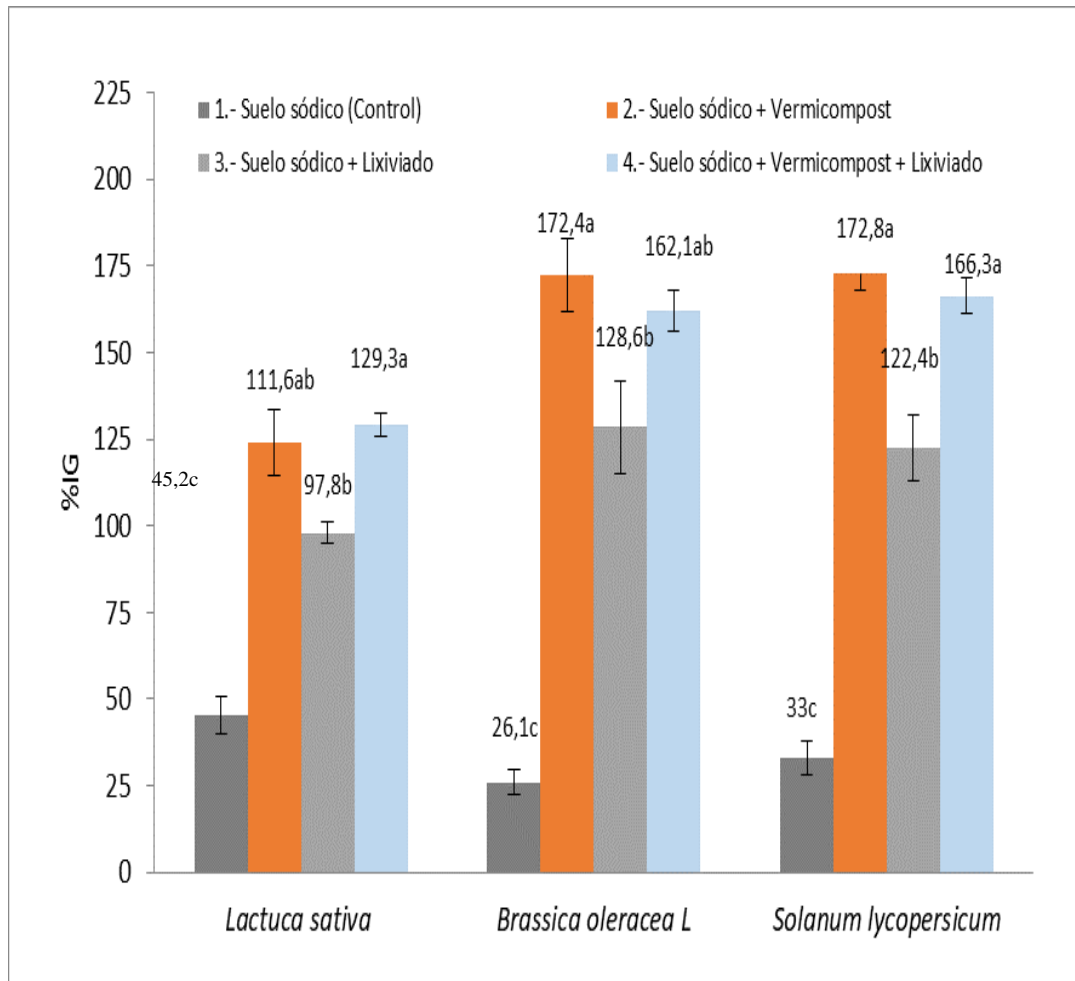


Figura 1. Porcentaje de Índice de Germinación %IG de tres hortalizas en un suelo sódico en mezcla de vermicompost y lixiviados.

En la figura 1, podemos ver que el porcentaje de índice de germinación más alto para *Lactuca sativa* con diferencia significativa sobre control se obtuvo con el T4, seguido por el T2, tratamientos que exhibieron valores de 129,3 y 111,6% IG, respectivamente. Similar tendencia estadística se obtuvo en *Solanum lycopersicum*.

En *Brassica oleracea L*, el mejor tratamiento fue T2, seguido por T4 ambos con diferencia significativa y superiores a control. El T2 con Índice de germinación de 172% y el T1 con 162.1%

Tabla 1. Porcentaje de germinación y peso total de plántulas de hortalizas ante un suelo sódico en mezcla de vermicompost y lixiviados.

