

Estudio de la aplicación de SPCH como fertilizante y enmienda orgánica en un suelo vitícola

Study of the application of SMC as fertilizer and as organic amendment on a vineyard soil

C. Larrieta¹, E. García-Escudero¹, N. Domínguez¹, A. Benito¹, J.M^a Martínez¹, N. Gómez¹, F. Pavón¹, M. Pérez² & I. Martín¹

RESUMEN

La Rioja genera anualmente 306.000 Tm de Sustrato Postcultivo de Hongos (SPCH), los cuales se depositaban en vertederos que constituyen una fuente de contaminación de aguas subterráneas. En la agricultura actual, los SPCH son ampliamente utilizados para reponer pérdidas de materia orgánica, aumentar la disponibilidad de fósforo y potasio, mejorar la capacidad de retención de agua y la porosidad del suelo.

En este trabajo se evalúa la aplicación anual de SPCH como enmienda orgánica y/o fertilizante en un ensayo con tres bloques y cinco tratamientos sobre *Haploxe-repts típico*, en una parcela vitícola. Se estudian dos tipos de SPCH: “Fresco” (sin tratamiento tras su utilización) y “Recompostado”; y tres cantidades netas: Testigo, 8.000 y 25.000 kg·ha⁻¹ (m.s.). Se determinó la distribución en el perfil del suelo de la

materia orgánica, N (N-org+N-NH₄⁺), pH, conductividad eléctrica, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, SO₄²⁻, Fe, Mn, Cu, Zn, y B, entre otros elementos.

Tras dos aplicaciones no se ha observado un aumento del contenido de la mayoría de los nutrientes. Únicamente los tratamientos con mayor dosis de aplicación han incrementado el contenido K⁺ y sulfatos extraíbles en el horizonte superficial (0-30 cm) así como los valores de C.E, aunque éstos no han alcanzado niveles que supongan un riesgo para el cultivo. Sin embargo, y dado las cantidades aportadas, se debe realizar un seguimiento de la CE y del contenido en nutrientes del suelo para calibrar el potencial fertilizante del SPCH, velocidad de liberación y las pérdidas que podrían generar. El SPCH podría estar actuando como un fertilizante de liberación lenta, por lo que aplicaciones sucesivas podrían conducir a un aporte excesivo de nitrógeno y otros nutrientes que afectarían a la producción y/o la

¹ *Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agroalimentario de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (Gobierno de La Rioja). Finca Valdegón. Ctra. Logroño-Mendavia NA-134 Km 90. Apdo. de correos 433. 26071 Logroño (La Rioja). España.* ¹*Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (Gobierno de La Rioja - CSIC - Universidad de La Rioja) Correo de contacto: fertisuelos.cida@larioja.org;* ²*Centro Tecnológico de Investigación del Champiñón. Ctra. de Calahorra, Km 4. 26560 Autol (La Rioja). Correo de contacto: direccion@ctich.com.*

calidad del mosto, además de agravar el problema de lixiviados en zonas vulnerables.

Palabras-clave: Compost Postcultivo de Hongos, CPCH, SPCH, Sustrato Postcultivo de Hongos, *Vitis vinifera*

ABSTRACT

At present, 306.000 Tm of Spent Mushroom Substrate (SMC) are yearly produced at La Rioja. These SMC have been accumulated at open-cast dumping sites, which are a serious contamination source. Nowadays, in the agriculture, different SMC are widely used to replace the soil organic matter losses, to enhance the exchangeable phosphorus and potassium, and to improve the soil porosity and its water retention.

In this work, the annual application of SMC is evaluated as fertilizer and as organic amendment for vineyard soil. A experimental assay is performed with three blocks and five treatments on a *Typic Haploxerepts*. Two SMC: Recomposted SMC, and "Fresh" SMC (No recomposted SMC) were evaluated for three SMC total amounts: 0, 8.000 and 25.000 kg·ha⁻¹ (d.m.).

The Organic matter, N (N-org+N-NH₄⁺), pH, electrical conductivity, extractable P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, SO₄²⁻, Fe, Mn, Cu, Zn, and B, among other elements, were evaluated in the soil profile.

