

■ Cambios en la fisiología del palto y en las características químicas del suelo en repuesta a aplicaciones de ácido sulfúrico y ácido húmico de vermicompost en suelo arcilloso

V. Celis, C. Bonomelli, B. Sallato, P.M. Gil

Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

Autor para correspondencia: pmgil@uc.cl

El palto es un cultivo sensible a la asfixia radical lo que reduce la productividad de huertos establecidos en suelos de baja aireación. Entre los manejos adoptados por los agricultores en Chile para mejorar la aireación de suelos arcillosos está la aplicación de ácido sulfúrico en altas concentraciones, sin embargo se desconoce su efecto en las características químicas del suelo y existe una creciente preocupación por el efecto acumulativo que la aplicación frecuente de Ác. Sulfúrico pudiera tener en el suelo y en las plantas. Por otra parte, existen alternativas amigables con el ambiente para mejorar aspectos físico-químicos de suelos, como por ejemplo el uso de ácidos húmicos. Se realizó un experimento en plantas clonales de Hass establecidas en macetas con suelo de textura fina, a las cuales se aplicó diferentes tratamientos al suelo para determinar su efecto en la fisiología de los árboles y en características químicas del suelo. Los tratamientos fueron, T0: sólo agua; T1: H₂SO₄ (pH 2.5 una vez al mes); T2: ácido húmico de vermicompost (3 cc/planta cada 15 días); T3: H₂SO₄ + ácido húmico de vermicompost. Se midieron parámetros químicos del suelo como pH, CE, CIC, Na, Ca, Mg, Mn y Al y la respuesta de la planta mediante conductancia estomática (gs) y potencial hídrico xilemático (PHX). Resultados preliminares indican que T3 mejoró gs y PHX respecto al resto de los tratamientos. Por otra parte T1 y T3 redujeron el pH y aumentaron la disponibilidad de Al y Mn, mientras que T2 provocó un aumento de Ca, Mg y Na. T1 y T2 provocaron un aumento de CE. Los tratamientos con ácido permitirían mejorar la condición fisiológica de paltos en suelos de baja aireación, sin embargo es importante considerar su efecto químico en la rizósfera y por tanto establecer los límites en cuanto a la cantidad y frecuencia de aplicación, especialmente del ácido sulfúrico considerando el potencial riesgo de superar el poder buffer del suelo. Puntualmente el aumento de Mn y Al podrían causar fitotoxicidad, lo que indica que medidas de remediación o enmiendas son importantes después de una aplicación de ácido en altas concentraciones al suelo.

Palabras claves: Aireación de suelo, Asfixia radical, Aplicación de ácidos al suelo, Humus de vermicompost.

INTRODUCCIÓN

En Chile el palto es un cultivo frutal que alcanza una superficie plantada de 31.727 hectáreas (ODEPA, 2014). Debido a que esta especie es sensible a heladas, se han establecido en Chile huertos en suelos con limitaciones para la especie, favoreciendo el clima. Sin embargo, el establecimiento de huertos en estas condiciones puede traer en consecuencia problemas de productividad ocasionados por asfixia radical, debido principalmente a las texturas de suelo predominantes en laderas de cerro (texturas finas), combinado con dificultades en el manejo de riego. Ambas condiciones inciden en funciones fisiológicas, biomasa y productividad de esta especie (Schaffer *et al.*, 2013). Con el fin de disminuir los efectos descritos, se han establecido diversas medidas de manejo para mejorar la capacidad de aireación de los suelos, entre las que se encuentra la aplicación de ácido sulfúrico en alta concentración, manejo que en teoría mejoraría las características de aireación, por un posible efecto en el aumento de la macroporosidad de los suelos.

Las aplicaciones de ácido sulfúrico podrían ser favorables en suelos con presencia de sodio, ion que dificulta la infiltración y movimiento del agua, o en suelos con carbonato, pues llevarían a una solubilización del Ca⁺², lo que promovería la floculación y estructuración, favoreciendo la infiltración y la permeabilidad del agua en el suelo (Hussain, 2001). Sin embargo, no existe información científica acerca del real efecto de estas aplicaciones en las características químicas, físicas y microbiológicas de suelos arcillosos en huertos de palto, así como sus posibles consecuencias a largo plazo. En esta situación, el poder tampón del suelo puede ser superado llevando a cambios que podrían ser perjudiciales para la sostenibilidad del sistema agrícola y su entorno. Cabe destacar que un aumento en la acidez de los suelos puede limitar el crecimiento de las plantas, debido a que puede inducir a la toxicidad de aluminio y manganeso y a la deficiencia de nutrientes esenciales. Por otra parte, el uso de este producto en campo conlleva rigurosos cuidados al momento de su uso, ya que es una sustancia corrosiva y potencialmente dañina para los ojos, piel y tracto respiratorio, por lo que su aplicación involucra alto riesgos.

