

Relación entre la respiración del suelo y propiedades indicadoras de la calidad del suelo en un viñedo de la D.O.Ca. Rioja con manejos alternativos

PEREGRINA, F.¹, LARRIETA, C.¹, COLINA, M.¹, MARISCAL-SANCHO, I.², MARTÍN, I.¹, MARTÍNEZ-VIDAURRE, J. M.¹, GARCÍA-ESCUADERO, E.¹

¹ Instituto de Ciencias de la Vid y el Vino-Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agroalimentario, Gobierno de la Rioja. Logroño

² Departamento de Edafología. ETSI Agrónomos. UPM. Madrid

Resumen

En un suelo de viñedo representativo de la D.O.Ca Rioja se han estudiado la capacidad de dos manejos de suelo alternativos, cubiertas vegetales y la aplicación de sustrato de postcultivo de champiñón (SPCH) para incrementar el carbono orgánico del suelo y mejorar la calidad del mismo. Se muestreó la capa más superficial del suelo (0-5 cm), y se encontró que ambos manejos incrementaron la materia orgánica total y las fracciones lábiles como el Carbono soluble y el Nitrógeno potencialmente mineralizable. Sin embargo las cubiertas vegetales presentan mayor actividad enzimática β -Glucosidasa y Ureasa; las cuales mostraron altas correlaciones con la respiración del suelo.

Palabras clave

Calidad de suelo, respiración del suelo, cubiertas vegetales, sustrato agotado de champiñón, materia orgánica lábil, actividades enzimáticas

1. Introducción

El laboreo es la técnica tradicional del manejo del suelo en los viñedos de la D.O. Ca. Rioja. El laboreo deshace los agregados del suelo, incrementando la aireación y la actividad degradación de la materia orgánica por los microorganismos del suelo (REEVES, 1997). Así los suelos de viñedo de La Rioja se caracterizan por tener contenidos en materia orgánica menores del 1 % (PEREGRINA et al., 2010) lo que condiciona negativamente la calidad de estos suelos.

Una alternativa para incrementar los niveles de materia orgánica de los suelos de viñedo, es el uso de cubiertas vegetales permanentes. Estas a corto plazo pueden incrementar de forma sustancial el contenido de materia orgánica en la zona más superficial del suelo mejorando la calidad del mismo (PEREGRINA et al. 2009a). Dicha forma de manejo del suelo también presenta interés agronómico, ya que puede reducir el exceso de vigor del viñedo que perjudica la calidad de vino (SMART et al., 1991).

Por otra parte, la aplicación de enmiendas orgánicas también puede ser una estrategia útil para incrementar el carbono del suelo. En La Rioja se producen anualmente 306.000 Tm de sustrato de postcultivo de champiñón agotado (SPCH) un residuo rico en materia orgánica (50-65 % m.s.), que actualmente se depositan en vertederos, pudiendo llegar a constituir una fuente de contaminación. En trabajos

previos donde se ha estudiado la aplicación de SPCH a suelos de viñedo se ha observado que este incrementa el contenido en Carbono Orgánico (Corg), el Carbono soluble (Csol) y el Nitrógeno potencialmente mineralizable (Nmin) (PEREGRINA et al. 2009b).

Diversas propiedades físicas, químicas y biológicas se pueden emplear para evaluar la calidad del suelo y los cambios producidos. Así además del contenido de materia orgánica, se pueden emplear las fracciones de materia orgánica lábiles como el Carbono soluble y el Nitrógeno potencialmente mineralizable (HAYNES, 2005). También como indicadores biológicos se emplean las actividades enzimáticas que intervienen en los ciclos del Carbono y Nitrógeno, como son la β -Glucosidasa y la Ureasa. La respiración del suelo o flujo de CO₂ en condiciones de campo es un indicador integrador de la actividad biológica del suelo, ya que este flujo de CO₂ es producido por la actividad metabólica de los microorganismos del suelo y de las raíces de las plantas, y además depende de las características físico-químicas del propio suelo como de su contenido en materia orgánica (LUO & ZUO, 2006).

Nuestra hipótesis es que los manejos alternativos de suelo como las cubiertas vegetales y la aplicación de SPCH, pueden mejorar la calidad del suelo, y esta mejora puede manifestarse con las fracciones lábiles de materia orgánica, las actividades enzimáticas y la respiración de suelo en condiciones de campo.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es estudiar la respuesta de varios indicadores de calidad del suelo frente: a dos manejos alternativos y su relación con la respiración del suelo en condiciones de campo de un suelo de viñedo representativo de la D.O.Ca Rioja.

