

EVALUACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO Y BIOACTIVIDAD EN UN ANDISOL SOMETIDO A DISTINTOS MANEJOS AGRONÓMICOS¹

Organic carbon and bioactivity evaluation in an andisol under various agronomic management systems

Silvia María Aguilera S.², Gilda Borie B.²,
Juan Luis Rouanet M.³ y Pedro Peirano V.²

S U M M A R Y

A Santa Bárbara andisol, that had been under different no tillage conservation systems for several years was evaluated to assess the effect of various soil use on soil organic matter (SOM) composition and stability. Samples were taken from the following soil use and management systems: forest, natural pasture, implanted prairies, and intensive crop rotation. In addition, cropping systems with and without liming were evaluated. Methods previously adapted for chilean volcanic soils were used for the study of SOM parameters (SOM-fractioning, carbohydrates, C-biomass and dehydrogenase (DH) determination). Organic carbon in the mineral and organic fractions were determined.

The various soil uses and management systems had no effect on SOM loss, as observed in other tillage methods. On the other hand, SOM levels were high, near 11% of weighted C for the first 30 cm. The quality of this SOM is very stable; 70% as humine carbon and humic acids, and 30% in fulvic acids and carbohydrates, the most active organic matter (OM) fractions.

Bioactivity and carbohydrate content showed important fluctuations in the samples taken in the two years under study. The decrease of the carbohydrate corresponded to an increase in dehydrogenase activity (DH), which implies greater activity in C mineralization.

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

INTRODUCCIÓN

En todo el mundo desarrollado o en vías de esa meta, se ha tomado conciencia de la urgente necesidad de preservar, y en muchos casos recuperar el suelo como soporte y fuente de

nutrientes para todos los seres vivos que en él se desarrollan y nutren, ya sea directamente o a través de la cadena trófica. No se puede ignorar el daño causado por la sobreexplotación de los suelos que ha llevado a una pérdida de su materia orgánica, una disminución de la biomasa microbiana y por consiguiente una baja disponibilidad de nutrientes y fuentes de carbono disponible para la microflora no autótrofa.

En Chile, en los últimos años, se ha incrementado el uso del sistema conservacionista de suelos, conocido como cero labranza; se han incorpo-

¹Recepción de originales: 23 de julio de 1997.
Financiado por proyecto FONDEF 2-88.

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

³Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional Carillanca, Casilla 58-D, Temuco, Chile.

rado a este tipo de manejo aproximadamente 95.000 ha, entre la Octava y la Décima Región (Rouanet, 1994). Además, al igual de lo que ocurre en EE.UU. con la corriente conservacionista, en Chile se estima un incremento de 4.000 ha por temporada agrícola (Rouanet, 1994; Del Canto, 1994a; Miller y Donahue, 1990).

Los aportes de mayor relevancia del sistema conservacionista cero labranza son la recuperación y mantención de los niveles de materia orgánica en los suelos (MO), especialmente en el estrato superficial (Kern y Johnson, 1993; Rasmussen y Collins, 1991), con lo cual mejora la estructura de los suelos aumentando su capacidad de retención de agua, se produce una mejor aireación y subsecuentemente una regulación más eficaz de la temperatura en la zona rizosférica (Stevenson, 1982; Cheschire, 1979; McBride, 1994). Este aumento de la MO y su reciclaje implica un importante aporte energético y nutricional para los microorganismos del suelo (Borie, 1994). Dependiendo del tipo de suelo y su manejo, con el manejo conservacionista se consigue una mayor concentración de macro y micronutrientes en el estrato superficial y se logra una mayor eficiencia en la utilización del P (Mora *et al.*, 1994; Rouanet, 1994; Sadzawka, 1994; Del Canto, 1994b).

En Chile, para distintos tipos de suelo se ha reportado éxito en la utilización de la cero labranza, al mantener la práctica por varios años (Del Canto, 1994a; 1994b). Así, en un suelo alfisol altamente degradado por erosión se ha logrado una recuperación notable en la calidad física de éste 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). Por otra parte, en un andisol Santa Bárbara, comparando 3 tipos de manejo de suelo, con el sistema de cero labranza se logró el mejor efecto en la preservación de la pérdida de suelo por erosión (Sandoval *et al.*, 1994).

En 1994 en un suelo Santa Bárbara, del predio Montpellier, luego de 9 años de manejo en cero

labranza, se evaluó en una primera etapa el resultado de este sistema conservacionista en comparación a una pradera anteriormente sometida a labranza tradicional. La evaluación comprendió la cantidad y calidad de la MO, la actividad biológica y el nivel de fósforo (Aguilera *et al.*, 1996). Se comprobó que se había producido una pérdida de MO en el sistema manejado previamente con labranza tradicional y más degradado, ya que éste presentó un valor de 3,2% de C ponderado para los primeros 20 cm, en comparación al mismo suelo manejado con cero labranza que presentó 6,6% de C ponderado para 20 cm, de profundidad de suelo. Además el sistema sin inversión mejoró los niveles y la calidad de la MO en el estrato superficial y también en profundidad. Además, se comprobó un aumento en los niveles de P en el sistema cero labranza.

En el presente trabajo, en el mismo andisol (Predio Montpellier), se evaluaron en dos años sucesivos (1995 y 1996), los efectos de distintos usos y manejos del suelo bajo el sistema de no inversión a objeto de tener una visión integral sobre la dinámica de su materia orgánica, la actividad biológica y la incidencia de esos factores en la disponibilidad y ciclaje del C.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio se realizó un seguimiento por dos años consecutivos a fin de validar las propiedades globales medidas como también ver posibles cambios en dichas propiedades. La toma de muestra se realizó con pala, y se efectuó entre los meses de enero y febrero (1995 y 1996), en un andisol (Typic Dystrandep) de la serie Santa Bárbara, situado a 28 km de Mulchén por el camino a Nueva Caledonia (lat. Sur 37° 45', long. Oeste 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 correspondieron a muestras aleatorias de tres submuestras representativas de un mismo potrero, y se tomaron de tres profundidades: 0 a 5 cm; 5 a 10 cm y 10 a 30 cm.

