

Artigo

Marta Illera-Vives · María Elvira López-Mosquera · Adolfo López-Fabal ·
María del Carmen Salas-Sanjuan

Acondicionamiento de un compost salino para su uso como sustrato de cultivo

Recibido: 18 outubro 2012 / Aceptado: 9 novembro 2012
© IBADER- Universidade de Santiago de Compostela 2012

Resumen Cada vez es más común el uso de compost en la elaboración de sustratos de cultivo, pero uno de los inconvenientes más frecuentes que presentan este tipo de materiales para ser utilizados como sustrato es su elevada salinidad. Este problema puede ser tratado de distintas maneras. En este trabajo se evalúan dos de las técnicas disponibles: el lavado rápido (15 h) con agua previo al cultivo y el lavado gradual (60 días) mediante un riego con solución nutritiva (SN). Se comparan ambos métodos, tanto desde el punto de vista de la eficiencia como desde el punto de vista de la liberación de nutrientes, como técnica más adecuada para el manejo de la salinidad de un compost con alta C.E. (18,7 dS m⁻¹ en extracto de saturación). En ambos ensayos se produjo un rápido e importante descenso de la C.E., y fue suficiente el aporte de 3 veces el volumen de su capacidad de contenedor (CC) para llegar a valores de C.E. en los lixiviados por debajo de 4 dS m⁻¹. El riego con solución nutritiva produjo un lavado más eficiente, especialmente, en el caso de los iones más perjudiciales como son el sodio, los cloruros y los sulfatos. La liberación de iones mediante la lixiviación siguió patrones similares en ambos ensayos, excepto para los fosfatos, el calcio y el magnesio.

Palabras clave algas de arribazón, restos de pescado, lixiviación, solución nutritiva, cultivo sin suelo.

Abstract The use of compost as substrate in soilless systems is increasing quickly, but its high salinity is one of the most common problems of these materials for this use. This problem can be easily treated in different ways. In this paper we evaluate two of these techniques: one is a quick washing (15 h) with tap water prior to cultivation, and the other consist in a gradual washing (60 days) by watering with nutrient solution (NS). The aim of this paper is to compare the two methods, in terms of effectiveness and assess the dynamics of nutrient release, as most appropriate technique for managing salinity of compost with high E.C. (18,7 dS m⁻¹ in saturation extract). In both trials there was a rapid and significant decrease in E.C. Three times the volume of its container capacity (CC) was sufficient to reach values of E.C. in leachate below to 4 dS m⁻¹. The leaching efficiency was higher in the case of watering with SN especially more harmful ions such as Na⁺, Cl⁻ and SO₄²⁻. Ion release by leaching followed similar patterns in both cases except for phosphate, calcium and magnesium.

Keywords drift seaweed, fish waste, leaching, nutrient solution, soilless culture.

Marta Illera-Vives · María Elvira López-Mosquera
IBADER, Universidad de Santiago de Compostela, Campus
Universitario, 27002 Lugo, España

Adolfo López-Fabal
Escuela Politécnica Superior, Universidad de Santiago de
Compostela, Campus Universitario, 27002 Lugo, España

María del Carmen Salas-Sanjuan
Universidad de Almería, Producción Vegetal, Crta. Sacramento
s/n, 04120, Almería, España

Tel: 656631422
E-mail: marta.illera@usc.es

Introducción

En la actualidad uno de los materiales más utilizados como sustrato es la turba, aunque, por razones de coste y de sostenibilidad, se buscan materiales alternativos. Cada vez hay un mayor interés en promover la valorización de los residuos o subproductos orgánicos para ser utilizados en la fabricación de sustratos de cultivo, generando así vías alternativas para su gestión y evitar que terminen en vertedero (Chong 2005; Raviv 2005). Por otro lado, la utilización de algunos compost en la elaboración de sustratos puede suponer un beneficio adicional por

presentar un efecto supresor sobre la aparición de determinadas enfermedades, característica especialmente interesante en cultivos ecológicos, en los que la utilización de productos fitosanitarios de síntesis está totalmente prohibida (Canet & Albiach 2008).

