

CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DE UN SUELO *Eutric Regosol* BAJO BOSQUE EN EL CHACO SEMIÁRIDO, ARGENTINA

Ecological characterization of a Eutric Regosol soil in Argentina Semiarid Chaco forest

Guido Lorenz¹

RESUMEN	ABSTRACT
<p>El <i>Gran Chaco</i>, unidad fitogeográfica Sudamericana, está amenazada de extinción debido a la explotación forestal irracional. Las estrategias para su protección requieren un conocimiento profundo de los elementos y procesos del ecosistema. El objetivo de este trabajo es proporcionar una descripción detallada del suelo con énfasis en su papel como sitio de la vegetación.</p> <p>El área de estudio, ubicada en la provincia de Santiago del Estero, Argentina, forma parte de una planicie loésica. Bajo un clima semiárido y la vegetación xerofítica, se encuentran suelos de escaso desarrollo, con un perfil A-AC-C, clasificado como <i>Regosol</i> (FAO-UNESCO) o <i>Entisol</i> (Soil Taxonomy). El suelo se caracteriza por tener buenas condiciones de aireación y penetrabilidad para las raíces y una alta retención de agua, la que puede ser una desventaja en zonas semiáridas.</p> <p>Se verifica una alta reserva para todos los macronutrientes. Sin embargo, la disponibilidad de N y P depende de la transformación microbiana de la materia orgánica del suelo. El suelo posee características ecológicas favorables para la vegetación, limitadas o alteradas por las condiciones climáticas.</p> <p>Palabras clave: Chaco semiárido, suelos, propiedades del suelo, evaluación de sitio, <i>Regosol</i>, <i>Entisol</i></p>	<p>The Gran Chaco, a fitogeographical unit in South America, is threatened by extinction because of irrational forest exploitation. Protection strategies require a profound knowledge of ecosystem elements and processes. The objective of this paper is to give a detailed description of the soil with emphasis on its role as a vegetation site.</p> <p>The study area, located in the province of Santiago del Estero, Argentina, is part of a loessical plain. In a semiarid climate and under a xerofitic vegetation, there are soils of little development with a A-AC-C profile, classified as <i>Regosols</i> (FAO-UNESCO) or <i>Entisols</i> (Soil Taxonomy). The soil is characterised by good conditions of aeration and penetrability for plant roots and a high water retention, which tends to be a disadvantage in a semiarid zone. There are high reserves of all macro nutrients. Nevertheless, the availability of N and P depends on the microbial transformations of soil organic matter. The soil exhibits favourable site characteristics for vegetation, which are limited by the climatic conditions.</p> <p>Key Words: Semiarid Chaco, soil, soil characteristics, site evaluation, <i>Regosol</i>, <i>Entisol</i>.</p>

¹ Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano (S) 1912, 4200 Santiago del Estero, Argentina.

1. INTRODUCCIÓN

El Chaco es una región fitogeográfica de gran extensión en Sudamérica con una vegetación de un bosque xerofítico (Morello y Adámoli, 1974). Bajo condiciones semiáridas, este bosque seco se encuentra climáticamente al límite de su existencia (Hueck, 1978), representando por ello un ecosistema bastante débil. Sin embargo, por el valor económico que posee, se inició en el siglo pasado una explotación irracional con la extracción de madera para la producción de tanino, durmientes, postes y, finalmente, carbón, que llevó, al no considerar medidas de recuperación, a una degradación severa de este ecosistema (Hueck, 1978, Thren y Zerda, 1994).

La protección y/o un aprovechamiento racional del bosque chaqueño que se deduce como imperativo, requieren conocimientos sobre el ecosistema. Existen ya varios trabajos que caracterizan el ambiente del Chaco en sus grandes rasgos (Galmarini y Raffo del Campo, 1964; Morello y Adámoli, 1974), pero todavía poco se sabe de la autoecología de las especies y de los procesos en el sistema. A complementar los conocimientos en este sentido, el objetivo de este trabajo es proporcionar una caracterización detallada del suelo como elemento del ecosistema, preponderando su función como sitio de la vegetación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