Se tomaron muestras durante 2 años en sitios con el mismo uso y manejo (praderas implantadas avena-ballica con y sin encalar; rotación intensiva), como en sitios con diferentes usos dentro del mismo predio, esto último, para aumentar la base de datos del efecto de los sistemas de uso y manejo del suelo sobre la variación de los parámetros biológicos elegidos, como índice de calidad del suelo.

Las variables de manejo en los últimos siete años para las muestras recolectadas en 1995, corresponden a suelos bajo:

- Bosque = B (bosque nativo).
- Pradera = P (pradera natural).
- Pradera cal = Pc (4 años pradera natural, 3 años avena encalada).
- Pradera avena-ballica = Pa/b (2 años pradera natural; 2 años avena; 2 años avena-ballica sin encalar). Muestra repetida en 1996.
- Pradera avena-ballica con cal = Pc a/b (trigo; raps; trigo; avena; trigo; 2 años pradera implantada avena-ballica con encalado). Muestra repetida en 1996.
- Rotación intensiva = R (avena-vicia; trigo; avena; lupino-avena; raps; trigo; lupino australiano). Muestra repetida 1996.

Para las muestras recolectadas en 1996, las variables de manejo de los suelos en los últimos 8 años son:

- Pradera = P (trigo; pradera sucesional permanente últimos 7 años).
- Suelo triticales = T (suelo pradera natural hasta 1994 y un año triticales con encalado).
- Pradera avena-ballica = Pa/b (2 años pradera natural; 2 años avena; 3 años pradera implantada avena-ballica sin encalar). Muestra en 1995.
- Pradera avena-ballica con cal = Pc a/b (trigo; raps; trigo; avena; trigo; 3 años pradera implantada avena-ballica con encalado). Muestra en 1995.
- Rotación intensiva = R (avena-vicia; trigo; avena; lupino-avena; raps; trigo; lupino

australiano; lupino-avena con encalado). Muestra en 1995.

En cada una de las muestras se evaluaron los distintos constituyentes del "pool" de carbono: C total y fraccionamiento de los polímeros estables: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas; la fracción lábil: hidratos de carbono (HC), en sus variables totales o hidrolizables (HCtot) y los disponibles o solubles (HCsol). Además, se determinó el C biomásico microbiano (Biom).

Para el balance de C en los suelos, se determinó el contenido de C en cada una de las fracciones poliméricas. Las técnicas utilizadas para el fraccionamiento de la MO y la determinación de HC, corresponden a las derivadas de investigaciones para andisoles chilenos (Aguilera 1990, Aguilera *et al.*, 1987). El C y el N total se determinaron por análisis elemental con un equipo VARIOEL, Elemental Analysensysteme GmbH, D-63452 Hanau, Germany.

La actividad dehidrogenasa (DH) se determinó por técnica adaptada por Aguilera *et al.* (1988) y el C-biomásico por la técnica de Jenkinson adaptada a suelos volcánicos chilenos (Borie *et al.*, 1992).

Todas las muestras fueron trabajadas y analizadas en duplicado y los datos presentados son el informe de valores promedios con una fluctuación menor de 10%, para determinaciones biológicas, y menor al 5% para determinaciones químicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los Cuadros 1A y 1B, correspondiente a los años 1995 y 1996 respectivamente, se presentan algunas características químicas y biológicas de los suelos, como pH, actividad dehidrogenásica (DH), contenidos de C total y N total, hidratos de carbono totales (HCtot) e hidratos de carbono solubles (HCsol).

Cuadro 1A. Propiedades químico-biológicas de suelos Santa Bárbara. 1995**Table 1A. Chemical-biological properties of Santa Bárbara soils. 1995**

Suelos	pH	DH ppm	C %	N %	HC total mg/g	HC soluble ug/g
Bosque						
0- 5 cm	5,3	845	20,4	1,15	19,4	36
5-10 cm	5,4	719	18,0	1,05	22,4	31
10-30 cm	5,5	657	15,8	0,98	18,5	16
Pradera						
0- 5 cm	5,5	554	13,5	0,85	10,9	37
5-10 cm	5,5	147	11,2	0,74	12,8	19
10-30 cm	5,6	20	9,8	0,65	29,7	19
Pradera con cal						
0- 5 cm	5,9	342	12,9	0,82	9,9	26
5-10 cm	5,5	100	11,9	0,74	9,5	24
10-30 cm	5,5	50	9,6	0,60	8,3	24
Pradera avena-ballica						
0- 5 cm	5,3	546	15,2	1,10	13,8	27
5-10 cm	5,0	165	13,1	0,89	9,6	22
10-30 cm	5,2	46	10,8	0,71	11,5	15
Pradera avena-ballica con cal						
0- 5 cm	5,8	344	12,5	0,85	12,1	24
5-10 cm	5,3	149	12,1	0,79	12,0	25
10-30 cm	5,3	73	11,2	0,71	9,1	15
Rotación intensiva						
0- 5 cm	5,3	349	13,7	0,93	23,1	32
5-10 cm	5,1	109	12,3	0,83	13,3	24
10-30 cm	5,4	24	10,2	0,66	13,9	24

En los niveles de acidez no se manifiestan grandes variaciones en este andisol para los distintos usos y manejos a que ha sido sometido, lo que sin duda obedece en gran medida a la preservación de su alto contenido de MO en el sistema de no inversión, y la capacidad tamponante de ésta. En las muestras de praderas sometidas a encalado se manifiesta una ligera disminución de la acidificación en la estrata superficial producida por la cero labranza o por el tipo de fertilizante utilizado, en relación a la pradera sin adición de cal. Lo anterior hace recomendable considerar posibles enmiendas calcáreas para preca-

ver dicha acidificación en situación de manejo de suelo con cero labranza (Mora *et al.*, 1994).