No obstante, los sustratos realizados con materiales orgánicos pueden presentar algunas limitaciones, en función de su procedencia, como puede ser la variabilidad temporal de sus propiedades, el alto contenido en metales, riesgo de fitotoxicidad o elevada salinidad (Chong 2005), siendo este último inconveniente uno de los más comunes (Abad et al. 2001).

Existen varias técnicas para reducir la salinidad en los compost. Estas pueden llevarse a cabo antes del proceso de compostaje, mediante el lavado previo de los materiales, o mediante la preparación de mezclas con materiales menos salinos que diluyan el contenido en sales de la mezcla final. Estas mismas técnicas pueden ser aplicadas una vez realizado el compostaje de los residuos orgánicos.

Dentro de las técnicas de lavado existen principalmente dos alternativas. Por un lado se puede realizar un lavado previo a su utilización, ya sea directamente a la pila de compost por acción de la lluvia (Guo & Chorover 2004) o mediante distintas técnicas como lavados con agua (Fornes et al. 2010), con solución nutritiva o con ácido (Mazuela et al. 2005), e inmersión en agua (Illera et al. 2012). También existe la posibilidad de realizar un lavado paulatino una vez instalado el cultivo en el contenedor mediante el riego. Numerosos autores han comprobado que las sales del compost van lavándose rápidamente a medida que se van sucediendo los riegos, disminuyendo así la C.E. del sustrato (Wang & Blessington 1990; Papafotiou et al. 2004; Chong 2005; Hernández-Apaolaza et al. 2005).

El objetivo de este trabajo fue comparar dos métodos de reducción de la salinidad en un compost orgánico con alta conductividad eléctrica: un lavado rápido, previo al cultivo, con agua y un lavado gradual mediante el riego con solución nutritiva.

Material y métodos

Materiales

El compost objeto de este ensayo fue elaborado a partir de: (1) algas de arribazón recogidas en la costa de Lugo (compuestas principalmente por *Laminaria* spp y *Cystoseira* spp), (2) restos de pescado de jurel (*Trachurus trachurus* L.) procedentes de una industria de fileteado y (3) corteza de pino (10-15 mm) como material estructurante y fuente de carbono; la proporción final de estos materiales fue de 1:1:3 (v/v) (Illera et al., 2011a).

Este compost posee unas características físicas aceptables para su uso como sustrato (Tabla 1), con una adecuada densidad aparente, elevada porosidad, alta capacidad de

aireación (46,09%), aunque con una capacidad de retención de agua fácilmente disponible algo baja (6,42 %). La capacidad de contenedor (CC) considerada como el agua retenida a succión de 1 kPa fue del 40,19% (v:v).

En cuanto a las características químicas (Tabla 2), es un material rico en nutrientes solubles, de acuerdo con las recomendaciones de Abad et al. (1992) y Noguera et al. (2003). No obstante, presenta una elevada salinidad en extracto de saturación (C.E. de 18,7 dS m⁻¹), siendo los principales iones responsables en mmol (+) L⁻¹ Cl⁻, Na⁺ y N-NH₄⁺.

Densidad real (kg L ⁻¹)	1,67 ± 0,06
Densidad aparente (kg L ⁻¹)	0,23 ± 0,01
Porosidad Total (%)	86,42 ± 0,82
Capacidad de Aireación (%)	46,09 ± 3,67
Agua Fácilmente Disponible (%)	6,42 ± 1,31

Tabla 1.- Características físicas del compost

Humedad (%)	40,62 ± 0,55	
pH	6,49 ± 0,15	
C.E. (dSm ¹)	18,66 ± 2,34	
C (%)	48,08 ± 0,18	
M.O. (%)	82,98 ± 0,30	
N (%)	2,10 ± 0,01	
C / N	22,88 ± 0,17	
Elementos solubles en extracto de saturación	mg L ⁻¹	mmol (+) L ⁻¹
N-NH ₄ ⁺	741,9 ± 93,1	52,67 ± 6,61
N-NO ₃ ⁻	288,7 ± 50,1	20,50 ± 3,56
Mg ²⁺	179,6 ± 6,0	14,73 ± 0,49
Ca ²⁺	274,6 ± 7,6	13,73 ± 0,38
Na ⁺	1258 ± 93,7	54,09 ± 4,03
Cl ⁻	2290 ± 255,4	64,12 ± 7,15
SO ₄ ²⁻	1232 ± 235,3	25,87 ± 4,94
K ⁺	825 ± 53,5	20,62 ± 1,34
PO ₄ ³⁻	561,3 ± 39,5	18,00 ± 1,26
pH en pasta saturada y C.E. en extracto de saturación		