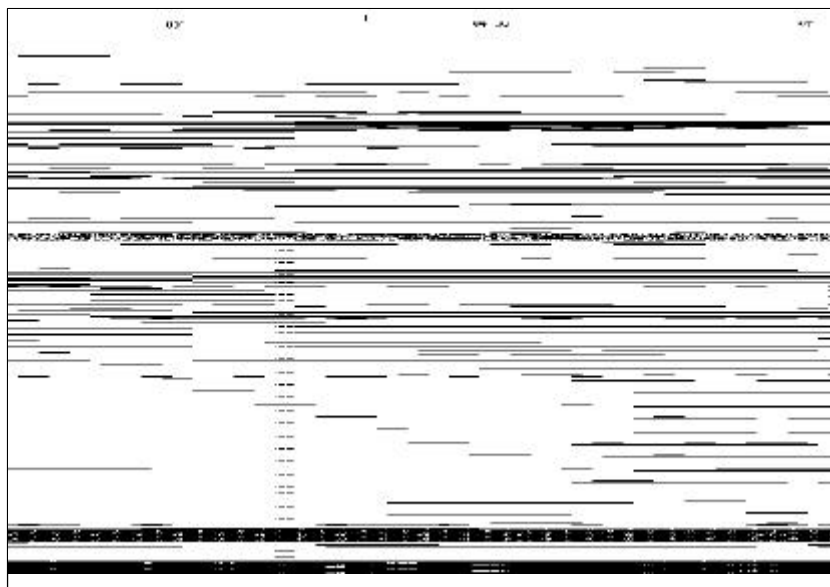


Figura 1. Ubicación del área de estudio

El área de estudio forma parte del Gran Chaco, subunidad Chaco Semiárido y está ubicada en su parte occidental, en la provincia Santiago del Estero /Argentina, a 28 km. al sur de la capital de la misma (27°46' latitud S, 64°18' longitud W, Fig. 1). El terreno, llamado "La María", pertenece a la Estación Experimental del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina).

El Gran Chaco representa una depresión grande de rumbo N-S sin relieve marcado, donde se acumularon sedimentos fluviales y eólicos (loess) durante el

terciario y cuaternario (Zeil, 1986). El área de estudio (Fig. 1) se encuentra geomorfológicamente en una planicie en la transición de la Planicie Pedemontana de las Sierras de Guasayán y la Llanura Aluvial del Río Dulce con una altura promedio de 190 m.s.n.m. (Sayago, 1977). El sedimento loésico de la zona de “La María” tiene una composición mineralógica de feldspatos, cuarzo, micas y cenizas volcánicas y un contenido de carbonatos alrededor de 2% (Ramsperger, 1992) (Tabla 1)

Tabla 1. Descripción morfológica del perfil

Relieve:	Plano	
Posición:	Zona baja (transición entre llanura pedemontana de las Sierras de Guasayán y llanura aluvial del Río Dulce)	
Drenaje:	Bien drenado	
Profundidad de la napa:	>30 metros	
Sales y álcalis:	No presentan	
Roca madre:	Sedimentos loésicos	
Vegetación:	Bosque bajo de quebracho y algarrobo	
Cobertura vegetal:	70%	
HORIZONTE	PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN
A ₁	(0 a 12 cm)	Color 7.5 YR 3/4 (<i>dark brown</i>) en húmedo; 7.5 YR 5/3 (<i>dull brown</i>) en seco; franco limoso; bloques subangulares y granular, moderado; consistencia li-geramente duro a blando (seco), friable (húmedo); ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; no posee carbonatos; abundantes raíces; límite claro y suave.
A ₂	(12 a 25 cm)	Color 7.5 YR 3.5/4 (<i>dark brown</i>) en húmedo; 7.5 YR 5/3 (<i>dull brown</i>); franco limoso; bloques subangulares y granular, moderado; consistencia ligeramente duro a blando (seco), friable (húmedo); ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; no contiene carbonatos; raíces abundantes; límite claro y suave.
AC ₁	(25 a 44 cm)	Color 7.5 YR 4/3 (<i>brown</i>) en húmedo; 7.5 YR 6/3.5 en seco; franco limoso; bloques subangulares y granular, débil; blando (seco), muy friable (húmedo); ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; contiene carbonatos (<0,5%); raíces abundantes; límite claro y suave.
AC ₂	(44 a 56 cm)	Color 7.5 YR 4/3.5 (<i>brown</i>) en húmedo; 7.5 YR 6/3 en seco; franco arenoso; bloques subangulares y granular, débil; blando (seco), muy friable (húmedo); no plástico, ligeramente adhesivo; contiene carbonatos (2 a 10%) en concreciones puntuales; presencia de raíces; límite claro y ondulado.
C ₁	(56 a 70 cm)	Color 7.5 YR 4/3.5 (<i>brown</i>) en húmedo; 7.5 YR 6/3 en seco; franco arenoso; grano suelto; no plástico, ligeramente adhesivo; carbonatos 2 a 10%; presencia de crotovinas, límite claro y suave.
C ₂	(70 a 100 cm)	Color 7.5 YR 4/3.5 (<i>brown</i>) en húmedo; 7.5 YR 6.5/3 en seco; franco arenoso; grano suelto; no plástico, ligeramente adhesivo; carbonatos 2 a 10%; presencia de crotovinas; nódulos irregulares (0,5 a 2 cm ø) de material oscuro y con red de pseudomicelia de carbonatos en el interior y exterior.
Clasificación (FAO, 1988):		<i>Eutric Regosol, sodic phase</i>
Clasificación (Soil Survey Staff, 1992):		<i>Typic Torriorthent (coarse-loamy, mixed, calcareous, hyperthermic)</i>

