

CONTRIBUCIÓN DEL SISTEMA CONSERVACIONISTA «CERO-LABRANZA» EN LOS NIVELES DE C, P Y BIOACTIVIDAD DE SUELO SANTA BÁRBARA¹

Conservation no-tillage contribution in C and P contents and in bioactivity of Santa Bárbara soil

Silvia María Aguilera S.², Gilda Borie B.², Pedro Del Canto S.³ y Pedro Peirano V.².

S U M M A R Y

The qualitative and quantitative contribution in organic carbon (C-org) and also the bioactivity and P content in Santa Bárbara soil were evaluated using the conservation no tillage system. Conventional tillage and conservation no-tillage were compared at three strata.

The methods for fractionating C-org, carbohydrates, and dehydrogenases were adapted to volcanic soils.

The percentages of C-org at the 3 soil strata were 6.30, 4.49 and 1.03 using traditional tillage, whereas they increased to 9.34, 6.86 and 5.06 using no-tillage system. The higher Carbon content contributed with stabilized matter, i.e., the percentages obtained using traditional tillage were 1.91, 1.82 and 0.50 for C-humic acid and 0.78, 0.66 and 0.72 for C-fulvic acid; whereas those using no-tillage system were 4.19, 4.08 and 3.92, and 0.97, 0.98, and 0.60 respectively.

The labile pool of C-org, i.e., carbohydrates, also exhibited a positive variation in all levels. This is essential for biological activation, as can be concluded by observing the dehydrogenase activity.

The total P content contribution using no-tillage was also improved: 2310, 2205, 1939 mg/kg instead of 1910, 1417 and 1190 mg/kg using the conventional method.

Key words: no tillage, organic matter, organic carbon, carbohydrates, bioactivity.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 10 años se ha iniciado en Chile el uso masivo del sistema conservacionista «cero-labranza» y en la actualidad se han incorporado a este tipo de manejo 95.000 ha, aproximadamente, sólo en las regiones VIII, IX y X (Rouanet, 1994). Además, se estima un incremento de 4.000 ha por temporada agrícola (Rouanet, 1994), con ello se confirma lo que ocurre en EE.UU. con la corriente conservacionista (Del Canto, 1994; Miller y Donahue, 1990).

Entre los grandes logros de esta práctica están la recuperación de los niveles de materia orgánica (MO) en el estrato superficial (Kern y Johnson, 1993; Rasmussen y Collins, 1991), con lo que se

logra una mejor estructura de los suelos, lo que conlleva una mayor capacidad de retención de agua, aireación y una más eficiente regulación de la temperatura en la zona rizosférica (Stevenson, 1982; Cheschire, 1979; McBride, 1994). Sin embargo, lo más importante de esta MO reconstruida o reciclada, es su aporte energético y nutricional para los microorganismos (Borie, 1994). Además, se consigue una mayor concentración de macro y micronutrientes en el estrato superficial (Mora *et al.*, 1994), dependiendo del tipo de suelo y su manejo en cuanto a los cultivos y fertilización aplicada (Rouanet, 1994; Sadzawka, 1994; Del Canto *et al.*, 1994). También, se ha destacado la mejor utilización del P, cuya concentración es especialmente deficitaria en los andisoles (Mora *et al.*, 1994).

En Chile, Crovetto (1994a, b) ha logrado una recuperación notable de suelos fuertemente erosionados, tras una labor constante y mantenida por más de 15 años, consiguiendo además mejores rendimientos en los cultivos de maíz y trigo (Crovetto, 1992; Crovetto, 1994a y 1994b).

¹Recepción de originales: 17 de mayo de 1995.

Financiado por proyectos: FONDEF 2-88, FONDECYT 1115-92.

²Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile. Casilla 233, Santiago Chile.

³Facultad de Ingeniería, Universidad de La Frontera, Casilla 54-D Temuco, Chile.

