

DETERMINACION DEL HALOMORFISMO EN FORESTACIONES CON *SCHINOPSIS BALANSAE* ENGLER EN LA ECORREGION CHACO HUMEDO

Juan PRAUSE; Carolina FERNÁNDEZ LÓPEZ y Esteban KAIRUZ⁽¹⁾

RESUMEN: El objetivo del trabajo fue caracterizar el grado de halomorfismo del suelo y correlacionarlo con las medidas dasométricas en forestaciones con *Schinopsis balansae* Engler (Quebracho Colorado Chaqueño) de la Ecorregión del Chaco Húmedo. Se seleccionaron tres forestaciones, cada una formada por 12 parcelas y cada parcela, constituida por un árbol dominante. Se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura de fuste. Se muestreó el suelo a 0-7; 7-30; 30-60; 60-90; 90-120 y >120 cm de profundidad. Se realizaron análisis de pH en agua y en KCl, conductividad eléctrica (CE); Ca²⁺, Mg²⁺ y Na⁺ solubles; y se calculó la Relación de Adsorción de Sodio (RAS). Las concentraciones elevadas de la CE se observaron en el horizonte superficial con valores promedios de 1,61 dS m⁻¹, disminuyendo con la profundidad y la RAS en superficie arrojó valores promedios de 5,92 aumentando en profundidad de 30. Se correlacionaron las variables de las plantaciones y las del suelo. Se concluye que el mayor desarrollo del Quebracho Colorado Chaqueño está directamente relacionado con los bajos valores de CE y RAS en los horizontes superficiales de 0 a 60 cm de profundidad.

ABSTRACT: The main aim of this work was to characterize the halomorphic degree of the soils and to correlate it with dasometric measures in forestation with the *Schinopsis balansae* Engler (Quebracho Colorado Chaqueño) of the Chaco Humid Ecoregion. Three forestation areas had been selected, each one of them consist of 12 plots with a dominant tree. The diameter at breast height (DBH) and the stem height were measured. Several samples of the soils were taken at depths of 0-7; 7-30; 30-60; 60-90; 90-120 and >120 cm. Analysis of pH in water and KCl; Electrical Conductivity (EC); Ca²⁺, Mg²⁺ and Na⁺ and the Sodium Adsorption Ratio (SAR) calculations were performed. The highest concentrations of CE were detected in the surface horizon with average values of 1.61 dS m⁻¹, decreasing in depth, and SAR in the surface result in average values of 5.92 and growing deeper and reaching 30. Correlation between the variables of the plantations and of the soil were made. We concluded that the higher development of the *Schinopsis balansae* Engler is directly related to low values of the CE and SAR in the surface horizons of 0-60 cm of depth.

Palabras claves: Suelos halomórficos, forestaciones, *Schinopsis balansae* Engler, Ecorregión Chaco Húmedo

Key words: Halomorphic soils, forest, *Schinopsis balansae* Engler, Humid Ecoregion Chaco.

INTRODUCCIÓN

El halomorfismo de los suelos constituye junto a los procesos erosivos, una de las principales causas de la degradación sobre todo en regiones áridas y semiáridas. En Latinoamérica el país con mayor extensión de suelos afectados por problemas de halomorfismo es la República Argentina (Peinemann, 1997). Pueden distinguirse dos tipos principales de suelos afectados por sales: los salinos y los alcalinos. Los salinos contienen un exceso de sales neutras, como cloruros, sulfatos de sodio (Na⁺) y magnesio (Mg²⁺). En etapas avanzadas de lixiviación, cuando algunas sales han sido lavadas a lo largo del perfil, la presencia de más del 15% de Na⁺ intercambiable (PSI) puede inducir considerables cambios en el desarrollo del suelo y formare un suelo alcalino. Estos suelos tienen un pH

(1) Cátedra de Edafología, Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE. Sgto. Cabral 2131, (3400) Corrientes, Argentina.

de 7,5 a 10 (Russo, 1985; Crescimanno *et al.*, 1995) y una relación de adsorción de sodio (RAS) superior a 15 (Bohn *et al.*, 1993).