En la actualidad, otra medida para superar las barreras físicas que impone el suelo, es el uso de enmiendas orgánicas. La materia orgánica se compone de elementos mineralizados y de entre un 70 a 80% por sustancias húmicas, las que corresponden al producto final de la descomposición de la materia orgánica (Brady and Weil, 2008). Dentro de sus efectos agronómicos, las sustancias húmicas participan en la fertilidad del suelo y en la nutrición de las plantas; adicionalmente, incrementan la catálisis enzimática, aumentan la respiración y fotosíntesis, estimulan el metabolismo de ácidos nucleicos y desarrollo de raíces (Taiz and Zeiger, 2002). Con respecto a sus características edafológicas, el ácido húmico está fuertemente ligado con las fracciones de arcilla y limo y permanece en el suelo por largos períodos de tiempo; es importante mencionar que el humus del suelo contiene la mayor parte de la capacidad de intercambio catiónico de la materia orgánica (SAG, 2013). Por su parte Fernández (2003) indica que se ha demostrado que la aplicación al suelo de ácido húmico de vermicompost al recubrir las partículas de suelo; esto se explicaría dado que este producto aumenta la estabilidad de su estructura a través de las uniones órgano-minerales, mejorando la capacidad de retención de agua e incrementando la aireación del suelo, además de contribuir a la estabilidad y fertilidad del suelo (Piccolo, 1990).

En el presente estudio, se determinó los efectos de diversas aplicaciones al suelo de ácido sulfúrico y húmico de vermicompost, y la combinación de éstos, en paltos Hass plantados en situación de macetas bajo invernadero, determinándose sus efectos en las características químicas del suelo y aspectos fisiológicos de la planta. En este trabajo se muestran resultados preliminares, correspondientes a 5 meses de evaluación de un experimento que aún se encuentra en evaluación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó durante el otoño-invierno del año 2015 en los invernaderos de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la PUC. Se evaluaron 16 paltos variedad Hass sobre portainjerto clonal de palto (Duke 7) los cuales se establecieron en macetas plásticas de 20 L con aproximadamente 30 kg de un suelo de textura arcillo limosa con buen drenaje. El suelo utilizado corresponde a un suelo Alfisol, de origen granítico de la comuna de Casablanca, Región de Valparaíso. Se tomó una muestra de suelo inicial para su caracterización química y así corregir las posibles deficiencias nutricionales de origen. Las características del suelo eran textura arcillo limosa, pH levemente ácido, niveles altos de manganeso y niveles deficientes de fósforo (P), potasio (K), zinc (Zn), boro (B), por lo que se aplicó por maceta 5,5 g de fosfato monopotásico, 0,15 g de sulfato de zinc y finalmente 185 mg de borato de sodio (bórax), diluidos en 150 ml.

Tratamientos

El experimento consistió en la evaluación de cuatro tratamientos los cuales se describen a continuación: T1 aplicación al suelo de ácido sulfúrico cada 30 días, (95 ml de H₂SO₄ /litro de agua - pH 2,5) (Ferreira, 2008), lo cual se determinó mediante una curva de titulación. T2: aplicación al suelo de 3 cc de ácido húmico de vermicompost diluido en dos litros cada 15 días, lo cual se determinó de acuerdo a la dosis recomendada del producto comercial utilizado. T3: aplicación al suelo de ácido sulfúrico cada 30 días (misma dosis que T1) más ácido húmico de vermicompost cada 15 días, en dosis de 3 cc de ácido húmico de vermicompost en 500 ml de agua. El tratamiento T0 correspondió al control al cual sólo se le aplicó agua. Cabe destacar que para cada aplicación, los volúmenes de agua fueron iguales para no provocar diferencias en cuanto al contenido de humedad entre tratamientos. La humedad de suelo fue mantenida cercana a 30 cbar, lo que corresponde a condición cercana a capacidad de campo (-0,33 bar). El riego de todos los tratamientos se determinó en base a tensiómetros. Un resumen de las fechas de aplicación de los tratamientos se presenta en la Tabla 1. Se caracterizó el ácido húmico de vermicompost utilizado para los tratamientos 2 y 3, el cual resultó ser alcalino (pH de 10,15); relación C/N de 5,4, conductividad eléctrica (CE) de 5,08 mS/cm, 0,03% de Ca, 0,5% de Sodio y 1,5 mg/Kg de Manganeso.

