DINAMICA MICROBIANA DEL SUELO EN UN DESMONTE SELECTIVO DEL CHACO ARIDO ARGENTINO

P TORRES, A ABRIL

Cátedra de Microbiología Agrícola. Facultad de Ciencias Agropecuarias.UNC CC 509 (5000). Córdoba, Argentina

MICROBIAL DYNAMICS OF SOIL IN A SELECTIVE CLEARING IN THE ARGENTINE ARID CHACO

Setting up of livestock production in the Argentine Arid Chaco led to shrub invasion and desertification problems due to tree elimination. This trend could be avoided throught a more rational management of the woodland resources like selective clearing. The objective of this study was to evaluate the efficiency of nutrient cycling of selective clearing system by physical chemical and biological indicators. Three situations were chosen to study in the NW of Córdoba, Cruz del Eje Department 1) woodland (control), 2) under canopy of *Aspidosperma quebracho blanco* of selective clearing, 3) interspaces of *Aspidosperma quebracho blanco* in a selective clearing. Soil and litter samples were taken every 4 months during one year to determining 1) soil parameters like apparent density, structural stability, pH, organic matter, nitrogen, water content, 2) litter analysis: carbon, nitrogen, dry weight, 3) soil biological parameters: biological activity, ammonifiers, nitrifiers, cellulolitics and free living N₂-fixing organisms. Significant differences in physical parameters like apparent density, structural stability and soil water content were observed in comparison with the control. The chemical-biological parameters were not significantly different from the control in the selective clearing. It was concluded hat selective clearing allowed a rational management of soil resources keeping fertility conditions similar to natural ecosystem.

Key words: Dry Chaco ecosystems- Selective clearing- Soil fertility- Soil microorganisms

INTRODUCCION

En zonas áridas, donde los factores climáticos son limitantes, el equilibrio biopedológico es muy frágil y un manejo inadecuado puede ocasionar daños a veces irreversibles (Alexander 1980). Este equilibrio está dado por el aporte energético-nutritivo de los restos vegetales en interacción dinámica con la fauna, las propiedades físicoquímicas y biológicas del suelo, la acción del clima y el manejo del hombre (Frioni 1990). Los elementos arbóreos son quienes asumen el control de la estructura y funcionamiento de las comunidades que integran, adquiriendo en virtud de su número, tamaño y cobertura, el carácter de dominantes ecológicos. La eliminación de las especies dominantes, en el Chaco Arido Argentino, con el objeto de instalar explotaciones ganaderas, está conduciendo a problemas de arbustización y en las zonas más áridas, al avance de médanos (Morello, Saravia Toledo 1959). Esto ha conducido a diversos estudios que contribuyen a establecer pautas de manejo silvopastoril tendientes a disminuir el deterioro de este ecosistema (Abril et al. 1993, Mazzarino et al. 1991b)

Considerando al Chaco como un ecosistema de sabana, se pueden extrapolar estudios de interacción árbol-pastura de la Sabana Africana, en los cuales se concluye que la disponibilidad de agua y nutrientes determinan la producción primaria de la sabana en su totalidad, pero es el grado de leñosas de la misma el que condicionan la fracción de la producción que proviene de la pastura (Scholes, Walker 1993). En base a esta concepción, Walker (1993) recomienda, para el Chaco Arido, estudios asociados que examinen la interrelación de la densidad arbórea con el desarrollo de pasturas, para determinar la población óptima de árboles. Díaz (1992) sugiere la utilización de desmontes selectivos, manteniendo una cobertura arbórea entre el 20% y el 40% y de esta manera asegurar una alta producción de forraje.