Nutrient content was not increased after two annual SMC applications on the soil for the most of nutrients. Only the higher amounts of SMC increased the available K⁺ and extractable sulphate in the upper horizon (0-30 cm). CE was also increased, although its values don't represent a risk for the crop. However, considering the SMC amounts applied, it is necessary the monitoring of the CE and nutrient content in the

soil to evaluate the SMC potential as a fertilizer; velocity of the nutrient liberation; and the possible loss of nutrients. The SMC behaviour could be similar to the behaviour of a low-liberation fertilizer. Therefore, continuous applications could produce an excessive amount of nitrogen and other nutrients in the soil, which will affect the crop yield and must quality. In addition, an excessive liberation could aggravate the nutrient lixiviation in vulnerable areas.

Key-words: SPCH, SMC, SMS, *Vitis vinifera*, spent mushroom compost, spent mushroom substrate

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, La Rioja genera anualmente 325.000 Tm de sustrato residual de la producción de distintos hongos: champiñón (*Agaricus bisporus* y *Agaricus bitorquis*), Pleurotus (*Pleurotus sp.*) y Shiitake (*Lentinus edodes*). De esa cantidad de sustrato residual, 306.000 Tm corresponden a la producción de champiñón (94%). Hasta ahora, en La Rioja los sustratos residuales se han estado acumulando en vertederos, los cuales están en muchos casos al borde de la sobrecarga. Estos lugares están habitualmente a cielo abierto y la lixiviación producida es una fuente de contaminación de aguas subterráneas. Acorde con la normativa europea estos vertederos deberían estar clausurados desde finales de 2006.

Este sustrato dista mucho de ser un desecho inservible, por lo que se le denomina "sustrato postcultivo de hongos (SPCH)" lo que podría revalorizar este producto y dar beneficios adicionales al propio sector. Para ello, es necesario evaluar su interacción con el suelo y cultivos de la región agrícola donde se producen, como sería el caso de la vid para vinificación en La Rioja.

Entre las características químicas que presentan los SPCH cabe destacar su alto contenido en nitrógeno y otros nutrientes y su contenido en materia orgánica. Esto convierte al SPCH en una posible fuente de ambos, más si se tiene en cuenta que van desapareciendo poco a poco los sistemas agro-ganaderos estables que permitían la incorporación ordenada de materia orgánica a las tierras agrícolas.

En la agricultura actual se están utilizando ampliamente diversos tipos de compost para mejorar las características físicas del suelo y reponer las pérdidas de materia orgánica, aumentar la disponibilidad de fósforo y potasio intercambiable, así como mejorar la capacidad de retención de agua y la porosidad del suelo (Pinamonti, 1998; Nendel & Reuter, 2007). Nendel & Reuter (2007) indican que el aporte de entre 87 y 440 kg de N por hectárea en forma de compost fue suficiente para cubrir dos ciclos del cultivo de vid y que tan solo a partir del tercer ciclo sería necesario complementar la fertilización con N mineral. Sin embargo también indican que, como consecuencia de la aplicación de esas cantidades de N, habría un riesgo de lavado y desnitrificación en los momentos iniciales. Por otro lado, Stewart *et al.* (1998) comentan que el N de SPCH se libera lentamente debido a una mineralización más lenta que en otros tipos de enmiendas orgánicas. Pinamonti (1998), a su vez, considera que el uso de compost permite sustituir la fertilización química sin pérdidas

de vigor, rendimiento o calidad del mosto.

MATERIALES Y MÉTODOS

La parcela de ensayo corresponde a un viñedo situado en la finca "La Grajera" (42°27'N, 2°31'E), en el municipio de Logroño (La Rioja). El viñedo fue plantado en 1990, dispuesto en espaldera con un marco de plantación de 1,1 m x 2,9 m y una densidad de 3.135 cepas·ha⁻¹. Antes del inicio del ensayo, se cultivaba la parcela con laboreo convencional, incorporando los restos de poda y el último abonado se aplicó tres años antes del comienzo del ensayo, la cual consistió en una fertilización de reposición en forma de compost granulado (mezcla de estiércol de vaquería, hollejos de alcoholera y SPCH), a razón de 600 kg·ha⁻¹·año⁻¹.

Las características físico-químicas iniciales del horizonte superficial (0-30 cm) al inicio del ensayo, muy similares al horizonte 30-60 cm, se pueden observar en la Tabla 1. El suelo es un *Haploxerepts típico* (S.S.S., 2006), de textura franca en los dos horizontes superficiales (Ap, B). La densidad aparente antes del ensayo era de 1,72 g·cm⁻³ en ambos horizontes. Este suelo se caracteriza por tener bajos niveles de materia orgánica y un pH algo elevado, si bien la CE, los carbonatos totales, la caliza activa y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) se sitúan en valores aceptables para el normal desarrollo del cultivo en un suelo.

