

Aptitud forestal de las tierras no agrícolas del norte de la provincia de Buenos Aires (Argentina)

Lupi, Ana Maria^{1,2}; Marcos Angelini¹; Gabriela Civeira¹; Julieta Irigoín¹

¹Instituto de Investigación Suelos, Centro de Investigación de Recursos Naturales, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (CIRN-INTA), Buenos Aires, Argentina; ²lupi.ana@inta.gov.ar

Lupi, Ana Maria; Marcos Angelini; Gabriela Civeira; Julieta Irigoín (2019) Aptitud forestal de las tierras no agrícolas del norte de la provincia de Buenos Aires (Argentina). Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 1-18. <https://doi.org/10.24215/16699513e018>

El objetivo de este trabajo fue clasificar, cuantificar y cartografiar la aptitud forestal de las tierras no agrícolas del N-NE de la provincia de Buenos Aires. Para ello se aplicó el software *Automated Land Evaluation System (ALES)* propuesto por la FAO. Las especies consideradas fueron: *E. camaldulensis*, *E. dunnii*; *E. saligna*, *E. tereticornis*, *E. viminalis* y los géneros *Salix* spp. y *Populus* spp. Se utilizaron las Cartas de Suelos de la provincia de Buenos Aires escala 1:50.000 del INTA. Como criterios diagnósticos se utilizaron la profundidad de fluctuación de la napa freática, el pH, la textura del horizonte superficial y el drenaje, entre otros. El balance de superficies indica que existen 92.089 ha de tierras aptas para implantar *E. camaldulensis* de las cuales el 13% se consideran sin limitantes. Para *E. tereticornis* existen 91.841 ha aptas, donde el 13% son muy aptas. La superficie de tierras aptas para *E. saligna* y *E. viminalis* alcanzó las 40.718 ha de las cuales el 30% son muy aptas. Estas dos especies presentan restricciones climáticas en el área evaluada debido a la susceptibilidad al frío en el período de implantación. Para *E. dunnii*, con 40.718 ha, no se identificaron tierras muy aptas. En cuanto al género *Populus*, el potencial de tierras disponibles es de 42.000 ha, siendo el 29% muy aptas. Para el género *Salix* la superficie fue de 47.243 ha. Estos resultados muestran que existe una importante superficie de tierras potencialmente aptas para el desarrollo de una cuenca forestal en la región sin competencia con la agricultura.

Palabras clave: evaluación de tierras, producción forestal, limitantes edáficas

Lupi, Ana Maria; Marcos Angelini; Gabriela Civeira; Julieta Irigoín (2019) Land suitability of lowlands for forestation in the northern part of Buenos Aires province. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 1-18. <https://doi.org/10.24215/16699513e018>

The objective of this work was to classify, quantify and map the land suitability of lowlands lands (or non suitable lands for annual-crop) of the N-NE of the province of Buenos Aires. For this, the Automated Land Evaluation System (ALES) software proposed by FAO was applied. We evaluated the following species: *E. camaldulensis*, *E. dunnii*; *E. saligna*, *E. tereticornis*, *E. viminalis* y los géneros *Salix* spp. y *Populus* spp using the soil map at 1:50,000 scale as source of soil information. The depth of water-table fluctuation, soil pH, soil texture and drainage, among other soil properties, were used as diagnostic criteria. The results showed that 92,089 ha were suitable for *E. camaldulensis*, from which 13% have not limitations. There were 91,841 ha suitable for *E. tereticornis*, where 13% were very suitable. The area suitable for *E. saligna* and *E. viminalis* reached 40,718 ha, from which 30% are very suitable. These two species present climatic restrictions in the study area due to the susceptibility to cold in the implantation period. *E. dunnii* reached 40,718 ha of lands, but none were very suitable land. The genus *Populus* had 42,000 suitable hectares, being 29% of them very apt. For *Salix* the resulting area was 47,243 ha. These results show that there is an important area of land potentially suitable for the development of a forest basin in the region without competing with annual crops.

Key words: land evaluation, forest production, edaphic limitations

<https://revistas.unlp.edu.ar/revagro>

Recibido: 25/03/2019

Aceptado: 01/08/2019

Disponible on line: 27/12/2019

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina



INTRODUCCIÓN

La provincia de Buenos Aires es una de las provincias más importantes del país en términos económicos, aportando el 29% del producto agropecuario nacional (Cámara Argentina de Comercio, 2016). La región norte de la provincia, conocida como zona núcleo, concentra el 42% de los suelos con aptitud agrícola y es considerada una de las principales áreas productivas del mundo producto de su clima y la extensión de suelos de alta productividad (Hall et al., 1992; Satorre & Slafer, 1999). Conjuntamente con las regiones del sudeste y sudoeste de Buenos Aires, forma parte de las 6 subregiones forestales que se identifican en la provincia como posibles cuencas de abastecimiento de recursos madereros para el mercado interno y externo. El desarrollo de un territorio requiere de la organización y planificación de su uso y ocupación, en función de las características y las restricciones biofísicas, culturales, socioeconómicas y político-institucionales (MAGyP, 2012). En el norte de Buenos Aires, la introducción del componente forestal en forma planificada puede representar una oportunidad para el desarrollo de un nuevo sector productivo, que está muy por debajo de su potencial (Sfeir, 2015). Actualmente la demanda de productos de la madera de esta zona se satisface a partir de lo producido en la Mesopotamia y el Delta del Paraná, de acuerdo a las especies. La producción de madera en sistemas puros o mixtos resulta un desafío para la zona continental. Particularmente los sistemas mixtos, bajo la forma de sistemas silvopastoriles son escasamente conocidos. Las interacciones de los componentes (ganado y árbol) sinergizan los efectos positivos individuales ofreciendo múltiples beneficios y servicios a escala predial, regional y de paisaje (Alonso, 2011, Zuluaga et al., 2011, Murgueitio et al., 2014). En cuanto a sistemas puros, la región está dando sus primeros pasos (Achinelli, 2014) y es posible obtener productos derivados de la madera para usos diversos como: rurales (postes, varillas), la producción de biomasa para celulosa y biomasa para energía orientada a atender el déficit energético y reducir el consumo de combustibles fósiles (FAO, 2008). A nivel mundial, el rol de las masas boscosas como herramienta para reparar daños ambientales está siendo cada vez más importante. Podrían contribuir a manejar el flujo de agua subsuperficial a nivel de paisaje (Alconada Magliano et al., 2009), a la fitorremediación en ambientes contaminados (Dietz & Schnoor, 2001) y el secuestro de gases efecto invernadero, en el marco de una estrategia nacional de reducción de emisiones.

Según las estadísticas oficiales, la provincia de Buenos Aires cuenta con una superficie de bosques cultivados de 68.014 ha, principalmente con salicáceas en la región del Delta del Paraná (60.091 ha) y *Eucalyptus spp* en el SE de Buenos Aires (7.818 ha). Excluyendo las áreas con suelos aptos para la agricultura, en el NE de Buenos Aires existe una proporción de suelos con diversos tipos y grados limitantes que podrían sostener la producción forestal con rendimientos variables. Esto daría impulso a nuevas cadenas productivas, a la diversificación de los productores y también al mantenimiento de servicios ecosistémicos para enfrentar los desafíos que propone el cambio climático.

Teniendo en cuenta la diversidad de ambientes, es necesario plantear un esquema ordenador que identifique con cierto margen de seguridad, áreas en las que el nivel de crecimiento de determinadas especies forestales tenga valores adecuados para su desarrollo. Para esto se llevan a cabo los estudios de evaluación de aptitud de las tierras para un uso específico. A nivel provincial, entre los antecedentes sobre evaluación de aptitud forestal a escala de semidetalle se encuentran los realizados por Lupi et al., (2013), en el oeste de la provincia de Buenos Aires para *E. viminalis* y por Cullot & Dillon (1998) en el sudeste de Buenos Aires para *E. globulus*. Para la región norte no se dispone de información sobre la distribución y aptitud forestal de las tierras, particularmente haciendo énfasis en suelos ganadero-agrícolas, que seguramente serán las áreas potencialmente elegibles para estos sistemas productivos.

En este marco, el objetivo de este trabajo fue clasificar, cuantificar y cartografiar la aptitud forestal de las tierras no agrícolas bajo la oferta tecnológica actual, ubicadas en la región N-NE de la provincia de Buenos Aires.

MATERIALES Y METODOS

Localización y características de la región de estudio

La evaluación de aptitud de uso forestal se realizó en los siguientes partidos de la provincia de Buenos Aires: Ramallo, Colón, Pergamino, San Pedro, Bartolomé Mitre, Baradero, Capitán Sarmiento, Rojas, Salto, General Arenales, Chacabuco, Carmen de Areco, Junín, San Nicolás, Zárate, San Antonio de Areco (Figura 1).

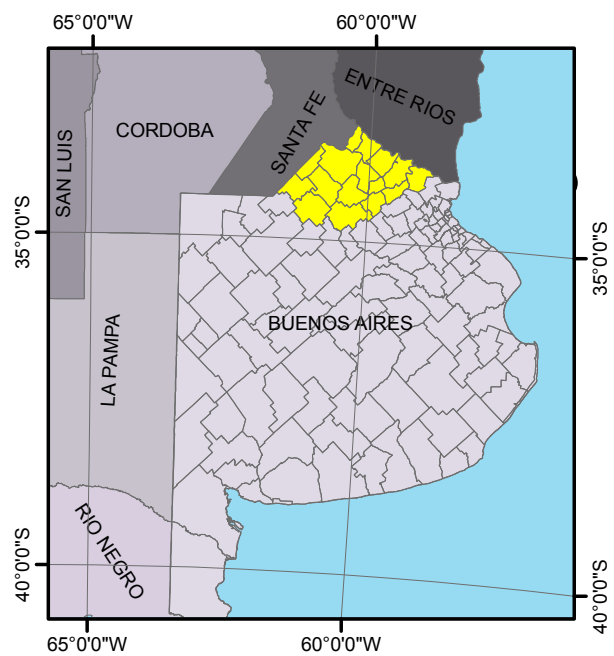


Figura 1. Ubicación geográfica de los partidos donde se realizó la evaluación de aptitud de uso de las tierras, en la provincia de Buenos Aires.

Caracterización climática

La provincia de Buenos Aires en general, se caracteriza por poseer un clima templado. En la región nor-noreste, la temperatura media del mes de enero es de 24 °C y en julio de 10°C, con un valor medio anual de 18°C. En cuanto a los valores extremos, los máximos absolutos superan los 40°C y los mínimos absolutos de -7°C a -10°C. El período libre de heladas en el NE es de 260 días. La fecha media de la primera helada es a principios de junio y las últimas heladas ocurren a fines de agosto. Las lluvias anuales superan los 900 mm y la estación con mayores precipitaciones es el verano con un máximo en el mes de marzo. En invierno, particularmente en el mes de junio, se registran los menores valores. La evapotranspiración potencial anual es de 850 mm según la metodología de Thornthwaite & Mather (1957). El balance hídrico de la región oriental de la provincia de Buenos Aires manifiesta excesos hídricos de aproximadamente 100 mm desde mayo a septiembre (Hall et al., 1992).

