

CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS Y SU RELACIÓN CON LA ALTURA DOMINANTE EN PLANTACIONES DE *Prosopis alba* EN LA PROVINCIA DEL CHACO

SOIL CHARACTERISTICS AND THEIR RELATIONSHIP WITH DOMINANT HEIGHT OF *Prosopis alba* PLANTATIONS IN THE CHACO PROVINCE

Fecha de recepción: 26/09/2016 // Fecha de aceptación: 02/05/2017

Sebastián Miguel Kees

Campo Anexo Estación Forestal Plaza. EEA Sáenz Peña INTA. Lote IV Colonia Santa Elena; Presidencia de la Plaza, Chaco. kees.sebastian@inta.gov.ar

Astor Emilio López; Julieta Rojas; María Roldan; Juan José Zurita; Elías Francisco Brest

Departamento de Suelos- Área Recursos Naturales EEA Sáenz Peña INTA

RESUMEN

La provincia del Chaco posee cerca de 4000 has con plantaciones forestales y la especie elegida oportunamente para este propósito es *Prosopis alba* Griseb., (algarrobo blanco).

Este estudio tuvo como objetivo analizar la relación entre la altura dominante (Hdom) de las plantaciones de entre 15 y 19 años de edad, y las características del suelo donde se implantan, usando métodos multivariados basados en la caracterización del suelo.

Se trabajó sobre una muestra de 35 parcelas de 1000 m², ubicadas en 18 plantaciones destinadas a la producción de madera para la industria.

La Hdom fue mayor en suelos con textura ligera, y menor en suelos con mal drenaje, poco profundo y con relieve sub normal. Estos resultados se pueden utilizar para lograr una mayor precisión en la elección de los sitios con buena calidad del suelo para *Prosopis alba*.

Palabras clave: *calidad de sitio*, productividad, análisis multivariado.

SUMMARY

Chaco province has about 4,000 ha of forest plantations and the species chosen for this purpose is *Prosopis alba* Griseb., (algarrobo blanco).

This study aimed to analyze the relationship between the dominant height (Hdom) of the plantations between 15 and 19 years old, and the soil characteristics where they were implanted, using multivariate methods based on soil characterization.

We worked on a sample of 35 plots of 1000 m², located in 18 plantations destined to the production of wood for the industry.

The Hdom was greater in soils with light texture, and lower in soils with poor drainage, shallow and with sub normal relief. These results can be used to achieve a greater accuracy in choosing sites with good soil quality for *Prosopis alba*.

Key words: soil properties, productivity, multivariate analysis.

INTRODUCCIÓN

La provincia del Chaco posee alrededor de 4 mil ha con plantaciones forestales (Gobierno del Chaco, 2013) y la especie con mayor proporción de superficie plantada es el algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.).

Debido a la importancia económica y social del cultivo de esta especie, para la provincia y la región (Cuadra, 2012), es necesario conocer el potencial productivo de los diferentes sitios en los que actualmente se desarrollan y de aquellos donde podrían desarrollarse las plantaciones a fines de una mejor planificación, ya que el uso actual de los suelos se caracteriza por la subutilización de la capacidad productiva de las tierras de ganadería (sistemas extensivos predominantemente) y sobreutilización de áreas agrícolas por la escasa aplicación de prácticas de manejo de suelo, agua y vegetación, en gran parte también por el uso de tecnologías desarrolladas en otras regiones con características climáticas y edáficas muy diferentes. El conocimiento de los suelos de la provincia permite cotejar la aptitud de los suelos con el destino o el uso productivo actual (Ledesma y Zurita, 1995; Codutti, 2003).

El algarrobo blanco constituye el eje de la fabricación del mueble; según Cuadra (2012), en la provincia del Chaco, desde 1980 existen aserraderos y carpinterías abocadas y concentradas fundamentalmente en la producción de muebles y artesanías, aberturas y productos varios en las localidades de Presidencia de la Plaza, Machagai y Quitilipi; las que abastecen la demanda, no sólo regional, sino nacional.