Tabla 1. Propiedades físico-químicas del suelo utilizado en el ensayo (0-30cm).

Granulometría		Propiedades Físico-Químicas			
	g·100g ⁻¹		g·100g ⁻¹		
Arena	33,7	CaCO ₃	14,9	pH _(1:5)	8,62
Limo	43,3	Caliza activa	5,00	CE _{1:5} (mmhos·cm ⁻¹)	0,17
Arcilla	23,0	Mat. Orgánica	1,21	C/N	9,00
	Franco	N _{KI} (org+NH ₄ ⁺)	0,08	CIC. (meq·100g ⁻¹)	10,70

Tabla 2. Aplicaciones de tratamientos realizadas en el ensayo.

	Año 2006		Año 2007	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
	kg·ha ⁻¹			
T	0	0	0	0
R08	15,047	7,975	16,005	8,009
F08	15,417	6,630	29,921	7,996
R25	45,141	23,925	49,980	25,010
F25	46,252	19,889	94,407	25,228

Las precipitaciones medias de noviembre a octubre en el período 2005/2006 y 2006/2007 fueron, respectivamente, de 467 mm y de 491 mm. De acuerdo con la clasificación de Papadakis (1966) la zona tiene un clima con un régimen de humedad Mediterráneo seco (Me), con un régimen térmico Templado Cálido (TE₁), con verano tipo Maíz (M) e invierno tipo Avena (av) (Martínez *et al.*, 1994). Durante el ensayo se realizaron dos riegos de apoyo anuales, aplicados en la primera quincena de agosto, de unos 40 m³·ha⁻¹ cada uno mediante riego por goteo. En este estudio se han utilizado dos tipos de SPCH: fresco (F) y recompostado (R) aportados en dos dosis netas (8.000 y 25.000 kg·ha⁻¹), además de un tratamiento Testigo (T), las aplicaciones y las propiedades físico-químicas de los SPCH pueden verse en las Tablas 2 y 3.

SPCH Fresco: Proviene directamente de las instalaciones de cultivo con el único pro-

cesado de la retirada de los plásticos y el gravillín. El SPCH Fresco puede presentar gran variabilidad en función del tipo de tierra de cobertura (con o sin gravillín), tipo de hongos cultivados (champiñón o setas), producción obtenida, número de días de cultivo, etc.

SPCH Recompostado: El SPCH Fresco se somete a un proceso de recompostado en condiciones aeróbicas. Este proceso se lleva a cabo en la planta de reciclado de Pradejón (La Rioja) y consta de los siguientes pasos: recepción y extracción de plásticos y gravillín, descomposición y maduración en mesetas con volteos periódicos y control de temperatura, humedad y oxígeno. La duración de este proceso es de 90 días. De ese modo, se incrementa el grado de uniformidad del SPCH, se estabiliza la relación C/N y disminuye la C.E. debido a la pérdida de sales por lixiviación (Tabla 2).

Tabla 3. Propiedades físico-químicas de los Sustratos Postcultivo de Hongos (SPCH), Fresco y Recompostado.

Aplicación:	2006		2007	
	F	R	F	R
Humedad (%)	55,0	49,6	68,4	46,5
pH (1:5)	6,7	8,1	6,6	7,8
C.E. _{1:5} (mS/cm)	6,0	5,4	5,6	7,1
M.O. (% m.s.)	48,9	39,1	65,4	36,2
C _{org} (% m.s.)	28,4	22,7	37,93	21,0
N total (% m.s.)	2,0	1,4	2,90	1,60
Relación C/N	14,5	15,8	13,08	13,12
Cenizas (%m.s.)	51,1	60,9	34,6	63,80

F: SPCH Fresco; R: SPCH Recompostado

Tabla 4. Nutrientes aplicados debido al aporte del SPCH Fresco y Recompostado en a cada tratamiento.