Geología, geomorfología y suelos

La provincia de Buenos Aires es una amplia llanura cuya superficie está conformada por sedimentos no consolidados de edad cuaternaria denominado loess. Estos sedimentos conforman el material originario a partir del cual se desarrollan los suelos de la región. La subregión Pampa Ondulada presenta un paisaje de suaves lomadas drenadas por ríos tributarios de la cuenca del Río Paraná y del Río de la Plata. En general, los depósitos loésicos recientes son clasificados como loess arcilloso, con bajos contenidos de arenas (< 5 %) y altos porcentajes de limo (70 %) y arcilla (como mínimo 20 %), (Zárate, 2003).

En particular, en Pergamino, San Nicolás, Ramallo, San Pedro y Colón el paisaje está compuesto de planicies elevadas, suavemente onduladas, recortadas por arroyos que drenan al río Paraná. En las partes altas de las planicies y en las pendientes se desarrollan los suelos Argiudoles vérticos, mientras que en las planicies aluviales, terrazas bajas y márgenes de ríos y arroyos están ocupadas por suelos Natracuoles y Natracualfes típicos. En los partidos de Carmen de Areco, San Antonio de Areco, Pergamino, Rojas, Chacabuco, Capitán Sarmiento, Zarate, Exaltación de la Cruz y parte de Colón y San Pedro el paisaje está compuesto por lomas alargadas y planicies suavemente onduladas, recortadas por vías de drenaje. En las posiciones más elevadas y mejor drenadas se desarrollan suelos Argiudoles típicos, al igual que en las pendientes. En las posiciones más planas y algo deprimidas evolucionan los suelos Argiudoles ácuicos, Argialboles argiácuicos y Argialboles típicos; en las partes bajas adyacentes a los cursos de agua se encuentran los suelos Natracuoles típicos y Natracualfes típicos. En los partidos de General Arenales, Junín y Bragado el área está cubierta por un sedimento eólico de gran espesor de textura franca a franca arenosa. El paisaje está fundamentalmente determinado por ondulaciones arenosas. En el sector oeste existen cordones alargados con relieve más marcado, donde los bajos alargados funcionan como vías de escurrimiento. Los Hapludoles énticos están desarrollados en los cordones arenosos y en las partes altas de las ondulaciones. Los Hapludoles típicos

ocupan, preferentemente, las posiciones planas y concavidades entre médanos. En las áreas bajas evolucionan Hapludoles tauto árgicos, Hapludoles tauto nátricos y Natracualfes típicos. En los planos aluviales de los ríos y arroyos existen complejos indiferenciados de suelos alcalinos e hidromórficos (SAGyP-INTA, 1989).

Principales limitaciones de los suelos

En el área de estudio, las principales limitaciones genéticas de los suelos para la producción forestal son el hidromorfismo, la salinidad y la sodicidad. Los cuales se describen a continuación.

El hidromorfismo se origina por la saturación con agua de la totalidad del perfil del suelo o una parte del mismo, durante períodos más o menos prolongados, provocando deficiencia de oxígeno. La intensidad de este proceso es variable según la posición topográfica, el microrelieve, las características de los materiales del suelo (en texturas arcillosas con baja conductividad hidráulica, es más propenso), las oscilaciones del nivel freático y el contenido de oxígeno disuelto en el agua freática, entre otros aspectos (Imbellone et al., 2010). Generalmente esta limitante se manifiesta en ambientes deprimidos, microdepressiones, pie de pendientes y llanuras aluviales. Estos ambientes constituyen condiciones de intrazonalidad, donde se observan suelos con distintas clases de drenaje deficiente, tales como imperfectamente drenado, pobremente drenado y muy pobremente drenado (Pereyra, 2016). Dichas clases de drenaje se diferencian por la frecuencia y duración de los períodos de desaturación y en las características morfológicas y rasgos redoximórficos presentes como concreciones y cutanes de óxidos de hierro (color herrumbre) y manganeso (color negro).

La salinización es un proceso que conduce a un aumento excesivo de las sales solubles en el suelo, pudiendo ser causada por agentes naturales o antrópicos. Los suelos salinos presentan principalmente las siguientes sales solubles: cloruro de sodio, sulfatos solubles de sodio y magnesio y bicarbonatos de calcio, magnesio y sodio; ocasionalmente puede haber acumulaciones de nitratos y boratos (Imbellone et al., 2010), las cuales elevan el componente osmótico del potencial hídrico de los suelos generando una menor disponibilidad de agua para las plantas. Además, el crecimiento de las plantas puede verse disminuido o retrasado dependiendo del contenido salino del suelo y la tolerancia de la especie vegetal. En general, el umbral de la salinidad aceptado para considerar reducciones en la producción de biomasa aérea y de raíces, y en consecuencia asociados con mermas en el rendimiento y/o productividad se encuentra en 2 dS/m de conductividad eléctrica (Lavado & Taboada, 2009). Los procesos de salinización y sodicidad se encuentran estrechamente vinculados, y en muchos casos se producen simultáneamente en los suelos de la Región Pampeana. La sodicidad se refiere a suelos con alta concentración de sodio intercambiable. A su vez, estos suelos presentan elevados pH. El hidromorfismo, en algunos casos, también se encuentra combinado con otros procesos como pueden ser la salinización y sodificación.

La sodicidad ocurre luego de la descalcificación, donde

el calcio es desplazado por el sodio y el magnesio, debido a la presencia de minerales de relativamente fácil meteorización, como las plagioclasas y de vidrio volcánico, presentes en la fracción liviana del suelo. En general, los suelos sódicos son aquellos que tienen suficiente proporción de sodio intercambiable como para producir deterioro en las condiciones físicas del suelo y afectar el desarrollo de los cultivos. El límite establecido es de 15% de sodio intercambiable (PSI) respecto de la capacidad de intercambio catiónico del suelo, siendo el pH alcalino (>8,5). Típicamente las sales de sodio están presentes en áreas deprimidas o al pie de las pendientes, donde el agua freática está cerca de la superficie hacia donde asciende por capilaridad; en cambio en las posiciones más altas del paisaje el sodio puede ser lixiviado del perfil. Las sales de magnesio y calcio son menos solubles, en caso de precipitar pueden hacerlo en forma separada en el perfil del suelo por encima de la sal de sodio.

Requerimientos y tolerancias de las especies.

A partir de los trabajos de Mangieri & Dimitri (1958), Cozzo (1975), FAO (1981), Golfari, (1985), Cromer (1995); Marcar (1995), Achinelli, et al., (2004), Baridon et al., (2005), Achinelli, (2006) y Baridon et al., 2008; se pudo realizar la siguiente síntesis.

Eucalyptus camaldulensis Dehnh, en su área natural de dispersión, cubre casi todo el continente con una gran variación de climas: templados al sur, tropicales al norte y condiciones de sequía en el centro. Es una especie de gran plasticidad, adaptable tanto a regiones semiáridas como a terrenos sujetos a periódicas inundaciones. Se desarrolla en ambientes donde la temperatura media y las precipitaciones no sean inferiores a -8°C y 250 mm anuales. Crece desde suelos arenosos, rojos lateríticos, arcillosos hasta suelos cubiertos con agua gran parte del año. Los suelos más aptos se corresponden con los de aptitud agrícola, profundos, de buen drenaje y con pH comprendidos entre 5 y 7. Esta especie presenta moderada tolerancia a la salinidad y se adapta a ambientes con subsuelo arcilloso. Es resistente a condiciones de pH moderadamente alcalino (8,6) y fuerte salinidad (8 dS/m). Se adapta a texturas muy finas (más finas que franco arcillosas). Requiere profundidades mayores a 70 cm. Sobrevive a largos periodos de anegamiento (24 meses según CSIRO, 2018).

Eucalyptus tereticornis Smith crece en gran variedad de condiciones climáticas. No soporta temperaturas inferiores de -5 °C. Es más sensible a las heladas que el *E. camaldulensis*. Es resistente a la sequía y al calor. Requiere climas templados, cálidos. En su área de origen se desarrolla en suelos aluviales, arenosos y húmedos, sobre el curso de los ríos, así como en suelos lateríticos con subsuelo arcilloso o de greda y profundos. Los suelos más aptos son los profundos (más de 100 cm), de buen drenaje, ligeramente ácidos a moderadamente alcalinos. Toleran drenaje imperfecto a pobre, pero no encharcable. Toleran pH moderadamente alcalino (8,2-8,4) y salinidad moderada (4 dS/m). Toleran texturas finas (franco-arcillosas a arcilloso).

Eucalyptus dunnii Maiden tienen un área natural pequeña en el NE de Nueva Gales del Sur (NGS) y SE

de Queensland. El clima de esta región es subtropical húmedo. Prefiere suelos fértiles, preferentemente de origen basáltico o sedimentario, bien drenados. En Australia es considerada una de las especies de más rápido crecimiento. Las áreas más aptas son las de drenaje bueno a moderado. No tolera drenaje deficiente (imperfecto a pobre). Requiere suelos profundos (100 cm o más). El crecimiento se ve limitado en suelos someros con menos de 75 cm. Las áreas más aptas son de pH neutros o ligeramente alcalino y toleran pH ligeramente ácido. Requieren suelos libres de salinidad y alcalinidad. Toleran texturas franco-arcillosas, no arcillosas.

Eucalyptus saligna Smith se sitúa en una franja de 120 km sobre la costa de NGS y del S de Queensland, sobre clima templado al sur y subtropical al N. En su área natural se desarrolla en suelos de buena calidad como los aluviales de textura media pero también en Podsólicos; pero todos bien drenados. Es más tolerante al frío que el *E. grandis* y presenta una alta capacidad de regeneración de rebrotes. Crece en suelos de textura media (más grueso que franco arcilloso), arenosos, rojos lateríticos, profundos y bien drenados. No tolera drenaje deficiente y los excesivamente húmedos son limitantes, no tolera pH muy alcalinos y salinidad mayor a 4 dS/m.

Eucalyptus viminalis Labill, en Australia, se extiende desde la Isla de Tasmania (43° S) hasta NGS y Queensland (28° S), con un clima que varía desde templado hasta subtropical húmedo y subhúmedo. Soporta temperaturas muy bajas, inferiores a -16°C, es sensible a los calores requiere entre 600-1400 mm anuales, principalmente en invierno. Requiere suelos profundos, sueltos y bien drenados. Puede adaptarse y vegetar en formaciones de médanos. Se adapta a suelos ligeramente ácidos a moderadamente alcalinos, con moderada salinidad. Resiste algo suelos salinos, limo-arenosos permeables. Son limitantes los suelos arcillosos, impermeables, poco profundos (< 75 cm), con pH >8, salinidad moderada (>4 dS/m) y drenaje pobre a imperfecto. No tolera texturas más finas que franco arcillosas.