Las plantaciones de algarrobo en la región y en toda la provincia se han realizado en sitios muy diversos, lo cual, sumado a la gran variabilidad intrínseca de la especie genera diferencias en el crecimiento. Actualmente se está avanzando tanto en el conocimiento acerca de las condiciones de sitio más adecuadas para el cultivo de la especie, como en el potencial de crecimiento y el turno de aprovechamiento requerido para obtener madera comercial, entre otros factores.

La calidad del sitio se define como la capacidad de un área determinada para el crecimiento de árboles. Es la respuesta, en el desarrollo de una determinada especie arbórea, a la totalidad de las condiciones ambientales (edáficas, climáticas y bióticas) existentes en un determinado lugar (Kimmmins, 2004). Su conocimiento resulta fundamental en la ingeniería forestal para elegir los mejores sitios para plantar la especie apropiada en el lugar adecuado y para cambiar las características del mismo por medio de prácticas silvícolas si fuera necesario.

Algunos autores consideran que el mejor indicador de la calidad de sitio, al tener mayor independencia del tratamiento en términos generales es la altura de la masa, y particularmente la altura dominante (Hdom). Eso quiere decir conceptualmente

que las masas de mayor rendimiento tendrían una mayor altura dominante y además tendrían que estar asociadas a los suelos con un potencial que respalde ese crecimiento. Estas relaciones se pueden pensar como el simple postulado de que las “masas más productivas” estarían creciendo en “suelos más productivos” (Kimmmins, 2004). Por otro lado, se considera que dada la multiplicidad de variables que se han definido como clases indicadoras de calidad del sitio, se hace imprescindible el uso de metodologías que permitan identificar las que tengan mayor incidencia (González-Molina, 2005). Entre estas metodologías se encuentran los métodos de estadística multivariada, los cuales tienen en cuenta las correlaciones entre numerosas variables que son analizadas simultáneamente, de tal modo que permiten sintetizar e interpretar la información. Por tanto, las técnicas estadísticas multivariadas se han usado para analizar agrupamientos de suelos de una población estudiada por medio de sus variables, y permiten también la interpretación de las potenciales causas de las diferencias observadas. Tal es el caso del análisis de componentes principales (ACP), que ha hecho posible la resolución de numerosos problemas como por ejemplo la determinación de propiedades discriminantes de manejo en suelos semiáridos (Quiroga *et al.* 1998), la evaluación de los impactos de las labranzas sobre la calidad del suelo (Wander y Bollero 1999), la relación de la compactabilidad del suelo con las propiedades físicas y orgánicas (Ball *et al.*, 2000) o estudios de calidad de estación para *Populus sp* en el Bajo Delta Bonaerense del Río Paraná (Casabon *et al.*, 2001). Los métodos multivariados se utilizan con el objetivo de analizar el conjunto de datos de manera global, en este caso las características del suelo descritas para cada sitio, y el comportamiento de estas variables en forma simultánea, es decir, lo que se quiere conocer es si una variable influye en la otra y cómo se agrupan. Respecto a la utilización de estos métodos en calidad de sitio se pueden citar los trabajos de Caguasango (2012) que estableció un modelo de la calidad de índice de sitio – suelo o sitio específico mediante criterios de disponibilidad de nutrientes en plantaciones de *Gmelina arborea* y *Pachira quinata* y de Gonzales Izquierdo *et al.*, (2013) quienes evaluaron las clases de calidad de sitio de *Pinus caribaea var. caribaea* para correlacionarlas con las propiedades de los suelos que las definen. El análisis multivariado permite resumir la información de manera visual, detectando dimensiones principales de variabilidad y focalizando en las relaciones lineales entre variables (Husson *et al.*, 2011). Ha resultado útil en la selección de indicadores de calidad de suelos en diferentes ambientes y suelos de la región chaqueña (Rojas *et al.*, 2016; Toledo *et al.*; 2013; Acosta *et al.*, 2005) y por lo tanto podría ser útil también para definir un sitio por su calidad para el crecimiento de determinada especie a través de la relación entre parámetros relativos a la productividad de las plantaciones y las variables edáficas.