Otros agricultores presentan algunos éxitos en el uso de esta práctica mantenida por algunos años (Del Canto, 1994). En uno de estos predios, con 9 años de manejo cero-labranza, se evaluó la contribución de este sistema conservacionista en la cantidad y calidad de la MO, la actividad biológica y el nivel de fósforo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio se muestreó un andisol (Typic Dystrandept) de la serie Santa Bárbara, situado a 28 km de Mulchén por el camino a Nueva Caledonia (Lat. 37° 45', Long. 72°, 550 m.s.n.m.), con un régimen de temperatura méxico y con una pluviometría anual de 1.500 a 2.000 mm. Las muestras corresponden a muestras aleatorias de 3 submuestras representativas de un mismo predio, y se tomaron de 3 profundidades: 0 a 5 cm; 5 a 10 cm y 10 a 20 cm. Las variables de manejo corresponden a suelo en labranza tradicional por varios años y actualmente como pradera natural (LT) y cero-labranza por más de 10 años con rotación de cultivos (CL).

En cada una de las muestras se evaluaron C total y los distintos constituyentes del «pool» de carbono: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas (H), que son los constituyentes poliméricos estables, y además, la fracción lábil hidratos de carbono (HC), en sus variables totales o hidrolizables (HCt) y los solubles (HCs).

Para el balance de C, se determinó contenido de C en cada una de las fracciones. Las técnicas utilizadas para el fraccionamiento del C-org en AF, AH y Hum y la determinación de HC, corresponden a las derivadas de investigaciones para andosoles chilenos (Aguilera 1990, Aguilera *et al.*, 1987). El C se determinó por la técnica de Walkley y Black (Jackson, 1964).

La actividad dehidrogenasa (DH), se determinó por técnica adaptada por Aguilera *et al.* (1988).

Los niveles de P disponible y total, se determinaron por las técnicas de Olsen (Jackson, 1964) y de Dick y Tabatabai (1977), respectivamente.

Los resultados corresponden al promedio de 2 determinaciones analíticas con fluctuación no mayor al 5% respecto a la media.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características químico biológicas de los suelos como: acidez, HC solubles y totales, los que cons-

tituyen el pool lábil de la MO, y la actividad biológica DH, se presentan en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Propiedades químico-biológicas de suelos Santa Bárbara

TABLE 1. Chemical-biological properties of Santa Bárbara soils

| Suelos | Humedad % | pH | HC sol. mg/kg | HC tot. mg/g | DH ppm |
|---------------|-----------|-----|---------------|--------------|--------|
| S. Bárbara LT | | | | | |
| 0-5 cm | 34,9 | 5,3 | 4,5 | 14,0 | 361 |
| 5-10 cm | 32,8 | 5,4 | 6,7 | 6,9 | 124 |
| 10-20 cm | 34,0 | 5,5 | 7,2 | 6,7 | 41 |
| S. Bárbara CL | | | | | |
| 0-5 cm | 32,8 | 5,1 | 6,3 | 14,0 | 285 |
| 5-10 cm | 32,4 | 4,9 | 7,0 | 16,0 | 229 |
| 10-20 cm | 33,6 | 5,0 | 7,2 | 15,7 | 8 |

LT = labranza tradicional.
CL = cero-labranza.

En los niveles de acidez, se detecta una ligera acidificación por efecto de la cero-labranza, lo que concuerda con las evaluaciones de Mora y Del Canto (1994), y lo recopilado por Sadzawka (1994), y al igual que lo analizado por este último autor, puede deberse más a los fertilizantes agregados que al efecto de la MO, por lo que es fundamental considerar posibles enmiendas calcáreas para prevenir dicha acidificación (Mora y Del Canto, 1994).

En los contenidos de HC totales destaca el efecto de la cero-labranza, ya que a diferencia del suelo (LT), el suelo en sistema conservacionista presenta en los niveles más profundos un enriquecimiento en estos azúcares, con el consiguiente aporte que ellos harán en la activación biológica y en la solubilización y movilización de elementos catiónicos, gracias a su capacidad complejante, haciéndolos así más disponibles a la biomasa microbiana.

En la actividad enzimática DH, se puede observar que ésta disminuye en el perfil, lo que guarda relación directa con el contenido de C orgánico (Cuadro 3). Además, al igual que en otros suelos, pareciera que la DH está en relación inversa a la cantidad de HC solubles, lo que hace asociar dicha actividad biológica a la necesidad de mineralizar MO por los microorganismos del suelo ante una menor disponibilidad de recursos energéticos.

La técnica de fraccionamiento del C-org como balance de masa de la extracción, presenta un buen grado de recuperación cercano al 95% (Cuadro 2).