La pérdida del estrato arbóreo, sin un adecuado manejo, ocasiona una mayor insolación, menor aporte de sustratos orgánicos y economía de agua, mayor compactación y por ende, se produce una menor actividad en la vida del suelo con la consecuente disminución de los procesos de ciclado de nutrientes (Bell 1979). Por lo tanto un mayor conocimiento de la actividad de la microflora edáfica, comprometida en la transformación de los principales elementos del suelo, es fundamental para el uso y conservación del mismo. En función de los factores biológicos, climáticos y culturales, imperantes en este ecosistema árido, el estudio de la dinámica de los

microorganismos edáficos es prioritario a la hora de obtener mayor información sobre el manejo de los recursos naturales tendientes a posibilitar el mantenimiento de una elevada diversidad y mejorar la estabilidad del recurso.

Sobre la base de los antecedentes enunciados se plantea la siguiente hipótesis de trabajo: el manejo adecuado de un desmonte selectivo, permite mantener a los suelos de zonas áridas, en condiciones de fertilidad semejantes al ecosistema natural, con miras a lograr un desarrollo sustentable de la región. Por lo cual se establece el siguiente objetivo: analizar por medio de indicadores biológicos y químicos la eficiencia del ciclado de nutrientes en un desmonte selectivo, sobre la base de la fluctuación estacional de la población microbiana responsable de la fertilidad edáfica y su correlación con parámetros fisicos y químicos del suelo

MATERIALES Y METODOS

Zona de estudio

La zona de estudio se encuentra en el Dpto. Cruz del Eje (Pedanía San Marcos), situado al NO de la provincia de Córdoba. Pertenece al Chaco Arido Argentino, caracterizado por temperaturas de verano elevadas e inviernos moderados; con precipitaciones estivales y promedio anual de lluvias entre 300-500 mm; índice de evapotranspiración potencial (Thornthwaite) menor de -20. (Morello, Saravia Toledo 1959). La zona presenta suelos Haplustoles torriorténticos en lomas loéssicas y derrames altos y Haplustoles torrifluvéntico en derrames intermedios y bajos, ambos son francos en superfície y subsuelo, profundos (>75 cm). La vegetación se encuadra dentro de la Provincia Chaqueña, Distrito Occidental (Cabrera 1976). El área corresponde a un bosque dominado por Aspidosperma quebracho blanco Schlecht y Prosopis flexuosa DC, con abundante estrato arbustivo (70% de cobertura arbórea) y estrato herbáceo constituido por gramíneas de los géneros Trichloris, Setaria y Pappophorum. Dentro de esta área se realizó en 1989-1990, un desmonte selectivo eliminándose árboles y arbustos, dejando a Aspidosperma quebracho blanco (12% de cobertura arbórea), con posterior rolado y sembrado de Panicum maximum ev Gatton Panic en forma simultanea. Salvo troncos y ramas gruesas, el resto del material permaneció en el campo. La gramínea se mantiene en buenas condiciones mediante rolado cada 2 a 3 años para eliminar rebrotes de Larrea divaricata. Se somete la pastura desde septiembre a enero con ganado bovino 1-2 ha-1.

Diseño experimental y muestreo

Se estableció un lote de aprox. 20m x 20m, en cada uno de los siguientes tratamientos 1) bosque (testigo), 2) bajo canopia de los árboles del desmonte selectivo, 3) interespacios de los árboles del desmonte selectivo. Se tomaron muestras trimestrales de suelo hasta una profundidad de 15 cm y de broza superficial (0,25 m²), con tres repeticiones, durante un año, a partir de mayo de 1993, correspondiente a las estaciones de otoño, invierno, primavera y verano: El bosque se muestreó al azar en la parcela, bajo canopia en el desmonte selectivo se muestrearon al azar a 50 cm del tronco, los interespacios en el desmonde selectivo se muestrearon al azar a 150 cm de la proyección de la copa. El suelo fue secado a temperatura ambiente durante 24 horas y conservado a 4 °C hasta su procesamiento.