Especies	Tratamientos	% Germinación	Peso total de plántulas (mg)
<i>Lactuca sativa</i>	T1.- Suelo sódico (Control)	70,0±2,9 b	11,7±1,7 c
	T2.- Suelo sódico + Vermicompost	88,3±3,3 a	23,1±2,2 b
	T3.- Suelo sódico + Lixiviado	85,0±2,9 a	16,0±1,4 bc
	T4.- Suelo sódico + Vermicompost + Lixiviado	95,0±2,9 a	32,1±1,9 a
	Valor p	0,0022	0,00022
<i>Brassica oleracea L</i>	T1.- Suelo sódico (Control)	81,7±8,8 a	45,6±6,4 c
	T2.- Suelo sódico + Vermicompost	83,3±1,7 a	132,0±6,8 a
	T3.- Suelo sódico + Lixiviado	85,0±2,9 a	84,6±8,5 b
	T4.- Suelo sódico + Vermicompost + Lixiviado	88,3±1,7 a	125,2±0,7 a
	Valor p	0,7881	<0,0001
<i>Solanum lycopersicum</i>	T1.- Suelo sódico (Control)	73,3±4,4 b	16,3±1,3 b
	T2.- Suelo sódico + Vermicompost	80,0±2,9 ab	30,7±4,6 a
	T3.- Suelo sódico + Lixiviado	75,0±2,9 ab	26,4±2,2ab
	T4.- Suelo sódico + Vermicompost + Lixiviado	88,3±2,9 a	32,3±1,7 a
	Valor p	0,0362	0,013

Valores son medias de tres réplicas. Error estándar: \pm Valores seguidos por la misma letra en la columna para cada especie indican que no existen diferencias significativas ($p < 0,05$) para el test Tuckey.

En la tabla 1 se exponen los resultados obtenidos en *Lactuca sativa*, *Brassica oleracea L*, *Solanum lycopersicum* para las variables de porcentaje de germinación y peso total de las plántulas:

Lactuca sativa: En la variable de porcentaje de germinación y peso total de las plántulas los tratamientos 2 al 4 fueron los que mostraron diferencia significativa frente a control, destacándose el tratamiento T4 con incrementos de 25% en la germinación al ser comparado al T1. En la variable de peso total de plántulas sobresalió el T4 que mostró incremento en peso de 20,4 mg al ser comparado al control.

Brassica oleracea L, en la variable de % Germinación no se observó diferencia significativa entre tratamientos. Por otro lado, los tratamientos del T2 al T4 fueron diferentes al control estadísticamente en la variable de peso total. Cabe mencionar que, las mejores respuestas se vieron en T2 y T4 con peso total de plántulas de 132 y 125,2 mg, respectivamente.

Solanum lycopersicum: en la variable de % Germinación el T4 superó al T1 con diferencia significativa, se evidenció incrementos de 15% en esta variable respecto a T1.

La variable de peso total de plántulas se vio influenciada positivamente en los tratamientos T2 y T4, siendo superiores al T1 con diferencia significativa, de esta manera llegaron a incrementar su peso frente al T1 en un 88,3 y 98,2%, respectivamente.

Tabla 2. Respuestas biológicas de plántulas de hortalizas ante un suelo sódico en mezcla de vermicompost y lixiviados.

Especies	Tratamientos	Longitud de raíz (mm)	Longitud de hipocotilo (mm)	Longitud de hipocotilo/ Raíz
<i>Lactuca sativa</i>	T1.- Suelo sódico (Control)	13,5± 2,1 b	13,2±1,8 c	1,0±0,1 c
	T2.- Suelo sódico + Vermicompost	25,9± 1,8 a	56,7±4,2 b	2,0±0,1 b
	T3.- Suelo sódico + Lixiviado	23,7± 0,4 a	56,9±2,9 b	2,4±0,1 ab
	T4.- Suelo sódico + Vermicompost + Lixiviado	28,0± 0,6 a	73,3±1,6 a	2,6±0,0 a
	Valor p	0,0034	<0,0001	<0,0001
<i>Brassica oleracea</i> L	T1.- Suelo sódico (Control)	8,2± 0,5 c	17,9±1,0 c	2,2±0,2 a
	T2.- Suelo sódico + Vermicompost	53,7± 3,8 a	73,7±2,6 a	1,4±0,2 b
	T3.- Suelo sódico + Lixiviado	39,0± 2,8 b	54,9±1,5 b	1,4±0,1 b
	T4.- Suelo sódico + Vermicompost + Lixiviado	47,6± 2,6 ab	63,6±3,0 b	1,3±0,0 b
	Valor p	<0,0001	<0,0001	0,0112
<i>Solanum lycopersicum</i>	T1.- Suelo sódico (Control)	7,3± 0,9 b	32,0±2,0 c	4,5±0,8 a
	T2.- Suelo sódico + Vermicompost	35,7± 2,3 a	65,7±3,4 a	1,9±0,1 b
	T3.- Suelo sódico + Lixiviado	27,1± 3,2 a	48,9±1,2 b	1,9±0,3 b
	T4.- Suelo sódico + Vermicompost + Lixiviado	31,0± 1,5 a	69,3±3,5 a	0,4±0,2 b