CUADRO 2. Rendimiento extracción materia orgánica de suelos Santa Bárbara

TABLE 2. Organic matter extraction yield of Santa Bárbara soils

| Suelos | Peso seco g | AF g | AH g | Res. hum. g | R % |
|----------------------|-------------|------|------|-------------|--------|
| S. Bárbara LT | | | | | |
| 0-5 cm | 32,56 | 2,87 | 2,04 | 25,21 | 92,51 |
| 5-10 cm | 33,60 | 3,57 | 1,64 | 26,99 | 95,83 |
| 10-20 cm | 32,99 | 4,37 | 0,96 | 28,30 | 101,94 |
| S. Bárbara CL | | | | | |
| 0-5 cm | 33,58 | 4,51 | 3,15 | 24,13 | 94,67 |
| 5-10 cm | 33,78 | 4,14 | 3,29 | 24,53 | 94,61 |
| 10-20 cm | 33,22 | 4,37 | 1,95 | 25,06 | 94,46 |

LT = labranza tradicional.
CL = cero-labranza.

Sin embargo, es necesario evaluar el contenido de carbono en cada una de estas fracciones para que al multiplicarlo por el rendimiento de extracción, se pueda llegar a un valor corregido del porcentaje de carbono, que aporta cada uno al pool completo del carbono.

El Cuadro 3 corresponde al contenido de carbono en los suelos, presentados como porcentaje de carbono corregido de cada una de las fracciones lábiles y estables que constituyen el pool del C-org. Se acompaña en el mismo cuadro, el porcentaje de carbono total (Ct) de los suelos, a fin de comparar la calidad y cantidad de cada uno de los tipos de C aportado por las fracciones.

CUADRO 3. Porcentaje de C aportado por las fracciones orgánicas en suelos Santa Bárbara

TABLE 3. Percentage of C contribution of organic fractions in Santa Bárbara soils

| Suelos | Suelo % | C-AF % | C-AH % | C-Humina % | C-HC % |
|----------------------|---------|--------|--------|------------|--------|
| S. Bárbara LT | | | | | |
| 0-5 cm | 6,30 | 0,78 | 1,91 | 2,29 | 0,56 |
| 5-10 cm | 4,49 | 0,66 | 1,82 | 1,70 | 0,28 |
| 10-20 cm | 1,03 | 0,72 | 0,50 | 0,82 | 0,27 |
| S. Bárbara CL | | | | | |
| 0-5 cm | 9,34 | 0,97 | 4,19 | 2,23 | 0,56 |
| 5-10 cm | 6,86 | 0,98 | 4,08 | 2,26 | 0,64 |
| 10-20 cm | 5,06 | 0,60 | 3,92 | 1,58 | 0,63 |

LT = labranza tradicional.
CL = cero-labranza.

El balance del C-org se presenta en la Figura 1, como sumatoria del aporte de las fracciones orgánicas. Se ve claramente el grado de humificación alcanzado por la MO en los estratos muestreados, ya que para el nivel 0 a 5 cm, la suma de sus fracciones AH y huminas superan al 66 % del Ct, siendo mayores aún para el suelo manejado bajo cero-labranza. En las estratas más profundas esos porcentajes aumentan, e incluso superan al 100% para la profundidad 10 a 20 cm, lo que son errores introducidos por el uso del método de Walkley y Black para medir el carbono en estas fracciones (San Miguel, 1981), ya que el método está basado en medir poder reductor que no sólo lo presenta la MO, sino que producto del fraccionamiento orgánico pueden liberarse grupos o elementos reductores como Mn o Fe. Por lo tanto, a futuro, el nivel de C se determinará por método de combustión.

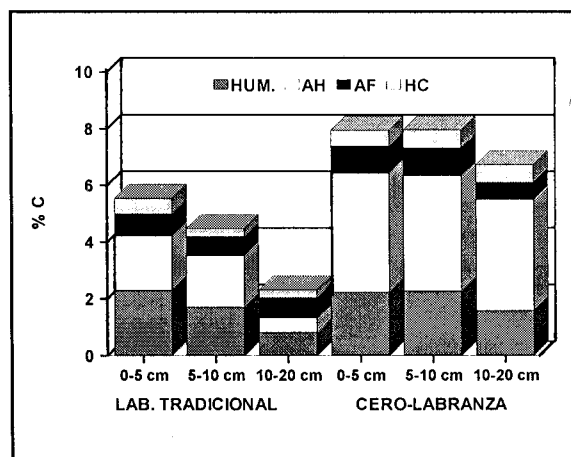


FIGURA 1. Distribución porcentual de las fracciones orgánicas en el suelo Santa Bárbara.