3. Metodología

El estudio se realizó en la finca “La Grajera”, propiedad de la Comunidad Autónoma de La Rioja. El suelo donde se desarrollan los ensayos se clasifica como Haploxerepts (SOIL SURVEY STAFF, 2006). La textura en los 30 cm superficiales queda definida por un 33,7 % de arena, 43,3 % de limo y 23,0 % de arcilla. El contenido en carbonatos es del 14,9 %, un pH en agua 8,62 y un contenido de materia orgánica de 0,93 %. La pendiente promedio de la parcela es de 10,2 %.

El primer ensayo se dispuso en bloques al azar con tres tratamientos y tres repeticiones en un viñedo plantado en 1994, con la variedad Tempranillo (clon 26) injertado sobre R-110, y con un marco de plantación de 2,90 m x 1,15 m con conducción en vaso. Las parcelas se extienden a lo largo de toda la calle del viñedo que ocupa toda la pendiente, y tienen unas dimensiones de 69 m x 5,80 m, con aproximadamente 60 cepas.

Los tratamientos fueron:

- (L) Laboreo: se aplica el laboreo convencional a ambos lados de la línea de plantación.

- (CE) Cubierta Espontánea tratamiento en el que desde 2004 se mantiene a ambos lados de la línea de plantación, una cubierta vegetal conformada por especies de vegetación espontánea formada por las siguientes especies *Bromus mollis* L., *Hordeum murinum* L., *Diploaxis eruroides* (L.) DC., *Sonchus asper* (L.) Hill, *Sonchus oleraceus* L., *Veronica latifolia* L., *Conyza canadensis* (L.) Cronquist. y *Papaver hybridum* L.

- (Br) Cubierta Sembrada de Bromo: tratamiento en el que desde 2004 a ambos lados de la línea se mantiene una cubierta vegetal sembrada de *Festuca longifolia* Thuill., que en Febrero de 2009 se sustituyó por otra de *Bromus cathartichus* L., en ambos casos la siembra se realizó con una sembradora y con una labor a 15 cm de profundidad.

El manejo de las cubiertas consistió en la siega de las mismas dos veces al año, la primera en la primera semana de Febrero y la segunda en la última semana de Mayo o primera semana de Junio.

El segundo ensayo se planteó con un diseño en bloques al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones, en un viñedo plantado en 1994, con la variedad Tempranillo (clon 26) injertado sobre R-110, y con un marco de plantación de 2,90 m x 1,15 m con conducción en espaldera. Cada repetición consistió en parcelas de dimensiones 8 m x 5 m y 10 cepas, estas parcelas se distribuyeron a lo largo de la pendiente.

Se emplearon dos tipos de sustrato de postcultivo de champiñón:

SPCH-F: sustrato sin tratamiento de compostaje tras la finalización del cultivo de champiñón, sus principales características se muestran en la Tabla 1.

SPCH-C: sustrato fresco que se compostado en condiciones aeróbicas durante 90 días, sus principales características se muestran en la Tabla 1.

Los tratamientos consistieron en:

- (L) Laboreo: se realizó el laboreo convencional a ambos lados de la línea de plantación.

- F08: aplicaciones de SPCH-fresco en peso seco de 6630 kg ha⁻¹ en 2006, 7996 kg ha⁻¹ en 2007, 8417 kg ha⁻¹ en 2008 y 8003 kg ha⁻¹ en 2009.

- C08: aplicaciones de SPCH-recompostado en peso seco de 7975 kg ha⁻¹ en 2006, 8009 kg ha⁻¹ en 2007, 8289 kg ha⁻¹ en 2008 y 8003 kg ha⁻¹ en 2009.

- F25: aplicaciones de SPCH-fresco en peso seco de 19889 kg ha⁻¹ en 2006, 25228 kg ha⁻¹ en 2007, 26288 kg ha⁻¹ en 2008 y 24998 kg ha⁻¹ en 2009.

-C25: aplicaciones de SPCH-recompostado en peso seco de 23925 kg ha⁻¹ en 2006, 25010 kg ha⁻¹ en 2007, 25890 kg ha⁻¹ en 2008 y 24996 kg ha⁻¹ en 2009.