Los niveles de hidratos de carbono, (HCtot) e (HCsol), son bajos en las distintas muestras, especialmente si se considera el contenido de C en los suelos. Así, el nivel de HCtot, expresado como porcentaje de glucosa en el suelo, fluctúa entre 1 a 3% para los suelos 1995 y es cercano a 1% para las muestras 1996. En algunas muestras que se repitieron en los 2 años consecutivos (pradera implantada, con y sin encalado, y el suelo en rotación intensa de cultivos), los

Cuadro 1B. Propiedades químico-biológicas de suelos Santa Bárbara. 1996**Table 1B. Chemical-biological properties of Santa Bárbara soils. 1996**

Suelos	pH	DH ppm	C %	N %	HC total mg/g	HC soluble ug/g
Pradera						
0- 5 cm	6,1	127	13,5	0,87	12,71	241
5-10 cm	5,7	13	11,4	0,70	9,06	49
10-30 cm	6,1	9	7,9	0,50	8,01	38
Suelo triticale						
0- 5 cm	6,1	276	12,7	0,85	15,33	278
5-10 cm	5,7	31	11,6	0,75	9,05	107
10-30 cm	6,2	23	8,3	0,52	8,24	43
Pradera avena-ballica						
0- 5 cm	5,7	135	13,8	0,92	11,66	110
5-10 cm	5,3	48	11,7	0,74	10,32	46
10-30 cm	6,0	10	8,7	0,53	7,90	34
Pradera avena-ballica con cal						
0- 5 cm	6,2	125	14,0	0,94	10,88	123
5-10 cm	5,4	20	11,0	0,69	8,06	41
10-30 cm	6,1	8	8,2	0,50	4,17	49
Rotación intensiva						
0- 5 cm	5,7	83	13,3	0,89	10,37	270
5-10 cm	5,2	169	10,3	0,67	5,42	57
10-30 cm	5,7	44	8,4	0,54	6,20	22

contenidos de HC_{tot} mostraron un descenso, especialmente en el suelo bajo rotación intensiva. Lo anterior, junto a los mayores niveles de HC_{sol}, los más disponibles a la biomasa microbiana, podrían indicar una mayor velocidad de mineralización del C en el año 1996 y eventualmente una disminución de los niveles de C total en los suelos, lo que efectivamente ocurre.

En la actividad enzimática DH, se puede observar que ésta disminuye con el perfil para todo uso del suelo y a través de los 2 años muestreados en los sitios con el mismo uso de suelo, lo que guarda relación directa con el contenido de C orgánico. Además, al comparar los niveles de DH y de HC_{sol} entre los 2 años consecutivos (Figura 1), pareciera que la DH está en relación inversa a la

cantidad de HC solubles o disponibles, 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. Este hecho concuerda con lo detectado para otros suelos volcánicos (Borie *et al.*, 1995).

El contenido de C del andisol en estudio fue alto, especialmente el suelo desarrollado bajo bosque, que presentó mayores contenidos de C que todo el resto de los sitios (Cuadro 1A). Así, el porcentaje de C total ponderado para los primeros 30 cm del suelo bajo bosque fue cercano a 17%, en cambio para las otras variables de uso y manejo: praderas natural o implantadas; con o sin encalado, y rotación intensiva, el valor ponderado de C fue