El clima de la zona se clasifica según el sistema de Köppen y Geiger como clima caliente de estepa, seco en invierno (tipo BShw, Morello y Adámoli, 1974), según el de Thornthwaite como semiárido (DB4'da', Morello y Adámoli, 1974). La temperatura media anual es de 21°C con una precipitación media anual de 552 mm., se destacan la amplitud térmica de unos 30°C entre el promedio de las temperaturas mínimas (6,4°C) y máximas (36,1°C) y la alta evapotranspiración potencial que produce un déficit hídrico en todos los meses (Bruchmann, 1981).

El tipo de vegetación natural que corresponde a esta zona es un bosque xerofítico con predominancia de quebracho colorado (*Schinopsis quebracho-colorado*) y quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) (Hueck, 1978). Por la influencia antrópica, posee la fisonomía de un bosque bajo con un estrato arbustivo bien desarrollado.

Los suelos formados de la zona se clasifican a escala de reconocimiento como *Regosols* (FAO-UNESCO 1988) o *Entisols* (Soil Taxonomy, Dir. Gral. de Minería y Geología, 1981). Del terreno "La María" existe un mapeo de suelos a nivel de semidetalle (1:50.000, Sayago, 1977), en el que fueron distinguidas diferentes series de suelos, sin clasificar los mismos. Los presentados aquí, corresponden a la serie "La María" del mapa del autor mencionado.

2.2. Métodos

En el área de estudio fueron descriptos dos perfiles representativos en calicatas (Echeverhe, 1976; FAO, 1977). La denominación de horizontes pedogenéticos y la clasificación de los suelos se realizaron de acuerdo a "Keys to Soil Taxonomy" (Soil Survey Staff, 1992) y FAO-UNESCO (1988). De los horizontes diferenciados, se llevaron a cabo los siguientes análisis:

- * Físicos: densidad aparente por gravimetría de muestras volumétricas (100 cm³), curva de retención de agua: drenaje de muestras no disturbadas (pF 0,6 - 3,3) o disturbadas (pF 4,2) a partir de saturación completa, vía placas cerámicas por aplicación de succión (pF 0,6-1,8, columna pendiente de agua) o presión (pF 2,5-4,2, ollas de presión) hasta un estado de equilibrio; textura por tamizado y determinación densimétrica según Bouyoucus, límites de las fracciones según USDA, (Klute, 1986)
- * Químicos: capacidad de intercambio de cationes con acetato de sodio y de amonio (pH 8,2/7), cationes intercambiables con acetato de amonio (pH 7) (Bower *et al.*, 1952; Page, 1982), conductividad eléctrica y cationes en el extracto de saturación (Richards, 1980), pH en extracto 1:2,5 en H₂O y CaCl₂, carbonatos por medición volumétrica de CO₂ al aplicar HCl (calcímetro según Scheibler, Schlichting y Blume, 1966; FAO, 1984); materia orgánica por oxidación en húmedo con dicromato de potasio y detección espectrofotométrica de Cr³⁺ (Page, 1982; Schlichting y Blume, 1966); nitrógeno orgánico por digestión con ácido sulfúrico según Kjeldahl (FAO, 1984; Page, 1982), fósforo disponible por extracción con NaHCO₃ según Olsen (FAO, 1984).