Valor p	0,0001	<0,0001	0,0066
---------	--------	---------	--------

Valores son medias de tres réplicas. Error estándar: \pm . Valores seguidos por la misma letra en la columna para cada especie indican que no existen diferencias significativas ($p < 0,05$) para el test Tuckey.

En la tabla 2, se exponen los resultados obtenidos en *Lactuca sativa*, *Brassica oleracea* L, *Solanum lycopersicum* para las variables de longitud de la radícula, longitud del hipocotilo y Longitud de hipocotilo/ Radícula:

Para *Lactuca sativa* en las variables de longitud de la radícula y longitud del hipocotilo se encontró diferencia significativa, donde todos los tratamientos 2 al 4 fueron superiores al tratamiento 1 (Suelo sódico control). En ambas variables el tratamiento que sobresalió fue el T4 con incrementos 14,5 mm en longitud de la radícula al ser comparados al T1, así mismo con el T4 se obtuvo la mayor longitud del hipocotilo donde las plántulas llegaron a medir 73,3 mm.

En *Brassica oleracea* L, en las variables de longitud de la radícula y longitud del hipocotilo los tratamientos T2 al T4 mostraron diferencia significativa siendo superiores al T1. Sin embargo fue el T2 el que sobresalió con incrementos en la longitud de la radícula de 45,5 mm y 55,8 mm longitud del hipocotilo respecto a control.

En *Solanum lycopersicum*, la longitud de la radícula se vio influenciada positivamente en los tratamientos T2 al T4, siendo superiores al T1 con diferencia significativa. Similar comportamiento encontramos en la longitud del hipocotilo, sin embargo los T2 y T4 sobresalieron presentando 65,7 y 69,3 mm en esta variable, respectivamente.

En la variable de Longitud de hipocotilo/ Radícula los tratamientos T2 al T4 de las tres especies mostraron diferencias significativas siendo superiores al T1.

DISCUSIÓN

La tolerancia de las semillas y plántulas ante los efectos de los suelos sódicos, claramente antagónicos en la fisiología vegetal durante el período de germinación debe ser crítica para la persistencia de las poblaciones vegetales en estos medios Collins N (2015).

En la figura 1 evidenciamos la marcada reducción en el índice de germinación de las 3 especies de plántulas sembradas en un suelo sódico sin tratar T1. Los valores de IG se ubicaron entre 32 y 45,3%, nuestros resultados son concordantes con los estudios de Benavides (2015), quién al utilizar semillas de tomate comprobó que altas concentraciones de NaCl disminuyeron porcentajes de germinación. El efecto adverso de la sodicidad sobre la germinación resulta de una combinación de los efectos osmóticos (bajo potencial hídrico externo) y tóxicos tales como alta concentración interna de iones tóxicos (Redmann 1974; Goykovic y Saavedra, 2007)

En la figura 1 y tabla 1, podemos ver que los tratamientos T2 y T4 donde se mejoró el suelo con productos orgánicos resultado de la vermicultura los Índices de germinación y porcentajes de germinación mejoraron significativamente al ser comparados a T1. Este comportamiento se alinea a los reportados por Joshi *et al.* (2015), quienes encontraron que dosis altas de vermicompost incrementaron la germinación de semillas de hortalizas y hornamentales. En este sentido podemos ratificar el enunciado de Sobrero y Ronco (2004) quienes encontraron que la germinación debe estar por sobre el 50% para considerar que no produce efectos negativos sobre las plántulas.