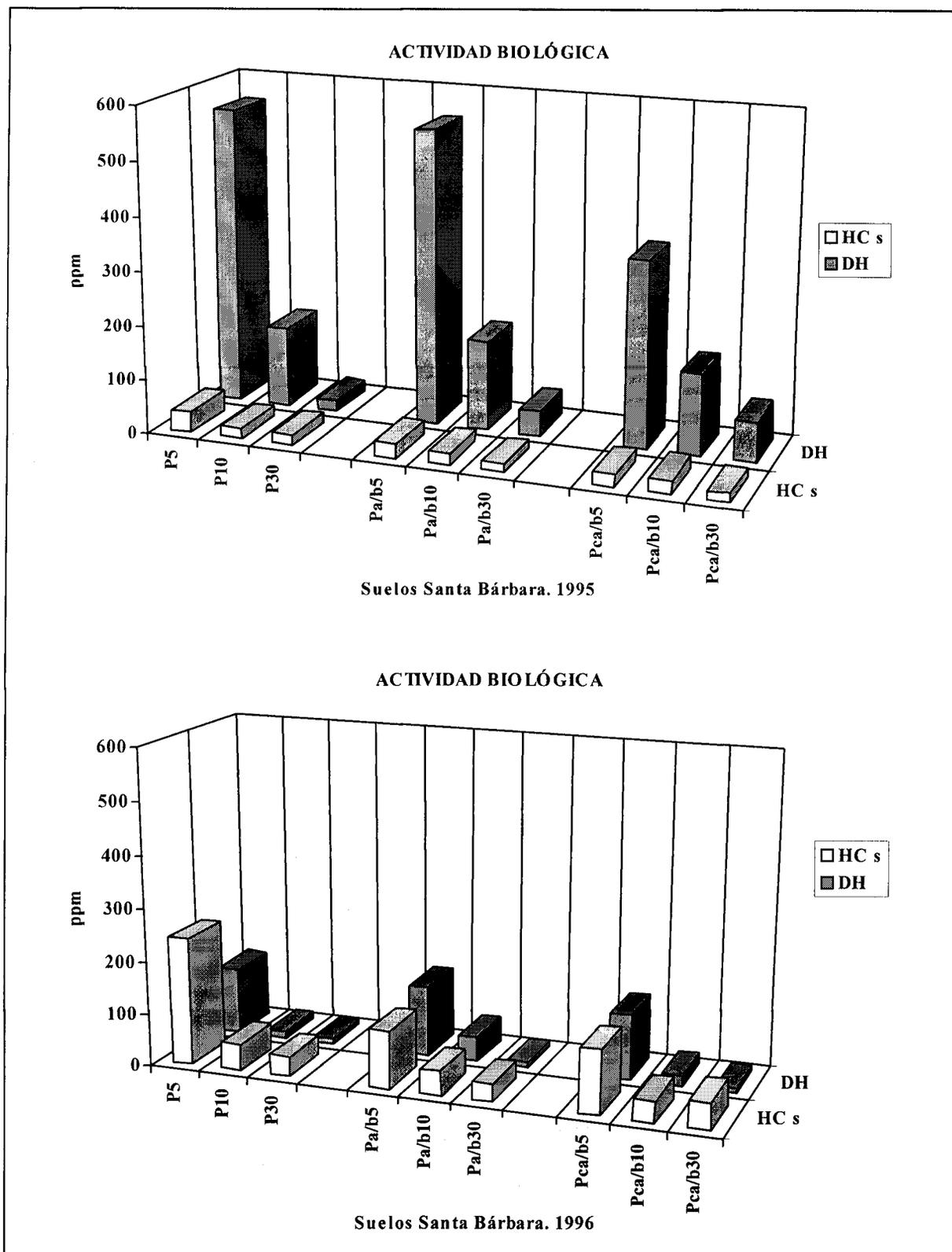


Figura 1. Relación entre actividad deshidrogenasa e hidratos de carbono solubles. 1995 y 1996.
 Figure 1. Dehydrogenase activity and soluble carbohydrates relations. 1995 and 1996.

alrededor de 11%. La misma relación con respecto al suelo bajo bosque se repite para los suelos muestreados en el año 1996 (Cuadro 1B).

Respecto a la variabilidad anual y cambios de cultivo en las rotaciones, en los que los niveles de C ponderados para los 30 cm fluctuaron entre 9,4 y 10%, la disminución de algo más de un punto en el porcentaje de C de los suelos el año 1996, respecto a los del año anterior, podría deberse a una fluctuación biológica propia del suelo o bien a una mayor mineralización de la MO en las condiciones de sequía imperante que caracterizó a 1996. En cuanto a los niveles de C en las distintas profundidades, el C superficial resultó el más alto, superando en al menos un punto el porcentaje de C de la estrata tomada de 5 a 10 cm; el contenido orgánico a mayor profundidad fue aproximadamente un 75% del superficial, lo que es aún considerado un valor alto.

No se detectaron grandes fluctuaciones de los niveles de C para los distintos tipos de cultivos o tratamientos ya que la pradera natural con o sin encalado, como la pradera avena-ballica con o sin encalado, presentaron valores semejantes de C (Figura 2).

Para evaluar el tipo de MO se fraccionó la materia orgánica estable. El rendimiento de la extracción de las fracciones de la MO se presenta en los Cuadros 2A y 2B para los años 95 y 96 respectivamente. Se observa un buen grado de extracción del material orgánico estable.

Luego para normalizar los datos de C y hacerlos comparables es necesario determinar el contenido de carbono en cada una de estas fracciones, lo que se hizo mediante análisis elemental (Cuadros 3A y 3B). Finalmente al multiplicar el rendimiento porcentual por el porcentaje de C que posee cada fracción se llega al valor corregido del porcentaje de carbono que aporta cada fracción orgánica al pool completo del carbono.

En la Figura 3 se presentan los "Balances de Carbono de los Suelos" que corresponden a los valores corregidos de carbono con que cada una de las fracciones lábiles o estables contribuyen al pool de la MO por cada 100 g de suelo, a fin de que comparativamente se pueda estimar la calidad y cantidad de cada uno de los tipos de MO, respecto al total.

La distribución de las distintas formas de C se presenta en la Figura 4, como sumatorias de las fracciones orgánicas expresadas porcentualmente respecto al C total. Se ve claramente el grado de humificación alcanzado por la MO en los estratos muestreados, ya que en los suelos 1995 sólo la suma de las fracciones AH y huminas superaron al 50% del C, siendo mayores aún para el suelo bajo bosque, los que alcanzaron niveles superiores al 70% de material muy estable. En las muestras recolectadas en 1996 los niveles de humificación de esas 2 fracciones superó al 60% en todas las muestras. Si se considera además el C aportado por los AF, estos aportaron 4 a 16% más de material húmico. Esta fracción, la de mayor labilidad del humus, junto a los hidratos de C son el principal aporte a los procesos biológicos cuya mayor o menor actividad está fuertemente ligado a la disponibilidad de este tipo de MO. El contenido de AF e HC constituyen las fracciones más dinámicas de la MO y ellas corresponderían a niveles del 30%. Sin embargo, a pesar de que los suelos se han manejado en cero labranza y sin quema de rastrojos, el nivel de HC_{tot} determinados no fue tan alto como se esperaba ya que correspondió a 3 a 5% del C total, en circunstancias que habitualmente los HC_{tot} fluctúan entre el 10 y 15% del C total de los suelos (Cheshire, 1979). Esto podría explicarse por la gran actividad microbiológica que tienen estos suelos, lo que lleva a una rápida humificación de los materiales orgánicos frescos agregados (Zunino *et al.*, 1982; Aguilera *et al.*, 1993; Manríquez, 1990).