El efecto de las sales solubles en las plantas es osmótico, ya que los niveles altos de sal impiden que las plantas obtengan el agua para su crecimiento. En cambio, los suelos alcalinos o sódicos representan un problema porque están dispersos, sin estructura, reduce la permeabilidad al agua; y la materia orgánica dispersa se acumula en la superficie en zonas de drenaje insuficiente (Bohn, *et al.*, 1993). La composición iónica de la solución edáfica de los suelos afectados por sales, está descompensada en relación a las necesidades para el crecimiento normal de las plantas. Muestran bajos niveles de calcio (Ca^{2+}) y potasio (K^+), pudiendo encontrarse concentraciones tóxicas de otras especies iónicas como boratos y posiblemente bicarbonatos, cloruros, Na^+ y Mg^{2+} (Mengel y Kirkby, 2000).

La Ecorregión Chaco Húmedo es la más importante de Argentina por la riqueza de geofomas y tipos de vegetación. Los bosques de Quebracho Colorado Chaqueño (*Schinopsis balansae* Engler) son densos o semidensos, con dosel de 12 a 18 m de altura, desarrollados sobre suelos medianamente drenados hasta mal drenados en los horizontes inferiores; su característica es el complejo de intercambio rico de cationes de sodio a nivel del horizonte aluvial con acumulación secundaria de arcillas (horizonte nátrico). Esta ecorregión fue sometida a una intensa extracción forestal, para la obtención de tanino y luego se extrajeron especies de menor valor para leña y carbón (Morello, 2012). La tala selectiva puede considerarse un proceso de pauperización de la estructura del bosque que comienza, con la extracción de rollizos de grandes para taninera y durmientes, se introduce el ganado vacuno y finaliza con los de menor diámetro y altura de fuste (Morello *et al.*, 2007).

Las especies halófitas, características de los ambientes halomórficos están adaptadas para tolerar altas concentraciones de sales y la toxicidad de algunas de ellas. Cuando la concentración es elevada, son escasas las especies que integran la comunidad, pero a medida que disminuye la salinidad se incrementa el número de las mismas (Kraus *et al.*, 1999). Numerosos estudios argumentaron que en ambientes salinos, la adaptación de las plántulas a la salinidad en la germinación y los estados iniciales del crecimiento, son cruciales para lograr el establecimiento (Carnevale *et al.*, 2004). Aún en el estadio de planta adulta, la salinidad puede afectar la distribución de las plantas en determinadas especies (Tobe *et al.*, 2000), pero el de plántula es el más vulnerable del ciclo de vida de las mismas. De acuerdo con esto, la respuesta de la germinación de las especies halófitas a factores ambientales, determinará su distribución en ambientes salinos (Carnevale *et al.*, 2004). De todas formas, la variación de la concentración salina superficial, está ligada a las fluctuaciones de la napa freática y a las precipitaciones estacionales.

Schinopsis balansae Engler (Quebracho Colorado Chaqueño), es una especie característica de la Ecorregión Chaco Húmedo distribuyéndose en la porción oriental de la región chaqueña en un área que abarca más de 17 millones de hectáreas. Dentro del bosque climático el número de individuos de esta especie es reducido y no se regenera espontáneamente dentro del bosque (Barret, 1997). La regeneración natural de *Schinopsis balansae* Engler se produce fuera del bosque, desde el borde a partir de semillas arrastradas por el viento y el agua. La distribución de los individuos adultos de las especies do-

minantes en el quebrachal se atribuye a variables hídricas y salinas (Marino y Pensiero, 2003; Carnevale *et al.*, 2004). El Quebracho Colorado Chaqueño crece tanto en los bordes de las áreas convexas, donde es una de las especies dominantes del estrato superior, como en las áreas planas frecuentemente anegables (Barberis *et al.*, 2005). Se estudió sobre la calidad de los suelos en el Norte de la Provincia de Santa Fe (Heredia *et al.*, 2006) y se encontró que los de posiciones negativas del paisaje presentan limitaciones de hidromorfismo y contenido salino en profundidad para la instalación del “quebrachal”. Carnevale *et al.* (2004) reportó que la salinidad no sólo limita la germinación de *Schinopsis balansae* Engler, sino también afecta a las plántulas y, concentraciones de NaCl superiores a 0,2 molal generan signos de inhibición de crecimiento o anormalidades, tanto en el hipocótilo como en las raíces. Los autores postulan, que las variaciones espacio-temporales de la concentración salina en los suelos del bosque podría afectar la distribución del Quebracho Colorado Chaqueño en el bosque estudiado.