Determinaciones analíticas

Se determinaron los parámetros físicos y gérmicos por: densidad aparente por el método del cilindro de Kopeki (Blake 1965) la estabilidad estructural método de Mac Calla (De Leenheer, De Boodt 1958). Expresado como estabilidad relativa en % con respecto al testigo, el pH en suspensión suelo/agua, con proporción de volúmen 1/1, el contenido de humedad por secado de muestras a 70°C, el porcentaje de materia orgánica por el método de Walkley v Black (Nelson, Sommer 1982) y el porcentaje de nitrógeno total por el método de Kjeldahl. El análisis de la broza se realizó sobre material secado a 60°C. El porcentaje de nitrógeno se determinó porel método de Kjeldahl, el orcentaje de carbono de por el método de Walkley y Black (Nelson, Sommer 1982). Los parámetros biológico del suelo se determinaron como número de microorganismos amonificadores, nitrificadores y celulolíticos. Se estimó utilizando la técnica del número más probable (NMP) (Pochon, Tardieux 1962), número de microorganismos fijadores de nitrógeno de vida libre por la técnica de recuento en placa con medio LG (Dobereiner 1980) y la actividad biológica global por el método de desprendimiento de CO, a 28°C durante 7 días de incubación (Dommergues 1968). Los datos climáticos se obtuvieron de los registros de la estación meteorológica IPEA- San Marcos Sierra. La evaluación estadística se realizó mediante análisis de varianza y test de Tukey (P<0.05). Se realizó entre tratamiento, muestreos y repeticiones. Se calcularon coeficientes de correlación entre los parámetros químicos y biológicos (P>0,05).

RESULTADOS Y DISCUSION

Caracterización del bosque testigo

Del análisis del bosque considerado como testigo se obtuvieron los siguientes resultados. Los suelos del área en estudio presentaron en su superficie (0-15 cm) valores de pH entre 6,94-7,1; con poca compactación, lo que determina una baja densidad: 0,72 g.ml-1 y con excelente estabilidad estructural, clasificación según De Boodt y De Leehneer (1958), lo que contribuye a una rápida infiltración de agua y reduce la susceptibilidad a la erosión hídrica (Tabla 1). La cantidad de residuos vegetales presentó un aumento significativo (P<0,05) durante el invierno y la primavera, debido al mayor aporte de broza por algunos árboles y arbustos después de las heladas y en el comienzo de las Iluvias, por la caída de hojas de Prosopis sp (Figura 1). La calidad del sustrato aportado (relación C/N) varió significativamente durante el año presentando un máximo en primavera y verano: 47/1. Esta alta relación se puede atribuir al hecho de que estos restos vegetales provienen de especies resistentes a las condiciones invernales, que defolian frente a la brotación, por lo que se trataría de hojas muy lignificadas de un año anterior (Figura 2). Siendo este bosque un sistema que no sufre perturbaciones de laboreo y cultivo, el alto contenido de materia orgánica del suelo (4,55% promedio anual) no presentó fluctuaciones significativas a lo largo del año (P<0,05), ocurriendo lo mismo con el contenido de nitrógeno total. (Figuras 3 y 4).

 $TABLA\ 1: Variación\ estacional\ de\ densidad\ aparente\ (DA),\ estabilidad\ relativa\ (ER)\ y\ contenido\ de\ humedad\ (HUM)\ para\ cada\ tratamiento$

	Otoño			Estació Invierno			ón Primavera			Verano		
	HUM (%)	DA (g ml·1)	ER (%)	HUM (%)	DA (g ml ⁻¹)	ER (%)	HUM (%)	DA (g ml ⁻¹)	ER (%)	HUM (%)	DA (g ml ⁻¹)	ER (%)
Bosque testigo	2,59 b	0,60 b	100 a	5,44 a	0,79 b	100 a	3,37 с	0,86 b	100 a	7,79 с	0,63 b	100 a
Bajo canopia	4,15 a	0,60 b	99,1 a	4,76 a	0,92 ab	71,01 a	6,83 a	1,23 a	100 a	14,4 a	1,04 a	100 a
Inter- espacio	4,16 a	0,80 a	92,8 a	3,87 b	1,1 a	98,2 a	6,77 a	1,25 a	100 a	10,9 b	1,25 a	100 a