Mediciones

Química de suelo:

Análisis químicos de suelo: Las mediciones de suelo se realizaron en las siguientes fechas: 7 de abril, 20 de abril, 5 de mayo, 25 de mayo. El criterio para obtener las muestras en estos momentos fue contar con los datos a las 24 horas, a los 14 días, a los 30 días y a los 50 días respecto de la primera fecha de aplicación de los tratamientos. Cabe destacar que en los días 5 y 25 de mayo, se mide el efecto acumulativo de 2 aplicaciones de T1, 3 aplicaciones de T2 y 2 aplicaciones de T3 (ver Tabla 1 y figura 1). Los análisis químicos fueron realizados en el Laboratorio de Agroanálisis UC. Específicamente se cuantificaron los niveles de Ca, Mg, Na, Al y Mn intercambiables, capacidad de intercambio catiónico (CIC), relación de adsorción de sodio (RAS), Conductividad eléctrica (CE) y pH según los métodos recomendados para suelos chilenos (Sadzawka, 2006).

Tabla 1: Tratamientos y fechas de aplicación y toma de muestras para análisis químico

Tratamiento	Fecha de aplicación	Fecha de toma de muestra
T1 T2 T3	6 de abril	7 de abril
T2	20 de abril	20 de abril
T1 T2 T3	4 de mayo	5 de mayo
T2	18 de mayo	19 de mayo

Respuesta fisiológica de las plantas

a) Potencial hídrico xilemático (PHX): Estas evaluaciones se realizaron con una cámara de presión (bomba de Scholander) de acuerdo a la metodología descrita por Ferreira *et al.* (2007). Las mediciones se realizaron entre las 12:00 pm y 1:00 pm, en 4 oportunidades durante el periodo de estudio.

b) Conductancia estomática (gs): las mediciones se realizaron con un porómetro (Steady State Diffusion Porometer, SC-1, Decagon Devices). La medición se realizó en dos hojas adultas expuestas por planta entre las 11:00 am y 1:00 pm, 3 veces en el periodo de estudio.

Diseño Experimental y análisis estadístico

El diseño del experimento fue completamente al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones cada uno. Cada maceta fue elegida al azar con respecto a su posición. La unidad experimental corresponde a la maceta con una planta. Mediciones fisiológicas tales como PHX y gs se analizaron mediante ANOVA y diferencia de medias que se determinaron con el programa Data Analysis and Statistical Software. Los resultados de análisis químicos de suelo se analizaron mediante el programa STATA (Data Analysis and Statistical Software) a los cuales se les realizó un análisis de varianza ANOVA y cuando era significativo se aplicó un test de media.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos de los tratamientos en el suelo

pH

En la figura 1 se muestra la comparación entre el tratamiento control y los tratamientos en que se aplicó ácido sulfúrico. En T1 (ácido sulfúrico), la disminución de pH se produciría por la aplicación de ácido, con lo cual se liberan H⁺, acidificando la solución del suelo. De la misma forma, T3 (ácido sulfúrico + ácido húmico) disminuye el pH; sin embargo, la aplicación de humus conlleva al aporte de sales que pueden tamponar de alguna forma los hidrógenos liberados. La comparación (figura 1) se hizo entre el suelo testigo y los que habían tenido aplicación de ácido con el fin de aislar el efecto del ácido sulfúrico en el pH, dado que el tratamiento de ácido húmico solo (T2), no seguía un patrón definido en cuanto a su comportamiento en las evaluaciones hasta ahora realizadas.