El área de distribución natural de las salicáceas está comprendida en regiones de clima boreal o templado frío. Son especies de crecimiento rápido, de fácil propagación vegetativa y muy adaptable a una amplia gama de condiciones climáticas y del suelo. Estas características, combinadas con la amplia gama de productos forestales de madera, fibra, leña y otros productos y servicios que ofrecen, han llevado al uso generalizado de álamos y sauces en todo el mundo. Las propiedades del suelo son fundamentales para la producción exitosa y sostenible de cultivos. Para *Salix spp*, el Gran Grupo de suelos representativos de condiciones de mejor aptitud serían los Argialboles y Argiacuoles (según la Soil Taxonomy) mientras que para *Populus spp* sería Hapludoles y Argiudoles. Los suelos no apropiados para este último cultivo serían Natracuoles o Natracualfes.

Proceso de evaluación de tierras

La evaluación de la aptitud de uso forestal de las tierras se realizó en base al esquema Food and Agriculture Organization (FAO) y se utilizó el programa Sistema Automatizado para la Evaluación de Tierras, ALES,

(Rossiter & Van Wambeke 1997, 1995) para la generación de un sistema experto. El sistema experto se constituyó con la confrontación de los distintos requerimientos de las especies forestales y de las cualidades de la tierra propias del área de estudio, a partir del conocimiento experto.

Todas las especies forestales tienen requerimientos y necesidades particulares razón por la cual la respuesta de cada una de ellas será diferente para una misma unidad de tierra (UT). La UT representa la superficie o el área donde se realiza la evaluación de aptitud de uso y en este caso se corresponden con las series de suelos. Para cada UT se detallan un conjunto de características edafoclimáticas, las cuales son utilizadas para definir las distintas cualidades de la tierra (CuT). La evaluación de tierras consideró los riesgos o limitaciones que se presentan respecto al uso de la tierra en cuestión, tales como exceso hídrico, alcalinidad, salinidad, entre otros.

Siguiendo la metodología descripta, se procedió a definir el tipo de uso de la tierra (TUT), el cual comprende el conjunto de especificaciones técnicas de manejo y producción que dependen de la escala y del propósito del estudio. Tales especificaciones pueden referirse al tipo de cultivo, objetivos de producción, tipo de manejo, rotación, intensidad de mecanización y capital, infraestructura requerida, tamaño y tenencia de la tierra, entre otros. En este trabajo, el TUT fue definido como: Tierras destinadas a la implantación de bosques cultivados con diferentes fines, en forma pura o asociada y sostenible a partir de las siguientes especies forestales: *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *Eucalyptus dunnii* Maiden; *Eucalyptus saligna* Sm., *Eucalyptus tereticornis* Sm., *Eucalyptus viminalis* Labill, *Salix* spp. y *Populus* spp.

Las UT se correspondieron con las Series de suelo provenientes de las Cartas de Suelos de la provincia de Buenos Aires escala 1:50.000 (INTA, 1972). Para cada unidad taxonómica se identificó la clase utilitaria definida por USDA (Klingebiel & Montgomery, 1961) que varía de I a VIII. Si bien todas las clases admiten el uso forestal, en este trabajo la evaluación se centró en las clases IV a VIII. Se incluyó en el análisis la clase IV, de uso ganadero-agrícola, debido a que son suelos que presentan severas limitaciones y alta variabilidad en los rendimientos y podrían representar un área de producción con mayor expectativa para el cultivo forestal.

Producto de esta selección, las series de suelo evaluadas y definidas como las unidades de tierra (UT)

fueron: Arroyo Juárez, El Recuerdo, Faustina, Gelly, Gorostiaga, Gowland, Huemul, Ingeniero Silveyra, Las Nutrias, Manantiales, Morse, Rancagua, Rawson, Río Tala fase moderadamente inclinada y fase severamente erosionada, Río Tala fase severamente erosionada, Saforcada, San Sebastián, Santa Lucia, Santa Rita, Tatay, Vedia, Villa Moll, Wheelwright fase ligeramente erosionada y fase ligeramente inclinada, Wheelwright fase ligeramente inclinada y fase moderadamente erosionada, Wheelwright fase moderadamente erosionada, Wheelwright fase moderadamente inclinada y fase ligeramente erosionado, Wheelwright fase pobremente drenada, Wheelwright fase severamente erosionada y Zapiola.

Posteriormente, se identificaron las siguientes cualidades de la tierra (CuT) que tienen incidencia en la definición de la aptitud de uso forestal: profundidad de la napa freática (a partir de la profundidad de aparición de la napa freática descrita en el perfil del suelo), drenaje (a partir de la clase natural de drenaje de los suelos), facilidad para la exploración radical en el perfil del suelo (a partir de las características de la tierra textura superficial y subsuperficial), alcalinidad sódica (a partir de la profundidad de aparición en el perfil de suelo de un horizonte con PSI >15%), salinidad (a partir de la conductividad eléctrica del suelo) y reacción del suelo (a partir de la característica pH del horizonte superficial). Cada cualidad fue evaluada de acuerdo al nivel de severidad en cuatro categorías: no limitante (*1), ligera limitación (*2), moderada limitación (*3) y severa limitación (*4). Para la construcción de las cualidades se utilizaron los árboles de decisión como se muestran en las tablas 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

El resultado de la evaluación se expresó de acuerdo a 4 niveles de aptitud de uso de las tierras para cada especie forestal en: tierras muy aptas, tierras moderadamente aptas, tierras marginalmente aptas y tierras no aptas. La asignación de la aptitud a cada Serie de suelo se realizó considerando el factor de mayor restricción (limitación máxima). Así por ejemplo para que una Serie de suelo sea clasificada como muy apta para una determinada especie, ésta debió reunir todos los requisitos predefinidos por la especie forestal. Para clasificar tierras dentro la clase más restringida (no apta), resultó suficiente la identificación de un sólo atributo/cualidad con severa limitación (*4), aunque las demás características de las tierras reunieran las condiciones previstas para una clasificación de mejor aptitud.

Tabla 1. Árbol de decisión de la cualidad de la profundidad de la napa freática. Referencia: *Resolución del árbol: *1: No limitante; *2: Ligera limitación; *3: Moderada limitación; *4: Severa limitación.

Profundidad de aparición de la napa freática	Populus	Salix	E. camaldulensis	E. viminalis	E. tereticornis	E. dunnii	E. saligna
Muy alta (0-50 cm)	*4	*3	*3	*4	*4	*4	*4
Alta (50-75 cm)	*3	*2	*2	*4	*3	*4	*4
Moderada (75-100 cm)	*2	*1	*1	*2	*2	*3	*3
Baja (100-300 cm)	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1

Tabla 2. Árbol de decisión de la calidad drenaje. Referencia: *Resolución del árbol: *1: No limitante; *2: Ligera limitación; *3: Moderada limitación; *4: Severa limitación.

Clase natural de drenaje	Populus	Salix	E. camaldulensis	E. viminalis	E. tereticornis	E. dunnii	E. saligna
Muy pobremente drenado	*4	*4	*3	*4	*4	*4	*4
Pobremente drenado	*3	*3	*2	*4	*2	*4	*4
Algo pobremente drenado	*3	*1	*1	*3	*2	*4	*3
Moderadamente bien drenado	*1	*1	*1	*1	*1	*2	*2
Bien drenado	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1
Algo excesivamente drenado	*1	*2	*1	*1	*1	*1	*1
Excesivamente drenado	*2	*4	*1	*1	*2	*2	*2

Tabla 3. Árbol de decisión de la calidad facilidad para la exploración radical en el perfil. Referencia: *Resolución del árbol: *1: No limitante; *2: Ligera limitación; *3: Moderada limitación; *4: Severa limitación. =Corresponde a la misma resolución de la rama identificada (Ej: =1, corresponde a la resolución de la rama 1).

Textura superficial	Textura subsuperficial	Populus	Salix	E. camaldulensis	E. tereticornis	E. dunnii	E. saligna	E. viminalis
1. Areno franco	Franca arenosa	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1
	Franca	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1
	Franco limosa	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1
	Limosa	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1
	Franco arcillo limosa	*1	*1	*1	*1	*2	*1	*2
	Franco arcillosa	*1	*1	*1	*1	*2	*1	*2
	Franco arcillo	*1	*1	*1	*1	*2	*1	*2
	Arcillo limosa	*2	*1	*2	*1	*2	*2	*2
	Arcillosa	*2	*2	*2	*2	*2	*2	*2
2. Franco arenosa	Areno franca	*1	*2	*1	*1	*1	*1	*1
	1	1	1	1	1	1	1	1
	3. Franco	1	1	1	1	1	1	1
	4. Franco limosa	1	1	1	1	1	1	1
	5. Limosa	1	1	1	1	1	1	1
	6. Franco arcillo	*2	1	1	1	1	1	*2
	7. Franco arcillosa	*2	1	1	1	1	1	*2
	8. Arcillo limosa	*2	1	*2	*2	*2	*2	*2
	9. Franco arcillo	*2	1	1	1	1	1	1
	Franca arenosa							*1
	Franca							*1
	Franco limosa							*1
	Limosa							*1
	Franco arcillo limosa							*1
	Franco arcillosa							*1
	Franco arcillo							*1
	Arcillo limosa							*2
	Arcillosa							*2
	Areno franca							*1

Tabla 4. Árbol de decisión de la calidad Alcalinidad sódica. Referencia: *Resolución del árbol: *1: No limitante; *2: Ligera limitación; *3: Moderada limitación; *4: Severa limitación.

Profundidad de aparición de altos contenidos de sodio en el perfil (≥ 15 PSI)	Populus	Salix	E. camaldulensis	E. viminalis	E. tereticornis	E. dunnii	E. saligna
Superficial (< 20 cm)	*4	*4	*4	*4	*4	*4	*4
Subsuperficial (20-50 cm)	*4	*4	*3	*4	*3	*4	*4
Poco profundo (50-75 cm)	*4	*3	*2	*4	*3	*4	*4
Moderadamente profundo (75-100 cm)	*2	*2	*1	*3	*2	*3	*3
Profundo (100-150 cm)	*1	*1	*1	*3	*1	*2	*2
Sin sodio en el perfil ó a > 150 cm	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1

Tabla 5. *Árbol de decisión de la cualidad salinidad. Referencia: *Resolución del árbol: *1: No limitante; *2: Ligera limitación; *3: Moderada limitación; *4: Severa limitación.*

Conductividad eléctrica	Populus	Salix	E. camaldulensis	E. viminalis	E. tereticornis	E. dunnii	E. saligna
No salino (0-2 dS/m)	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1
Ligeramente salino (2-4 dS/m)	*2	*2	*1	*1	*1	*1	*2
Moderadamente salino (4-8)	*4	*4	*2	*3	*2	*4	*4
Salino (8-16 dS/m)	*4	*4	*3	*4	*4	*4	*4

Tabla 6. *Árbol de decisión de la cualidad reacción del suelo. Referencia: *Resolución del árbol: *1: No limitante; *2: Ligera limitación; *3: Moderada limitación; *4: Severa limitación.*

pH	Populus	Salix	E. camaldulensis	E. viminalis	E. tereticornis	E. dunnii	E. saligna
Fuertemente ácido (5-5,5)	*2	*3	*2	*2	*3	*3	*3
Moderadamente ácido (5,5-6)	*1	*1	*1	*1	*2	*3	*2
Ligeramente ácido (6-6,5)	*1	*1	*1	*1	*1	*2	*1
Neutro (6,5-7,3)	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1
Ligeramente alcalino (7,3-7,8)	*2	*1	*1	*1	*1	*1	*1
Moderadamente alcalino (7,8-8,4)	*3	*3	*2	*4	*2	*3	*1
Fuertemente alcalino (>8,4)	*4	*4	*3	*4	*3	*4	*4

A continuación, se describen los distintos niveles de aptitud forestal de las tierras Muy Aptas: Comprende tierras que no tienen limitaciones para el uso forestal con la especie considerada, o sólo presentan limitaciones leves, que no reducirían significativamente la producción maderera, ni harán elevar los insumos por sobre un nivel aceptable. Para esta clase de aptitud no se identifican subclases de aptitud debido a que no se reconocen limitaciones edáficas que afecten la producción forestal. Moderadamente aptas: Las limitaciones pueden reducir la productividad y los beneficios por elevación de los insumos, pero éstos aún son atractivos. Marginalmente aptas: Las limitaciones reducen marcadamente la productividad, pero aún es factible la producción forestal. No aptas: Comprende tierras con limitaciones que en conjunto son muy graves para su uso forestal con la especie considerada. La baja productividad y/o las necesidades de ordenamiento hacen no factible económicamente su utilización actual.