Tabla 1. Características físico-químicas del sustrato de postcultivo de champiñón aplicado cada año.

	2006		2007		2008		2009	
	SPCH-F	SPCH-C	SPCH-F	SPCH-C	SPCH-F	SPCH-C	SPCH-F	SPCH-C
	F	C	F	C	F	C	F	C
pH (1:5)	6,7	8,1	6,6	7,8	6,7	8,1	8,4	7,7
C.E.1:5 (mS/cm)	6,0	5,4	5,6	7,1	5,8	6,9	8,33	9,16
M.O. (% m.s.)	48,9	39,1	65,4	36,2	63,5	50,2	54,6	48,3
N total (% m.s.)	2,0	1,4	2,9	1,6	2,2	1,8	2,78	2,45
C/N	14,2	16,2	13,1	13,1	17	16	9,8	9,9

En los tratamientos de SPCH la vegetación adventicia se eliminó de la calle con el laboreo convencional al igual que en el tratamiento control.

En todos los tratamientos de los dos ensayos la línea se ha mantenido libre de vegetación con la ayuda de tratamientos herbicidas localizados.

En ambos ensayos no se aplicó ninguna fertilización durante el estudio.

Se determinó el flujo de CO₂ en la primera semana de Junio de 2009, debido a que el flujo de CO₂ es muy dependiente de la temperatura y la humedad del suelo, y en esta fecha las temperaturas eran suficientemente altas sin que el suelo estuviera excesivamente seco. El flujo de CO₂ se determinó con el equipo portátil EGM-4 y se realizó dos medidas por cada parcela a unos 40 cm de la línea de las cepas, entre las 9:00 las 12:00 (hora solar) para reducir la variabilidad en el flujo de CO₂ debido a las diferencias de temperatura durante el día (PARKIN & KASPAR, 2003). La cámara de medidas de gases empleada tiene 15 cm de altura y 10 cm de diámetro y una capacidad de medida del flujo de CO₂ de 0 a 9,99 g CO₂ m² hora⁻¹. La cámara fue colocada en el suelo durante 150 segundos. La temperatura del suelo se determinó con un termómetro portátil a 2,5 cm de profundidad, junto al lugar donde se determinó la respiración. En el caso de las cubiertas vegetales fueron segadas las plantas en la zona donde se iba a colocar la cámara para reducir en lo posible las interferencias por la respiración de estas plantas.

En la segunda semana de junio de 2009, se muestreó el suelo. En cada repetición se tomó una muestra compuesta de tres submuestras tomadas de 0-5 cm de profundidad. De cada muestra, una alícuota se conservó en cámara frigorífica a 4 ° C. El resto de la muestra se secó al aire, se tamizó a 2 mm y se determinó el porcentaje en peso de los elementos gruesos.

En la muestra secada al aire, se determinó el carbono orgánico (Corg) por oxidación con dicromato (NELSON & SUMMERS, 1982). El carbono soluble (Csol) fue determinado según el método de BURFORD & BREMMER (1975), brevemente 5 g de suelo se agitan en agua desionizada durante 30 minutos, se filtra con filtro Whatman n° 42, y en el filtrado se determina el carbono mediante oxidación con dicromato. Asimismo se valoró el nitrógeno potencialmente mineralizable en condiciones anaeróbicas (Nmin), según método descrito por BURT (2004). Para ello se tomaron 5 g de suelo que se introducen en un tubo de ensayo con 12,6 ml de agua desionizada cerrando el tubo, se incubó a 40 ° C durante una semana. A este amonio se le resta el amonio extraíble en KCl 2 M, determinándose en ambos casos la concentración de amonio por el método Berthelot del hipoclorito-salicilato.

En la muestra de suelo conservada a 4° C, se determinó la actividad enzimática Ureasa (UR) después de una incubación de 2 h a 37 ° C, empleando urea como sustrato, con un tampón de borato (KANDELER & GERBER 1988). La actividad β -Glucosidasa (BG) se determinó tras la incubación de 3 h a 37 °C usando β -glucósido-saligenin como sustrato según el método STROBL & TRAUNMÜLLER (1996).