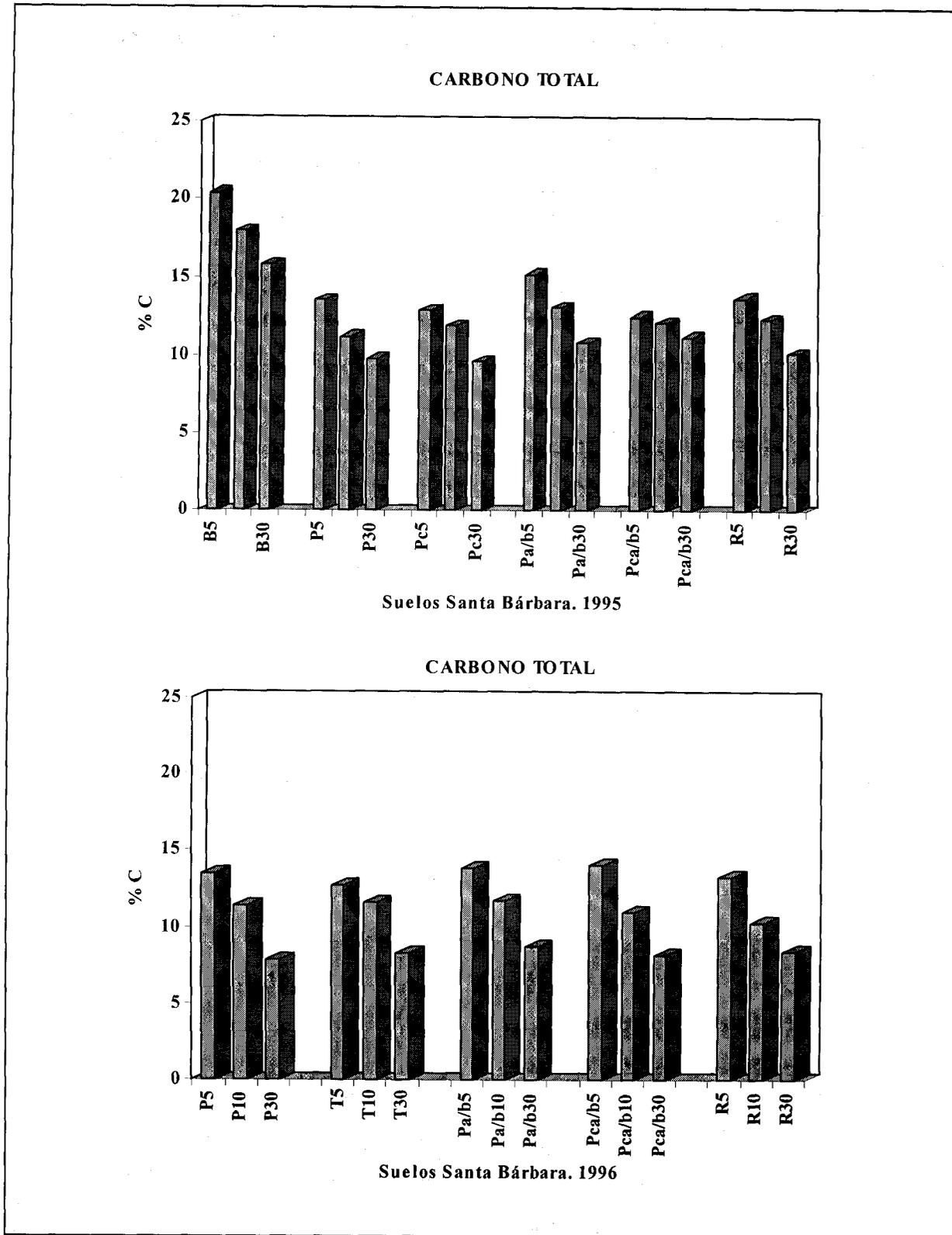


Figura 2. Carbono total de suelos Santa Bárbara. 1995 y 1996.
Figure 2. Total carbon of Santa Bárbara soils. 1995 and 1996.

Cuadro 2A. Rendimiento extracción materia orgánica de suelos Santa Bárbara. 1995
(g de material/100 g suelo seco)

Table 2A. Organic matter extraction yield of Santa Bárbara soils. 1995
(g of material/100 g dry soil)

Suelos	Res-Hum	HA	FA	Total
Bosque				
0- 5 cm	68,81	9,29	14,50	92,60
5-10 cm	70,71	13,44	22,30	106,45
10-20 cm	79,08	16,23	16,10	111,41
Pradera				
0- 5 cm	78,79	6,41	8,93	94,13
5-10 cm	76,00	5,51	26,70	108,21
10-20 cm	80,91	3,42	21,20	105,53
Pradera c/cal				
0- 5 cm	78,41	4,69	10,40	93,50
5-10 cm	81,26	4,80	10,00	96,06
10-20 cm	82,77	4,34	13,40	100,51
Pradera avena-ballica				
0- 5 cm	84,32	5,57	8,43	98,32
5-10 cm	84,60	3,98	7,03	95,61
10-20 cm	75,67	4,27	5,70	85,64
Pradera avena-ballica con cal				
0- 5 cm	80,26	9,14	17,60	107,00
5-10 cm	76,02	4,42	11,30	91,74
10-20 cm	75,30	3,37	10,20	88,87
Rotación intensiva				
0- 5 cm	90,36	7,42	11,44	109,22
5-10 cm	79,26	5,96	12,48	97,70
10-20 cm	78,53	3,79	24,23	106,55

Cuadro 2B. Rendimiento extracción materia orgánica de suelos Santa Bárbara. 1996
(g de material/100 g suelo seco)

Table 2B. Organic matter extraction yield of Santa Bárbara soils. 1996
(g of material/100 g dry soil)

Suelos	Res-Hum	HA	FA	Total
Pradera				
0- 5 cm	99,32	4,36	3,36	107
5-10 cm	89,61	4,11	2,29	96
10-30 cm	94,06	1,37	3,77	99
Suelo triticales				
0- 5 cm	85,89	4,43	2,16	92
5-10 cm	89,84	2,95	1,26	94
10-30 cm	107,08	1,59	1,14	110
Pradera avena-ballica				
0- 5 cm	87,28	4,22	2,04	94
5-10 cm	95,93	3,24	1,29	100
10-30 cm	101,86	2,40	1,11	105
Pradera avena-ballica con cal				
0- 5 cm	88,31	5,90	1,54	96
5-10 cm	98,67	3,88	2,19	105
10-30 cm	109,47	1,51	1,70	113
Rotación intensiva				
0- 5 cm	85,90	4,74	1,93	93
5-10 cm	78,20	4,31	4,61	87
10-30 cm	90,21	1,70	1,90	94

En los balances de C de los suelos 1995 y 1996, se incluyen los valores de C-biomásico correspondiente a los microorganismos de esas muestras. Los valores de biomasa corresponden a lo habitual en suelos, se estima entre 0,5 y 2% del C-total, lo que es coincidente con lo determinado para andisoles chilenos (Borie *et al.*, 1992).