Desde el año 2009, el INTA, está realizando relevamientos en plantaciones forestales con la finalidad de caracterizar las condiciones de sitio y crecimiento debido a la necesidad de conocer el potencial productivo de los diferentes sitios en los que actualmente se desarrollan y podrían desarrollarse las plantaciones de algarrobo blanco.

El presente trabajo tuvo por objetivo analizar la relación entre la altura dominante (Hdom) de plantaciones con algarrobo blanco y las características del suelo donde se implantaron, utilizando métodos multivariados basados en la caracterización de los suelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio abarca diferentes departamentos de la porción centro - norte de la provincia del Chaco (Figura 1).

El clima donde está ubicada el área de estudio fue caracterizado como templado húmedo (Figura 2) (CIOMTA, 2004) Las temperaturas medias de invierno y verano son de 16°C y 28°C respectivamente y las precipitaciones disminuyen de este a oeste de 1000 a 800 mm.

Los sitios de muestreo se instalaron en ambientes contrastantes desde los bajos submeridionales hasta la región denominada Impenetrable y hacia el E de la provincia también, con lo cual se cubrió un amplio abanico de tipos de suelo.

Se trabajó sobre una muestra de 35 parcelas de 1000 m², ubicadas en 18 plantaciones de entre 15 y 19 años de edad, destinadas a la producción de madera para la industria (Tabla 1).

En cada plantación se identificaron áreas de muestreo en base a la cobertura y topografía presente, allí se instalaron las parcelas y se relevaron diferentes características del suelo, pH, drenaje, relieve, posición en el paisaje, profundidad efectiva y textura. Se determinó también la salinidad pero se la descartó del análisis por predominar los suelos no salinos, siguiendo los criterios de clasificación establecidos por Etchevehere, (1976).

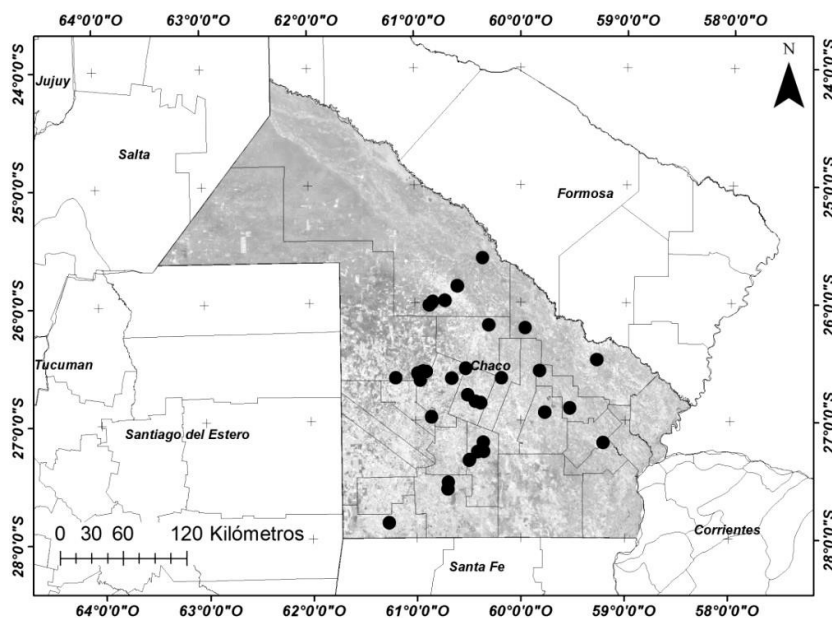


Figura 1. Ubicación de las parcelas en la Provincia del Chaco.
Figure 1. Location of the plots in the Chaco Province.