En la tabla 1, también mostramos la variable respuesta de peso de las plántulas, donde prevaleció el mejor comportamiento para los tratamientos T2 y T4. Similar tendencia se evidencia en Tabla 2, en las variables de longitud de la radícula y del hipocotilo. Este comportamiento puede atribuirse a que el humus mejora la capacidad de retención de agua en el sistema de la planta, optimizando las funciones metabólicas y desarrollo de las plántulas (Marinari *et al.*, 2000). Otra explicación para esta respuesta positiva de las plantas ante los compuestos orgánicos es la expuesta por Schmidt-Nielsen (1965), quién observó que en los tejidos de las lombrices existen sustancias reguladoras del crecimiento vegetal que provocan efecto en el crecimiento y rendimiento de las plantas. En contraparte, los tratamientos Control (suelo sódico) para todas las hortalizas presentaron los valores más bajos para longitud de hipocotilo y raíz, estos resultados son concordantes a los hallados por Villao R (2015), quién encontró en un cultivo de tomate que las dosis crecientes de sodicidad conlleva a reducción de longitud del hipocotilo y de biomasa radicular.

CONCLUSIONES

La aplicación de productos orgánicos como el vermicompost y la combinación de vermicompost + lixiviados al suelo sódico ayudaron a mejorar la germinación, desarrollo radicular y del hipocotilo en lechuga, col, tomate.

Altas concentraciones de sodio en el suelo afectan negativamente la fisiología del cultivo, este efecto se corroboró en nuestro trabajo donde los valores de índice de Germinación en suelos sódicos sin tratar se ubicaron entre 32 y 45,3%.

Analizando el comportamiento de las tres hortalizas evaluadas en este estudio podemos concluir que los tratamientos T2 (Suelo sódico + Vermicompost) y T4 (Suelo sódico + Vermicompost + Lixiviado) fueron los que sobresalieron con valores de IG que se ubicaron entre 112 y 172%. Esta tendencia de mejor respuesta de las hortalizas hacia los T2 y T4 se mantuvo en las variables de peso total de plántulas, longitud del hipocotilo y de la radícula. Estos resultados sustentan que mediante la aplicación de vermicompost y sus lixiviados es posible mejorar la respuesta biológica de hortalizas cultivadas en suelos sódicos.

Los subproductos obtenidos a partir de la vermicultura (vermicompost y lixiviados) poseen importantes características nutricionales en macronutrientes, sin embargo es importante destacar que el vermicompost es el que posee más alto contenido de MO (43,6%), esto podría explicar la respuesta positiva en los tratamientos que contienen este subproducto T2. Así como la notable sinergia de ambos subproductos en el T4. Esta materia orgánica provee de condiciones ideales de humedad, porosidad, enzimas y sustancias reguladoras del crecimiento que actúan minimizando los efectos adversos de la sodicidad, lo que se traduce en mayores porcentajes de germinación, y mejores características morfológicas de las hortalizas. Sin embargo aún hace falta profundizar en estudios orientados a entender con mayor detalle los mecanismos con los que estos compuestos orgánicos reducen los efectos antagonicos de sodio sobre la fisiología vegetal, además evaluar dosis y épocas de aplicación de vermicompost y lixiviados para hacer extensiva esta práctica en suelos degradados por sales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bagur-González M.G., Estepa-Molina C., Martín-Peinado, F. y Morales-Ruano, S. (2011). Toxicity assessment using *Lactuca sativa* L. bioassay of the metal(loid)s As, Cu, Mn, Pb and Zn in soluble-in-water saturated soil extracts from an abandoned mining site. *J. Soil. Sediment.* 11, 281-289
- Benavides Sadaka, P. I. (2015). Capacidad germinativa del genotipo de tomate Florada de (*Lycopersicon esculentum* MILL.) en condiciones de estrés salino en diferentes fotoperiodos (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Bouzo, L., Más, R., Pérez Lima, J., Valdés, J., Contreras, V., Alcívar, M. (2012). Estudio de Suelos e Implementación de un Sistema de Información Geográfica, realizado en la Hacienda Shanghai, Informe. La Troncal- Ecuador
- Camejo Daymi y Torres W. 2000. La Salinidad y su efecto en los estadios iniciales del desarrollo de dos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). Instituto nacional de ciencias agrícolas de Cuba. Cultivos Tropicales. Biblioteca virtual de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. 21 vol. 2Num. 23-26.
- Collins N. (2015). Capacidad germinativa de Genotipos de tomate variedad Florada de (*Lycopersicon esculentum* Mill.) al estrés osmótico en diferentes fotoperiodos, Trabajo de titulación. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Facultad de Ciencias Agrarias. Santa Elena, Ecuador.
- FAO. (2014). Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y Agricultura. de Horticultura y Floricultura en el Ecuador
- Gariglio, N., Buyatte, M., Pilatti, R., González Rossia, D., Acosta, M. (2002). Use of a germination bioassay to test compost maturity of willow (*Salix* sp.) Sawdust. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 30 (2):135-139.
- Goykovic, C. y Saavedra, R. (2007) Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *Revista IDESIA*, 25 (3): 2 - 8.
- INIAP. 2014. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias -. Superficie de las provincias de Manabí, Guayas y El Oro con problemas de salinidad.