Tabla 2.- Principales características del compost

Diseño del ensayo

Los ensayos se llevaron a cabo en el invernadero de investigación de la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Almería. Para ambos experimentos se utilizó como sustrato el compost anteriormente descrito. Se utilizaron nueve contenedores troncocónicos de 8 L provistos de un orificio de 5 mm en su base para la recogida de lixiviados, que se rellenaron con 5 litros de sustrato. El primer ensayo tuvo una duración de 15 horas y consistió en el seguimiento de la salinidad del sustrato lavado con agua corriente (C.E. 0,80 dS m⁻¹) antes de implantar el cultivo; el segundo ensayo consistió en el seguimiento de la salinidad del mismo material al ser regado con una solución nutritiva durante 60 días.

Lavado con agua corriente

Para este ensayo se utilizaron seis de los contenedores mencionados anteriormente, cada dos contenedores drenaban a un mismo recipiente, de tal manera que se trabajó con tres réplicas compuestas cada una de ellas por los lixiviados correspondientes a dos contenedores. Para realizar el lavado se colocaron 4 goteros autocompensantes con un caudal de 2 L h⁻¹ en cada uno de los contenedores. Cada hora se realizó un riego hasta completar un total de 15, aplicando en cada riego un volumen equivalente a 1/3 del volumen que admite el compost a capacidad de contenedor (CC) y que resultó ser de 2L. Cada tres riegos (1 CC = 2 L) se recogieron los lixiviados en los que se midió C.E. e iones solubles (Ca²⁺, Na⁺, Mg²⁺, K⁺, NH₄⁺, PO₄³⁻, NO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻).

Lavado con solución nutritiva

Para este ensayo se utilizaron tres contenedores, que drenaban individualmente a un recipiente situado en la base de los mismos. Se regó con una solución nutritiva (SN) con la siguiente composición: NO₃⁻ 13,5 mmol L⁻¹; H₂PO₄⁻ 1,5 mmol L⁻¹; SO₄²⁻ 1,25 mmol L⁻¹; Ca²⁺ 4,50 mmol L⁻¹ Mg²⁺ 1,5 mmol L⁻¹; K⁺ 5,5 mmol L⁻¹. Diariamente se aportó 1/10 del volumen que admitía el sustrato a capacidad de contenedor (200 ml), mediante dos riegos por goteo con un gotero ajustando el caudal a 2 L h⁻¹. En los drenajes se midió la C.E.; diariamente los 10 primeros días y semanalmente durante el resto del ensayo. Se determinaron iones solubles (Ca²⁺, Na⁺, Mg²⁺, K⁺, NH₄⁺, PO₄³⁻, NO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻) de los drenajes a los 8, 16, 23, 36 y 60 días. Además de los lixiviados se analizó la solución nutritiva liberada por los goteros.

Métodos de análisis

En los lixiviados se determinó la C.E.; Ca²⁺ y Mg²⁺ por espectrofotometría de absorción atómica y K⁺ y Na⁺ por espectrofotometría de emisión atómica. Los niveles de NH₄⁺ se analizaron mediante electrodo selectivo. NO₃⁻, PO₄³⁻, Cl⁻ y SO₄²⁻ se determinaron mediante cromatografía iónica,

utilizando una columna AS4A y como eluyente una solución 1,7 mM de carbonato de sodio y 1,8 mM de hidrogenocarbonato de sodio, siguiendo el método descrito por Gil de Carrasco et al. (1994).