Es destacable el enriquecimiento de MO 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 MO tanto disponible como estable, lo que es fundamental para los distintos roles que estos tipo de MO cumplen en el suelo. Esto

Cuadro 3A. Contenido porcentual de Carbono en las fracciones orgánicas suelos Santa Bárbara 1995

Table 3A. Percentage Carbon content in Santa Bárbara soils organic fractions 1995

Suelos	Res-Hum	HA	FA
Bosque			
0- 5 cm	12,7	52,0	11,3
5-10 cm	10,1	51,0	11,6
10-30 cm	9,0	50,9	9,5
Pradera			
0- 5 cm	5,1	51,0	12,0
5-10 cm	4,5	50,7	7,0
10-30 cm	3,9	51,7	7,4
Pradera con cal			
0- 5 cm	4,1	51,0	14,5
5-10 cm	4,9	51,4	13,1
10-30 cm	4,4	48,2	7,4
Pradera avena-ballica			
0- 5 cm	5,8	51,3	11,6
5-10 cm	5,8	52,6	11,7
10-30 cm	4,0	53,2	7,1
Pradera avena-ballica con cal			
0- 5 cm	5,9	51,0	7,8
5-10 cm	4,3	51,7	15,3
10-30 cm	4,0	53,2	13,0
Rotación intensiva			
0- 5 cm	5,0	51,8	6,1
5-10 cm	4,7	52,0	5,3
10-30 cm	4,1	53,0	4,5

Cuadro 3B. Contenido porcentual de Carbono en las fracciones orgánicas suelos Santa Bárbara. 1996

Table 3B. Percentage Carbon content in Santa Bárbara soils organic fractions. 1996

Suelos	Res-Hum	HA	FA
Bosque			
0- 5 cm	6,85	52,20	35,84
5-10 cm	6,04	52,04	40,03
10-30 cm	4,34	53,20	27,17
Suelo triticale			
0- 5 cm	6,93	52,11	41,00
5-10 cm	5,33	52,31	38,79
10-30 cm	4,05	54,58	38,66
Pradera avena-ballica			
0- 5 cm	7,15	53,29	34,63
5-10 cm	5,53	52,10	37,02
10-30 cm	4,46	55,60	38,59
Pradera avena-ballica con cal			
0- 5 cm	8,13	49,77	37,60
5-10 cm	5,58	50,74	37,92
10-30 cm	3,97	54,40	33,29
Rotación intensiva			
0- 5 cm	7,34	52,55	24,85
5-10 cm	6,00	51,58	27,77
10-30 cm	4,80	53,00	41,43

confirma la bondad del sistema conservacionista, aún para suelos con alto contenido orgánico, ya que no sólo se preserva el recurso MO sino que también se aporta material energético y de bajo peso molecular, necesario para movilizar elementos nutrientes.

En los Cuadros 1A y 1B se acompañan además los valores de N total para las muestras de suelo

1995 y 1996. El N total, ponderado para los primeros 30 cm del suelo 1995 en sus distintos manejos, fluctuó entre 0,66 a 0,81% con excepción de la muestra bajo bosque nativo que presentó 1% de N. Para las muestras de 1996 el N total ponderado fue cercano a 0,6% en todas las variables. Las relaciones C/N para estos potreros se mantuvieron muy estable con valores que fluctuaron entre 15 y 16.