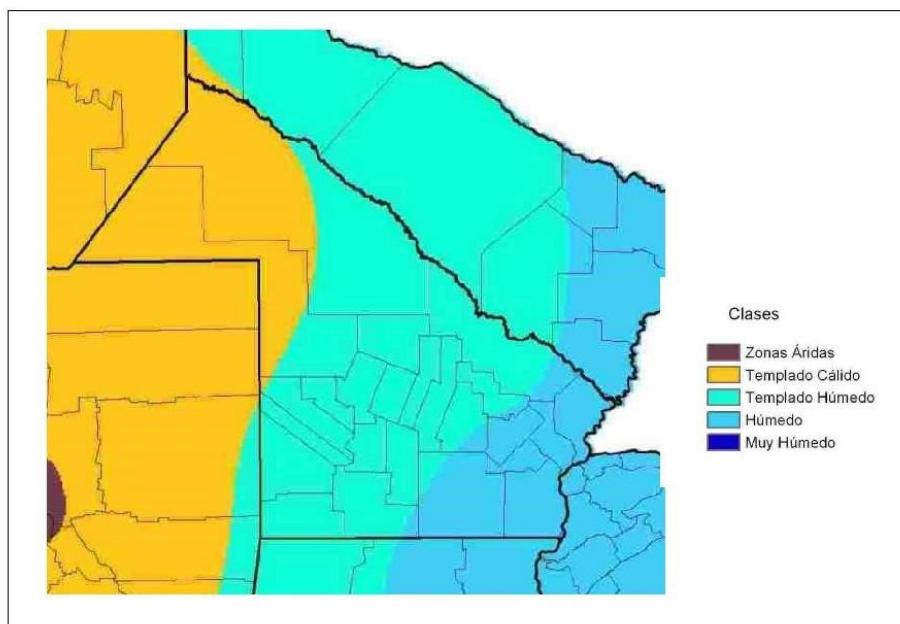


Figura 2. Caracterización climática donde está ubicada el área de estudio.
Figure 2. Climatic characterization where the study area is located

Tabla 1. Cantidad de parcelas estudiadas según edad.
Table 1. Number of studied plots according to age

Edad (años)	15	16	17	19	Total
Parcelas	8	8	7	12	35

En cada parcela de 1000 m² donde se midió el diámetro el diámetro normal (Dn) en centímetros con cinta dendrométrica y la altura total (Ht) en metros con clinómetro de Suunto a todos los árboles presentes, a partir de estos datos se seleccionó una muestra de 10 árboles dominantes, cuyo valor medio es el que corresponde a la altura dominante de la parcela (Hdom); el criterio de selección para esa muestra fue el propuesto por Assmann (1970), equivalente a la selección de los 100 ejemplares más gruesos por hectárea que deberían quedar para cosechar al fin de turno. Según Thren (1993), estos ejemplares representan el mayor valor del vuelo futuro, su desarrollo no es influenciado por raleos por lo bajo ni tampoco por el espaciamiento o densidad de plantación, ya que son los que sobreviven hasta el final del turno.

Los datos registrados fueron procesados con planilla de cálculo y analizados con el programa R 3.0.1 (R Core Team, 2013) a través del paquete FactoMineR (Husson *et al.*, 2011), por medio de un análisis de correspondencias múltiples (ACM).

El ACM es la aplicación del análisis de correspondencia a tablas con individuos clasificados por variables categóricas, que busca reducir el número de variables por medio de variables

sinécticas obtenidas a partir del enfoque de componentes principales (CP).

Para dicho análisis se tomaron las parcelas de muestreo como individuos y los atributos del suelo se dividieron en las categorías definidas en base a los criterios de clasificación establecidos por Etchevehere, (1976): pH ácido, alcalino o neutro; drenaje bueno, pobre o excesivo; relieve normal o subnormal; posición en el paisaje loma o media loma; la profundidad efectiva se dividió en suelo profundo, medio o somero; textura superficial media o liviana y textura subsuperficial media o pesada.

Estas categorías se tomaron como variables activas y la Hdom se tomó como variable cuantitativa suplementaria para la cual se analizó el coeficiente de correlación con los componentes principales del ACM. Las variables o elementos activos contribuyen a la construcción de las principales dimensiones de variabilidad en el espacio, mientras que las variables suplementarias son ilustrativas y no son utilizadas para calcular distancias entre individuos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presentan los estadísticos descriptivos para la Hdom.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de la altura dominante según edad.
Table 2. Descriptive statistics of the dominant height according to age.