Resultados y discusión

La medida de la C.E. en los lixiviados es un indicador del lavado de iones del sustrato. En la figura 1 se muestran las curvas de evolución a lo largo de los dos ensayos. Se puede observar como en los lixiviados resultantes de ambas técnicas la C.E. descendió, fuertemente, al principio y se fue estabilizando poco a poco a medida que iba aumentando el aporte de agua. En el caso del riego con solución nutritiva este descenso fue especialmente acusado en las primeras fases, llegando rápidamente a valores por debajo de 10 dS m⁻¹. Esta mayor eficiencia inicial del lavado con SN puede ser debida, entre otros motivos, al hecho de que los riegos fueron cortos y distanciados en el tiempo, lo que propició una mayor eficacia del mismo al minimizar la aparición de canales preferentes y facilitar la homogeneización del agua aplicada con la solución del sustrato antes del drenaje. A partir de 3,5 veces la capacidad de contenedor la tendencia cambió, siendo los lixiviados del lavado con agua los que presentaron una C.E. neta (C.E. aportada – C.E. lixiviada) menor que en el caso del riego con SN (1,94 y 2,34 dS m⁻¹ respectivamente). A pesar de los lavados realizados con ambas técnicas, al final de los ensayos los lixiviados siguieron presentando C.E. netas positivas, lo que indica que aún continuaba el lavado de iones, aunque éste era mucho más lento. No obstante tras aportar aproximadamente 2,5 veces CC en ambos ensayos se llegó a niveles por debajo del umbral de 4 dS m⁻¹ a partir del cual el crecimiento de las plantas se inhibe (Plaster, 1992 citado por Guo & Chorover 2004). Según Carrión et al. (2005) la eficiencia en el riego es mayor cuanto mayor es la porosidad total y menor es el volumen de poros capilares en el compost. Los resultados obtenidos por ambas técnicas siguen tendencias similares a las obtenidas por Fornes et al. (2010) lavando un compost de restos vegetales con porosidad y densidad aparente similares a las del presente ensayo; encontrando que la C.E. de los lixiviados pasó de más de 30 a menos de 5 dS m⁻¹ al aportar un volumen igual a 3 veces la capacidad de contenedor.

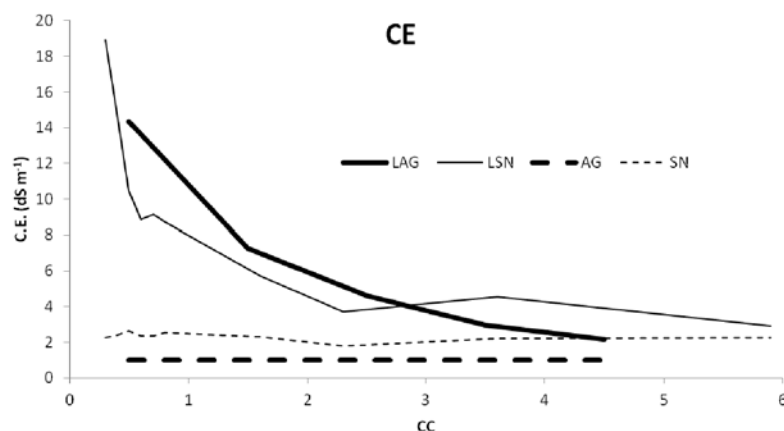


Figura 1.- Conductividad eléctrica (dS m⁻¹). AG agua de lavado; SN solución nutritiva; LAG lixiviación lavado con agua; LSN lixiviación riego con solución nutritiva; CC capacidad de contenedor

La figura 2 muestra la evolución de Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, en los lixiviados a lo largo de los dos ensayos. Tanto el Na⁺ como el K⁺ siguen una tendencia similar a la observada por la C.E. (figura 1) siendo su liberación gradual a medida que se va aumentando el volumen de riego. Lo que hace pensar (a pesar de carecer de medidas para iones en los primeros lixiviados de riego con SN) que es en los primeros riegos donde se producen las mayores pérdidas. En el ensayo de riego con SN ambos iones llegan a tener un drenaje neto igual a 0 al final del ensayo (volumen aportado = 6CC). A pesar de existir el mismo aporte externo de Na⁺ en los dos ensayos (la del agua corriente), la reducción en la concentración de sodio en los lixiviados en las primeras fases es mayor en el caso del riego con SN que en el del lavado con agua. Esta diferencia se va suavizando cuando el volumen aportado se aproxima a 2,5 CC; desde ese momento se registra un descenso lento en ambos ensayos.