En la localidad de General Obligado de la Provincia del Chaco, Argentina, se han realizado experiencias en reforestaciones con plantines de Quebracho Colorado Chaqueño (siembra directa en el lugar definitivo), pero no se proporcionó información sobre la calidad de los sitios aptos para realizar las reforestaciones con esta especie forestal (Valentini, 1960; Barret, 1997). Actualmente se cuenta con algunas forestaciones con *Schinopsis balansae* Engler, comparando distintos tratamientos de preparación del suelo y manejo de la plantación; identificando parcelas permanentes sobre las que se miden anualmente, altura, diámetro y supervivencia.

El objetivo de este trabajo fue determinar las propiedades del suelo que caracterizan el halomorfismo y correlacionarlas con el diámetro de altura al pecho (DAP) y la altura de los árboles de Quebracho Colorado Chaqueño en forestaciones de la Provincia del Chaco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Trabajo a campo

Se realizó un relevamiento a campo de las plantaciones de Quebracho Colorado Chaqueño implantadas por la empresa UNITAN en la localidad de Puerto Tirol, Provincia del Chaco. Para establecer los tratamientos, se ubicaron tres forestaciones más representativas en diferentes ambientes ecológicos (Sitios 1, 2 y 3), poniendo énfasis en las diferencias edafológicas. Se identificaron los diferentes suelos y posteriormente en cada tratamiento, se efectuaron los muestreos de los suelos en las forestaciones a un mismo intervalo de profundidad: 0-7; 7-30; 30-60; 60-90; 90-120, y >120 cm. Cada forestación fue considerada un Sitio diferente, en las que se seleccionaron 12 parcelas en cada caso constituidas cada una de ellas por un árbol dominante, que fue elegido tomando en consideración su diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura de fuste y su estado sanitario. Quedando por lo tanto cada Sitio conformado por los 12 árboles dominantes, dejando de lado los restantes de menor porte.

Mediciones de las plantaciones

Se midió la altura del fuste y el diámetro a la altura del pecho (DAP) a 1,30 m en cada árbol, simultáneamente con muestreo del suelo. Los muestreos de suelo y las mediciones forestales se realizaron el mes julio para coincidir con la estación invernal.

Trabajo de Laboratorio

Se realizaron las siguientes determinaciones:

-pH en agua (Peinemann, 1997).

-pH en KCl (Peinemann, 1997).

-Conductividad eléctrica en extracto de pasta saturada (Peinemann, 1997).

-Cationes solubles en extracto de pasta saturada (Page *et al.*, 1982): a) Calcio y Magnesio por complejometría con EDTA; b) Sodio por fotometría de llama (Page *et al.*, 1982).

-Relación de Adsorción de Sodio (RAS) por cálculos y nomograma (Richard, 1973).

Metodología estadística: El diseño experimental fue completamente al azar, unifactorial, con 3 niveles y 12 repeticiones. Los resultados fueron analizados a través de análisis de varianza (ANOVA) y por diferencia de medias con test de Tukey (0,05%). Para el conjunto de las variables de suelo y árboles se realizaron correlaciones por el método de Pearson. Los análisis se realizaron con el software estadístico INFOSTAT 2010 (Di Rienzo *et al.*, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se observa que el DAP medido en las distintas forestaciones. Se registraron diferencias significativas entre los Sitios ($p < 0,05$), siendo para el Sitio 2 = 11,9 cm ($\pm 0,19$); Sitio 3 = 10,4 cm ($\pm 0,19$); y Sitio 1 = 9,9 cm ($\pm 0,19$). Con respecto al dato registrado de altura de fuste, también el Sitio 2 = 6,9 m ($\pm 0,10$) presentó el mayor valor, diferenciándose significativamente del Sitio 1 = 6,4 m ($\pm 0,10$) y del Sitio 3 = 6,3 m ($\pm 0,10$).

Tabla 1: Datos dasométricos de los Sitios forestados con *Schinopsis balansae* Engler. (n=12)

Sitios	DAP (cm)	Altura de fuste (m)
1	9,9 \pm 0,19 C	6,4 \pm 0,10 B
2	11,9 \pm 0,19 A	6,9 \pm 0,10 A
3	10,4 \pm 0,19 B	6,3 \pm 0,10 B

Letras distintas indican diferencias significativas entre filas ($p < 0,05$).