Análisis estadístico

Para el tratamiento estadístico de los resultados, se utilizó el programa Statgraphics Plus for Windows 4.0. Se compararon las medidas empleando el análisis ANOVA de comparación de medias empleando la mínima diferencia significativa (L.S.D.), y se determinó la matriz de correlaciones de Pearson de los parámetros determinados.

4. Resultados

El Carbono orgánico se incrementó en todos los tratamientos significativamente respecto del Laboreo (Fig. 1). Alcanzando los tratamientos con dosis más altas de SPCH valores similares a la cubierta Espontánea. La fracción de Carbono soluble también se incrementa significativamente en todos los tratamientos respecto del Laboreo (Fig. 2). La cubierta Espontánea incrementó el Csol respecto de la cubierta de Bromo, mientras que al incrementar la dosis de SPCH-F y SPCH-R se incrementa significativamente el Csol. El Nmin en la cubierta Espontánea es mayor significativamente que en el Laboreo, mientras que el incremento en la cubierta de Bromo no fue significativo (Fig. 3). Por su parte todos los tratamientos de SPCH incrementaron significativamente el Nmin respecto del Laboreo, siendo significativamente superior el Nmin con las dosis mayores de SPCH.

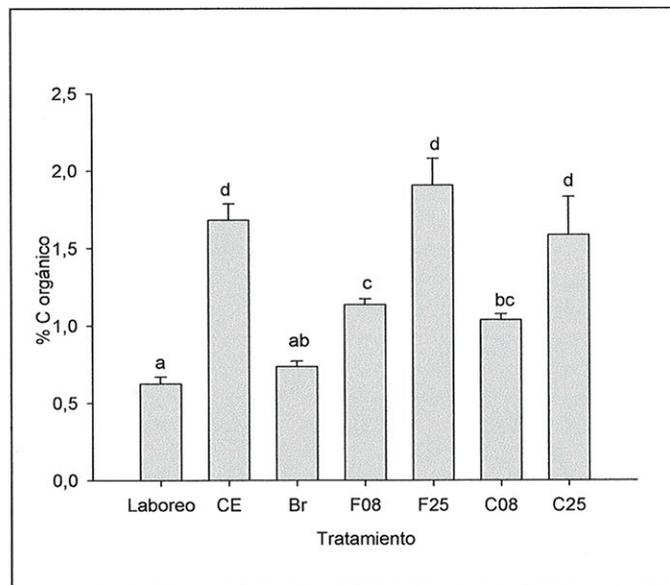


Figura 1. Contenido en Carbono orgánico en los diferentes tratamientos. El error estándar se indica con barras y las letras diferentes indican diferencias significativas (95 %) con el test de la mínima diferencia significativa (L.S.D.).

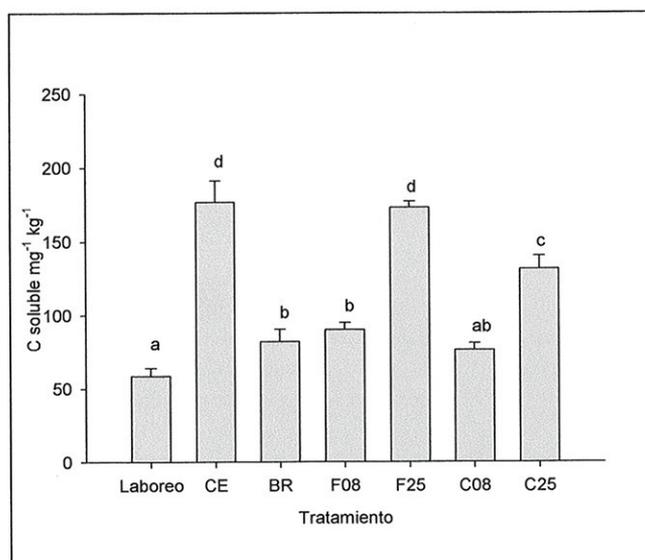


Figura 2. Contenido en Carbono soluble de los diferentes tratamientos. El error estándar se indica con barras y las letras diferentes indican diferencias significativas al 95 % con el test de la mínima diferencia significativa (L.S.D.).