- Hannco, C. (2017). Desalinización con Beterraga (*Beta vulgaris* L.) asociada al vermicompost y cal agrícola para el mejoramiento de la calidad del suelo, Cañete, 2017 (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/3539>
- INTAGRI. (2013). La salinidad de los suelos, un problema que amenaza su fertilidad. Engormix.
- Joshi, R., Singh, J., & Vig, A. P. (2015). Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 14(1), 137-159.
- Marinari, S., Masciandaro, G., Ceccanti, B., Grego, S. (2000). Influence of organic and mineral fertilisers on soil biological and physical properties. *Bioresource Technology*, 72, 9-17.
- Martínez, N., López, C., Basurto, M., Pérez, A. (2010). Efectos por salinidad en el desarrollo vegetativo. *Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable*. V (3):156-161.
- Mogollón, J., Martínez, A., Torres, D. (2016). Efecto de la aplicación de vermicompost en las propiedades biológicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. *Bioagro*, volumen 28 (1), 29-38.
- Pozo W., Sanfeliu, T., Carrera G. (2010) Variabilidad Espacial Temporal de la Salinidad del Suelo en los Humedales de Arroz en la Cuenca Baja del Guayas, Sudamérica 23, 73-79.
- Redmann, R E. (1974). Osmotic and specific ion effects on the germination of alfalfa. *Can. J. Bot.* 52: 803-808.
- Salcedo Rosales, G. A. (2015). Sistemas de protección en la región intertropical cálida de Ecuador. Evaluación mediante el cultivo de *Cucumis sativus*. Universidad de Almería, Almería, España
- Schmidt-Nielsen, K. (1965). Fisiología de las glándulas salinas. Sekretion und Exkretion Funktionelle und morphologische Organisation der Zelle , 269-288.
- Shahid, S., Abdelfattah, M., Taha, F. (2013). Developments in Soil Salinity Assessment and Reclamation. Doi: 10.1007/978-94-007-5684-7
- Shober, A., Stehouwer, R. Macneal, K. (2003) On-farm assessment of biosolids effects on soil and crop tissue quality. *Journal of Environmental Quality* 32: 1873-1880.

- Sobrero, M.C., Ronco, A. (2004) Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga (*Lactuca sativa L.*). p: 71-79. En: Ensayos Toxicológicos y Métodos de Evaluación de Calidad de Aguas, G. Castillo, Ed., Ottawa, Canadá
- Tiquia, S.M. (2000) Evaluating phytotoxicity of pig manure from the pig on litter system. p: 625-647. In: Proceedings of the International Composting Symposium, P.R. Warman & B.R. Taylor, Ed., CBA Press Inc., Truro, NS.
- Villao R. (2015) Tesis de grado. Capacidad germinativa de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*)” provenientes del agricultor al estrés osmótico en diferentes fotoperiodos. Universidad estatal península de Santa Elena. Facultad de ciencia agrarias. Santa Elena. Ecuador. 30-56p.
- Wicke, B., Smeets, E., Dornburg, V., Vashev, B., Gaiser, T., Turkenburga, W. y Faaija, A. (2011). The global technical and economic potential of bioenergy from salt affected soils. *Energy Environ. Sci.*, volumen 4, 2669-2681. Doi: 10.1039/C1EE01029H
- Wu, Y., Li, Y., Zhang, Y., Bi, Y. y Sun, Z. (2017). Response of Saline Soil Properties and Cotton Growth to Different Organic Amendments. *Pedosphere*, volumen 28 (3), 521-529. Doi: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60464-8](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60464-8)