Los resultados se presentan solamente para uno de los perfiles analizados, al no ser importantes las diferencias.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Morfología del perfil e interpretación pedogenética

Los suelos evolucionados a partir de un sedimento loésico, se caracterizan por un escaso desarrollo, debido al clima semiárido, representándose con un perfil de tipo A-AC-C (Tabla 1), destacándose por la acumulación profunda de materia orgánica (A, AC), la presencia de carbonatos secundarios y la carencia de horizontes con fuerte alteración química. Los horizontes A poseen una estructura subangular a granular de escasa estabilidad. En el horizonte C se observa carbonato de calcio y yeso secundario en forma de pseudomicelios, lo que indica la disolución, redistribución y reprecipitación de estas sustancias dentro del perfil de acuerdo a la penetración del mismo por el agua.

El desarrollo de un horizonte A profundo es típico de la zona semiárida, donde las estaciones climáticas contrastantes (cálido-húmedo a cálido-seco) favorecen la humificación y acumulación de materia orgánica a expensas de su mineralización (Duchaufour, 1987). Sin embargo, la aridez del clima es tan alta, que la producción de biomasa y por ello la incorporación de materia orgánica en el suelo es muy escasa, lo que se demuestra en el color relativamente claro del A. La profundización del horizonte A y, a la vez su rejuvenecimiento, se debe a la bioturbación por roedores, que se refleja por las llamadas crotovinas, galerías de animales, rellenos de material de horizontes super o subyacentes. Con cantidades de material movido entre 50-100 ton/ha por roedores (Matelski, 1959, Thorp, 1949, *cit.* Boul, 1990) estos organismos contribuyen marcadamente en la evolución del suelo.

Según los sistemas de clasificación Soil Taxonomy y FAO/UNESCO, el desarrollo del horizonte A se puede considerar como débil (A ócrico = pálido), no suficientemente expresado para designar el suelo de tipo estepa (con A mólico). Además, el suelo carece de otros horizontes de diagnóstico. Se denomina como *Eutric Regosol* según FAO-UNESCO y, de acuerdo a una proporción alta de sodio en el complejo adsorbente dentro del perfil, se agrega *sodic phase* al nombre, parámetro que describe limitantes para la vegetación (Tabla 1). Según la Soil Taxonomy, el suelo se clasifica como *Typic Thorriorthent* al nivel de subgrupo. En ambas clasificaciones se expresa la escasa evolución del suelo respecto a diferenciación en horizontes e intensidad de los rasgos morfológicos.

Esta clasificación coincide con los resultados de Ramsperger (1992), quien describió detalladamente tres suelos bajo bosque en la misma área, los clasificó igualmente como *Typic Thorriorthents*.

3.2. Características físicas

La granulometría y la estructuración del suelo determinan las condiciones para la biota respecto a la penetrabilidad y al balance de agua y aire. Los parámetros que reflejan estas características son la textura, la densidad aparente y la distribución de los tamaños de los poros.

La **textura** del suelo se encuentra en las clases franco limoso a franco arenoso, (Fig. 2), predominando las fracciones limo y arena fina a muy fina, lo que indica el origen mayormente eólico del material de partida tanto como la influencia de la actividad fluvial, que se debe a su ubicación en el paisaje. Partiendo de un contenido de 2,6% de arcilla en el horizonte C (loess), se muestra un leve aumento hacia el horizonte A (6,7%)⁽²⁾ mostrando solamente una escasa formación de arcilla, que se debe a la aridez del clima y la reacción neutra (pH alrededor de 7) del medio (Duchaufour, 1987). Por la escasez de agentes agregantes (arcilla y humus) y la textura predominantemente limosa que poseen los horizontes A, se explica su escasa estabilidad estructural (Tabla 1) que resulta en una alta susceptibilidad a procesos erosivos.

La **densidad aparente** (Fig. 2) posee en el material de partida, horizonte C, valores de 1,2 g/cm³ y disminuye hacia los horizontes A y AC a 1-1,1 g/cm³, lo que refleja la formación de estructura en el *solum*. Estas densidades se consideran como bajas (C) a muy bajas (A, AC) e indican una alta penetrabilidad para las raíces.

Se destaca una alta porosidad (55%) en el material loésico, que aumenta aún en los horizontes superficiales (A, AC) hasta un 60%. Se observa, que este aumento se debe mayormente a la porción de los macroporos ($\phi > 50 \mu\text{m}$, Fig. 3), lo que indica poros secundarios formados por la agregación del material. Estos poros gruesos que drenan fácilmente el agua son, por ello, responsables de la difusión de aire en el suelo (mayor capacidad de aire) y representan el espacio en que pueden desarrollarse las raíces de plantas superiores. Un volumen de estos poros gruesos entre 11 y 18%, que drena fácilmente el agua, indica buena aireación y condiciones favorables para el desarrollo de las raíces de las plantas superiores.