En la figura 2 se observa que a partir de la primera oportunidad de aplicación de los ácidos, se produce una diferencia significativa entre los pH de T1 y T3, respecto del control (T0), lo que se observa en todas las fechas de muestreo y análisis (Fechas 1, 2, 3, 4). Al comparar los tratamientos T1 y T3, se observa que en la primera fecha de medición (Fecha 1: 7 de abril), ambos suelos alcanzan un pH similar de 5,4. En la segunda fecha, llegan a un pH cercano a 5,2, sin embargo, al realizarse la segunda aplicación de ácido húmico de vermicompost (20 de abril), los pH de T1 y T3 comienzan a mostrar un comportamiento distinto, observándose en la fecha 3 de medición que el suelo que recibió el ácido húmico de vermicompost aumenta su pH, mientras que T1 (ácido sulfúrico) continúa bajando. Finalmente, en la cuarta fecha de evaluación (19 de mayo) se observa una disminución del pH en ambos tratamientos (T1 y T3) respecto de la fecha anterior de medición, sin embargo se observan diferencias significativas entre ambos tratamientos, observándose un menor pH en el T1.

El cambio de pH que se produce en todo el periodo se muestra en la tabla 2 (pH inicial y final). Se observa que en el caso de los tratamientos que reciben ácido sulfúrico, presentan la mayor diferencia al terminar el experimento (T1 de 0,3 y T3 de 0,14). En el caso en que sólo se aplicó ácido húmico de vermicompost, el pH final permanece similar al pH inicial.

Tabla 2. Cambio de pH de los distintos tratamientos (sin considerar el control)

Tratamiento	Disminución de pH (fecha inicial - final)
T1	0,298 b
T2	-0,09 a
T3	0,138 ab

Aluminio

Sólo en la tercera fecha de medición (Fecha 3: 22 de mayo) se observaron diferencias significativas en las concentraciones de Al disponible (Al³⁺) entre T0 y los tratamientos en que se aplicó ácido sulfúrico (T1 y T3). En T1 (ácido sulfúrico), existe una mayor concentración de Al³⁺, esto podría explicarse porque existe una relación directa entre el Al y la acidez del suelo, la cual aumenta la disponibilidad de este elemento, de manera que al disminuir el pH se va produciendo una disolución del hidróxido de aluminio precipitado, lo que explicaría la mayor disponibilidad de este ión en el tratamiento con ácido sulfúrico.

Manganeso

La disponibilidad de Mn de un suelo depende del material de origen, del pH y del potencial redox. En el caso de este experimento, los tres factores pueden estar incidiendo en un alto contenido de Mn intercambiable. Adicionalmente, los suelos que contienen cantidades altas de arcilla y limo, como el utilizado en este experimento (41 y 40% respectivamente), presentan frecuentemente ambientes reducidos por un drenaje y percolación lenta del agua, lo que aumenta la disponibilidad de Mn al disminuir el oxígeno en la solución del suelo.

En los resultados de la primera fecha, se ven diferencias significativas entre el control (T0) con 8,99 mg/kg de Mn y el tratamiento con ácido húmico (T2) con 19,39 mg/kg de Mn y el tratamiento con ácido sulfúrico más ácido húmico (T3) con 20,65 mg/kg de Mn. En la segunda fecha existen diferencias significativas entre T3 (con 28,10 mg/kg de Mn) y el T0 (con 15,08 mg/kg de Mn). En la tercera fecha ocurre lo mismo que en la primera, y en la cuarta existen diferencias significativas entre T0 (con 9,49 mg/kg) comparado con T1 (22,1 mg/kg) y T3 (21,63 mg/kg). El Mn fue el elemento que consistentemente mostró el mismo comportamiento en todas las fechas.

Cabe destacar que en la medida que disminuye el pH en el suelo se libera Mn, que queda disponible para las plantas (Havlin, 2005). Los resultados de este experimento indican que al disminuir el pH (figura 2) al aplicar los tratamientos con ácido sulfúrico (T1 y T3) es esperable que aumente la liberación de Mn disponible.

Este resultado no es extrapolable a una situación de campo, dado que el aporte relativo en campo es mucho menor al considerar que cada unidad experimental de este ensayo representa menos de 30 kg de suelo.