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos (P < 0.05)

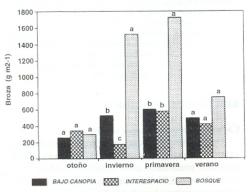


Figura 1. Cantidad de broza determinada estacionalmente para cada tratamiento. Tratamientos con la misma letra no difieren significativamente (P>0,05)

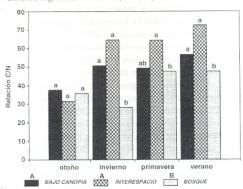


Figura 2. Calidad de broza determinada estacionalmente para cada tratamiento. Tratamientos con la misma letra no difieren significativamente (P>0,05). Letras minusculas indican diferencias entre tratamientos por muestreos. Letras mayusculas indican diferencias entre tratamiento.

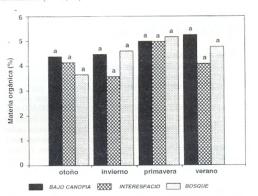


Figura 3. Porcentaje de materia orgánica determinada estacionalmente en muestras de suelo (0-15 cm de prof.) para cada tratamiento. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas entre tratamientos (P>0.05)

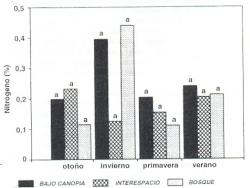


Figura 4. Contenido de nitrógeno determinado estacionalmente en muestras de suelo (0-15~cm de prof.) para cada tratamiento. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas entre tratamientos (P>0,05)

La actividad biológica global, medida por el desprendimiento de CO₂, presentó variaciones estacionales significativas durante el año con un máximo en primavera por las condiciones favorables de temperatura y humedad. (Figura 5 y 6). Esta actividad mostró correlación positiva (P> 0,05) con la cantidad (r²=0,49) y calidad del sustrato (relelación C/N) (r²=0,44) y con el contenido de materia orgánica del suelo (r²=0,50), lo que indica no solo la presencia y diversidad de vida del suelo, sino también la disponibilidad de sustrato en condiciones óptimas. En el análisis de los grupos microbianos, se observó que los microorganismos celulolíticos, encargados de degradar la gran masa de celulosa que llega al suelo, mostraron densidades significativamente mayores durante primavera y verano y disminuyeron en otoño (Figura 7). Estos or-

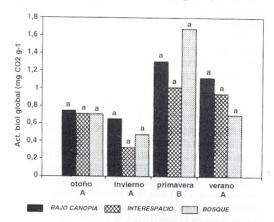


Figura 5. Actividad biológica global determinada estacionalmente en muestras de suelo (0-15 cm de prof.) para cada tratamiento. Tratamientos con la misma letra minuscula no difieren significativamente Por cada fecha de muestreo letras mayusculas diferentes indican diferencias entre fechas de muestreo (P>0.05)

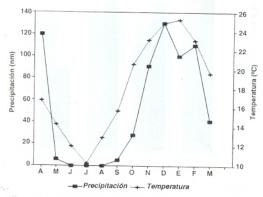


Figura 6. Precipitaciones y temperaturas mensuales registradas en el período comprendido entre abril/1993 y abril/1994

ganismos constituyen una población muy diversificada, adaptada a las más variadas condiciones ecológicas, siendo su actividad estimulada con la elevación de la temperatura y las precipitaciones, coincidente con los meses en los que fueron más abundantes. El descenso de su número en otoño se puede atribuir a la misma causa inversa, bajas temperaturas y sin precipitación. El número de organismos celulolíticos estableció correlaciones positivas (P>0,05) con el contenido de materia orgánica $(r^2=0,34)$ y con la actividad biológica global $(r^2=0,52)$ a causa de ser sustrato y producto de su metabolismo respectivamente, y con la relación C/N (r²= 0,53). En valores absolutos la densidad de microorganismos celulolíticos en el bosque, es considerablemente superior a la citada en zonas sin laboreo de regiones semiáridas (Abril et al. 1990)