La capacidad de campo (CC), que se aproxima por la retención en pF=2 para estos suelos de buen drenaje (Fig.3), oscila entre 31 y 40%, siendo el horizonte C más alta, debido a una proporción mayor de poros finos y medios a expensa de los gruesos. Hasta una profundidad de 1 m se almacenan 3621 l/m² de agua en el suelo, un valor alto si se considera que una lluvia de 100 mm penetra solamente hasta una profundidad de 30 a 40 cm.

De la capacidad de campo, solamente la fracción retenida por succiones menores que 15 bar (pF=4,2), se considera disponible para plantas (agua útil, Fig.3). Sin embargo, la parte de agua ligada con un pF>4,2 es pequeña (aprox. 7%), en función del contenido escaso de partículas coloidales (arcilla, humus), lo que resulta en una cantidad muy alta de agua disponible (300 l/m²).

Considerando solamente los parámetros del suelo, se destacan condiciones óptimas en el balance de aire y agua para la biota. Incluyendo el clima, las conclusiones ecológicas respecto al balance de agua cambian: debido a la alta capacidad de retención, la penetración del suelo por agua durante una lluvia es muy somera, que resulta en:

- a) pérdidas consiguientes relativamente altas por evaporación.
- b) una competencia por agua mayor entre la vegetación herbácea y arbórea-arbustiva (Walter y Breckle, 1984).
- c) falta de lixiviación de sales fuera del espacio de enraizamiento.

² Los contenidos absolutos de arcilla deben ser subestimados porque en el método aplicado no se realiza la destrucción de agentes cementantes.

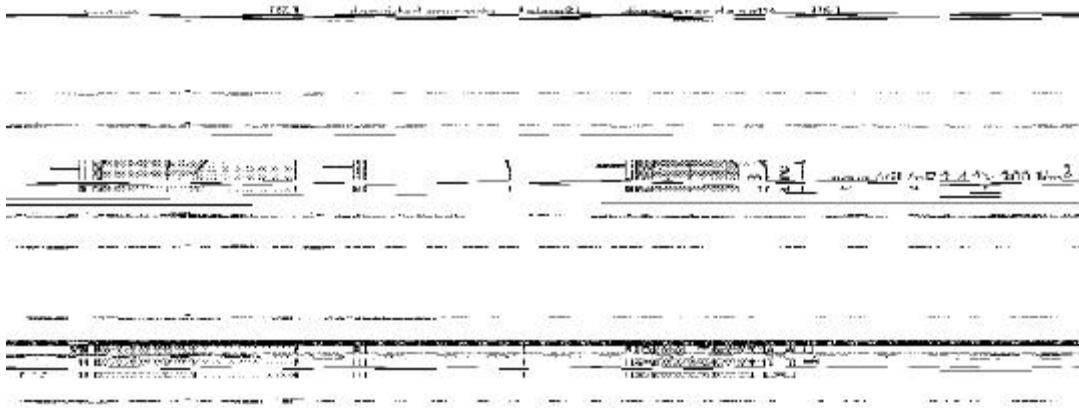


Figura 2. Textura, densidad aparente y fracciones de agua (distribución del tamaño de poros) del perfil

Otro aspecto que hay que considerar es la fracción del agua no disponible ($pF > 4,2$), elaborada empíricamente con algunas pocas especies. Sin embargo, las plantas adaptadas a condiciones semiáridas poseen estrategias de extraer agua con potenciales mucho más altos. Mitlöhner (1990), observó presiones osmóticas en especies arbóreas del Chaco entre 40 y 75 bar. El concepto de disponibilidad de agua habría que adaptarlo de acuerdo a valores específicos encontrados en plantas de zonas semiáridas.