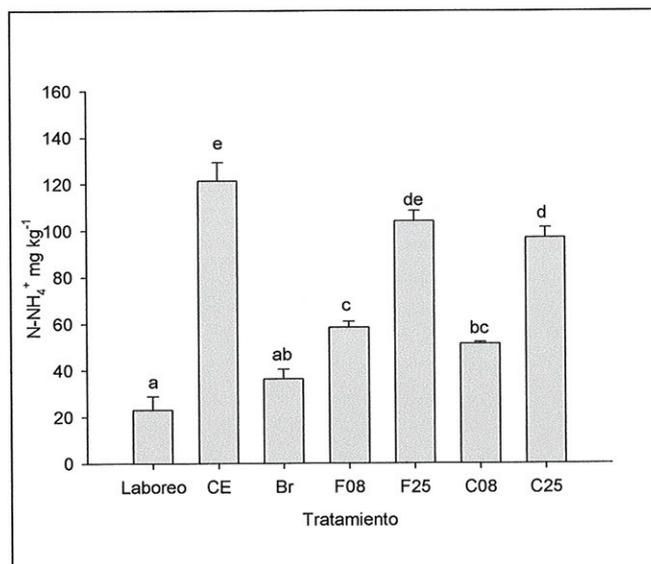


Figura 3. Nitrógeno Potencialmente Mineralizable en los diferentes tratamientos. El error estándar se indica con barras y las letras diferentes indican diferencias significativas al 95 % con el test de la mínima diferencia significativa (L.S.D.).

Incrementos en el Corg, el Csol y el Nmin en el horizonte superficial en viñedos con cubiertas vegetales en clima mediterráneo han sido descritos por STEENWERTH & BELINA (2008). En el caso de los incrementos debidos a las aplicaciones de SPCH, resultados similares en diferentes suelos de La Rioja fueron encontrados por PEREGRINA et al. (2009b), otros trabajos también muestran un incremento de Corg por aplicación de SPCH (COURTNEY & MULLEN, 2007). El menor contenido en Corg y Csol en superficie en la cubierta de Bromo respecto de la Espontánea es debido al laboreo realizado para la siembra del Bromo, que mezcló de la capa de suelo más superficial con el suelo de capas inferiores con menor contenido en materia orgánica.

La actividad β -Glucosidasa en los dos tipos de cubiertas se incrementó significativamente respecto del Laboreo, siendo la actividad β -Glucosidasa significativamente superior en la cubierta Espontánea respecto del Bromo (Fig. 4). Sin embargo en los tratamientos de SPCH no se incrementó significativamente esta actividad enzimática respecto del Laboreo.

La actividad Ureasa también se incrementó significativamente en ambos tipos de cubierta respecto del Laboreo, siendo superior significativamente en la Cubierta Espontánea respecto del Bromo, por su parte ninguno de los tratamientos con SPCH incrementó significativamente la actividad Ureasa (Fig. 5).

El incremento de la actividad de la β -Glucosidasa bajo cubiertas vegetales en clima mediterráneo también ha sido descrita por RAMOS et al. (2010), y este incremento sería debido al mayor contenido de materiales ricos en celulosa en el suelo por el aporte de los restos de la cubierta vegetal. Así en los tratamientos de SPCH no se produce este incremento por que este material tendría menor contenido en celulosa. En cuanto a la actividad Ureasa, ROLDÁN et al. (2005) encontraron incrementos en esta actividad bajo un manejo de no laboreo.

La respiración del suelo se incrementó significativamente en los dos tipos de cubiertas respecto del Laboreo, presentando la cubierta Espontánea una respiración significativamente mayor que el Bromo (Fig. 6). Los tratamientos de SPCH, no presentaron diferencias significativas respecto del Laboreo aunque los tratamientos F25 y C25 tendieron a incrementar la respiración del suelo respecto del Laboreo.

El incremento de la respiración del suelo en viñedos con cubiertas vegetales en clima mediterráneo también lo observaron STEENWERTH & BELINA (2008).