	1ª Aplicación (12-05-2006)										
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	Na ⁺	Fe	Mn	Cu	Zn
	<i>kg·ha⁻¹</i>										
F08	133	129	164	1448	81	149	16	12	1,7	0,5	1,3
R08	112	110	183	1852	324	142	17	50	2,4	0,6	1,2
F25	398	387	491	4344	244	446	48	36	5,2	1,6	4,0
R25	335	329	550	5557	972	427	50	150	7,1	1,7	3,5
	2ª Aplicación (11-04-2007)										
F08	232	172	299	812	127	233	33	14	2,9	0,5	2,1
R08	128	117	219	2018	129	158	14	36	2,0	0,4	1,3
F25	732	543	944	2563	402	734	104	45	9,1	1,5	6,5
R25	400	367	685	6302	402	494	43	113	6,4	1,2	4,1

El diseño experimental consistió en un factorial simple de cinco tratamientos y tres bloques. En cada bloque se dispusieron aleatoriamente los tratamientos en subparcelas de 35 m² (2,9 m de ancho por 12,1 m de largo). El primer año, los SPCH fueron aplicados homogéneamente a principios de mayo, mientras que el segundo año las aplicaciones se realizaron a primeros de abril. Posteriormente, se pasó el cultivador para incorporarlos en la capa superficial del suelo (10 a 15 cm). La vendimia se realizó a mediados de septiembre el primer año y finales de septiembre el segundo año.

En la Tabla 4, se puede ver el aporte de nutrientes debido a las diferentes cantidades de SPCH aplicadas al suelo en cada tratamiento.

Se recogieron muestras de suelo a una distancia de 70-80 cm de la línea de plantación, en dos momentos del ciclo: antes de la aplicación anual del SPCH y tras la vendimia. De cada subparcela fue extraído un cilindro de suelo dividiéndose en los segmentos correspondientes a 0-30 y 30-60 cm de profundidad. Las muestras fueron secadas al aire y tamizadas a 2 mm para su posterior análisis.

Se midió el N del suelo (N-Orgánico + N-NH₄⁺) mediante una digestión Kjeldhal y posterior valoración con HCl 0,01M (Stevenson, 1986). El pH y la conductividad

eléctrica (C.E.) del suelo se determinaron en extracto 1:5 en agua. La materia orgánica oxidable se determinó mediante el método Walkley-Black (Nelson & Sommers, 1982),

con oxidación con K₂Cr₂O₇ y posterior valoración con sal de Mōhr. Así mismo, la fracción extraíble de P, K⁺, Na⁺, SO₄²⁻, Fe, Mn, Cu, Zn y B entre otros elementos, se determinó mediante el método Mehlich III. A su vez, el Ca²⁺ y Mg²⁺ extraíbles se evaluaron mediante desplazamiento con cobaltihexamina (COHEX). Todos ellos se determinaron por ICP-OES.

Los resultados se analizaron estadísticamente con el programa SPSS 12.0 mediante un análisis general de varianza (ANOVA) para un factor y el test de Duncan a p<0,05 para la separación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la evaluación del aporte de nutrientes debido a los SPCH se compara con las extracciones medias anuales previstas para el cultivo de la vid. Diversos autores, y teniendo en cuenta unos rendimientos entre 7.000 y 15.000 kg·ha⁻¹, consideran que las extracciones medias del suelo oscilarían entre 54-73 kg ha⁻¹ de N, 17-21 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 70-84 kg ha⁻¹ de K₂O, 75 kg ha⁻¹ de CaO y 13 kg ha⁻¹ de MgO (Marocke *et al.*, 1976;

Schaller, 1982).

Como se puede ver en la Tabla 4, los aportes de N son superiores a las extracciones previstas, incluso para los tratamientos de menor dosis (F08 y R08). De igual modo, las cantidades aportadas de fósforo, potasio, calcio y magnesio superan ampliamente la previsión de consumo de nutrientes. Los tratamientos R25 y F25, que corresponderían a aplicaciones similares a las de una enmienda orgánica, superan en mucho las extracciones máximas de N, P, K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ esperadas.