Una vez obtenida la evaluación de la aptitud de cada Serie de Suelo para cada especie o grupo de especies, se expresó el resultado en unidades cartográficas (UC) tomando como base georreferenciada la cartografía de suelos. Cada UC se compone de una o más Series de suelos en diferentes proporciones respecto del área total. Por lo tanto, cada UC tendrá diferente aptitud según la especie forestal y los suelos que la componen. En la cartografía resultante, la leyenda identificadora expresa las distintas clases de tierras aptas previamente definidas: muy aptas (verde), moderadamente aptas (naranja) y marginalmente aptas (rosa), mediante tres colores diferentes. Al mismo tiempo, para cada clase (o color) se representa la proporción de series (en %) que integra la UC bajo ese nivel de aptitud, variando las intensidades de color.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Superficie según clases de aptitud forestal

Basado en estimaciones del mapa de uso actual se determinó que la superficie neta de tierras no agrícolas representa un 50% del área total. Este valor fue considerado para el cálculo de la superficie con diferentes grados de aptitud. Se conoce que a raíz de los paquetes tecnológicos actualmente disponibles muchos suelos no agrícolas (con clases de capacidad de uso VI) se encuentran en producción de cultivos anuales, básicamente con cultivo de soja, con los riesgos que ello implica, sumado a la variabilidad en los rendimientos.

La Tabla 7 muestra, en términos cuantitativos y relativos, la superficie disponible para implantar bosques, por clase de aptitud. Del análisis se observa que las especies menos exigentes en condiciones de sitios y por lo tanto con mayores condiciones de adaptabilidad a los suelos estudiados fueron el *E. camaldulensis* y el *E. tereticornis*. El balance de superficie indica que existen 92.089 ha de tierras aptas para implantar *E. camaldulensis* de las cuales el 13% se consideran sin limitantes (12.449 ha), el 47% tienen limitantes moderadas y el 40% restante tiene limitantes severas para el crecimiento del cultivo. Para *E. tereticornis* se observó que existe una mayor superficie de tierras marginales respecto de las moderadamente aptas. Existen 91.841 ha aptas, donde el 13% son muy aptas, el 35% tienen limitantes moderadas y el 52% posee limitaciones graves. La superficie de tierras aptas (40.718 ha) disminuyó notablemente para *E. saligna* y *E. viminalis*. El 70% de ellas se clasifican como moderadamente aptas para estas especies y no se registran tierras marginalmente aptas. Para el cultivo de *E. dunnii* existen 40.718 ha de tierras moderadamente

aptas y no se disponen de tierras muy aptas ni marginalmente aptas.

La superficie de tierras disponible para implantar álamos es similar a *E. viminalis*. El potencial de tierras disponibles es de 42.000 ha, siendo el 29% muy apta, el 68% moderadamente aptas y solo el 3% marginalmente aptas. La superficie disponible para implantar sauces fue levemente superior a la de álamos, sin embargo, no se hallaron tierras sin limitaciones. La mayor proporción son tierras moderadamente aptas y la superficie total es de 47.243 ha.

Las plantaciones con especies exóticas de rápido crecimiento constituyen una alternativa viable para diferentes objetivos entre los cuales puede indicarse bosques productores de madera para la industria del aserrado, la construcción, la celulósica y la energía. Los bosques pueden constituirse como reparo para animales, cortinas rompevientos, protección en márgenes de cursos de agua y secuestro de CO₂. Si el objetivo es la renta económica en sitios de buena aptitud son esperables buenos crecimientos, mientras que en las clases moderadamente aptas los rendimientos pueden verse afectados entre un 20-25%. (FAO, 2003).

La disponibilidad de tierras para sostener la actividad forestal con especies exóticas de rápido crecimiento ha sido demostrada en diferentes regiones de la provincia de Buenos Aires (Ferrere et al.; 2008, 2017; Achinelli et al., 2017), pero existen discusiones sobre los efectos que podrían provocar las masas boscosas cuando reemplazan pastizales. Se menciona como aspectos más controversiales los cambios producidos en el ciclo hidrológico (Jobbágy et al., 2008; Besteiro, 2014), la acidificación de los suelos, la modificación en el patrón de distribución de los nutrientes, la pérdida de fertilidad cuando aumenta el número de rotaciones con planteos de manejo intensivos (Jobbágy & Jackson, 2003; 2004; Lupi et al., 2011). En contraposición se destaca el rol de

los bosques en el control de la erosión hídrica y eólica, el secuestro de carbono atmosférico en la gran biomasa (Ferrere et al., 2008), y otros gases efecto invernadero; y el uso de árboles como fitoremediadores en áreas contaminadas (Dhillon et al., 2008; Madejon et al., 2017).

Mapas de aptitud forestal

Para todas las especies evaluadas, las tierras muy aptas o sin limitantes son las de menor predominancia y se encuentran en el partido de Junín y General Arenales. Las Series de suelo: Arroyo Juárez (AJ), Gelly (Ge), Huemul (Hm), Ing. Sylveira (ISy), Los Indios (LI), Los Leones (LL), Manantiales (Ma), San Sebastián (SS), Tatay (Ty), Vedia (Ve) y Zapiola (Za) fueron calificadas como no aptas para todas las especies evaluadas (Tabla 8).

Los partidos de Arenales y Junín concentran las tierras muy aptas mientras que Baradero y San Pedro concentran la mayor superficie de tierras de moderada aptitud para los eucaliptos colorados: *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* (Figuras 2 y 3). Por el contrario, el partido de Chacabuco, Carmen de Areco, General Arenales y Pergamino concentran la mayor superficie de tierras marginales. Al intentar establecer alguna relación entre el crecimiento de las especies evaluadas y los suelos clasificados, se infiere que es escasa la información disponible.

E. camaldulensis dispone de condiciones ambientales (climáticas) de crecimiento en casi toda la provincia de Buenos Aires (Moschini et al., 2000) y los rendimientos son variables con el tipo de suelo. Los reportes encontrados refieren a rodales establecidos en suelos agrícolas como los Argiudoles típicos (Baridon et al., 2001) que pueden clasificarse como muy aptos, donde los crecimientos esperados son mayores a 20 m³/ha/año (Marcó & Harrand, 2005). En los Argiacuoles típicos, suelos mal drenados y clasificados como moderadamente aptos por Baridon et al., (2001); los

Tabla 7. Balance de superficie por especie y clase de aptitud.

		Tierras no agrícolas			Total
		Muy aptas para uso forestal	Moderadamente aptas para uso forestal	Marginalmente aptas para uso forestal	
E. camaldulensis	ha	12.449	43.083,5	36.557,2	92.089,7
	%	13,5	46,8	39,7	
E. tereticornis	ha	12.448,9	31.894,1	47.498,3	91.841,0
	%	13,6	34,7	51,7	
E. saligna	ha	12.272,2	28.445,9		40.718,0
	%	30,1	69,9		
E. viminalis	ha	12.272,1	28.445,9		40.718,0
	%	30,1	69,9		
E. dunnii	ha		40.718,0		40.718,0
	%		100		
Populus	ha	12.272,1	28.445,9	1.278,2	41.996,2
	%	29,2	67,3	3,0	
Salix	ha		41.366,0	5.877,2	47.243,2
	%		87,6	12,4	

Tabla 8. Serie de suelo, limitantes y criterios diagnósticos de tierras no aptas.

	Limitante	Drenaje	Salinidad/ Alcalinidad	Na int (%)	pH (pasta/H ₂ O)
TATAY	Drenaje y alcalinidad sódica. Los tenores de sodio que en superficie alcanzan al 15 y 40 %, llegan en el al 45 y 80 % de la capacidad de intercambio.	Algo pobremente drenado, escurrimiento lento a muy lento y permeabilidad lenta.	No salino, con fuerte alcalinidad sódica desde la superficie	26% Na desde la sup	7,7/8,4 desde la sup
VEDIA	Ocupa los sitios de bajo. Limitaciones severas por exceso de Na desde la superficie, exceso de humedad y peligro de anegamiento.	Algo pobremente drenado, escurrimiento lento, permeabilidad lenta.	Fuertemente alcalino, débilmente salino	43% desde la sup	7,6/8,1 desde la superficie
INGENIERO SILVEYRA	Alcalinidad sódica, salinidad y drenaje deficiente. El límite BA al Bt es abrupto con 40 a 60 cm de espesor.	Pobremente drenado, escurrimiento muy lento, permeabilidad muy lenta, muy anegable.	Exceso de sodio desde la superficie y alcalinidad sódica hasta después de los 100 cm. Levemente salino	18% de Na desde la sup y 40% a los 20 cm	8,1/8,5 desde los 20 cm
SAN SEBASTIAN	Drenaje, alcalinidad sódica después de los 16 cm. Bt, fuertemente textural, salinidad.	Pobremente drenado, escurrimiento lento, permeabilidad lenta	Alcalino, débilmente salino	48.8% a partir de los 16 cm	8,8/9,1 a partir de los 16 cm
LOS LEONES	Drenaje, hidromorfismo, alcalinidad sódica	Pobremente drenado, escurrimiento muy lento, permeabilidad lenta	Alcalino sódico desde la sup.	29% a partir de los 16 cm	7,3/7,6 a partir de los 16 cm y 8,5/9 a partir de los 25 cm
LOS INDIOS	Alcalinidad, salinidad y drenaje deficiente	Pobremente drenado, escurrimiento muy lento, permeabilidad lenta, muy anegable	Alcalinidad sódica desde la superficie. Levemente salino.	19% de Na desde la superficie y 35 % a los 18 cm	8,2 a partir de los 18 cm
ZAPIOLA	Drenaje, alcalinidad sódica, salinidad moderada. Se encuentra en posición de bajos deprimidos.	Pobremente drenado, escurrimiento muy lento, permeabilidad lenta.	Alcalino sódico y débilmente salino a los 16 cm.	30% desde la sup.	7,9/8,4 desde la sup.
MANANTIALES	Drenaje, alcalinidad sódica, peligro de anegamiento por capa freática fluctuante.	Pobremente drenado, escurrimiento muy lento, permeabilidad muy lenta.	alcalino sódico desde superficie, no salino	39% desde la sup.	8,9/9,1 desde la sup.
SANTA RITA	Drenaje y alcalinidad sódica desde la superficie.	Pobremente drenado, escurrimiento muy lento, permeabilidad muy lenta.	Fuertemente alcalino-sódico desde la superficie, con salinidad desde los 50 cm. de profundidad	68% desde la sup.	9,0/9,8 desde la sup.
HUEMUL	Drenaje, hidromorfismo, alcalinidad	Pobremente drenado, escurrimiento lento, permeabilidad lenta.	sódico y levemente salino 12.4 mmhos /cm en sup	31% desde la sup.	8,1/8,8 desde la sup.
ARROYO JUAREZ	Drenaje, alcalinidad sódica. Suelo poco profundo en áreas deprimidas de los cursos de arroyos	Pobremente drenado, escurrimiento muy lento, permeabilidad muy lenta.	Fuertemente alcalino y salino. 6,9 mmhos/ cm en sup	58% en sup.	8,9/9,5 en sup.