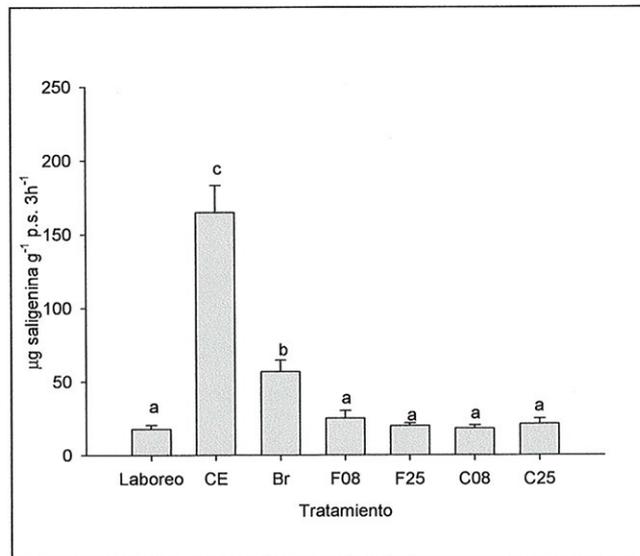


Figura 4. Actividad β -Glucosidasa en los diferentes tratamientos. El error estándar se indica con barras y las letras diferentes indican diferencias significativas al 95 % con el test de la mínima diferencia significativa (L.S.D.).

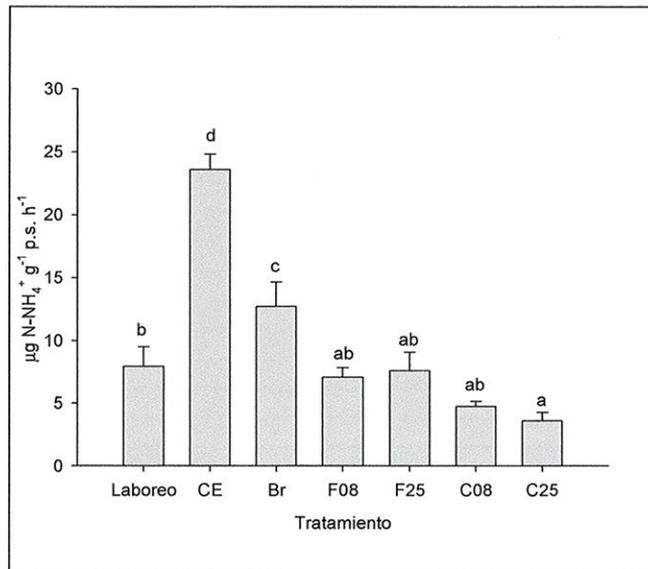


Figura 5. Actividad Ureasa en los diferentes tratamientos. El error estándar se indica con barras y las letras diferentes indican diferencias significativas al 95 % con el test de la mínima diferencia significativa (L.S.D.).

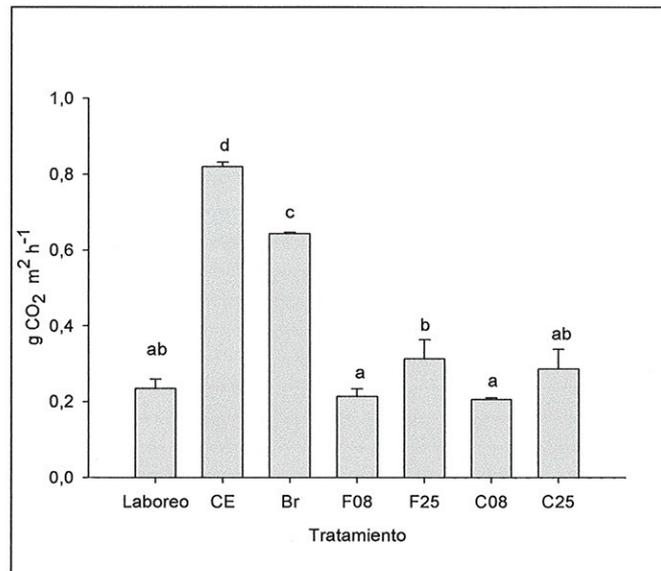


Figura 6. Respiración del suelo en los diferentes tratamientos. El error estándar se indica con barras y las letras diferentes indican diferencias significativas al 95 % con el test de la mínima diferencia significativa (L.S.D.).

Respecto a las correlaciones entre los diferentes factores determinados, el Corg se correlacionó significativamente con el Csol y el Nmin (Tabla 2). El contenido en Csol es el indicador de calidad que más correlaciones significativas presenta en este estudio. El Nmin se correlacionó significativamente de forma más débil con la actividad β -Glucosidasa. La actividad β -Glucosidasa tuvo altas correlaciones significativas con la Ureasa y la respiración del suelo. Mientras que la respiración del suelo se correlacionó significativamente con la actividad Ureasa. La correlación entre el Csol y la actividad β -Glucosidasa fue encontrada por MELERO et al. (2009) con laboreo de conservación.