Calcio

El resultado del Ca disponible en el suelo indicó diferencias significativas entre el control (T0) respecto a la aplicación de ácido húmico de vermicompost (T2) en la primera fecha de medición, con 12,38 mg/kg en T0 y 20,55 en T2, y 12,68 mg/kg en T0 y 19,08 en T2 en la segunda fecha. El Ca aumentó su disponibilidad en algunas fechas con los tratamientos T1, y T3, además del T2, respecto a T0. El tratamiento T2 presentaría mayor cantidad de Ca con respecto al control, por el aporte del ácido húmico de vermicompost, ya que contiene 300 mg/kg de Ca. Este comportamiento se manifestó sólo en las primeras dos fechas lo que podría indicar un efecto temporal.

Conductividad eléctrica

En la figura 3 se muestra el resultado de la conductividad eléctrica (CE) al aplicar los diferentes tratamientos. Los cambios en CE se refieren a la presencia de sales disueltas en una solución acuosa. Al aumentar la CE, significa que existe una mayor cantidad de iones en la solución del suelo. Esta característica puede ir variando de acuerdo al pH y a los diferentes aportes que pueda recibir el suelo. En este caso, para las dos primeras fechas, se observó un aumento significativo de la CE tanto en el tratamiento T1 como en T2. El primero se explicaría porque disuelve sales precipitadas en el suelo y las deja en la solución y el segundo porque el producto utilizado (humus) presenta una CE de 5,08 mS/cm y además aporta iones como el sodio. Cabe señalar que estas reacciones de disolución y precipitación representan la dinámica de los suelos, por lo tanto, pueden ir cambiando en el tiempo. Dependiendo de los factores que gobiernan las reacciones de disolución, aumentarán o disminuirán la CE, por lo que la fecha en que se toma la muestra es determinante en el comportamiento de la CE pues, además de las reacciones mencionadas anteriormente, existe un poder tampón natural del suelo. Así, en las dos últimas fecha de medición, no se observaron diferencias en la CE entre tratamientos.

CIC

La CIC tiene relación con las cargas formadas por los coloides tanto orgánicos como inorgánicos, característica propia del contenido de arcillas y materia orgánica de los suelos. En los suelos de zonas semiáridas, como el de este estudio, el Ca es el principal ión adsorbido en los sitios de intercambio, representando entre un 60 y un 80% del CIC.

El CIC es una característica muy difícil de modificar porque se refiere a los sitios de los coloides, partículas que son microscópicas y que contienen una gran superficie de reacción. Si existen cambios pueden ser temporales al hacer un aporte abundante de materia orgánica (coloide orgánico). En este caso, se observa en la figura 4 que no existió diferencia significativa entre los tratamientos aunque puede haber existido en alguna fase del experimento algún cambio temporal que no fue detectado.

RAS

La relación de adsorción de sodio (RAS) representa la cantidad relativa de sodio respecto del Ca y el Mg. Cuando es un valor alto, significa que hay mucho Na respecto del Calcio/Magnesio, situación que es perjudicial para los suelos. El sodio es un agente dispersante, que desagrega la estructura, por lo tanto, se producen sellamientos en el suelo que impiden una infiltración adecuada del agua. Sin embargo, el Na es un catión de mucha movilidad en el suelo, por lo cual en algunas situaciones puede estar elevado, pero mediante un riego o una lluvia abundante se lixivia fácilmente. En este caso, existe un aporte de Na por parte del ácido húmico de vermicompost lo cual puede haber aumentado el RAS temporalmente. En este experimento sólo se observó un aumento significativo del RAS por parte de T2 y T3 comparado con T1, en la última fecha de medición; en el resto de las fechas no se observaron diferencias significativas respecto del RAS, lo que se explicaría por la gran movilidad que tiene este catión.

Potencial hídrico xilemático (PHX)

Se realizaron mediciones del PHX cuatro veces en la temporada (Fecha 1: 16 de abril; Fecha 2: 30 de abril; Fecha 3: 28 de mayo; Fecha 4: 25 de junio).

De acuerdo a la tabla 3, es posible observar que existieron diferencias significativas en el potencial hídrico xilemático en la segunda y la cuarta fecha de medición. Se observa un efecto positivo de T3 en el estatus hídrico de la planta. Cabe destacar que el control siempre presenta los valores más negativos, lo que indicaría el efecto negativo de la falta de aireación de los suelos arcillosos en palto.