En el caso del K⁺, el riego con SN también produce una lixiviación más rápida. Sin embargo tras estas primeras fases la concentración de este ión se sitúa siempre por encima del lavado con agua. Hay que tener en cuenta que la solución nutritiva mantiene un importante aporte de

K⁺ durante todo el ensayo, por lo que si se observa la lixiviación neta, en todo momento la concentración de K⁺ en el lixiviado del riego con SN se sitúa por debajo de la del lavado con agua. Esta mayor eficiencia en las primeras fases del lavado de Na⁺ y K⁺ con el riego con SN en comparación con el lavado con agua puede ser debido, entre otros factores, a la presencia de Ca²⁺ y Mg²⁺ en la solución nutritiva, lo cual favorece la salida del Na⁺ y el K⁺ del complejo de cambio.

El comportamiento del Ca²⁺ y el Mg²⁺ fue distinto en los dos ensayos (figura 2 c y d). La lixiviación neta de Ca²⁺ y Mg²⁺ en el riego con SN se mantiene bastante baja durante todo el ensayo. En el caso del Ca²⁺ en los primeros riegos llega a producirse una lixiviación neta negativa, es decir existe una retención en el sustrato del Ca aportado por la solución nutritiva (43,15 mg L⁻¹ a los 0,8 CC). Domeño et al. (2009) también observaron la retención de este elemento en fibra de coco y corteza de pino al ser regados con SN. Sin embargo en el caso de lavado con agua, la liberación de Ca²⁺ y Mg²⁺ sigue una tendencia similar a la observada por la C.E., aunque más acelerada ya que en ambos casos 2,5 CC bastó para obtener una lixiviación neta cercana a 0.

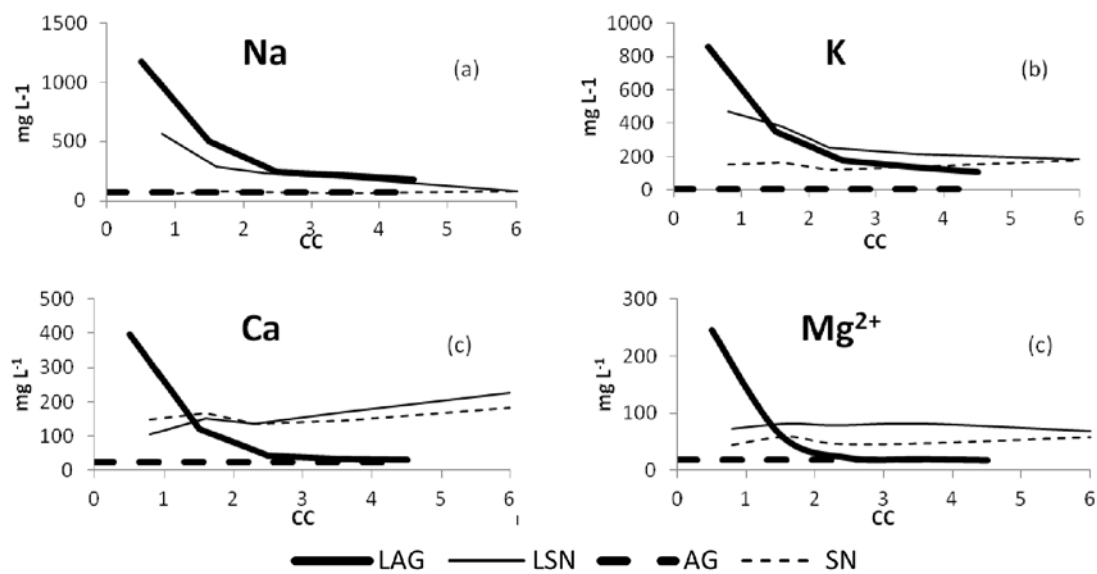


Figura 2.- Lixiviación de Na⁺, K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ (mg L⁻¹) durante los ensayos. AG agua de lavado; SN solución nutritiva; LAG lixiviación lavado con agua; LSN lixiviación lavado con solución nutritiva; CC capacidad de contenedor

Después del Cl⁻ y el Na⁺, el NH₄⁺ es el ión con mayor responsabilidad en la CE de este compost (52,67 mmol(+) L⁻¹) y representa la mayor parte del nitrógeno inorgánico. Altas concentraciones de amonio pueden resultar fitotóxicas para muchas especies vegetales (Salsac et al. 1987) por lo que generalmente se recomienda aplicar el amonio en pequeñas concentraciones, aunque hay discrepancias en cuanto a cuales son las concentraciones más adecuadas (Parra-Terraza et al. 2012). A pesar de que las concentraciones iniciales de amonio en el compost son muy elevadas, en estudios previos se comprobó que este no

resultó fitotóxico (Illera et al. 2011b). Esto puede ser debido a la alta presencia de K que limita la absorción del amonio, reduciendo su toxicidad (Szczerba et al. 2006).