Tabla 2. Matriz de correlaciones de Pearson (n=24) de los parámetros del suelo determinados

	Corg	Csol	Nmin	β -Glucosidasa	Ureasa	Respiración
Corg						
Csol	0,8476*					
Nmin	0,8974*	0,9105*				
β -Glucosidasa	0,3249	0,5325*	0,5110*			
Ureasa	0,2079	0,4324*	0,3001	0,8976*		
Respiración	0,1911	0,4827*	0,4037	0,8608*	0,8166*	

*Significancia al 95 %

5. Discusión

Los dos manejos de suelo estudiados incrementaron respecto del laboreo convencional tanto el Corg, como el Csol que es la fracción más disponible para los microorganismos edáficos y por tanto estos incrementos representan un potencial de mejora de la calidad de estos suelos, como indica los incrementos en el Nmin. Pero este incremento de Corg se realiza con diferentes tipos de materia orgánica que hacen que en los dos manejos estudiados, cubiertas vegetales y la aplicación de SPCH, los indicadores de actividad biológica sean distintos. Así los suelos de las cubiertas vegetales, tienen mayor actividad de la β -Glucosidasa, que es indicadora de la presencia de mayor biomasa microbiana aerobia, que también provocaría la mayor tasa de actividad Ureasa. Esta mayor actividad microbiana provocaría en parte, junto a la respiración de las raíces, el incremento de la tasa de respiración de suelo, ya que la actividad β -Glucosidasa libera azúcares sencillos que son usados como fuente de energía por los microorganismos del suelo, además en la actividad Ureasa también se libera CO₂ como producto final de la reacción que cataliza. La proliferación de biomasa microbiana incrementaría el consumo de N inorgánico (NO₃⁻ y NH₄⁺) y sería la causante del descenso en la disponibilidad de Nitrógeno encontrado bajo cubiertas vegetales (PEREGRINA et al., 2009c).

En cuanto a los tratamientos de SPCH en los dos tipos de compost Fresco y Recompostado, observamos que tanto la tasa de respiración del suelo como los indicadores de actividad enzimática, no se han incrementado significativamente, a pesar de los incrementos de Corg, Csol y Nmin. Esto puede ser debido a que el aporte de estos tipos de materia orgánica no incrementa la actividad de la biomasa microbiana de tipo aeróbico que interviene en los procesos de degradación de la celulosa y la oxidación de la urea. Sin embargo el incremento de la fracción de carbono fácilmente disponible por los microorganismos (Csol) permite que en condiciones anaeróbicas se den tasas altas de mineralización de materia orgánica, con un potencial incremento en la disponibilidad de N.

6. Conclusiones

Los dos tipos de manejos estudiados, cubiertas vegetales y la aplicación de SPCH, incrementan el contenido en Carbono orgánico del suelo y las fracciones lábiles de la materia orgánica en un suelo de viñedo de la D.O.Ca. Rioja. La respuesta de la respiración del suelo y las actividades enzimáticas al incremento del Carbono del suelo fue mayor en los suelos de cubiertas vegetales. Por tanto los dos manejos pueden mejorar ciertos indicadores de calidad del suelo, pero el diferente origen de la materia orgánica aplicada hace que los procesos biológicos predominantes sean distintos para cada tipo de manejo. Es necesario profundizar en el efecto de cada manejo en la

actividad biológica de cara a poder conocer su efecto en otros aspectos relacionados con la calidad del suelo, como es la dinámica del N.

7. Agradecimientos

El presente trabajo se realizó gracias al INIA y el Fondo Social Europeo a través del programa de Doctores INIA-CCAA. También gracias a la financiación del Gobierno de la Rioja a través del proyecto regional R-07-09 y del INIA (proyecto RTA 2009-00101-00-00).

Por último también queremos agradecer la colaboración de M^a Carmen Arroyo Grandes del Laboratorio Regional de la Rioja y Margarita Pérez Clavijo del Centro Tecnológico del Champiñón (CTICH).

8. Bibliografía

BURT R. 2004. Soil survey laboratory methods manual. Soil survey investigations report no. 42. Ver. 4.0. USDA-Natural Resources Conservation Service.700. Lincoln.

COURTNEY, R. G., MULLEN, G. J., 2007. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. *Bioresour. Technol.* 99, 2913–2918.