La Fig. 1 muestra que la conductividad eléctrica (CE) del horizonte superficial en los tres perfiles de suelos de los sitios forestados, alcanzando valores promedios de 1,61 dS m^{-1} , disminuyendo progresivamente en profundidad siendo para el segundo horizonte

(0,92 dS m⁻¹), el tercero (0,71 dS m⁻¹), en el cuarto (0,53 dS m⁻¹), finalizando con menos de 0,30 dS m⁻¹ en el horizonte 5 (profundidad > 120cm).

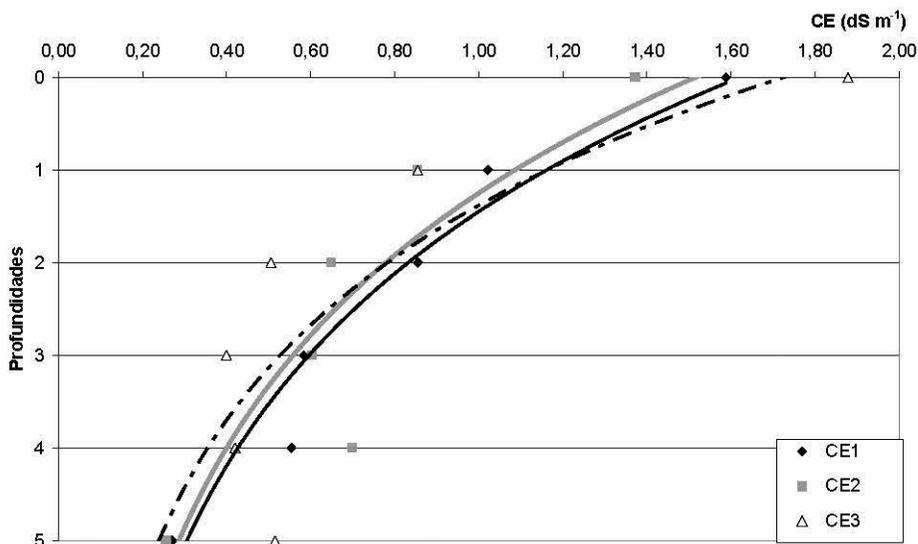


Fig. 1: Variación de la CE a diferentes profundidades del suelo en los diferentes Sitios forestados con *Schinopsis balansae* Engler.

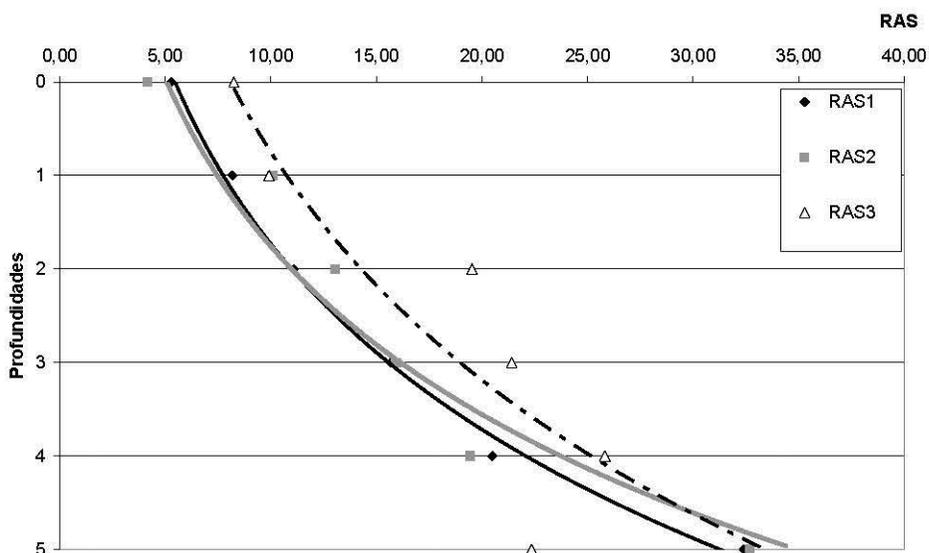


Fig. 2: Variación de la RAS a diferentes profundidades del suelo en los diferentes sitios forestados con *Schinopsis balansae* Engler.