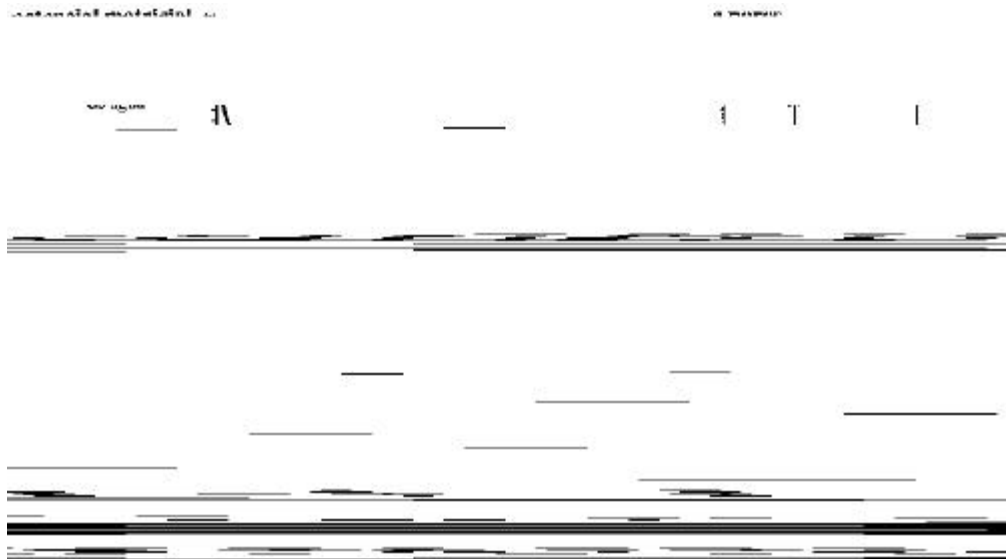


Figura 3. Curva de retención de agua (distribución de los tamaños de los poros), representativamente para horizonte A

3.3. Propiedades bioquímicas

Las propiedades biológicas y bioquímicas del suelo proporcionan información sobre procesos pedogenéticos ocurridos y sobre las calidades ecológicas. Para evaluar el

sitio de la vegetación a través de la nutrición, se considera a los horizontes A y AC como el espacio de mayor enraizamiento, debido a la mayor oferta de elementos en ellos.

La **reacción del suelo** (pH) está regido por el sistema *buffer* del carbonato de calcio, que no es lixiviado del suelo bajo estas condiciones climáticas. Partiendo de un material loésico con un 2% de carbonatos y un $\text{pH} > 7$, se observa una escasa descarbonatación del primer horizonte, lo que corresponde a una leve disminución del pH (aproximadamente 6,5) en el mismo (Fig.4). En base a la reacción del suelo, se deduce: 1) buenas condiciones para la actividad de bacterias y actinomicetos, siendo importante el último grupo al sintetizar sustancias húmicas muy complejas, favorables, y al resistir períodos de sequía (Alexander, 1980) y 2) una escasa de disponibilidad de los microelementos Fe, Cu, Mn, Co y Zn en un medio neutro o alcalino cuya dinámica dependerá, por eso, mayormente de la transformación de la materia orgánica (Stevenson, 1986).

La materia orgánica influye marcadamente en la fertilidad del suelo al aumentar la estructuración, ser una reserva de macroelementos (C, N, P, S) y microelementos, tener características de adsorción e intercambio de cationes, proporcionar energía para microorganismos e inferir en la movilidad de elementos al formar complejos (Stevenson, 1986). La acumulación de materia orgánica en los horizontes A llega al 3,3% y disminuye hacia el horizonte C a 0,4% aproximadamente (Fig.4). La relación carbono orgánico a nitrógeno orgánico está entre 8:1 hasta 15:1, indicando "mull" como tipo de humus. Aunque la concentración de materia orgánica no es muy alta por la profundidad de acumulación, 95.600 kg/ha y 4.700 kg/ha de nitrógeno, es bastante elevado. Sin embargo, la movilización de esta reserva depende de las transformaciones microbianas de la materia orgánica las que, a su vez, dependen de las condiciones de humedad y temperatura.

Afecta lo mismo la fracción del fósforo en el extracto de NaHCO_3 , considerada como disponible para plantas, que marca una estrecha relación con la materia orgánica, destacando la importancia de la mineralización de la misma. Las concentraciones, que oscilan entre 12 y 22 mg P/kg se consideran como de bajas a medianas según pautas agrícolas (López Ritas y López Medina, 1990), pero por la profundidad de los horizontes A y AC el fósforo disponible llega a unos 100 kg/ha.