crecimientos esperables serían de 15-20 m³/ha/año. Los primeros trabajos de Mangieri & Dimitri (1958) en plantaciones localizadas en Ezeiza, refieren a crecimientos en un rango de 12,5 hasta 28,7 m³/ha/año. El valor más bajo se correspondería con clase de aptitud marginalmente apta (10-15 m³/ha/año) y el más alto a clase muy apta (>20 m³/ha/año). En Castelar, se registraron crecimientos de 19,8 m³/ha/año (Ottone, 1990), esperables para una clase moderadamente apta. Por su lado, Penon et al., (2008) indican que en suelos agrícolas se registran crecimientos de 30-33 m³/ha/año (suelos muy aptos) mientras que en suelos pobres puede descender a 12 m³/ha/año (marginalmente aptos

a no aptos). El valor indicado por Penon et al., (2008) para sitios buenos, supera el rango indicado por Cozzo (1995) en sitios de buena calidad y es coincidente con los crecimientos señalados para sitios de baja calidad (suelos regulares a malos, compactos y con presencia de tosca), donde el rango oscilaría entre 10-15 m³/ha/año (marginalmente apto).

Es notablemente menor la información disponible sobre crecimiento de *E. tereticornis*. Harrand & Marcó (2012) encuadran a esta especie en el grupo de los eucaliptos que tienen crecimiento entre 20- 30 m³/ha/año a los 10 años en el sur de Entre Ríos, valores que podrían ser esperables para el Norte de Buenos Aires.

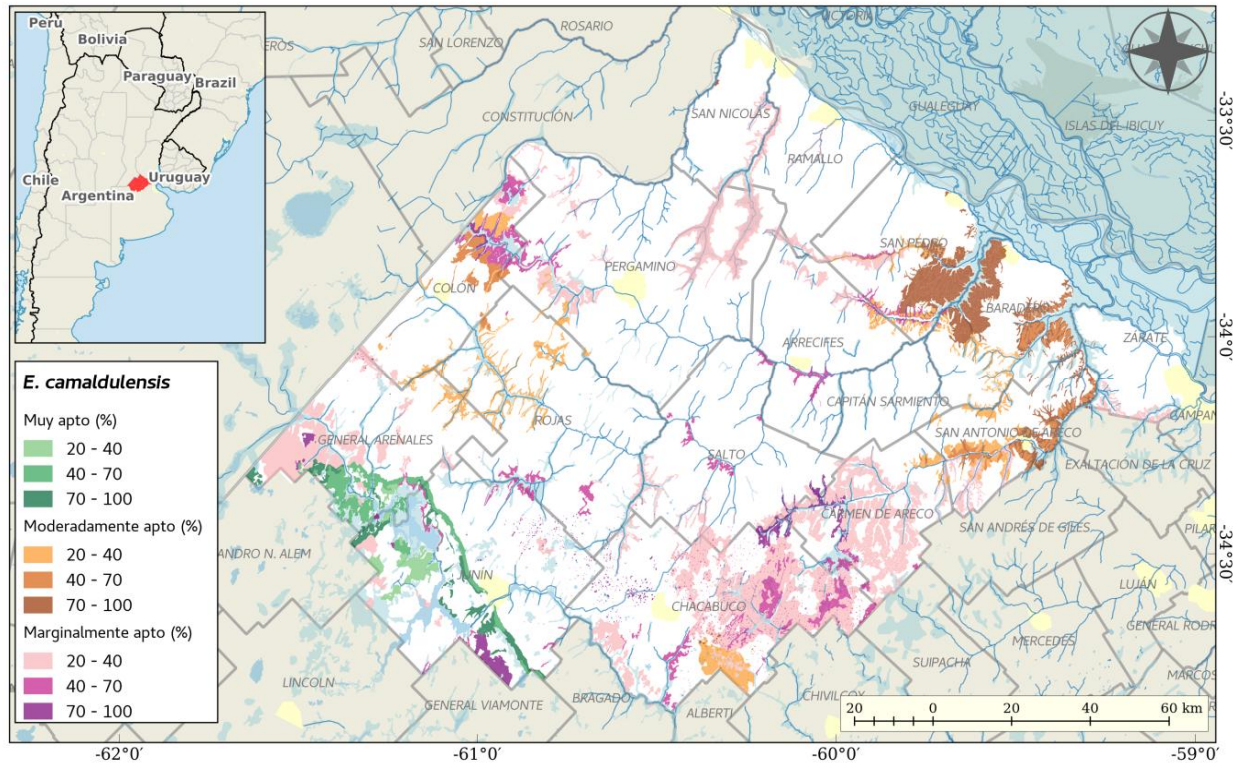


Figura 2. Aptitud de las tierras no agrícolas del norte de Buenos Aires para la implantación de bosques de *Eucalyptus camaldulensis*.

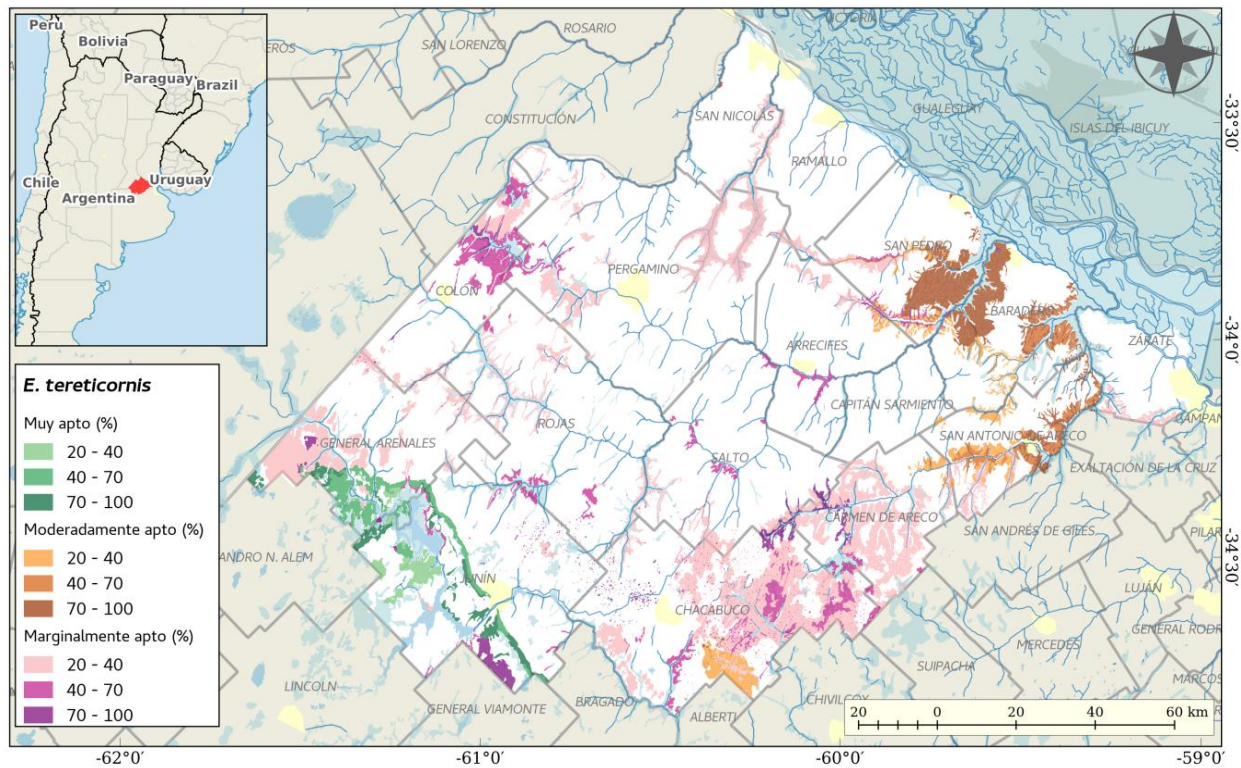


Figura 3. Aptitud de las tierras no agrícolas del norte de Buenos Aires para la implantación de bosques de *Eucalyptus tereticornis*.

Los resultados logrados para progenies a los 6 años de edad, sobre un suelo Argiudol en Zárate, indican crecimientos variables de 12 a 35 m³/ha/año. Estos datos surgen de diversas fuentes semilleras y se estima que su uso superará en un 30% en crecimiento a la semilla comercial disponible (Raute & Bunse 2011).

Para *E. saligna*, los partidos de General Arenales y Junín disponen de tierras aptas, y en Baradero, San Pedro y San Antonio de Areco se localizarían las mayores superficies de tierra moderadamente aptas (Figura 4). *Eucalyptus saligna* es una especie afín a *E. grandis* pero con mayor tolerancia a frío. Los antecedentes que refieren crecimientos de esta especie son muy escasos. Se puede mencionar el trabajo de Ottone (1990) en el partido de 25 de Mayo donde indican valores de 37 m³/ha/año, en una plantación de 29 años con distanciamiento de 2,5 x 2,5 m, pudiendo corresponder esto a una clase muy apta. Harrand & Marco (2012) encuadran al *E. saligna* al igual que *E. dunnii* en el grupo de los eucaliptos que tienen crecimiento por encima de los 30 m³/ha/año en el sur de Entre Ríos.

Los eucaliptos blancos como el *E. viminalis* y *E. dunnii* (Figura 5 y 6) presentan algunas diferencias en cuanto a la disponibilidad de tierras. *E. viminalis*, por su mayor adaptabilidad, dispone de tierras aptas en los partidos de Junín y General Arenales mientras que las tierras moderadamente aptas se localizan en los partidos de Baradero, San Pedro y San Antonio de Areco. Las tierras moderadamente aptas para *E. viminalis* también lo son para *E. dunnii*. Los resultados muestran que no se disponen de tierras aptas para esta última especie y los suelos de los partidos de Junín y General Arenales también se clasifican como moderadamente aptos. La evaluación de aptitud no reporta suelos marginalmente aptos para ninguna de estas especies.