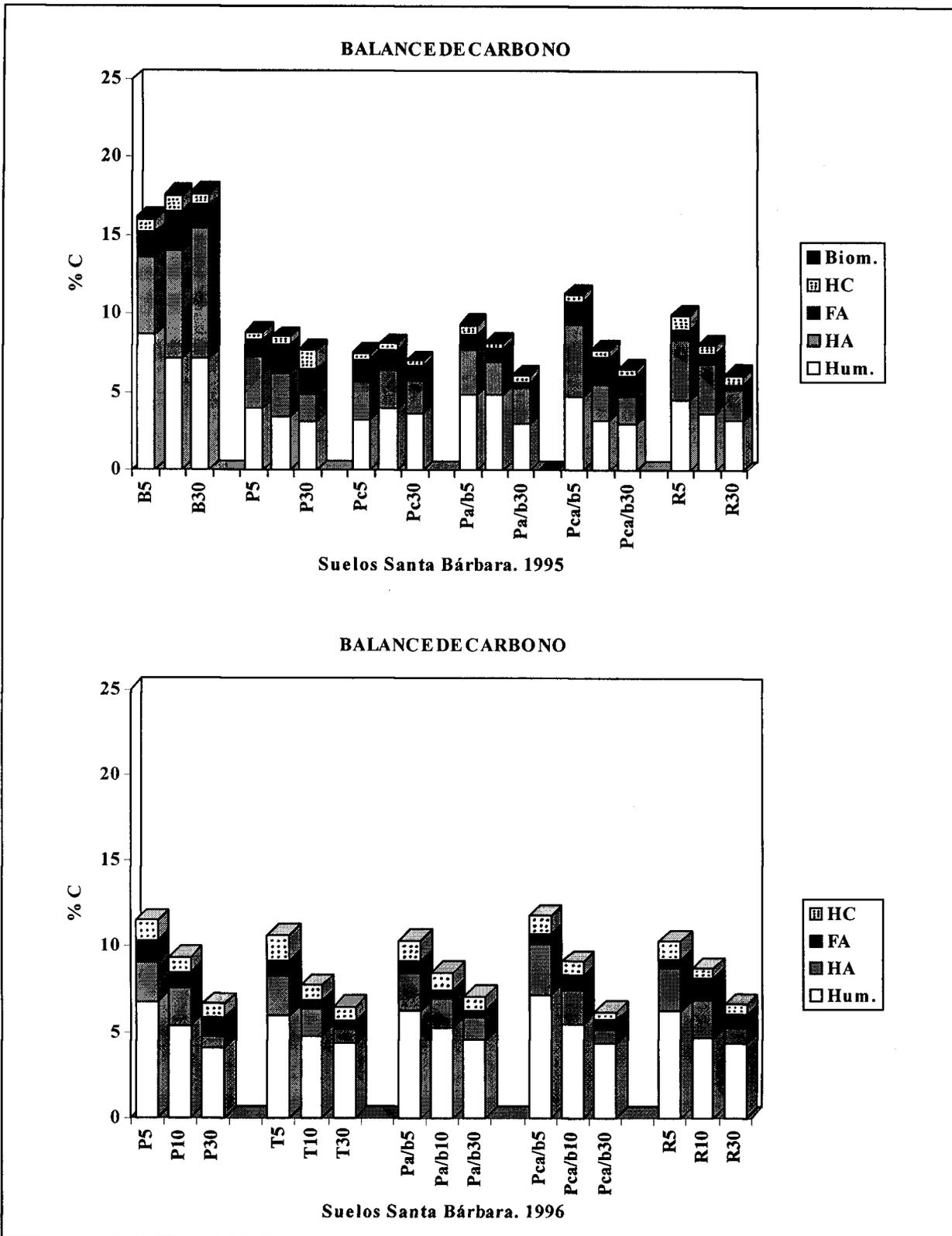


Figura 3. Balance de carbono en suelos Santa Bárbara. 1995 y 1996 (g/100 g material).
 Figure 3. Carbon balance of Santa Bárbara soils. 1995 and 1996 (g/100 g material).

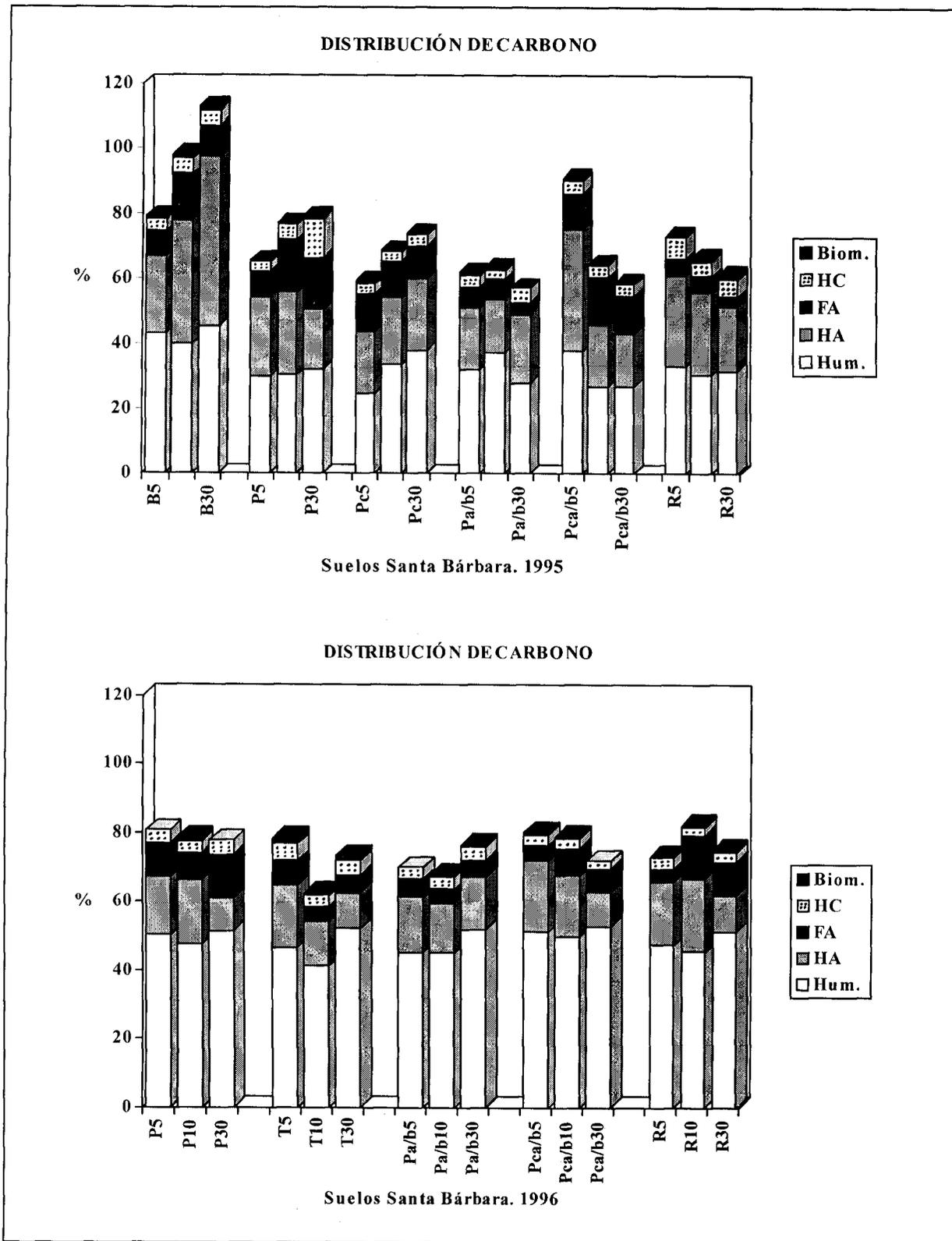


Figura 4. Distribución del carbono (%) en suelos Santa Bárbara. 1995 y 1996.

Figure 4. Carbon distribution in Santa Bárbara soils. 1995 and 1996.

CONCLUSIONES

Para el andisol Santa Bárbara, con un alto contenido de MO, los distintos tipos de manejo y cultivos, utilizando el sistema conservacionista cero labranza, no han incidido en una merma de su MO.