Media	Desvío estándar	Rango Inter cuartil	CV	n	0%	25%	50%	75%	100%
8.4	1.36	1.3	0.16	35	5.5	7.7	8.5	9.1	10.8

El coeficiente de variación de la Hdom en base a la edad fue bajo, lo que la convierte en una variable consistente para la muestra estudiada. Esto permite asumir que las variaciones presentes en se pueden asociar a otras variables distintas a la edad. Se puede observar además que el 50% de la muestra tiene una altura dominante menor que varía entre los 5,5 y los 8,5 metros mientras que el 50% restante alcanza valores de hasta 10,8 metros. En la Tabla 3, se presenta resultados de variación explicada.

Tabla 3. Porcentaje de la variación explicada por cada dimensión.
Table 3. Percentage of the explained variation for each dimension.

Dimensión	λ ²	λ ²	%
1	3.76E-01	3.76E+01	37.6
2	2.09E-01	2.09E+01	58.4

El AMC agrupó las parcelas en base a las similitudes y diferencias de los individuos y los dos primeros CP explicaron el 58.4% de la variabilidad

total. Estos resultados son mayores a los encontrados por Gonzalez Izquierdo *et al.*, (2013) en *Pinus caribaea var. caribaea* donde el modelo explicó el 30 % de la variación de la calidad de sitio y, a la vez, son menores a los hallados por Acosta *et al.*, (2005) para quienes los primeros componentes que explicaban el 70% de la variabilidad total en *Eucalyptus spp.*

La Figura 3 representa la nube de categorías de suelo en base a la correlación de las coordenadas de las parcelas de muestreo en los CP1 y CP2.

El CP1 se conformó a partir de las categorías de drenaje pobre, suelo somero (poco profundo), relieve subnormal con valores positivos y textura superficial (tSP) liviana con valores negativos. Esto significa que se agruparon en forma inversa los suelos con drenaje pobre, superficiales y con relieve subnormal respecto a los de textura liviana; y que el eje básicamente estuvo dominado por el drenaje, la profundidad y el relieve. La CP2 se conformó a partir de la posición en el paisaje o el tipo de textura subsuperficial (tSB). Las categorías de pH no tuvieron peso en la distribución de los sitios.

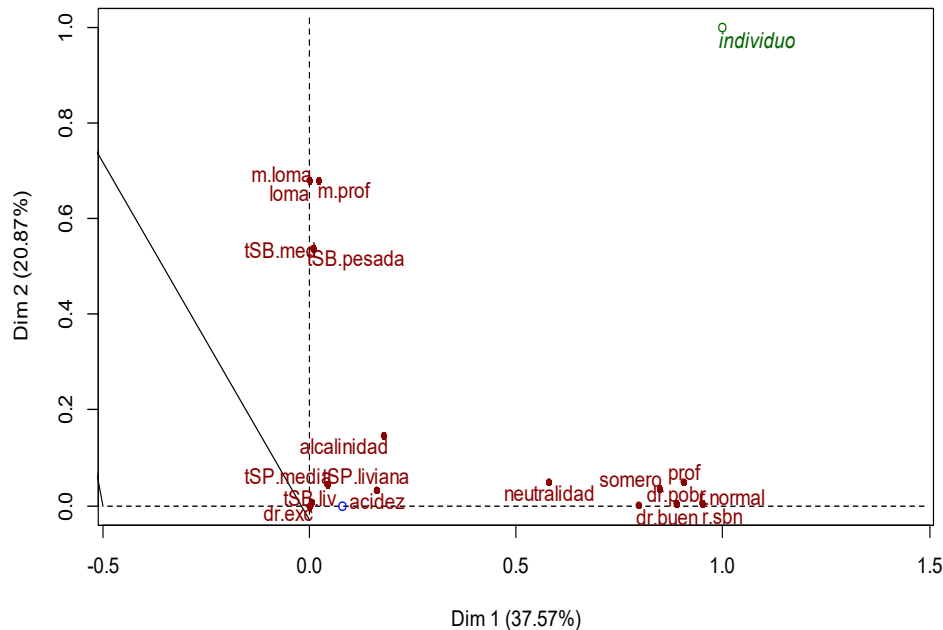


Figura 3. Representación de la nube de variables cualitativas en el plano conformado por los CP1 y CP2.
Figure 3. Representation of the cloud of qualitative variables in the plane formed by CP1 and CP2.