Relevamientos realizados en los alrededores de Ezeiza (Buenos Aires) por Mangieri & Dimitri (1958) informan que *E. viminalis* a los 10 años muestran incrementos volumétricos que superan los 25 m³/ha/año, clasificando estas áreas como muy aptas. Por otro lado, en un rango de ambientes que va desde 25 de Mayo hasta Guaminí (oeste de la provincia de Buenos Aires), sobre suelos Hapludoles énticos y Udipsamentos típicos, de textura gruesa y con drenaje algo excesivo, Ferrere et al., (2008), indican crecimientos de 28 m³/ha/año. Particularmente, para un rodal de 14 años localizado en 25 de Mayo el incremento medio anual (IMA) fue de 27 m³/ha/año (Ferrere et al., 2007). Resulta interesante analizar los datos informados por Ottone (1990). En Ramallo, partido incluido en esta evaluación, plantaciones de 8 y 9 años, con distanciamientos de 3 m x 2 m se relevaron crecimientos en suelos agrícolas, de 28 y 37 m³/ha/año, respectivamente. En este mismo trabajo, aunque sin referenciar el sitio, indica que plantaciones de *E. viminalis* de 12 años mostraron crecimientos de 15 m³/ha/año en suelos con limitantes sin especificar y 30 m³/ha/año en suelos sin limitantes, correspondiéndose con clases de suelo marginalmente aptas y muy aptas, respectivamente.

E. dunnii es una de las mejores alternativas para el N de la Región Pampeana con buenos crecimientos, forma y comprobada tolerancia a heladas; además de

contar con disponibilidad de germoplasma mejorado que asegura el progreso genético (Harrand & Marcó, 2012). Los crecimientos esperables por clases de aptitud para esta especie varían de 25-30 m³/ha/año en suelos muy aptos como los Argiudoles típicos, donde el suelo es bien drenado, no alcalino y la profundidad efectiva es mayor a 100 cm. Dellarue et al.; (2011) presentan resultados sobre los crecimientos obtenidos en el huerto semillero de progenies, sobre un Argiudol típico de Zárate. Estos autores observaron que las familias provenientes de Ramallo y el origen australiano fueron superiores a las selecciones de Oliveros. Para el norte de la cuenca del Salado, Achinelli et al., (2017) informan un crecimiento de 31,4 tn/ha/año. Estos autores citan a Mac Donagh et al. (1991), quienes reportan un IMA de 28,1 m³/ha/año. Sin duda, los crecimientos en suelos de buena calidad son promisorios, sobre todo si se tiene en cuenta que en la mayor parte de los antecedentes reportados no se trata de materiales mejorados. Si bien no se disponen de otros antecedentes se propone como suelos moderadamente aptos a aquellos moderadamente profundos, algo excesivamente drenados o imperfectamente drenados, y débilmente alcalinos; donde el IMA se reduce a 20-25 m³/ha/año. La clase marginalmente apta (15-20 m³/ha/año), incluye suelos poco profundos a someros, donde el drenaje presenta una mayor limitante que la clase anterior y la alcalinidad es leve a moderada.

Dentro del grupo de las Salicáceas y haciendo referencia a la zona continental, las plantaciones del género *Populus* (álamos) predominan en la Pampa Arenosa; y sólo se cultivan sauces (*Salix* spp.) en bajos dulces inundables de importancia marginal (Achinelli, 2014). En estos ambientes se consolida el predominio de clones de *Populus deltoides*, seguidos de clones de *P. x canadensis* (= *P. x euramericana*). Se mantienen en cultivo algunos materiales de probada adaptabilidad, como *P. deltoides* 'Stoneville 67', *P. deltoides* 'Australiano 129/60' y *P. deltoides* 'Delta Gold' (= Stoneville 66). Los suelos Argiudoles y Hapludoles profundos, francos a franco arenosos, fértiles y sin problemas de drenaje se indican como muy favorables para el cultivo de álamos (Achinelli, 2006), y los rendimientos para turnos de 11-12 años serían de 17-25 tn/ha/año (Achinelli, 2014), o su equivalente de 21-31 m³/ha/año. En ambientes de la pampa ondulada, área que corresponde a esta evaluación, predominan clones de *P. deltoides* como 'Stoneville 67' y 'Australiano 129/60'. Según Achinelli (2014) en esta región los suelos con potencial productivo se circunscriben a las planicies de inundación de los Ríos Arrecifes y Areco, con posibilidades de extenderse a otros cursos de agua de la región como los Arroyos Ramallo y Chacón. Los álamos resultan aptos para los sitios "altos" donde podrían obtenerse un IMA de 20-25 tn/ha/año (25-31 m³/ha/año) y deben evitarse los sitios bajos con sodicidad en superficie. Estos crecimientos podrían encuadrarse dentro de las clases muy aptas. Existen otros antecedentes que corresponden a otras regiones. Baridon et al., (2005) trabajando con *Populus deltoides* cv *Harvard* (I-63/51) en el Partido de Alberti (Buenos Aires) sobre un Argiudol típico y un Hapludol típico registró crecimientos de 18,8 m³/ha/año a los 13 años.

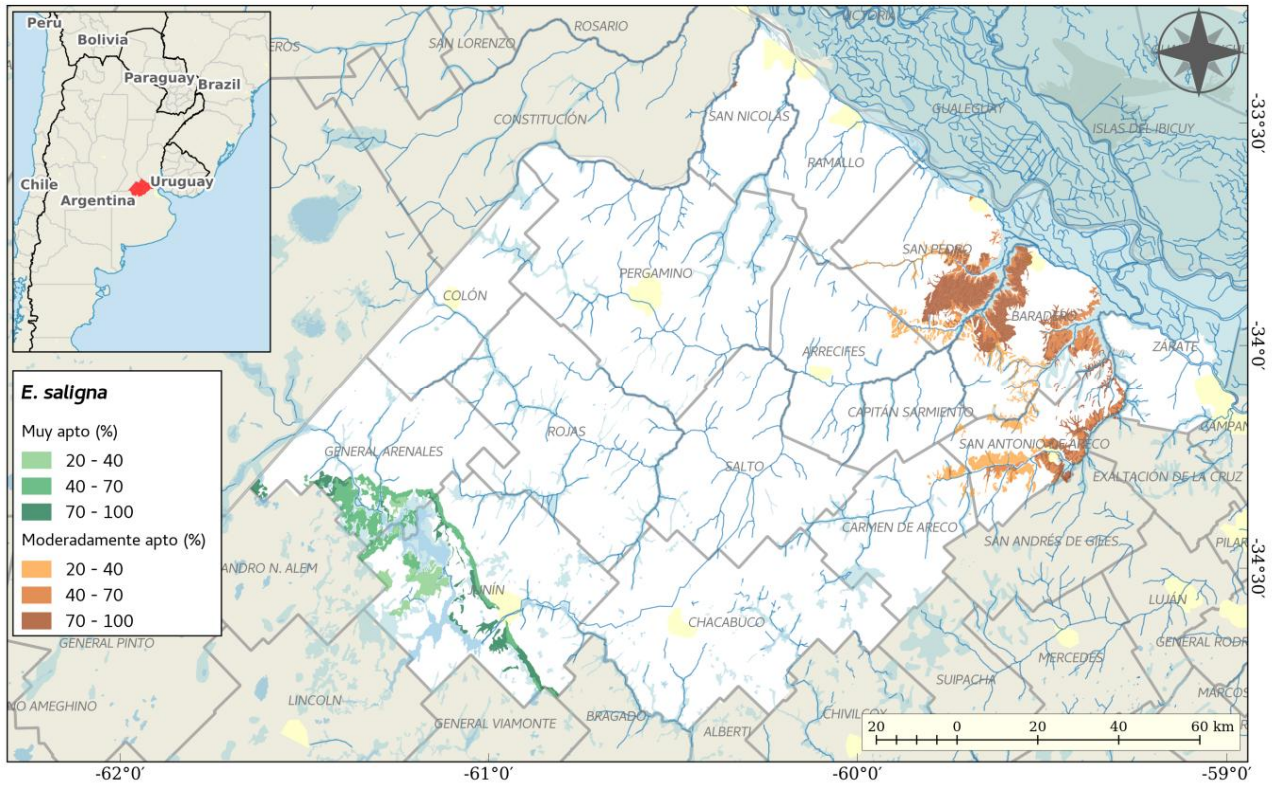


Figura 4. Aptitud de las tierras no agrícolas del norte de Buenos Aires para la implantación de bosques de *Eucalyptus saligna*.

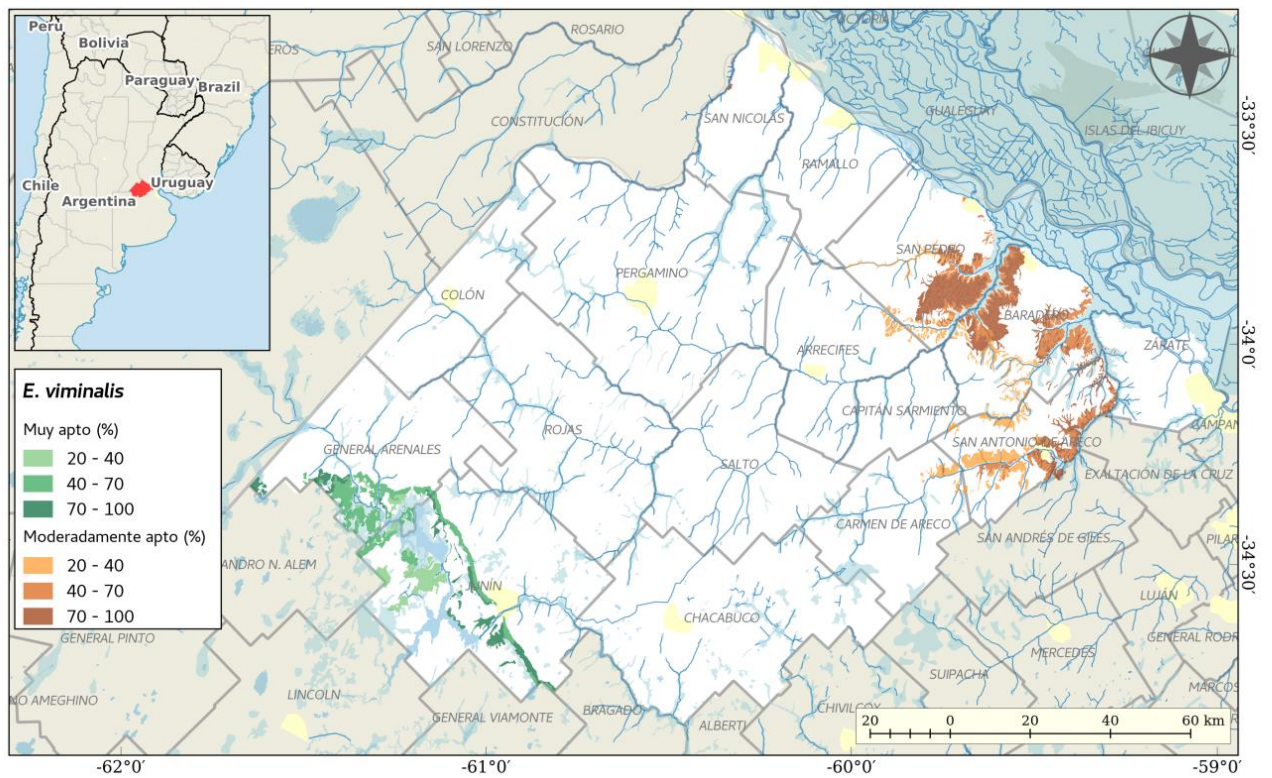


Figura 5. Aptitud de las tierras no agrícolas del norte de Buenos Aires para la implantación de bosques de *Eucalyptus viminalis*.