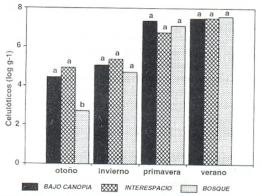


Figura 7. Número de organismos celulóticos determinados estacionalmente en muestras de suelo (0-15 cm de prof.) para cada tratamiento. Tratamientos con la misma letra no difieren significativamente (P>0.05).

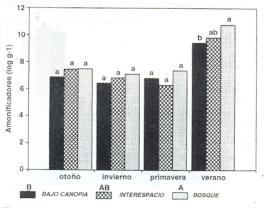


Figura 8. Numero de organismos amonificadores determinados estacionalmente en muestras de suelo (0-15 cm de prof.) para cada tratamiento. Tratamientos con la misma letra no difieren significativamente (P>0,05). Letras minusculas indican diferencias entre tratamientos por muestreo. Letras mayusculas indican diferencias entre tratamiento.

Considerando los organismos del ciclo del nitrógeno, se observó que los amonificadores fueron una población poco sensible a cambios del medio ambiente por su falta de especificidad de sustrato y diversidad de especies, se mantuvieron estables durante el año. Experimentó solamente un aumento significativo en el verano, correlacionado con el contenido de humedad del suelo (r2= 0,50) (Figura 8). La densidad de los microorganismos nitrificadores fluctuó significativamente a lo largo del año, por ser un grupo de gran similitud fisiológica y muy sensible a condiciones ecológicas como el nivel de oxígeno, la temperatura y la humedad (Figura 9). Los máximos valores se observaron en verano, correlacionados con los amonificadores (r²=0,36) al interactuar en forma sinérgica estableciéndose un comensalismo por la disponibilidad del amonio. Con respecto a los organismos fijadores de nitrógeno de vida libre, no presentaron diferencias significativas en sus fluctuaciones estacionales (Figura 10). En éste grupo la influencia de los factores climáticos es baja (Giambiagi 1966) pero son estimulados por secreciones radiculares por lo que se mantiene estable en un bosque en equilibrio climáxico. En valores absolutos, los diferentes grupos del ciclo del nitrógeno, mostraron valores normales para suelos de zonas áridas y semiáridas (Giambiagi 1969; Abril et al 1990)

Comparación con los tratamientos del desmonte selectivo

Para establecer las variaciones entre tratamiento se consideraron los valores promedio de las muestras tomadas bajo canopia y espacios abiertos del desmonte selectivo y las muestras del bosque testigo. En general los parámetros analizados en el desmonte selectivo y su comportamiento anual no difirieron significativamente del

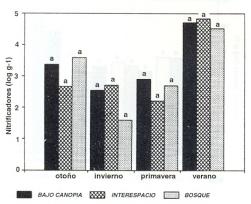


Figura 9. Número de organismos nitrificadores determinados estacionalmente en muestras de suelo (0-15 cm de prof.) Letras iguales indican que no hay diferencias significativas entre tratamiento (P>0,05).

observado en el bosque testigo, salvo algunas excepciones. Los valores de pH no mostraron diferencias con el testigo. Los suelos del desmonte parcial (12% cobertura arbórea) presentaron diferencias significativas en densidad aparente con el bosque testigo (P<0,05). Esta diferencia se hace notoria en los interespacios del desmonte selectivo, en los cuales la densidad fue significativamente mayor. Bajo quebracho presentó un valor intermedio con el testigo (Tabla 1). La causa de esta alteración física se debe a que el suelo fue sometido a laboreos para el desmonte e implantación de pasturas. Además la carga animal que soporta, 1 a 2 cabeza ha-1, produce la compactación de los mismos (Warren et al. 1986). Según Lull (1959) la sensibilidad a la compactación se incrementa con la humedad, por lo tanto el pisoteo de los animales en suelos muy húmedos puede producir deterioro físicomecánico. Sin embargo ésta alta densidad aparente no supera 1,5 gml-1, valor máximo donde la infiltración del agua y la penetración radicular se ven afectada seriamente (Thompson, Troeh 1980), ya que la acción de los animales es rotativa en el año y al establecer períodos de descanso no permite una severa compactación.