A partir del tercer muestreo en el horizonte superficial del suelo, los tratamientos con aportes de SPCH de 25.000 kg/ha (m.s.), tanto Fresco como Recompostado, disminuyen el pH respecto a los tratamientos Testigo, R08 y F08 (Figura 1). Este comportamiento se puede considerar beneficioso en suelos calizos donde el pH está tamponado por el alto contenido en carbonatos. Sin embargo, en el cuarto muestreo, al final del segundo ciclo de cultivo, estas diferencias desaparecen. Por tanto, la disminución del

pH debe ser considerado un comportamiento temporal atribuible, seguramente, a la acción acidificante de la materia orgánica durante el proceso de mineralización. Además, en el 4º muestreo se puede observar el efecto tampón debido al contenido en carbonatos en el suelo que hace que los valores de pH asciendan de nuevo y no muestren diferencias entre tratamientos.

En cuanto a la Conductividad Eléctrica (C.E.), todos los tratamientos se mantienen en niveles que se pueden considerar bajos. Los resultados indican que los tratamientos con mayores aportes (R25 y F25) presentan mayor C.E. a los cinco meses de la primera aplicación (tras la vendimia) que el tratamiento Testigo (Figura 1).

Sin embargo, en el momento de la siguiente aplicación tan solo el tratamiento F25 presenta mayor C.E. respecto al Testigo. Este resultado podría ser debido a que la velocidad a la que los nutrientes y otros elementos contenidos en el SPCH son liberados se produce de forma más lenta en el SPCH Fresco que en el Recompostado, por

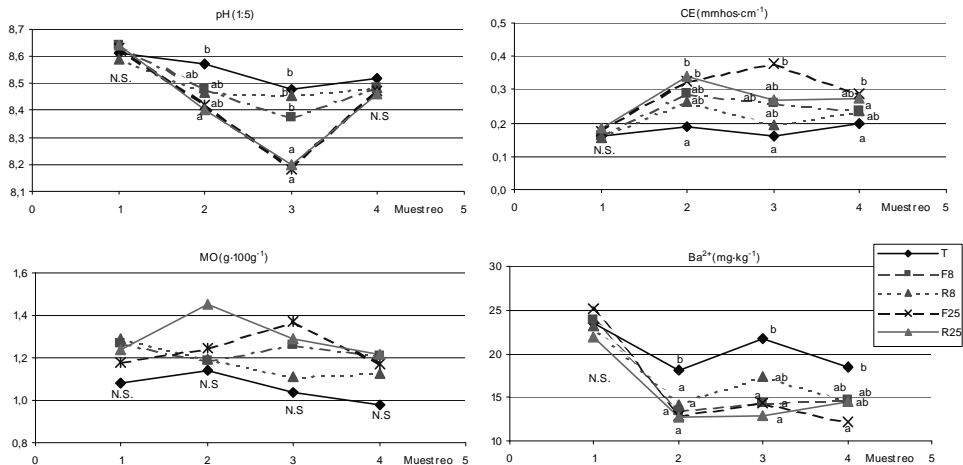


Figura 1. Evolución de los parámetros físico-químicos (M.O., pH, y C.E.) y del Ba²⁺ en el horizonte superficial (0-30 cm). (Para cada muestreo, diferentes letras entre los tratamientos indican diferencias significativas a p<0,05 usando el Test de Duncan. N.S.: Diferencias no significativas)

lo que todavía se encontrarían diferencias casi un año después. El tratamiento SPCH Recompuesto, por su parte, tendría una mineralización más rápida y aumentaría el riesgo de lavado y/o precipitación de sales insolubles durante el otoño-invierno. Tras la segunda aplicación, tan solo el tratamiento F25 mantiene diferencias frente al Testigo (Figura 1). En cualquier caso, los valores de este parámetro no alcanzan niveles preocupantes para el cultivo, ya sea por procesos de inmovilización y/o lavado que mantienen los niveles de C.E. en valores admisibles para el cultivo.

En cuanto al contenido en macronutrientes del suelo, tan solo se ve efecto de los tratamientos en los 30 cm superficiales. En este horizonte, el contenido en K^+ del tratamiento R25 presenta mayores contenidos respecto al tratamiento Testigo desde el segundo muestreo hasta el cuarto (Figura 2), momento en el cual las diferencias se extienden a los tratamientos R08 y F08. Este comportamiento indicaría que el SPCH Recompuesto libera el potasio más rápidamente que el SPCH Fresco. El F25, con una

liberación más lenta, aún no mostraría diferencias con testigo, F08 y R08 (Figura 2).