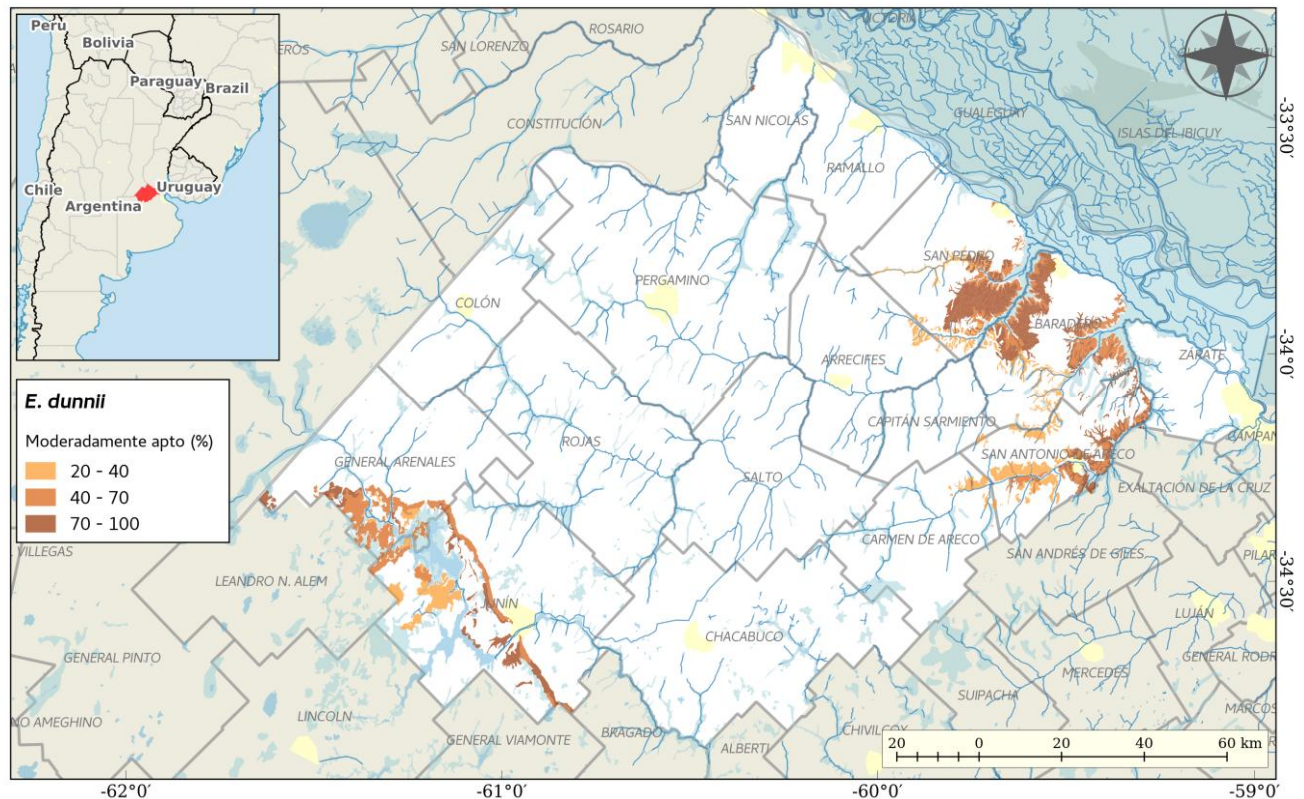


Figura 6. Aptitud de las tierras no agrícolas del norte de Buenos Aires para la implantación de bosques de *Eucalyptus dunnii*.

Finalmente, Borzone et al., (2006) informan crecimientos elevados. A partir de parcelas establecidas sobre las series Tres Esquinas, Mar del Plata y La Barrancosa (suelos Argiudoles típicos y Argiudol ácuico), informan crecimientos de 39,2- 48,8 m³/ha/año para el clon *Populus x canadensis* 'Conti 12' a los 10 años cultivado en terrenos de margen de un arroyo serrano en el Partido de Azul (Buenos Aires). En base a los antecedentes es posible proponer las siguientes clases de aptitud. Cuando los crecimientos son del orden de 25-30 m³/ha/año se tratarían de suelos muy aptos, mientras que las clases de moderada y marginal aptitud incluirían rangos de 20-25 m³/ha/año y 15-20 m³/ha/año, respectivamente (Figura 7).

En relación con los sauces, especies hidrófilas que se caracterizan por una gran tolerancia a la falta de oxígeno en el suelo, se abre una ventana importante para su cultivo en los suelos que se clasifican en este trabajo. En las planicies de inundación de los Ríos Arrecifes y Areco, los sauces predominan en bajos, libre de salinidad y sodicidad donde son inviables estas especies (Achinelli, 2006). Allí los crecimientos informados por Achinelli, (2014) alcanzan las 13-15 tn/ha/año (aproximadamente 16-18 m³/ha/año) y los clones más difundidos son: *Salix babylonica* x *Salix alba* 'Ragonese131-25 INTA', *Salix babylonica* x *Salix alba* 'Ragonese131-27 INTA' y en forma secundaria *Salix nigra* 'Alonzo nigra 4 INTA' y *S. babylonica* var. *Sacramento* 'Soveny americano'. El sauce americano

es el clon más cultivado por su elevada tolerancia a sitios bajos, en cambio, el sauce híbrido 'Ragonese 131-25 INTA' no es muy tolerante a inundaciones, adaptándose bien a terrenos protegidos o semielevados (Monteoliva & Villegas 2006). Las evaluaciones realizadas por Monteoliva & Villegas (2006) en el continente refieren a crecimientos inferiores respecto de la condición del Delta del Paraná. Un estudio realizado por Cerrillo et al., (2014) en márgenes del Río Arrecifes con eventos de inundación reporta incrementos medios anuales de 13,2 m³/ha/año para Ragonese 131-27' y para *Salix nigra* 'Ibicuy INTA-CIEF' 20,4 m³/ha/año mientras que para Los Arroyos INTA-CIEF' 14,69 m³/ha/año. En mejores condiciones de sitio (suelos hidromórficos del Delta bajo adecuadas condiciones de sistematización) 'Ibicuy INTA-CIEF' puede alcanzar los 28 m³/ha/año (Cerrillo et al, 2018). En base a relevado de la bibliografía se podría proponer las siguientes clases de aptitud 18-20 m³/ha/año, 15-18 m³/ha/año y 10-15 m³/ha/año para las clases muy apta, moderadamente apta y marginalmente apta. Figura 8 Las áreas denominadas complejos de suelos indiferenciados presentan problemas de salinidad, alcalinidad e hidromorfismo, pero las características de la tierra y sus cualidades no se han especificado en la cartográfica disponible. Por lo tanto, la evaluación de tierras sobre estas áreas es subjetiva y en general calificada como no apta para la producción agrícola o forestal.

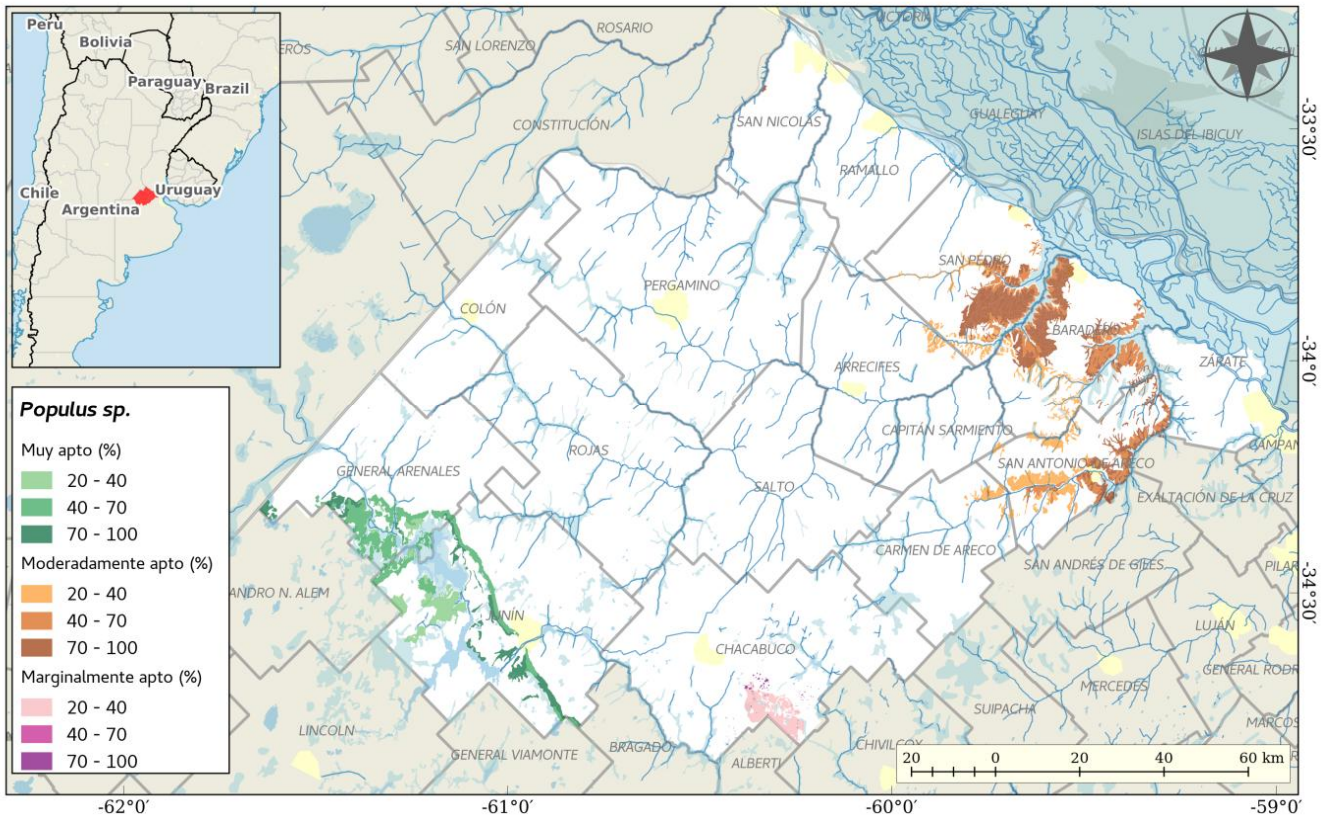


Figura 7. Aptitud de las tierras no agrícolas del norte de Buenos Aires para la implantación de bosques de *Populus* spp.