FIGURE 1. Percentage distribution of organic fractions in Santa Barbara soil.

El contenido de HC constituye el pool lábil del C-org y es de fundamental importancia para el desarrollo de los procesos biológicos, si a ellos le sumamos la fracción más lábil del humus los AF; esto correspondería a niveles del 30% del Ct como fracción de C más reactivo. Por otra parte, es destacable el enriquecimiento de C disponible que se produce en los estratos inferiores bajo el régimen de cero-labranza, lo que junto con el manifiesto aporte de AH para esos mismos estratos está asegurando un aporte muy equilibrado de materia orgánica tanto reactiva como estable. Esto permite confirmar la bondad del sistema conservacionista para la recuperación de este valioso recurso del suelo.

En el Cuadro 4, se acompañan los valores de P total y disponible, destacándose el enriquecimiento de P total en las muestras bajo cero-labranza, en todas las profundidades y la detección de P disponible sólo en el caso de CL.

CUADRO 4. Fósforo total y disponible en suelos Santa Bárbara

TABLE 4. Total and available phosphorus in Santa Bárbara soils

| Suelos | P total mg/kg | P disponible mg/kg |
|---------------|---------------|--------------------|
| S. Bárbara LT | | |
| 0-5 cm | 1.910 | 0,0 |
| 5-10 cm | 1.417 | 0,6 |
| 10-20 cm | 1.190 | 0,0 |
| S. Bárbara CL | | |
| 0-5 cm | 2.312 | 1,0 |
| 5-10 cm | 2.205 | 1,3 |
| 10-20 cm | 1.939 | 0,8 |

LT = labranza tradicional.
CL = cero-labranza.

CONCLUSIONES

Los principales logros obtenidos en el suelo Santa Bárbara, por el uso del sistema conservacionista cero-labranza son, el incremento de los niveles de C en todas las profundidades estudiadas, la calidad de esa MO que resulta muy equilibrada en contenidos de MO estable y disponible. Además, un mayor pool de P en el suelo, lo que, sumado a la activación biológica aparejada a los mayores niveles de HC, aseguran una mejor disponibilidad de este elemento, y más importante, sería un efecto perdurable en el tiempo.

Estas primeras evaluaciones en el pool de C en andisoles chilenos, las potencialidades de esas fracciones de C, y la relación a la bioactividad y su relación con la disponibilidad de nutrientes, parecen importantes para definir, con un conocimiento adecuado, las políticas a seguir en el uso ecológico de nuestros recursos.

R E S U M E N

Se evaluó la contribución del sistema conservacionista «cero-labranza» en la cantidad y calidad del carbono orgánico (C-org), la bioactividad y los contenidos de P en un andisol Santa Bárbara. Se comparó cultivo tradicional (LT) y cero-labranza (CL) a tres profundidades.

Los métodos para fraccionamiento del C-org y determinación de hidratos de carbono y dehidrogenasas, fueron los adaptados para suelos volcánicos chilenos.

Los porcentajes de C-org en las tres profundidades de suelo con cultivo tradicional fueron 6,30; 4,49 y 1,03. La cero-labranza incrementó esos niveles a 9,34; 6,86 y 5,06, respectivamente. Esos mayores contenidos de C aportaron material estabilizado, ácidos húmicos (AH) y ácidos fúlvicos (AF), en las tres profundidades, con porcentajes de C-AH de 1,91; 1,82 y 0,50 y C-AF de 0,78; 0,66 y 0,72 para

labranza tradicional, en comparación con niveles de C-AH de 4,19; 4,08 y 3,92 y C-AF 0,97; 0,98 y 0,60 respectivamente, para cero-labranza.

El «pool lábil» de la MO, los hidratos de carbono, presentó también en cero-labranza una variación positiva en todas las profundidades, lo que es fundamental para la activación biológica, como se reflejó en la actividad dehidrogenasa.