La variable suplementaria Hdom no presentó un valor de correlación estadísticamente significativo con los CP cuyos valores fueron -0.28241 para el CP1 y de 0.00798 para el CP2; sin embargo se asoció en forma negativa con el CP1, (Figura 4) lo que significa que fue mayor en suelos con textura liviana y menor en suelos con drenaje pobre, someros y con relieve subnormal; sin mostrar relación con la posición en el paisaje y la textura subsuperficial. Es importante resaltar que correlación no implica causalidad y este análisis principalmente toma en cuenta la correlación entre variables, teniendo la utilidad de ser sensible a asociaciones entre algunas propiedades mensurables del suelo y la Hdom, en este sentido esto indica una tendencia que debe ser tomada en cuenta.

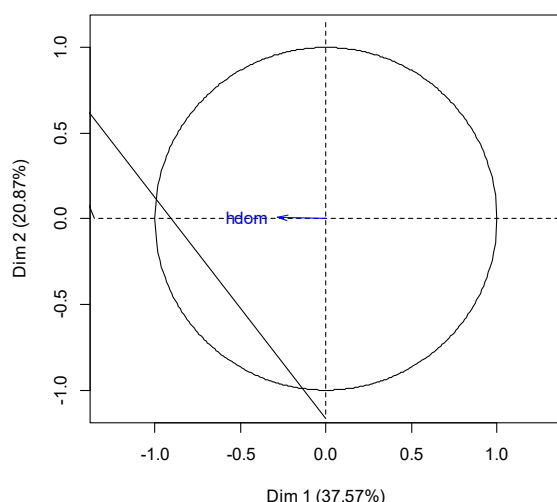


Figura 4. Hdom como variable suplementaria representada en el plano del ACM.

Figure 4. Hdom as an additional variable represented in the ACM plane.

Estos resultados sugieren que esta especie presenta dificultades para desarrollarse satisfactoriamente en suelos mal drenados, posiblemente debido a condiciones que dificulten los procesos de respiración en el ambiente radicular. En este sentido es necesario profundizar los estudios bajo dichas condiciones a fin de determinar relaciones de causalidad entre crecimiento y condiciones edáficas. Estos resultados son similares a los obtenidos por otros autores (Casaubon *et al.*, 2001) que estudiaron la relación entre condiciones edáficas y la calidad de estación para *Populus deltoides*, estableciendo relaciones negativas entre crecimiento en Hdom y condiciones de drenaje defectivo, textura pesada y retención de agua.

CONCLUSIONES

Estos resultados proporcionan una orientación para la selección de sitios con buena calidad de suelos para instalar forestaciones con *Prosopis alba*, con fines industriales, sugiriendo que existe una relación positiva entre suelos con textura liviana en el horizonte superficial y mayor Hdom y negativa en suelos con drenaje imperfecto, someros y que se encuentran en relieve subnormal. Se debería continuar la recolección de datos y profundizar el análisis, evaluando el comportamiento de la variable Hdom frente a otros parámetros de suelo mensurables que representen propiedades de suelo que en el presente estudio se describieron en forma categórica, para evaluar la posibilidad de obtener un modelo basado en los factores del suelo que favorecen la expresividad genética de los individuos de mayor altura en algarrobo.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA B.; Márquez, O.; Mora, E.; Garcia, V.; Hernandez, R. 2005. Uso del Método de Análisis de Componentes Principales para la Evaluación de la Relación Suelo Productividad en *Eucalyptus Spp.* Estado Portuguesa-Venezuela. Págs. 17 –44. Rev. Forestal Latinoamericana N° 37.

ASSMANN, E. 1970. The Principles of Forest Yield Study. Oxford, UK, Pergamon Press. 506 pp. 24, 26.

Ball, B.C., Campbell, D.J., Hunter, E.A. 2000. Soil compactibility in relation to physical and organic properties at 156 sites in UK. Soil and Tillage Research 57: 83-91.