En la Fig. 2 se observa que la relación de adsorción de sodio (RAS) incrementa sus valores a medida que aumenta la profundidad del perfil de los suelos. En superficie una RAS = 5,92; para el segundo horizonte = 8,85; a partir del tercero (-30 -60cm) por el valor alcanzado = 14,56 es un suelo sódico; en el cuarto horizonte = 17,68, y en la mayor profundidad analizada se obtuvo una RAS promedio = 30 (>120 cm).

Con los valores obtenidos se clasificó a las tres primeras profundidades de los perfiles del suelo (0-7; -7-30; -30-60 cm), como horizontes no halomórficos aunque la conductividad eléctrica superficial alcanza valores cercanos al límite de 2 dS m^{-1} suficiente para considerarlo ligeramente salino (Porta *et al.*, 1994). En profundidad los valores de la conductividad eléctrica de $0,53 \text{ dS m}^{-1}$ y $0,30 \text{ dS m}^{-1}$ no son considerados como un riesgo de salinización de los perfiles estudiados. El problema a considerar es la relación de adsorción de sodio (RAS) que ya en el segundo horizonte alcanza un valor ligeramente alcalino (8,85) y a mayores profundidades son fuertemente alcalinos (17,68 y 30). Considerando que la principal vía de entrada de las sales a los suelos, se produce desde el fondo del perfil a través del agua subterránea, queda claro que la superficie de los suelos comienza a salinizarse, cuando la napa freática se encuentra cerca de ella (Taboada y Lavado, 2009).

Una vez comprobado que el suelo en estudio era no halomórfico en superficie y sódico en profundidad (Peinemann, 1997) se correlacionaron con las variables de las plantaciones con las del suelo (Tabla 2). Se observó que tanto en el DAP como en la altura de fuste la variable edáfica que influyó significativamente fue la RAS, en ambos casos en forma inversa. Esto indicaría que para implantar una forestación con Quebracho Colorado Chaqueño se debería considerar que los valores de la RAS en profundidad no sean fuertemente alcalinos (Kraus *et al.*, 1999). Existen múltiples evidencias que su óptimo ecológico son los suelos arcillosos, alcalinos y con drenaje insuficiente (Marino y Pensiero, 2003). La calidad de los suelos del “quebrachal” suele ser baja, porque las limitaciones físicas existentes, son en su mayoría escasamente reversibles; sólo especies de alta rusticidad como *Schinopsis balansae Engler* pueden colonizarlos y no obstante al encontrarse en su límite de su aptitud forestal; Patiño *et al.* (1994) plantearon que, diferencias poco notorias, como un aumento en un 6 ó 7% del contenido de la fracción arcilla, pueden restringir considerablemente el crecimiento de las plantas, incidiendo más activamente que el efecto salino.

Tabla 2: Coeficientes de correlación entre altura de árboles, y las propiedades edáficas (n=36).

	DAP	Altura
pH H ₂ O	0,03	0,07
pH KCl	<0,01	0,04
CE	-0,11	0,03
RAS	-0,21***	-0,18*

***, **, * Niveles de probabilidad con significancia <0,001, <0,01, <0,05

CONCLUSIONES

De las propiedades de suelo analizadas, la relación de adsorción de sodio es la que limita el desarrollo de *Schinopsis balansae* Engler cuando sus valores son mayores de 20 a partir de los 60 cm de profundidad del perfil de suelo.

Se recomienda que para implantar una forestación con *Schinopsis balansae* Engler, los suelos hasta los 60 cm de profundidad tengan valores bajos de conductividad eléctrica y relación de adsorción de sodio.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría General de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), por el financiamiento del Proyecto de Investigación PI A001-2008.