La concentración de amonio aportada fue similar en ambos tratamientos (figura 3 a) ya que la solución nutritiva no contaba con este ion (figura 3 a). No obstante, el comportamiento en su liberación fue distinto, alcanzándose más rápidamente concentraciones más bajas en los lixiviados de SN que en los de agua. En el caso del nitrógeno en forma nítrica, el aporte externo de este

nutriente mediante el riego con SN produce un comportamiento en los lixiviados distinto al del lavado con agua. Al ser el nitrato un ion muy móvil, se produce una rápida pérdida de éste por el lavado con agua, llegando rápidamente a valores por debajo de 100 mg L⁻¹. Los lixiviados del riego con SN en un primer momento presentaron valores netos entorno a los 130 mg L⁻¹,

tendiendo esta concentración a disminuir lentamente hasta los 53 mg L⁻¹ desde los 2,5 CC hasta el final del ensayo. Hay que tener en cuenta que el ensayo con SN se prolongó durante 60 días, esto posiblemente hizo que durante la mineralización de la materia orgánica, la normal transformación de amonio a nitratos aumentase la concentración de nitratos con el tiempo.

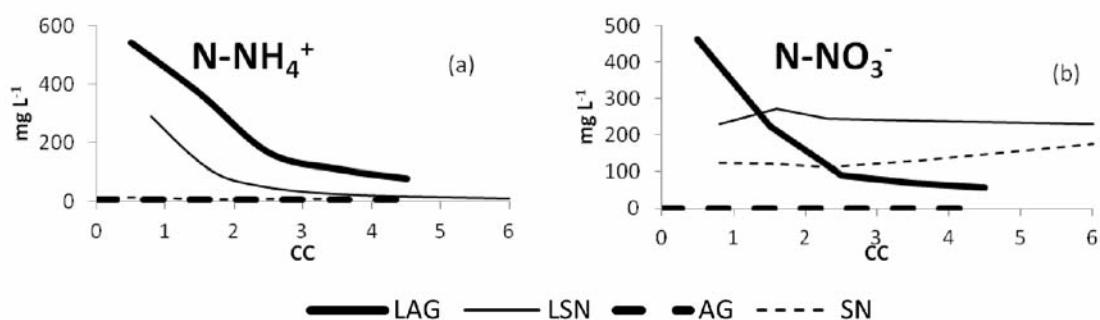


Figura 3.- Lixiviación de formas de nitrógeno (mg L⁻¹) durante los ensayos. AG agua de lavado; SN solución nutritiva; LAG lixiviación lavado con agua; LSN lixiviación lavado con solución nutritiva; CC capacidad de contenedor

El Cl⁻ es el ión con mayor concentración y el principal responsable de la alta C.E. Este elemento no se encontraba presente en la SN y ambos ensayos presentaron una tendencia similar a la de la C.E. siendo su descenso muy marcado especialmente en los primeros lavados. Este anión es el que presenta la mayor pendiente en la curva de lixiviación (figura 4 a); partiendo de una concentración inicial en extracto de saturación de 2290 mg L⁻¹ se llega a valores por debajo de los 500 mg L⁻¹ tras el aporte de 3 CC. A partir de este volumen se produce una reducción en el lavado de este anión, aunque al final de ambos ensayos sigue estando presente la lixiviación neta. La rápida lixiviación de este ión también fue observado por otros autores en el lavado de otros materiales (Fornes et al., 2010; Guo & Chorover, 2006).

El sulfato y el fosfato siguen una tendencia muy similar en el caso del lavado con agua, siendo nuevamente suficiente con 3 lavados a CC para obtener una reducción muy significativa en la concentración de estos aniones en los lixiviados (286 y 287 mg L⁻¹ respectivamente). En el caso del sulfato, se da este mismo comportamiento cuando el lavado es realizado con el riego con SN, este comportamiento ya ha sido encontrado por otros autores (Fornes et al., 2010; Guo & Chorover 2006; Guo & Chorover, 2004).