CAGUASANGO, S.M. 2012. Modelación de la calidad de índice de sitio-suelo sitio específico mediante criterios de disponibilidad de nutrientes en plantaciones de *Gmelina arborea* y *Pachira quinata* en Bosque Seco Tropical (Zambrano-Bolívar). Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”. Bogotá, D.C

CASAUBON, E.A., Gurini L.B., Cueto G.R. 2001. Diferente calidad de estación en una plantación de *Populus deltoides* cv *Catfish 2* del Bajo Delta bonaerense del Río Paraná (Argentina). Revista Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Vol. 10 (2). pp 217 – 231

CIOMTA. 2004. Zonas Climáticas Homogéneas. Cartografía. <http://svsconsultora.com.ar/ciomta/zonasClimaticas.html> - visitado diciembre 2016.

CODUTTI, R. O. 2003. Consultoría: Asistencia técnica para la elaboración del diagnóstico agrario y rural de la Provincia del Chaco. Proyecto de desarrollo de pequeños productores agropecuarios. PROINDER.

Ministerio de la Producción- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación.

Argentina. Soil Till. Res. 155, 250-262. doi:10.1016/j.still.2015.08.010

CUADRA, E. D. 2012. La problemática forestal en la provincia del Chaco, Argentina. Un análisis desde la geografía. Revista geográfica digital. IGUNNE. Facultad de Humanidades. UNNE. Año 9. N° 18. ISSN 1668-5180 Resistencia, Chaco. En: <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/default.htm>.

THREN, M. 1993. Dasometría. Apuntes de Clase. Serie técnica Forestal. UNSE – GTZ. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. 182 pp.

ETCHEVEHERE, P. H. 1976. Normas de reconocimiento de suelos. Segunda edición actualizada. INTA, Dpto. de Suelos. Public. 152. Castelar, Buenos Aires. 211pp. I.S.B.N: 2900101785661

TOLEDO, M.; Galantini, J. A.; Ferreccio, E.; Arzuaga, S.; Gimenez, L. y Vazquez, S. 2013. Indicadores e índices de calidad de suelos rojos bajo sistemas naturales y cultivados. Ci.Suelo 31(2): 201-212

FTAL. N°51. Vol 9. (Sep. Oct.), pp 1-38.

WANDER, E.D., Bollero, G.A. 1999. Soil quality assessment of tillage impacts in Illinois. Soil Science Society of America Journal 63: 961-971

Gobierno del Chaco. Subsecretaria de políticas comunicacionales. Secretaria general de la gobernación. 2013. <http://www.prensa.chaco.gov.ar/?pag=noticia&nid=30185>

GONZÁLEZ IZQUIERDO, E., Barredo Medel, H., Carrasco Rodríguez, Y. 2013. Evaluación de las clases de calidad de sitio de *Pinus caribaea var. caribaea* en la Empresa Forestal Integral Macurije (Pinar del Río, Cuba). Ecosistemas 22 (3):46-51. DOI.: 10.7818/ECOS.2013.22-3.07.

GONZÁLEZ-MOLINA, J. M. 2005. Introducción a la silvicultura general. Universidad de León, León, 309 p. ISBN: 9788497732239

HUSSON F., Lê S., Pagès J. 2011. *Exploratory Multivariate Analysis by Example Using R*. Chapman & Hall/CRC.

KIMMINS, J.P. 2004. Forest Ecology. A foundation for sustainable management and environmental ethics in forestry. Prentice Hall, New Jersey. USA.

LEDESMA, LL. & JJ Zurita. 1995. Los Suelos de la Provincia del Chaco. Convenio INTA-Ministerio de la Producción -Gobierno de la Provincia del Chaco. 164 p.

QUIROGA, A., Buschiazzi, D. E., Peinemann, N. 1998. Management discriminant properties in semiarid soils. Soil Sci. 163: 591-597

R CORE Team. 2013. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL=<https://www.R-project.org>

ROJAS, J. M.; Prause, J.; Sanzano, G.A.; Arce, O. A. y Sánchez, M. C. 2016. Soil quality indicators selection by mixed models and multivariate techniques in deforested areas for agricultural use in NW of Chaco,