Tabla 3. Comparación de medias del PHX en distintas fechas

Tratamiento	PHX (bar)			
	Fecha 1	Fecha 2	Fecha 3	Fecha 4
T0	-13.35 a	-11 a	-4.5 a	-10.25 a
T1	-11 a	-10 ab	-5.2 a	-7.5 ab
T2	-16.45 a	-10.25 ab	-6.8 a	-7.75 ab
T3	-9.75 a	-6 b	-6.1 a	-5.5 b

* Letras distintas indican que existen diferencias significativas entre tratamientos según la prueba Tukey ($p < 0,05$)

Fecha 1: 16 de abril; Fecha 2: 30 de abril; Fecha 3: 28 de mayo; Fecha 4: 25 de junio

Conductancia estomática (gs)

Se realizaron 3 mediciones de la gs durante la temporada (Fecha 1: 23 de abril; Fecha 2: 14 de mayo; Fecha 3: 18 de junio). Se observa que existen diferencias estadísticamente significativas en la conductancia estomática entre tratamientos en las primeras dos fechas (Tabla 3). Se puede apreciar que en la primera fecha de medición, T0 y T2 son significativamente distintos a T1 y T3, en donde T1 y T3 presentan mayores gs que los tratamientos T2 y T0, reflejando un mejor estatus hídrico de las plantas. En la segunda fecha se observa que el tratamiento T3 es significativamente distinto a todos los demás tratamientos, presentando una mayor gs. En la tercera fecha no se observan diferencias significativas respecto gs entre los tratamientos. Podría atribuirse esta diferencia en las primeras fechas al efecto inmediato del ácido sulfúrico en la porosidad del suelo, sin embargo este efecto se va perdiendo en el tiempo.

Tabla 4. Conductancia estomática (gs) de los tratamientos en tres fechas distintas

Fecha 1		Fecha 2		Fecha 3	
Tratamiento	gs (mmol/m ² S)	Tratamiento	gs (mmol/m ² S)	Tratamiento	gs (mmol/m ² S)
T0	95,85 a	T0	93,91a	T0	106,85 a
T1	121,04 b	T1	95,90 a	T1	92,69 a
T2	90,23 a	T2	92,89 a	T2	107,69 a
T3	125.75 b	T3	126.43 b	T3	118.68 a

* Letras distintas indican que existen diferencias significativas entre tratamientos según la prueba Tukey ($p < 0,05$).

Fecha 1: 23 de abril; Fecha 2: 14 de mayo; Fecha 3: 18 de junio

CONCLUSIONES

La aplicación de ácido sulfúrico y ácido húmico de vermicompost a un suelo arcillo limoso en macetas con paltos, produjo un mejoramiento momentáneo en el estatus hídrico de las plantas. Por otra parte, se observó una disminución significativa del pH cuando se aplicó ácido sulfúrico, ya sea solo (T1) o combinado con ácidos húmicos (T3). Esta variación en el pH explicaría que elementos como el aluminio y el manganeso aumentarían su disponibilidad.

El elemento calcio, aumentó su disponibilidad en las algunas fechas con los tratamientos T1, T2 y T3, lo que se explicaría por la disolución y precipitación de minerales con calcio del suelo (T1 y T3) y por el aporte de su composición química, en el caso de T2.

En el caso de la conductividad eléctrica, hubo una variación errática en los tratamientos, lo que se explicaría por la posible existencia de reacciones de disolución y aumento de iones en la solución acuosa, sin embargo, con el tiempo se produciría la precipitación de estos mismos, por lo cual cobra mucha importancia el momento en el cual se toma la muestra de suelo, ya que mientras más cerca de una aplicación más posibilidades habrá de detectar un cambio. Por su parte, el RAS, presentó diferencias significativas sólo en la última fecha de medición, manifestándose un aumento en los tratamientos que contenían humus, lo que se puede explicar por el aporte del producto mismo, sin embargo, por la movilidad del sodio en el suelo, este efecto puede ser temporal dependiendo del riego y drenaje de éste.

Es importante indicar que al adicionar ácidos al suelo, existen efectos que son necesarios de estudiar en el largo plazo. Por último, cabe destacar que los resultados presentados en este trabajo corresponden a datos preliminares, dado que sólo corresponden a 5 meses de evaluación. Además este ensayo se realizó en condiciones de maceta en invernadero, y por tanto no son completamente extrapolables a una situación de terreno.