BIBLIOGRAFÍA

- BARBERIS, I.M.; J.P. LEWIS y W.B. BATISTA, 2005. Heterogeneidad estructural de los bosques de la Cuña Boscosa de Santa Fe en distintas escalas espaciales. En: *La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas*. Un homenaje a Rolando León. Editorial de la Facultad de Agronomía. UBA. Buenos Aires. 47-62.
- BARRET, W.H., 1997. Antecedentes y situación actual del cultivo del Quebracho Colorado en el Chaco argentino. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. Buenos Aires, Argentina. 15 p.
- BOHN, H.; B.L. MCNEAL, y G.A. O'CONNOR, 1993. *Química del Suelo*. Editorial Limusa. México. 370 p.
- CARNEVALE, N.J.; C. ALZUGARAY y D. LÓPEZ, 2004. Efecto de la salinidad sobre el establecimiento de plátulas de dos especies arbóreas dominantes en un "quebrachal" de *Schinopsis balansae* Engl. (Argentina). *Revista de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Rosario. Nº VI: 1-5.
- CRESCIMANNO, G.; M. IOVINO y G. PROVENZANO, 1995. Influence of salinity on soil structural and hydraulic characteristics. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 59: 1701-1708.
- DI RIENZO, J.A.; F. CASANOVES; M.G. BALZARINI; L. GONZALEZ; M. TABLADA y C.W. ROBLEDO, 2010. InfoStat versión 2010. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- HEREDIA, O.S.; L. GIUFFRÉ; F.J. GORLERI y M.E. CONTI, 2006. Calidad de los suelos del norte de Santa Fe. Efecto de la geomorfología y el uso de la tierra. *Ciencia del Suelo* (Argentina), 24 (2): 109-114.
- KRAUS, T.A.; C.A. BIANCO y C.O. NÚÑEZ, 1999. *Los ambientes naturales del sur de la Provincia de Córdoba*. Ed. Fund. Univ. Nac. Río Cuarto. 112 p.
- MARINO, G.D. y J.F. PENSIERO, 2003. Heterogeneidad florística y estructural de los bosques de *Schinopsis balansae* (Anacardiaceae) en el sur del Chaco Húmedo. *Darwiniana*, 41 (1-4): 17-28.
- MENDEL, K. y E.A. KIRKBY, 2000. *Principios de nutrición vegetal*. Inst. Int. de la Potasa (eds.) 607 p.
- MORELLO, J.; W. PENGUE y A. RODRÍGUEZ, 2007. Un siglo de cambios de diseño del paisaje: El Chaco argentino. In: *Panorama de la Ecología de Paisajes en Argentina y Países Sudamericanos*. Matteucci, S.D. (Editora). 19- 51.

- MORELLO, J., 2012. Ecorregión Chaco Húmedo. In: *Ecorregiones y Complejos Ecosistémicos Argentinos*. Morello, J.; Matteucci, S. D.; Rodríguez, A. F.; Silva, M. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. GE-PAMA. Universidad de Buenos Aires. 5: 205-223.
- PAGE, A.L.; R.H. MILLER y D.R. KEENEY, 1982. *Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties*, Second edition. Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, USA. 1159 p.
- PATIÑO, C.A.; H.J.R. REBORATTI y P. DELVALLE, 1994. Rendimiento maderable de plantaciones de Quebracho Colorado Chaqueño (*Schinopsis balansae*) en suelos arcillosos del Chaco Oriental. *RIA. INTA*, 25 (2): 115-127. Buenos Aires.
- PEINEMANN, N., 1997. *Formación, clasificación, manejo y recuperación de suelos salinos y sódicos*. Ediciones Sur. La Plata. Arg. 120 p.
- PORTA CASANELLAS, J.; M. LÓPEZ-ACEVEDO REGUERÍN y C. ROQUERO de LABURU, 1994. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 807 p.
- RICHARD, L.A., 1973. *Diagnóstico y Rehabilitación de suelos Salinos y Sódicos*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Editorial Limusa. México. 172 p.
- RUSO, D., 1985. Leaching and water requirement studies in a gypsiferous desert soil. *J. Soil Sci.*, 49: 432-436.
- TABOADA M.A. y R.S. LAVADO (Ed.), 2009. *Aalteraciones de la fertilidad de los suelos: el halomorfismo, la acidez, el hidromorfismo y las inundaciones*. EFA, Buenos Aires. 163 p.
- TOBE, K.; K. LI y K. OMASA. 2000. Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kaliodium capsicum* (Chenopodiaceae). *Annals of Botany*, 85: 391-396.
- VALENTINI, A., 1960. La reforestación con quebracho colorado y algunas normas silvícolas relacionadas con su aprovechamiento racional. *Bonplandia*. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, Argentina. 1: 51-69.

Recibido/Received/: 30-May-2014
Aceptado/Accepted/: 03-Dic-2014