Sin embargo, la concentración de fosfato en los lixiviados del riego con SN muestra una tendencia irregular, tendiendo a mantenerse estable entorno a los 330 mg L⁻¹ hacia el final del ensayo. Esto es posiblemente debido a la liberación por mineralización de la materia orgánica y disolución de fosfatos precipitados.

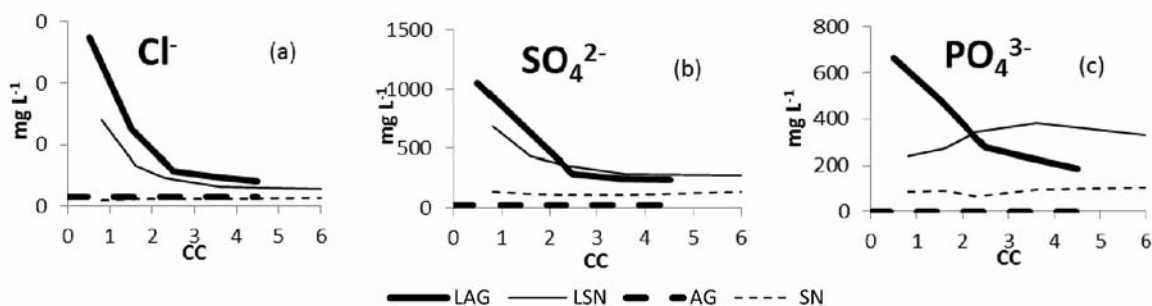


Figura 4.- Lixiviación de Cl⁻; SO₄²⁻; PO₄³⁻ (mg L⁻¹) durante los ensayos. AG agua de lavado; SN solución nutritiva; LAG lixiviación lavado con agua; LSN lixiviación lavado con solución nutritiva; CC capacidad de contenedor

Conclusiones

En ambos ensayos se produjo un rápido e importante descenso de la C.E., siendo suficiente el aporte de 3 veces el volumen de su capacidad de contenedor (CC) para llegar a valores de C.E. en los lixiviados por debajo de 4 dS m⁻¹.

El lavado con agua produjo patrones de lixiviación similares en todos los iones. Hubo un marcado descenso al inicio y se alcanzaron lixivitaciones netas próximas a cero al final del ensayo.

Los lixiviados de K⁺, NH₄⁺, Cl⁻ y SO₄²⁻ del riego con SN siguieron la tendencia anteriormente mencionada; sin embargo en el caso de Ca²⁺ y Mg²⁺ la concentración de los lixiviados fue muy similar a la de la SN desde los primeros riegos. Los fosfatos mantuvieron una mayor lixiviación neta durante todo el ensayo.

El riego con solución nutritiva, produjo un lavado más eficiente, especialmente en el caso de los iones más perjudiciales como Cl⁻, SO₄²⁻ y Na⁺, siendo el lavado de nutrientes como Ca²⁺, Mg²⁺ y fosfatos mayores en el caso del lavado con agua.

El lavado con SN mantiene niveles constantes de nitrato en el lixiviado, en comparación con el lavado con agua en el que disminuye rápidamente. Mediante el lavado con SN, el amonio alcanza valores recomendables con menor aporte de agua.

Agradecimientos Los autores quieren agradecer a la Xunta de Galicia la financiación de este trabajo (Proyectos PGIDT05TAM097E y 09MRU016291PR) así como la beca predoctoral concedida a Marta Illera Vives. A la empresa Pescados Rubén, por el suministro de los subproductos con los que se realizó el compost.

Bibliografía

Abad, M., Martínez-Herrero, P.F., Martínez-García, M.D. & Martínez-Corts, J. (1992). Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. *Actas de Horticultura*. 11: 141-154.

Abad, M., Noguera, P. & Burés, S. (2001). National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresource Technology*. 77: 197-200.

Canet, A.R. & Albiach, M.R. (2008). Aplicaciones del compost en agricultura ecológica. En: Moreno Casco, J., Moral Herrero, R. (Eds.) *Compostaje*. Mundi Prensa Libros SA. España.