FIGURAS

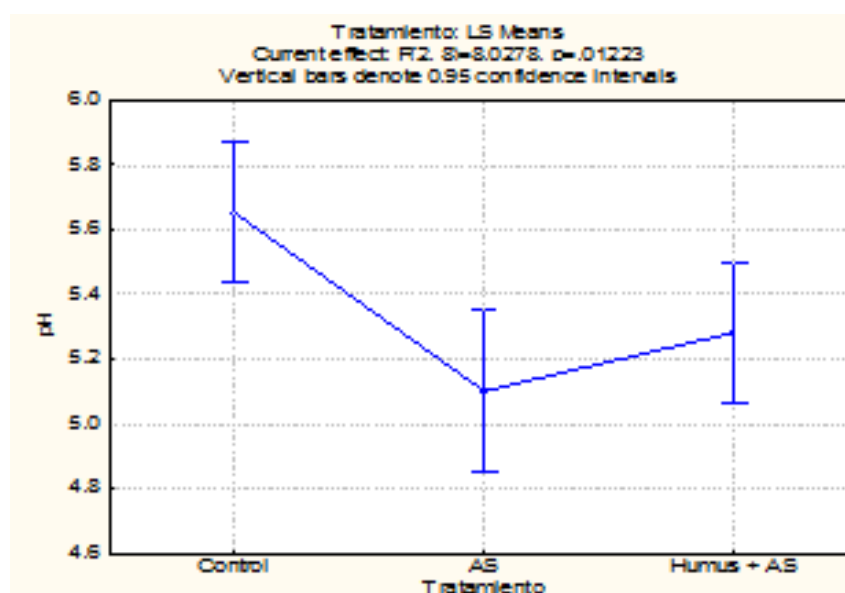


Figura 1. pH final alcanzado por los tratamientos T0 (control), T1 (ácido sulfúrico) y T3 (ácido sulfúrico + ácido húmico de vermicompost).

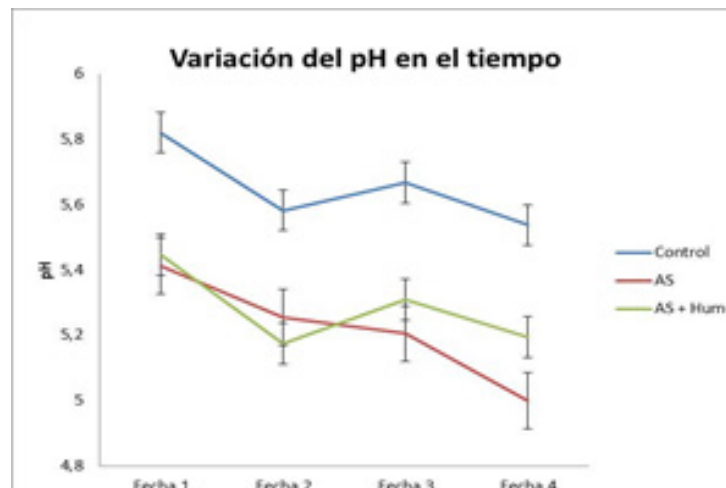


Figura 2. Variación del pH en el tiempo de los tratamientos control (T0) y de los que se aplicaron ácido (T1 y T3). La flecha roja indica aplicación de ácido sulfúrico y la flecha verde aplicación de ácido húmico de vermicompost.