La estabilidad estructural del suelo evidencia el efecto del uso al presentar pérdidas de estabilidad. Estas pérdidas solamente se evidencian en los meses de otoño e invierno, como respuesta a la carga animal del verano, con posterior recuperación en los siguientes meses (Tabla 1). El porcentaje de humedad fue significativamente mayor en los tratamientos del desmonte selectivo, en especial bajo A. quebracho blanco (Tabla 1). Si bien el desmonte implica una mayor exposición del suelo a la insolación, los restos acumulados en la superficie y la pastura implantada lo protegen, disminuyendo la evaporación. Por otro lado, la eliminación de arbustos disminuirá las perdidas por

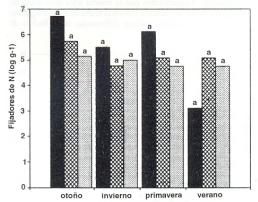


Figura 10. Número de organismos fijadores de nitrógeno determinados estacionalmente en muestras de suelo (0-15 cm de prof.) para cada tratamiento. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas entre tratamientos (P>0,05).

transpiración, dejando más agua disponible en el suelo (Stone 1973).

El desmonte selectivo aporta significativamente menor cantidad de restos vegetales en relación al bosque testigo en invierno y primavera, probablemente a causa del pastoreo y del desmonte de árboles y arbustos responsables del mayor aporte en el bosque. Dentro del desmonte selectivo se igualan los valores entre ambos tratamientos, ya que en los espacios abiertos entre quebrachos permanecen restos de material proveniente del desmonte (Figura 1).

La relación C/N de éste aporte fue más elevada que el testigo, en el cual la cobertura herbácea y las hojas de leguminosas disminuyen la relación. La cobertura de gramíneas, los restos lignificados del desmonte (restos leñosos y raíces muertas) y los altos valores de porcentaje de carbono de la broza bajo A. quebracho blanco citados por Braun Wilke (1982) serían la causa de esta elevada relación. La calidad de los restos vegetales, en los tratamientos correspondientes al desmonte selectivo, a diferencia del testigo, no fluctuó durante el año ya que el material vegetal que recibe proviene solo de quebrachos y de gramíneas (Figura 2). Según Alvarez et al. (1988) una alta relación C/N del material vegetal incorporado no alteraría la velocidad de desarrollo microbiano ni su actividad si el suelo es suficientemente rico en nitrógeno. Tal es el caso de los tratamientos del desmonte selectivo que presentan un buen contenido de nitrógeno total, que no difieren significativamente del testigo (Figura 4). No se detectaron diferencias significativas en los niveles de materia orgánica comparando los tres tratamientos entre sí. No se reflejan pérdidas de materia orgánica después de 5 años de uso sostenido, corroborándose la acción positiva del aporte de restos vegetales de los quebrachos al suelo, de la permanencia en el desmonte selectivo de materiales provenientes de la tala que mantienen niveles relativamente altos de sustrato energético y el adecuado manejo del mismo sin prácticas de quemas, acordonados, etc; (Figura 3)