Carrión, C., Abad, M., Puchades, R., Fornes, F., Maquieira, A. & Noguera, V. (2005) Leaching of compost from agricultural wastes to prepare nursery potting media. *Acta Horticulturae*. 697:117-124.

Chong, C. (2005). Experiences with wastes and composts in nursery substrates. *HortTechnology*. 15: 739-747.

Domeño, I., Irigoyen, N., Muro, J. (2009). Evolution of organic matter and drainages in wood fibre and coconut fibre substrates. *Scientia Horticulturae*. 122: 269-274.

Fornes, F., Carrión, C., García-de-la-Fuente, R., Puchades, R. & Abad, M. (2010). Leaching composted lignocellulosic wastes to prepare container media: Feasibility and environmental concerns. *Journal of Environmental Management*. 91:1747-1755.

Gil de Carrasco, C., Guzmán, M., Lorente, F.A., Urrestarazu M. (1994) Xylem sap extraction: A method. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 25:1829-1839.

Guo, M. & Chorover, J. (2004). Solute release from weathering of spent mushroom substrate under controlled conditions. *Compost Science and Utilization*. 12: 225-234.

Guo, M. & Chorover, J. (2006). Leachate migration from spent mushroom substrate through intact and repacked subsurface soil columns. *Waste management*. 26: 133-140.

Hernández-Apaolaza, L., Gascó, A.M., Gascó, J.M. & Guerrero, F. (2005). Reuse of waste materials as growing media for ornamental plants. *Bioresouce Technology*. 96: 125-131.

Illera, M., López-Fabal, A. & López-Mosquera, M.E. (2011a). Preparación de un compost a base de algas y restos de pescado para su uso en semilleros de producción ecológica. En: Barral Silva, M.T., Devesa Rey, R., Paradelo Nuñez, R. (Eds.). *Actas de Horticultura* (59). pp. 28-31.

Illera, M., López-Fabal, A. & López-Mosquera, M.E. (2011b). Evaluación de la fitotoxicidad de un sustrato a base de compost de algas y restos de pescado. En: Barral Silva, M.T., Devesa Rey, R., Paradelo Nuñez, R. (Eds.). *Actas de Horticultura* (59). pp. 127-130.

Illera, M., López-Fabal, A. & López-Mosquera, M.E. (2012). Reducción de la salinidad en un compost: ¿lavado o mezcla?. En: Barral Silva, M.T., Devesa Rey, R., Paradelo Nuñez, R., Díaz-Raviña, M. (Eds.). libro de resúmenes de las III Jornadas de Compostaje de la REC. pp. 127-130.

Mazuela, P., Salas, M.C. & Urrestarazu, M. (2005). Vegetable waste compost as substrate for melon. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 36: 1557-1572.

Noguera, P., Abad, M., Puchades, R., Maquieira & A., Noguera, V. (2003). Influence of particle size on physical and chemical properties of coconut coir dust as container medium. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 34: 593-605.

Papafotiou, M., Phsyhalou, M., Kargas, G., Chatzipavlidis & I., Chronopoulos, J. (2004). Olive-mill wastes compost as growing medium component for the production of poinsettia. *Scientia horticulturae*. 102: 167-175.

Parra Terraza, S., Mendoza Palomares, G. & Villarreal Romero, M. (2012). Relación nitrato/amonio/urea y concentración de potasio en la producción de tomate hidropónico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3: 113-124.

Plaster, E.J. (1992). *Soil science and management*. Del mar publishers, Inc., New York.

- Raviv, M. (2005). Production of high-quality composts for horticultural purposes: A mini-review, *Horttechnology*. 15: 52-57.
- Salsac, L., Chaillou, S., Morot-Gaudry, J.F., Lesaint, C. & Jolivet, E. (1987). Nitrate and ammonium nutrition in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 25: 805-812.
- Szczerba, M.W., Britto, D.T. & Kronzucker, H.J. (2006). The face value of ion fluxes: the challenge of determining influx in the low-affinity transport range. *Journal of Experimental Botany*. 57: 3293-3300.
- Wang, Y.T. & Blessington, T.M. (1990). Growth and interior performance of poinsettia in media containing composted cotton burrs. *HortScience*. 25: 407-408.