La calidad de dicha MO resulta equilibrada en contenidos de MO estable y disponible, lo que 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 sustentable de nuestros recursos.

RESUMEN

En un andisol Santa Bárbara, sometido al sistema de manejo conservacionista de no inversión por varios años, se evaluó en dos años consecutivos el efecto de distintos usos agronómicos en la composición y estabilidad de la materia orgánica (MO) y en la actividad biológica. Las variables de uso y manejo de suelos fueron: bosque nativo, praderas naturales e implantadas y suelo con rotación intensiva. Además, se evaluaron sistemas con y sin encalado. Se consideraron tres profundidades: 0-5 cm; 5-10 cm y 10-30 cm.

Los métodos para estudiar la materia orgánica: fraccionamiento de MO, determinación de hidratos de carbono, carbono-biomasa y dehidrogenasas, fueron los adaptados para suelos volcánicos chilenos. El C orgánico, en el suelo y fracciones orgánicas, se determinó mediante análisis elemental.

Los distintos usos y manejos no incidieron en una pérdida de MO como ocurre en otros tipos de labranza, al contrario se mantuvieron niveles altos de ella cercano al 11% de C ponderado para los primeros 30 cm. La calidad de dicha MO es muy estable; 70% corresponde a C humínico y ácidos húmicos mientras que un 30% corresponde a ácidos fúlvicos e hidratos de carbono, las fracciones más activas de la MO.

La actividad biológica y el contenido de hidratos de carbono presentaron fluctuaciones importantes entre los 2 años estudiados. A una disminución de hidratos de carbono se manifestó un aumento de actividad DH, lo que implica una mayor actividad de mineralización de C.

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

LITERATURA CITADA

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

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

- AGUILERA, M. 1990. Materia orgánica de suelos volcánicos de Chile. Estudio de sus principales características físico-químicas. Tesis Magister en Química, Universidad de Chile. 174 p.
- AGUILERA, S.M.; BORIE, G.; PEIRANO, P. Y MAC DONALD, R. 1993. Actividad biológica de suelos ñadis y efecto de la adición de carbono, nitrógeno y fósforo. Soc. Chilena de la Ciencia del Suelo. Boletín N° 10: 1-10.
- AGUILERA, S.M.; BORIE, G.; DEL CANTO, P. Y PEIRANO, P. 1996. Contribución del sistema conservacionista "cero labranza" en los niveles de C, P y bioactividad de suelo Santa Bárbara. Agricultura Técnica (Chile) 56(4): 250-254.
- BORIE, G.; PEIRANO, A.; AGUILERA, S.M. Y PEIRANO, P. 1992. Biomasa de suelos derivados de cenizas volcánicas. Determinación del factor biomásico. Agricultura Técnica (Chile) 52(4): 372-375.
- BORIE, G.; AGUILERA, S.M.; PEIRANO, P. Y CAIOZZI, M. 1995. Pool lábil de carbono en suelos volcánicos chilenos. Agricultura Técnica (Chile) 55(3-4): 262-266.
- BORIE, F. 1994. Microorganismos y cero labranza. Frontera Agrícola Año 2 N° 1: 13-17.
- CHESCHIRE, M.V. 1979. Nature and origin of carbohydrates in soils. Academic Press Inc. London. 216 p.
- 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 N° 1: 3-12.
- CROVETTO, C. 1994b. Conceptos sobre rastrojos y la cero labranza. III Jornadas Nacionales de Cero Labranza. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional Carillanca, Temuco, Chile. pp. 73-94.
- DEL CANTO, P. 1994a. Agricultura sustentable, fertilidad de suelos y cero labranza en la precordillera andina de la VIII Región. III Jornadas Nacionales de Cero Labranza. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional Carillanca. Temuco, Chile. pp. 95-114.
- DEL CANTO, P. 1994b. Cero labranza. La experiencia de los agricultores. Frontera Agrícola Año 2 N° 1: 32-37.
- KERN, J.S. AND JOHNSON, M.G. 1993. Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbon levels. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 200-210.
- MANRÍQUEZ, C. 1990. Dinámica de la materia orgánica en suelos volcánicos chilenos. Velocidad de humificación de C14. Tesis de grado título de Químico-Farmacéutico. Universidad de Chile.
- MCBRIDE, M.B. 1994. Environmental Chemistry of Soils. Oxford University Press. USA. 406 p.
- MILLER, R. AND DONAHUE, R. 1990. Tillage Systems. *In*: Soils. An Introduction to Soils and Plant Growth. Prentice Hall, USA. 736 p.
- 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 N° 1: 18-26.

- RASMUSSEN, P.E. AND COLLINS, H.P. 1991. Long-term impacts of tillage, fertilizer and crop residue on soil organic matter in temperate semiarid regions. *Advances in Agronomy* 45: 93-134.
- ROUANET, J.L. 1994. Cero Labranza. Terceras Jornadas Nacionales de Cero Labranza. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional Carillanca. Temuco, Chile. Introducción. s.p.
- SADZAWKA, A. 1994. Cero Labranza y características químicas del suelo. Terceras Jornadas Nacionales de Cero Labranza. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional Carillanca. Temuco, Chile. pp. 1-12.
- SANDOVAL, M.; PEÑA, L. Y CARRASCO, P. 1994. Labranza de conservación de suelos en terrenos de lomaje de la precordillera: cuenca del río Biobío. III Jornadas Nac. Cero Labranza. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional Carillanca. pp. 129-138.
- STEVENSON, F.J. 1982. Humus chemistry, genesis, composition, reactions. John Wiley and Sons. New York, USA. 443 p.
- ZUNINO, H.; BORIE, F.; AGUILERA, M.; MARTIN, J.P. AND HAIDER, K. 1982. Decomposition of C14 labeled glucose, plant and microbial products and phenols in volcanic ash-derived soils of Chile. *Soil Biol. Biochem.* 14: 37-43.