La capacidad de intercambio de cationes (CIC), caracteriza una fracción de cationes en forma accesible para las plantas y representa un *buffer* contra la acidificación. La CIC tiene valores entre 160 y 110 meq/kg disminuyendo del A al C, causado por la distribución de arcilla y materia orgánica. Por la presencia de carbonato de calcio, la saturación del complejo adsorbente es del 100% en que calcio y magnesio comprenden la proporción mayor, aproximadamente 80%, excepto en el horizonte C. Se destaca la proporción relativamente alta de potasio, unos 4.000 kg/ha en el solum, debido a la presencia de mica. Para los macroelementos Ca, Mg y K, se constata una oferta muy grande en estos suelos. La proporción del sodio, con menos de 10%, se encuentra en un rango que no afecta el crecimiento de las plantas; solamente en el horizonte C2 aumenta a un 18%, lo que puede ser restrictivo.

Otra restricción para el desarrollo de la vegetación en zonas semiáridas puede ser la salinidad del suelo. Como parámetros de evaluación, se usan la conductividad eléctrica y la composición catiónica del extracto de saturación correspondiente a la solución del suelo en condiciones de capacidad de campo. Una conductividad eléctrica

menor de 4 mS/cm en todo el perfil indica que no existen limitaciones por salinidad en este suelo (Richards, 1980).

3.4. Evaluación del suelo como sitio

Resumiendo los resultados, en una evaluación sencilla del suelo como sitio para la vegetación, se destacan:

1. Buenas condiciones físicas de enraizamiento por una escasa densidad del suelo y la ausencia de rocosidad u otras barreras mecánicas
2. Buena aireación del suelo por una alta proporción de poros gruesos
3. Valores óptimos respecto al balance del agua (alta fracción de agua útil), si se considera solamente el suelo, pero al considerar las condiciones climáticas, la alta capacidad hídrica del suelo produce las siguientes desventajas ecológicas: a) mayor pérdida de agua por evaporación; b) mayor competencia por agua entre leñosas y herbáceas y c) menor lixiviación de sales del *solum*
4. Una escasa estabilidad estructural y predominancia de limo en la textura, que implica una alta susceptibilidad a la erosión
5. Una oferta grande de los macroelementos Ca, Mg, K por la presencia de carbonatos y una alta saturación del complejo adsorbente con estos elementos
6. Reservas altas de N y P en forma orgánica, cuya disponibilidad depende de la movilización por la actividad microbiana
7. Una escasa disponibilidad los micronutrientes Fe, Cu, Mn, Co y Zn por la reacción alcalina del suelo, lo que destaca aún más la importancia de transformaciones biológicas de la materia orgánica en sus funciones como reserva y complejante

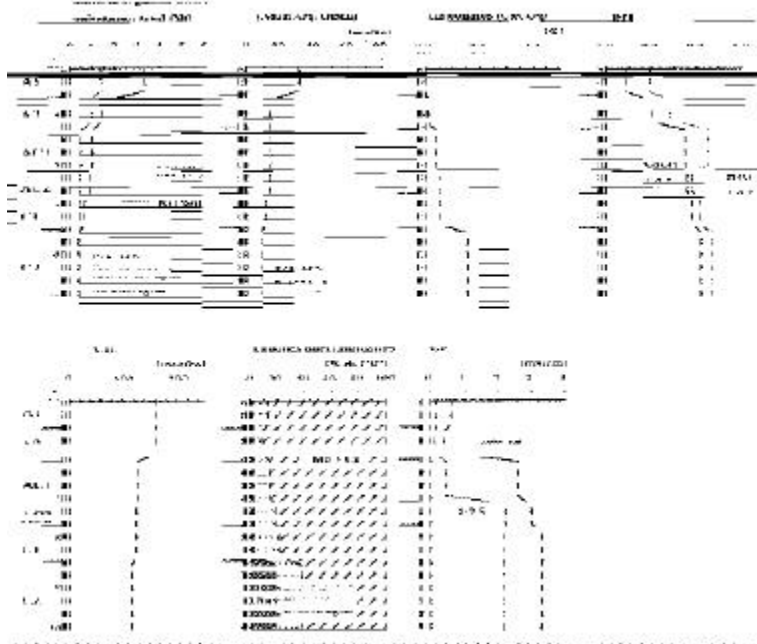


Figura 4. Propiedades bio-químicas del perfil. Cantidades de elementos calculados para el solum (horizontes A y AC)

8. No se detecta salinidad en el *solum* del suelo, pero un alto contenido de sodio intercambiable puede afectar y limitar fisiológicamente el enraizamiento en los horizontes C inferiores