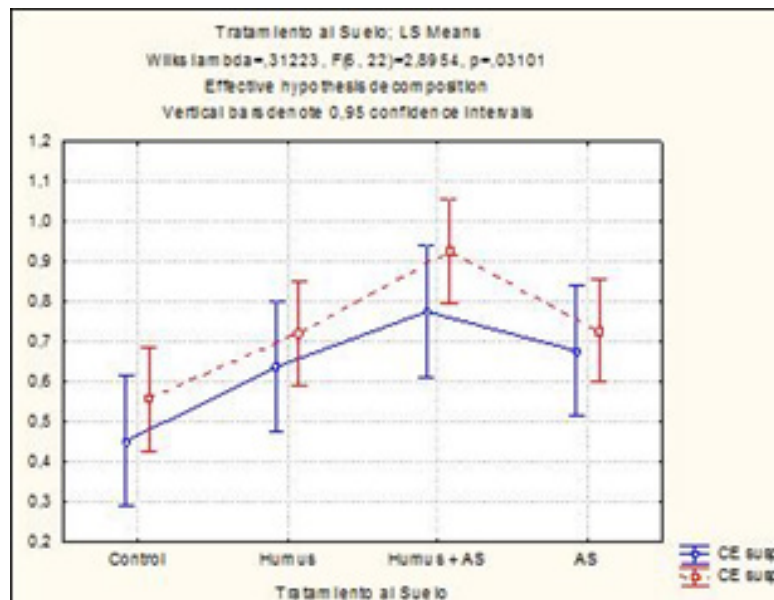


Figura 3. Evolución de la CE en el suelo en las dos primeras fechas de medición. La línea azul indica resultados de la primera fecha (Fecha 1), y la línea roja indica resultados para la segunda fecha de medición (Fecha 2).

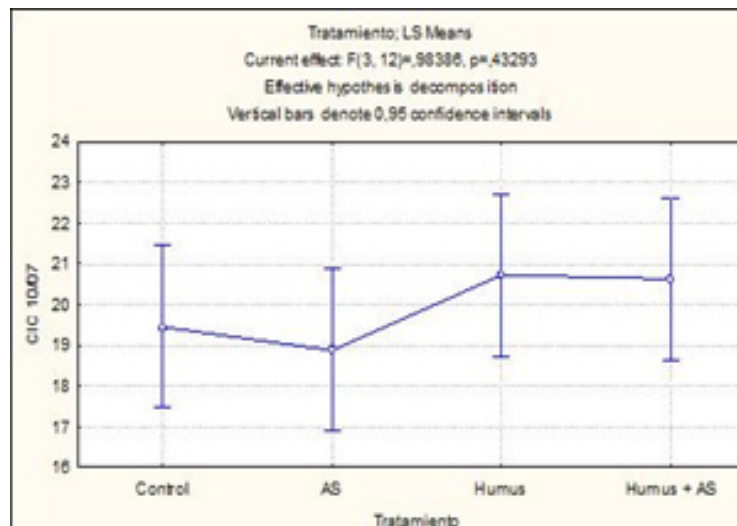


Figura 4. Comparación del CIC del suelo al aplicar los distintos tratamientos

BIBLIOGRAFÍA

- Brady, C. y Weil. 2008. *Elements of Nature and Properties of Soil*. New Jersey: Prentice Hall.
- Fernández, M. 2003. *Evaluación agronómica de sustancias húmicas derivadas de humus de lombriz*. Santiago.
- Ferreira, R., Sellés, G., Maldonado, P., Celedón J, Gil, P. 2007. Efecto del Clima, de las Características de la Hoja y de la Metodología de Medición en el Potencial Hídrico Xilemático en Palto (*Persea americana* Mill.) *Agricultura Técnica (Chile)* 67(2):182-188.
- Ferreira, R. 2008. *Manejo de la clorosis férrica en paltos*. Retrieved agosto 6, 2015, from http://platina.inia.cl/paltoriego/descarga/INIA_B0181.pdf
- Hussain, N. G. 2001. Evaluation of amendments for the improvement of physical properties of sodic soil. *International Journal of Agriculture & Biology* , 319-322.
- ODEPA, O.D. 2014. *Frutales: Superficie y producción*. Retrieved junio 9, 2015, from <http://www.odepa.cl/frutales-superficie-y-produccion-2/>
- Piccolo, A. a. 1990. Effects of humic substances and surfactants on the stability of soil aggregates. *Soil Science* , 47-54.
- Sadzawka, A. 2006. Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias* .
- SAG, S. A. 2013. Bases técnicas y situación actual. *Agricultura Orgánica Nacional* , 35 - 36.
- Schaffer, B., P.M. Gil, M.V. Mickelbart and A.W. Whiley. 2013. Ecophysiology. In: *The Avocado: Botany, Production and Uses*, 2nd Edition. B. Schaffer, B.N. Wolstenholme and A.W. Whiley (eds.), CAB International Press, Wallingford, U.K.
- Taiz, L., & Zeiger, E. 2002. *Plant Physiology*. 3era Edición.



ACTAS • PROCEEDINGS

VIII CONGRESO MUNDIAL DE LA PALTA 2015

del 13 al 18 de Septiembre. Lima, Perú 2015

www.wacperu2015.com