KANDELER, E., GERBER, H., 1988. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biol. Fert. Soils* 6, 68-72.

HAYNES, R. J. 2005. Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: an overview. *Agron. J.* 85, 221–268.

LUO, Y., ZHOU, X., 2006. Soil respiration and the environment. Academica Press. 305. San Diego.

MELERO, S., LÓPEZ-GARRIDO, R., MURILLO, J. M., MORENO, F., 2009. Conservation tillage: Short- and long-term effects on soil carbon fractions and enzymatic activities under Mediterranean conditions *Soil Till. Res.* 104, 292–298

NELSON, D. W., SOMMERS, L. E., 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. En PAGE A. L. et al. (ed.): *Methods of soil analysis. Part 2. Agron. Mongr.* 9 2nd ed . 539-594. ASA and SSSA, Madison, WI.

PARKIN, T. B., KASPAR, T. C., 2003. Temperature controls on diurnal carbon dioxide flux: Implications for estimating soil carbon loss. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63, 621-628.

PEREGRINA F., LARRIETA, C., IBÁÑEZ, S., GARCÍA-ESCUADERO, E., 2009a. Incremento del carbono orgánico del suelo en un viñedo de la D.O.Ca. Rioja con distintas cubiertas vegetales: Efecto de la estratificación del carbono orgánico en indicadores de la calidad del suelo. En SANCHÉZ DÍAZ, J., ASINS VELIS S. (eds): *Control de la Degradación de los Suelos y el Cambio Global.* 277-278. CIDE. Valencia.

PEREGRINA, F., LARRIETA C., MARTÍN, I., MARTÍNEZ-VIDAURRE J. M., GARCÍA-ESCUADERO E., 2009b. Aplicación de sustrato de postcultivo de champiñón en distintos suelos de la D.O.Ca. Rioja: efecto sobre el carbono orgánico, los agregados

estables al agua y el nitrógeno potencialmente mineralizable. En SANCHÉZ DÍAZ, J., ASINS VELIS S. (eds): Control de la Degradación de los Suelos y el Cambio Global. 287-288. CIDE. Valencia.

PEREGRINA, F., LARRIETA, C., IBÁÑEZ, S., GARCÍA-ESCUADERO, E., 2009c. Efecto de dos tipos de cubierta vegetal en la disponibilidad de nitrógeno en un viñedo de la Denominación Origen Controlada Rioja. En PARDO, A., SUSO, M. L., VÁZQUEZ, N. (eds): Actas de Horticultura nº 54. VI Congreso Ibérico de Ciencias de Hortícolas. 399-400. SECH, Logroño.

PEREGRINA, F., LÓPEZ, D., ZABALLA, O., VILLAR, M. T., GONZÁLEZ, G., GARCÍA-ESCUADERO, E., 2010. Calidad de los suelos de viñedo en la Denominación de Origen Rioja: Índice de riesgo de encostramiento (FAO-PNUMA), contenido de carbono orgánico y relación con los niveles de fertilidad. *Rev. de Ciências Agrárias* 33 (In Press)

RAMOS, M. E., BENÍTEZ, E., GARCÍA, P. A., ROBLES, A. B., 2010. Cover crops under different managements vs. frequent tillage in almond orchards in semiarid conditions: Effects on soil quality. *Applied Soil Ecol.* 44, 6–14

REEVES, D. W. 1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous systems. *Soil Tillage Res.* 43, 131-167

ROLDÁN, A., SALINAS-GARCÍA, J. R., ALGUACIL, M. M., DÍAZ, E., CARAVACA, F., 2005. Soil enzyme activities suggest advantages of conservation tillage. *Geoderma* 129, 178–185.

SMART, R. E., DICK, J. K., GRAVETT, I. M., FISHER, B. M., 1991. Canopy management to improve grape yield and wine quality: Principles and practices. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 11, 3–17.

SOIL SURVEY STAFF, 2006. Keys to Soil Taxonomy, 10th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.

STEENWERTH, K., BELINA, K. M., 2008. Cover crops enhance soil organic matter, carbon dynamics and microbiological function in a vineyard agroecosystem. *Appl. Soil Ecol.* 40, 359–369.

STROBL, W., TRAUNMÜLLER, M., 1996. β -Glucosidase Activity. En: Methods in Soil Biology. 198-200. Springer Labor. Berlin.