Los niveles de P total también mostraron un importante aporte en el sistema conservacionista, ya que de 1.910, 1.417 y 1.190 mg/kg para LT, ascendieron a 2.310; 2.205 y 1.939 mg/kg para CL en las tres profundidades respectivamente. El P disponible sólo fue detectable en el sistema cero-labranza.

Palabras claves: cero-labranza, materia orgánica, hidratos de carbono, bioactividad.

LITERATURA CITADA

AGUILERA, M., BORIE, G., MILLA, P., PEIRANO, P. 1987. Bioquímica de suelos derivados de cenizas volcánicas. VI Determinación de hidratos de carbono. Agricultura Técnica (Chile) 47(3): 240-247.

AGUILERA, M., BORIE, G., ROKOV, P., PEIRANO, P. 1988. Bioquímica de suelos derivados de cenizas volcánicas. VII Determinación de dehidrogenasas. Agricultura Técnica (Chile) 48(2): 147-159.

- AGUILERA, M. 1990. Materia orgánica de suelos volcánicos de Chile. Estudio de sus principales características físico-químicas. Universidad de Chile, Tesis Magister en Química. 174 p.
- BORIE, F. 1994. Microorganismos y cero labranza. *Frontera Agrícola*, Año 2 Nº 1, 13-17.
- CHE SCHIRE, M.V. 1979. Nature and origin of carbohydrates in soils. Academic Press Inc. London.
- CROVETTO, C. 1992. Rastrojos sobre el suelo. Una introducción a la cero labranza. Ed. Universitaria. Santiago, Chile. 301 p.
- CROVETTO, C. 1994a. Rastrojos y cero labranza. *Frontera Agrícola* Año 2 Nº 1: 3-12.
- CROVETTO, C. 1994b. Conceptos sobre rastrojos y la cero labranza. III Jornadas Nacionales de Cero Labranza. Carillanca, Temuco, Chile. 73-94.
- DEL CANTO, P. 1994. Agricultura sustentable, fertilidad de suelos y cero labranza en la precordillera andina de la VIII Región. III Jornadas Nacionales de Cero Labranza. Carillanca, Temuco, Chile. 95-114.
- DEL CANTO, P. 1994. Cero labranza. La experiencia de los agricultores. *Frontera Agrícola* Año 2 Nº 1: 32-37.
- DEL CANTO, P., MORA, M. y VENEGAS, C. 1994. Sistemas de labranzas y uso de enmiendas. II Producción de trigo. *Frontera Agrícola* Año 2 Nº 1: 27-31.
- DICK, W. y TABATABAI, M. 1977. An alkaline oxidation methods for determination of total phosphorus in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41 (3): 511-514.
- JACKSON, M.L. 1964. Análisis químico de suelos. Ed. Omega, Barcelona, España.
- KERN, J.S., JOHNSON, M.G. 1993. Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbon levels. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57: 200-210.
- McBRIDE, M.B. 1994. Environmental Chemistry of soils. Oxford University Press. USA.
- MILLER, R. y DONAHUE, R. 1990. Tillage Systems. In *Soils. An Introduction to Soils and Plant Growth*. Prentice Hall, USA.
- MORA, M., DEL CANTO, P. y VENEGAS, C. 1994. Sistemas de labranza y uso de enmiendas. I Efecto sobre las propiedades químicas del suelo. *Frontera Agrícola* Año 2 Nº 1: 18-26.
- RASMUSSEN, P.E. y COLLINS, H.P. 1991. Long-term impacts of tillage, fertilizer and crop residue on soil organic matter in temperate semiarid regions. *Advances in Agronomy*. Vol. 45: 93-134.
- ROUANET, J.L. 1994. Cero Labranza. Terceras Jornadas Nacionales de Cero Labranza. Carillanca, Temuco, Chile.
- SADZAWKA, A. 1994. Cero Labranza y características químicas del suelo. Terceras Jornadas Nacionales de Cero Labranza. Carillanca, Temuco, Chile: 1-12.
- SAN MIGUEL, M. 1981. Modificación del método de combustión seca para determinar C orgánico en suelos. Tesis para optar al título de Químico Farmacéutico. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile.
- STEVENSON, F.J. 1982. Humus chemistry, genesis, composition, reactions. John Wiley and Sons., Inc. 443 p.