Las muestras de suelo con los tratamientos R25 y F25 presentan valores de sulfatos que duplican al suelo con tratamiento Testigo (Figura 2) a los cinco meses de la primera aplicación (tras la vendimia). Sin embargo, a los doce meses tan solo el tratamiento F25, muestra un mayor contenido en sulfatos con respecto al Testigo mientras que el tratamiento R25 conserva el mismo nivel que en el segundo muestreo. Estos comportamientos indicarían que el SPCH Recompuesto libera antes sus sulfatos que el SPCH Fresco, pudiendo por tanto sufrir lavados e inmovilización durante más tiempo. El F25, sin embargo, presentará mayor concentración de este anión en muestreos más alejados de las aplicaciones debido a que la mayor agregación del material de partida, y peor mezcla con el suelo, ralentizaría su liberación y se retardaría el lavado y precipitación (Figura 2). Por otra parte, en el horizonte 30-60 cm no se han encontrado diferencias entre los distintos tratamientos (datos no mostrados), por lo que se podría

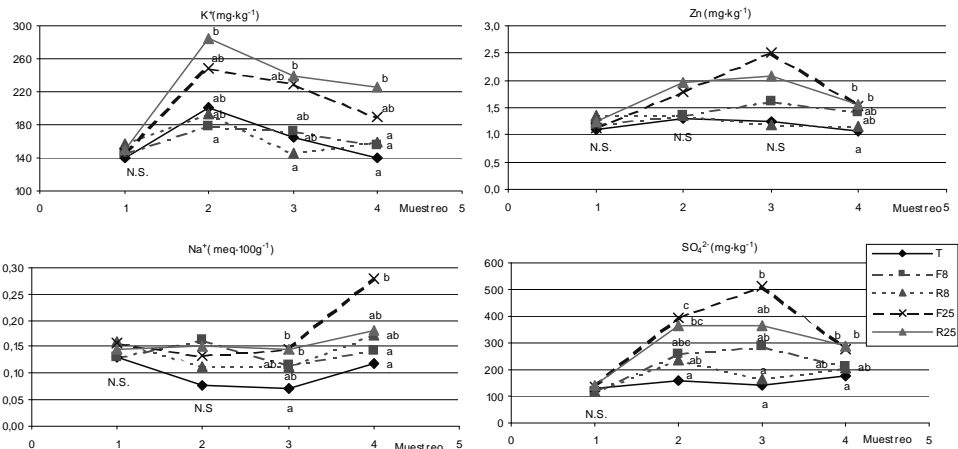


Figura 2. Evolución del K^+ , Zn^{2+} , Na^+ y SO_4^{2-} en el horizonte superficial (Para cada muestreo, diferentes letras entre los tratamientos indican diferencias significativas a $p \leq 0,05$ usando el Test de Duncan. N.S.: Diferencias no significativas)

considerar que el sulfato procedente de los SPCH estará mayoritariamente precipitado y que el lavado de sulfatos sería un proceso menor (Figuras 1 y 2).

Respecto al Na^+ se observa que el tratamiento F25 en el 4º muestreo manifiesta diferencias respecto al Testigo y el F08 (Figura 2), debido probablemente a que el material de partida de la segunda aplicación duplicaba el contenido de Na^+ en el SPCH Fresco (Tabla 4). Sin embargo, los niveles alcanzados se pueden considerar bajos y, en principio, no plantearían ningún riesgo para el cultivo ni para la estructura del suelo pero, si se considera el aporte anual de este producto, requerirá realizar un seguimiento para controlar que los niveles de Na^+ no aumenten en exceso con las siguientes aplicaciones.

En cuanto a la materia orgánica (Figura 1) la relación C/N y la C.I.C. (datos no mostrados) del horizonte superficial del suelo, no se observan diferencias entre los tratamientos y el Testigo tras 17 meses de la primera aplicación. Este resultado muestra que, a pesar del aporte de materia orgánica realizado, la alta mineralización de la fracción de M.O. <2mm hace que no se detecten diferencias entre los tratamientos.

Los resultados del 4º muestreo indican que, a 17 meses de la primera aplicación, el contenido de Zn en el suelo aumentó en los tratamientos de mayor dosis, R25 y F25, respecto del tratamiento Testigo (Figura 2). Los aportes de Zn fueron altos en ambas aplicaciones (Tabla 4) pero los valores alcanzados en el suelo no son relevantes para el cultivo debido seguramente a los procesos de inmovilización de este elemento en forma de hidróxidos insolubles o zincato cálcico, proceso favorecido en este suelo de pH alto y calizo.