La actividad biológica global observada en el desmonte selectivo, no difiere significativamente con el testigo, no teniendo incidencia la calidad del sustrato, (Figura 5). El número de organismos celulolíticos, nitrificadores y fijadores de nitrógeno, no difieren significativamente del testigo (Figura 7, 9, 10). Si lo hicieron los organismos amonificadores, presentando un máximo en el testigo y un mínimo bajo canopia, debido a que el bosque recibe un aporte importante de restos vegetales provenientes de leguminosas con mayor calidad nitrogenada (Mazzarino et al 1991) (Figura 8). Con respecto a las fluctuaciones estacionales, los organismos celulolíticos del desmonte selectivo difirieron del comportamiento observado en el testigo, presentando en otoño diferencias significativas en ambos tratamientos (Figura 7). Este aumento de la

población en el desmonte selectivo coincide con la época de defoliación de las gramíneas, por lo tanto aumenta el aporte de celulosa a nivel rizosférico por descamación y muerte de tejidos (Frioni 1990). Los organismos amonificadores del desmonte selectivo, durante la estación estival fueron significativamente menores en ambos tratamientos con respecto al testigo (Figura 8).

Las correlaciones establecidas en el desmonte selectivo no difirieron de lo observado en el testigo, salvo los siguientes casos. Los organismos fijadores de nitrógeno, en el tratamiento bajo canopia, se correlacionaron (P>0,05) negativamente con el contenido de humedad del suelo (r²=0,41). Las condiciones ecológicas óptimas de la Familia Azotobacteriaceae se encuentran a niveles relativamente bajos de humedad (Frioni 1990). Por otro lado, la mayor acumulación de material vegetal bajo los quebrachos, por eliminación de arbustos, determina una mayor disponibilidad de agua que afecta el comportamiento de los microorganismos. Los restantes grupos fisiológicos se correlacionaron positivamente (P>0,05) con el contenido de humedad, con amonificadores (r2= 0,61-0,48), con nitrificadores ($r^2=0,59-0,58$), con celulolíticos ($r^2=0,35-0,58$) 0,36) (bajo y fuera de A. quebracho blanco respectivamente). Tendría su explicación en las diferencias significativas encontradas en el contenido de humedad del

La eliminación de parte de la cobertura vegetal en el desmonte selectivo determinó variabilidad en los parámetros físicos del suelo (densidad aparente, estabilidad estructural y contenido de humedad) en comparación al bosque usado como testigo, sumándose factores como la carga animal que soporta y la implantación de pasturas. Sin embargo esto no influyó, en gran medida, en los indicadores biológicos y químicos del suelo, manteniéndose niveles similares de materia orgánica y nitrógeno total respecto a las condiciones naturales. Esto evidencia que el desmonte selectivo permite un manejo racional de las reservas del suelo, obteniendo de ésta forma adecuada densidad y actividad de los diferentes grupos microbianos, no produciéndose alteraciones en el ciclado de nutrientes. Es posible que la similitud de valores en los tratamientos del desmonte selectivos cambien con el tiempo a medida que se descompongan los residuos provenientes de la tala, asemejándose al comportamiento de un desmonte total.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo pudo ser realizado gracias al apoyo de los integrantes de la Cátedra Microbiología Agrícola. A S Charriere quién facilitó la estancia Quilpo Norte para la realización de este estudio, a D Camuzzo por el apoyo en técnicas de laboratorio y a la Dirección de Recursos Naturales de la S.M.A.G y R.N de la Pcia. de Córdoba por suministrar la Carta de Suelo de la zona.