El suelo presentado se caracteriza por una alta fertilidad potencial respecto a las condiciones físicas, biológicas y químicas, que se ve limitada por la aridez del clima, restringiendo la actividad biológica.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo. AGT Editor S.A., 491 p., México.
- Boul, S.W. 1990. Génesis y clasificación de suelos. Ed. Trillas, 417 p., México.
- Bower, C.A., Reitemeier, R.F., Fireman, R. 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. Soil Sci. Soc. 73, 251-261.
- Bruchmann, E.T. 1981. Climatología general y agrícola de la Provincia de Santiago del Estero. Universidad Nacional de Tucumán, 199 p., Tucumán.
- Buckman, H.O., Brady, N.C. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. Montaner y Simon, S.A., 590 p., Barcelona, España.
- Dirección General de Geología y Minería. 1981. Mapa generalizado de suelos. Escala 1:1.170.000. Santiago del Estero.
- Duchaufour, Ph. 1987. Manual de edafología. Masson, S.A., 214 p., Barcelona.
- Etchevehere, P.H. 1976. Normas de reconocimiento de suelos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), 211 p., Castelar, Argentina.
- FAO 1977. Guía para la descripción de perfiles de suelos. FAO, 70 p., Roma.
- FAO 1984. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. Boletín de suelos de la FAO pág. 10, Roma.
- FAO-UNESCO 1988. Soil map of the world. Revised Legend. World Soil Resources Report 60, 119 p., Rome.
- Galmarini, A.G., Raffo del Campo, J.M. 1964. Rasgos fundamentales que caracterizan el clima de la región chaqueña. CONADE, Buenos Aires.
- Hueck, K. 1978. Los bosques de Sudamérica. Sociedad Alemana de Cooperación Técnica, 476 p., Eschborn, Alemania.
- Klute, A. ed. 1986. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. Agronomy 9, 1188 pp., American Society of Agronomy, Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA. Madison, Wisconsin, USA.

- Lopez Ritas, J., Lopez Melida, J. 1990. El diagnóstico de suelos y plantas. Métodos de campo y laboratorio. Ediciones Munid-Presa, 363 p., Madrid.
- Matelski, R.P. 1959. Great soil groups of Nebraska. *Soil Sci.* 88, 228-239.
- Mitlöhner, R. 1990. Die Konkurrenz der Holzgewächse im regengrünen Trockenwald des Chaco Boreal, Paraguay. *Göttinger Beitr. zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen* 54, 177 pp., Göttingen.
- Morello, J., Adámoli, J. 1974. Las Grandes Unidades de vegetación y ambiente del Chaco argentino. Segunda parte. Vegetación y Ambiente de la provincia del Chaco. La vegetación de la República Argentina, Serie Fitogeográfica 13, 130 p.
- Page, A.L. ed. 1982. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. *Agronomy* 9, 1159 p., American Society of Agronomy, Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA.
- Ramsperger, B. 1992. Veränderung des Bodenzustandes durch Nutzungswechsel am Beispiel von Regosols aus Löß im Chaco Seco, Argentinien. Tesis de grado, Univ. Hohenheim, 114 p., Stuttgart.
- Richards, L.A. ed. 1980. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Departamento de Agricultura de los EEUU, Laboratorio de Salinidad, Ed. Limusa, 172 p., México.
- Sayago, J.M. 1977. Reconocimiento de suelos en el establecimiento "La María". Departamento - Capital - Provincia de Santiago del Estero. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Santiago del Estero.
- Schlichting, E., Blume, H.-P. 1966. *Bodenkundliches Praktikum*. 209 PS., Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Soil Survey Staff 1992. Keys to Soil Taxonomy. SMSS technical monograph P19, Blacksburg, Virginia.
- Stevenson, F.J. 1986. *Cycles of soils*. Wiley & Sons, Inc., 380 p., New York, Singapore. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
- Thorp, J. 1949. Effect of certain animals that live in the soil. *Sci. Monthly* 68, 180-191.
- Thren, M., Zerda, H.R. 1994. Inventario forestal de la provincia de Santiago del Estero, departamentos Copo y Aberdi. Convenio entre Provincia Santiago del Estero, Consejo Federal de Inversiones, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Agencia Alemana de Cooperación Técnica, Facultad de Ciencias Forestales, Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Forestales. 114 p., Santiago del Estero.
- Walter, H., Breckle, S.W. 1984. *Ökologie der Erde*. Band 2. Spezielle Ökologie der Tropischen und Subtropischen Zonen. 461 p., Fischer Verlag, Stuttgart.
- Zeil, W. 1986. *Südamerika*. Geologie der Erde 1, 160 p., Enke Verlag, Stuttgart.