La extracción Mehlich III realizada ha mostrado el efecto de los tratamientos en otros elementos en el horizonte superficial

del suelo. El contenido de Ba^{2+} es, en general, menor en los tratamientos con aplicación de SPCH que en el tratamiento Testigo. Parece ser que éste elemento sufre algún proceso de adsorción en la materia orgánica, donde queda retenido hasta que su mineralización vuelve a liberarlo (Figura 1). Los resultados parecen indicar que la materia orgánica más fresca tiene un mayor poder de adsorción del Ba^{2+} . Además hay que tener en cuenta que es un catión divalente de gran tamaño cuyo radio de hidratación es pequeño, lo que favorece los procesos de adsorción.

En cuanto al nivel subsuperficial (30-60 cm), los resultados anteriores al 4º muestreo no mostraron diferencias en prácticamente ninguno de los parámetros analizados (datos no mostrados).

CONCLUSIONES

Tras dos aplicaciones de SPCH no se observan diferencias en el contenido de M.O. oxidable, pH, nitrógeno ni en la relación C/N del suelo ensayado.

En general, los tratamientos F25 y R25 incrementan el contenido K^+ y sulfatos extraíbles en el horizonte superficial aunque estas diferencias no se observan en el horizonte más profundo.

La C.E. es superior en los tratamientos F25 y R25 aunque los procesos de lavado y/o inmovilización mantienen su valor en niveles admisibles para el cultivo.

Sin embargo, se debe realizar un seguimiento de la evolución de C.E. y del contenido en nutrientes del suelo para calibrar el potencial fertilizante del SPCH, velocidad de liberación y las pérdidas que podrían generar. El SPCH podría estar actuando como un fertilizante de liberación lenta, por lo que aplicaciones sucesivas podrían conducir a un aporte excesivo de nitrógeno y otros nu-

trientes que afectarían a la producción y/o la calidad del mosto, además de agravar el problema de lixiviados en zonas vulnerables.

AGRADECIMIENTOS

A M^a Carmen Arroyo y el personal del Laboratorio Regional de la C.A.R., a Susana Grijalba de la planta de compostaje de Pradejón, al personal de Viticultura y Enología del S.I.D.T.A. y del CTICH.

Este trabajo está financiado por la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural de La Rioja (Proyecto R-04-07), por la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación (M.E.C.) - Fondos PROFIT (Proyecto CIT-310200-2007-63) y por la Agencia de Desarrollo Económico de La Rioja (Proyecto I+D 2006-I-ID-0053). Participación del Fondo Social Europeo y el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Marocke, M., Balthazard, J. & Correge, G. 1976. Exportations en éléments fertilisants des principaux cépages cultivés en Alsace. *C.R. Ac. Agric*, 6: 420-429
- Martínez, J., Núñez, E. & Las Heras, R.T. 1994. Agroclimatología de La Rioja, Instituto de Estudios Riojanos, 96: 35-36
- Nelson, D.W. & Sommers, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In A.L. Page et al. (ed.) *Methods of soil analysis*. Part 2. pp. 539-594, Agron. Monogr. 9 2nd ed ASA and SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Nendel, C. & Reuter, S. 2007. Soil biology and nitrogen dynamics of vineyard soils as affected by a mature biowaste compost application. *Compost Science & Utilization*, 15: 70-77
- Papadakis, J. 1966. *Climates of the world and their agricultural potentialities*.
- Pinamonti, F. 1998. Compost mulch effects on soil fertility, nutritional status and performance of grapevine. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51: 239-248
- Schaller, K. 1982. "Düngung im Weinbau unter dem Gesichtspunkt möglicher Umweltbelastung und optimaler Ernährung der Reben". *Deutscher Weinbau*, 37: 1110-1122
- Soil Survey Staff. 2006. *Keys to Soil Taxonomy* (10th edition), USDA-NRCS (ed.), Pocahontas Press, Blacksburg, Virginia inc.
- Stevenson, F.J. 1986. *Cycles of soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients*, John Wiley & Sons Inc.
- Stewart, D.P.C., Cameron, K.C. & Cornforth, I.S. 1998. Inorganic-N release from spent mushroom compost under laboratory and field conditions. *Soil Biology & Biochemistry*, 30 (13): 1689-1699.