REFERENCIAS

- Abril A, Acosta M, Oliva L, Bachmeier O. 1990. Dinámica estacional de la microflora en un Haplustol típico de la Región Semiárida bajo diferentes manejos agrícolas. Ciencia del suelo 8:31-39
- Abril A, Acosta M, Bachmeir O, Rollan A. 1993. Efecto de la cobertura vegetal sobre la actividad biológica de un suelo del Chaco Arido. Rev. Arg. de Microb. 25:15-25
- Alexander M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo. AGT (ed.). SA. México. 483 pp
- Alvarez, R.; Brazzola, G. y Santanatoglia O., 1988. Dinámica de la respiración y de la biomasa microbiana a un suelo suplementado con restos de maíz y soja. Rev. Arg. de Microb. 20 87-96.
- Apostolatos, G., 1984. Technicall note: a rapid inexpensive procedure for determination of nitrogen in plant materials. En journal of Food Technology:639-642
- Bell R. 1979. The effect of soil nutrient availability on community structure in african ecosytems. P.J. Huntley y B.j. Walker (ed.). In Ecology of Tropical Savannas. Simposium Kruger National Park. South Africa
- Blake GR, 1965, Bulk density. Blak, C.A. (ed.). In Methods of soil analysis. Part 1. 2nded. Agronomy Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.:374-390
- Braun Wilke RH. 1982. Net primary productivity and nitrogen and carbon distribution in two xerophytic communities of central-west Argentina. Plant and Soil 67:315-323
- Cabrera A. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería. 2º Edición 2: 1-85. ACME. Bs.As.
- De Leenheer L., De Boodt M. 1958. Soil structure index and planth growth. Proceeding of the International Symposium on Soil Structure, Ghent, Belgica: 234-244
- Díaz R. 1992. Recuperación y mejoramiento de los recursos forrajeros. Karlin U.y Coirini R. (ed.). En Sistemas Agroforestales para pequeños productores de zonas áridas. G.T.Z. Córdoba: 26-29
- Döbereiner J. 1980. Forage grasses and grain crops. F.J.Ber-

- gersen-Wiley & Sons (ed). In Methods for evaluating biological nitrogen fixation: 535-555
- Dommergues Y. 1968. Degagement tellurique du CO₂. Messure et signification. Ann. Inst. Pasteur. 115:627-656
- Frioni L. 1990. Ecología microbiana del suelo. Universidad de la República Edit. Montevideo. Uruguay. 519 pp
- Giambiagi N. 1966. Dinámica de la microflora del nitrógeno en el perfil de un suelo Brunizem bajo cubierta de gramínea. Primer coloquio latinoamericano de biología del suelo. UNESCO. Montevideo: 41-52
- Giambiagi N. 1969. Bacterias nitrificadoras, su actividad real y potencial en el curso del año en suelos de Pergamino y Marcos Juarez, (Rep. Arg.). Rev. Ecol. Biol. Sol. 6:277-290
- Lull HW. 1959. Soil compaction on forest and range lands. Forest Serv. USDA. Misc. Pub. No 768
- Mazzarino MJ, OLiva L, Abril A, Acosta M. 1991. Factors affecting nitrogen dynamics in a semiarid woodland (Dry Chaco, Argentina). Plant and Soil. 138:85-98
- Morello J, Saravia Toledo C. 1959. El bosque chaqueño. Revista Agronómica del Noroeste Argentino 3:209-258
- Nelson DW, Sommer LE. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. Page AL, Milles RH, Keeney DR (ed). In Methods of soil analysis. Part 2. 2nded. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison. WL: 570-574
- Pochon J, Tardieux P. 1962. Techniques d'analyse en microbiologie du sol. Ed de la Tourelle. Saint Mande
- Scholes RJ, Walker BH. 1993. An african savanna. Cambridge University Press (ed). USA, 301 pp.
- Stone E. 1973. The impact of timber harvest on soil and water. F.E Seton (ed.). In President's advisory panel on timber and environment report. United States Government Printing Office Washington: 427-467
- Thompson M, Troch F. 1980. Propiedades físicas del suelo. Reverté (de.). En Los suelos y su fertilidad. S.A. Barcelona:
- Walker B. 1993. Management of grassland in the Chaco and Campos Zone of Argentine. Reporte FAO. Rome. 35 pp
- Warren SD, Nevill MB, Blackburn WH, Garza NE. 1986. Soil response to trampling under intensive rotation grazing. Soil Sci.Soc.Am.J. 50: 1336-1340