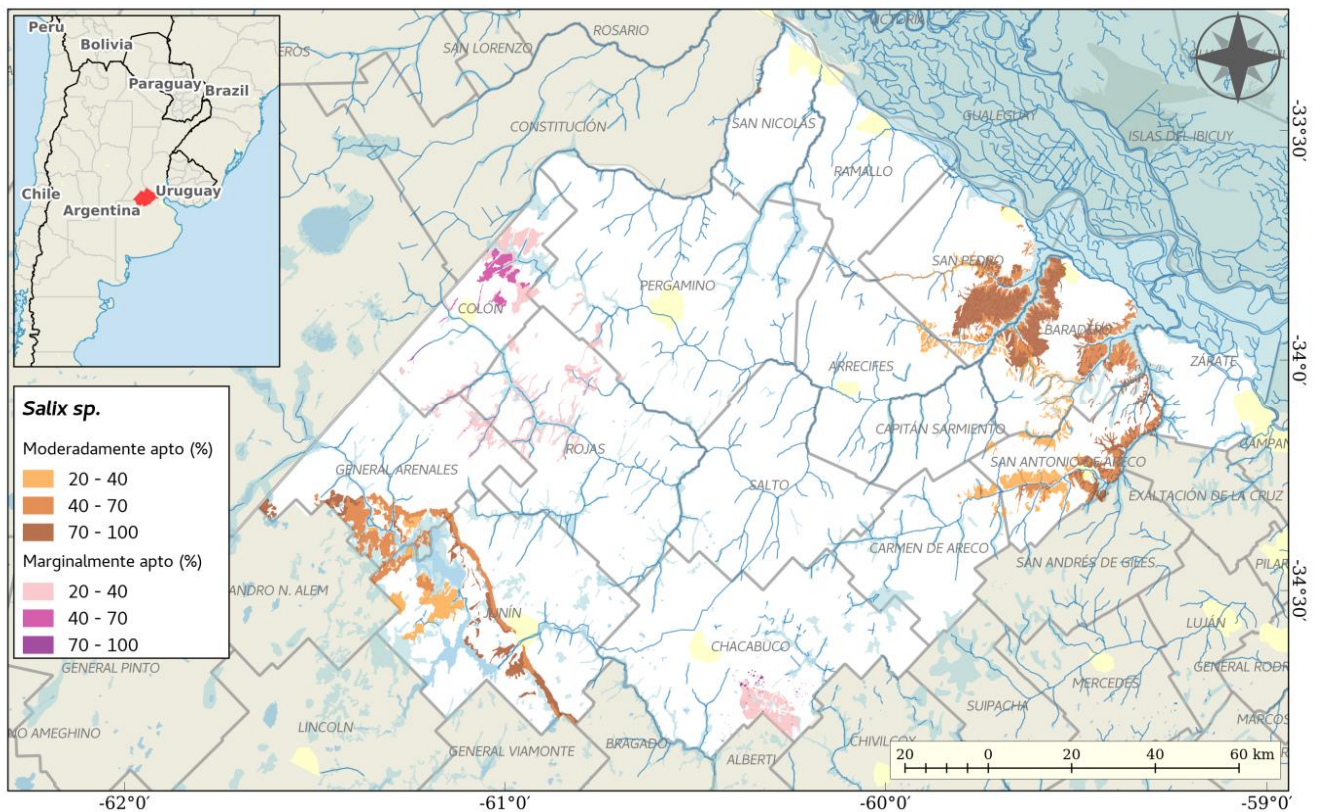


Figura 8. Aptitud de las tierras no agrícolas del norte de Buenos Aires para la implantación de bosques de *Salix* spp.

Según las estimaciones estos complejos alcanzarían una superficie potencial de 37.159 ha con limitantes de diferentes grados. En la Figura 9 se observa la distribución espacial de los complejos indiferenciados de suelos, que es coincidente con la red de drenaje del área. A modo orientativo, podría asumirse que estas áreas presentan fuertes limitantes que se corresponden con las indicadas en los suelos de sus alrededores. Asimismo, dada la escala de los mapas de suelos y la distribución espacial intrincada de los mismos, se asume que podrían encontrarse sectores en estas áreas que, si bien presentarían limitantes, éstos no serían restrictivos al crecimiento de alguna de las especies evaluadas. En cuanto al uso actual de estas tierras, usualmente presentan pastizales o bañados. La posibilidad de identificar sitios o ambientes diferentes según la posición topográfica –ambientes más altos y ambientes más bajos sin sodicidad o con niveles de sodicidad no limitantes- abre la posibilidad de trabajar con una silvicultura sitio específica y una producción diversificada en términos de productos a obtener y destinos de la producción. En este sentido, un rasgo que destaca Achinelli (2014) es que los sitios marginales cultivados con salicáceas constituyen una de las mejores alternativas para el uso productivo de la tierra, superando tanto a la agricultura como a la ganadería. De la evaluación se desprende que el norte de la provincia de Buenos Aires, además de tierras disponibles que no compiten con la agricultura, cuenta con otras ventajas en comparación a otras cuencas forestales de la provincia. En cuanto al destino de la producción, en el corredor vial –Buenos Aires-Rosario

se localizan importantes industrias forestales destinadas a la molienda, que pueden absorber la materia prima producida en esta región. Puede mencionarse la Planta Industrial de Papel Prensa S.A. (San Pedro), Arauco Faplac S.A. (Zarate), Fiplasto S.A. (Ramallo), Celulosa Argentina S.A. (Capitán Bermudez). También se localizan en el área de trabajo numerosos aserraderos. A su vez, todas estas industrias están localizadas cerca de grandes centros de comercialización y consumo, como así también los puertos como vía de salida de los productos industrializados.

Un aspecto que se debe remarcar es que la evaluación de aptitud se realizó en base a atributos edáficos naturales de las tierras, y por lo tanto no se considera la degradación que pudieran haber sufrido como consecuencia de usos o manejos inapropiados, o las mejoras que podrán generarse con el uso de tecnologías o prácticas de manejo que moderen las limitaciones (fertilización, drenaje, preparación de suelo). La disponibilidad de nuevos materiales genéticos, como los clones de Salicáceas y clones e híbridos interespecíficos en el caso de *Eucalyptus* spp, desarrollados por el Programa de Mejoramiento genético del INTA y con mayor adaptabilidad a las limitantes de estos suelos (Marcó & Harrand, 2005) constituye un gran desafío para la ampliación de la actividad forestal en la región. Del análisis realizado surge que existe un importante vacío de información sobre la adaptabilidad y crecimiento de las especies o genotipos a las condiciones de suelo de nuestro estudio.

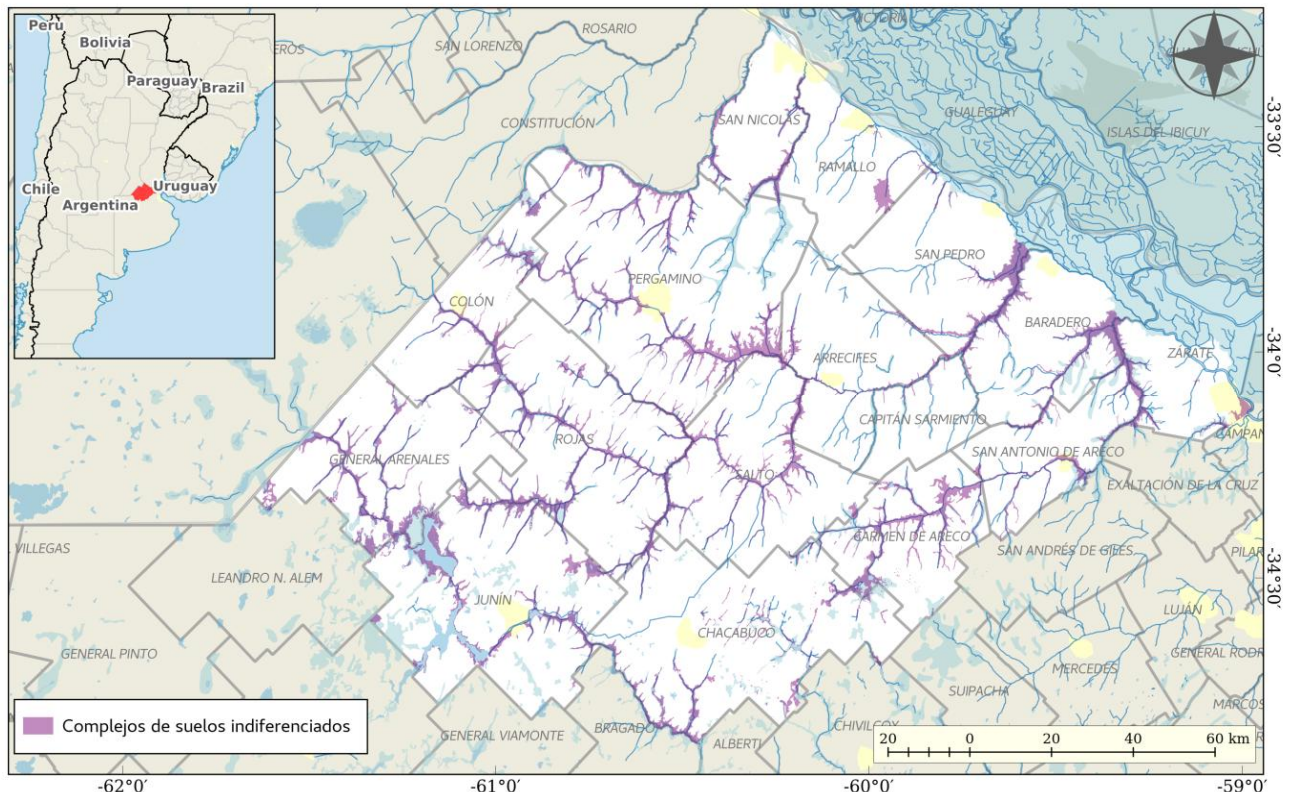


Figura 9. Distribución de los complejos indiferenciados de suelos.

Por otro lado, se debe tener presente que la unidad de evaluación fue la unidad cartográfica del mapa de suelos a escala 1:50.000 y en consecuencia los resultados no son aplicables a escala de predio. Al momento de evaluar la potencialidad de un sitio se recomienda realizar un estudio detallado.

La exclusión de las áreas agrícolas impone un marco restrictivo amplio a la potencialidad forestal de la región ya que las tierras aptas para agricultura presentan atributos que definen su clase de aptitud muy apta también para cultivos forestales, inclusive de otras especies más allá de las aquí analizadas. Las tierras aptas y de moderada aptitud serían las apropiadas para desarrollar una cuenca forestal para el N de Buenos Aires ya que: 1) no presentan limitaciones al crecimiento del cultivo o no son severas como las presentes en suelos marginales. 2) Los rendimientos, en suelos moderadamente aptos, si bien se ven reducidos en relación a los suelos muy aptos, no llegan a situaciones de muy baja productividad. 3) Estas tierras se encuentran próximas a los centros de consumo y a puertos.

CONCLUSIONES

Este trabajo permite disponer de información cuantitativa de la superficie y distribución de tierras aptas para la implantación de bosques de cultivo con especies de interés comercial. Puede ser de utilidad para el diseño e implementación de políticas públicas de orden regional de uso forestal incluyendo la producción de madera para diferentes destinos, la generación de servicios ambientales y para el mejoramiento del hábitat en poblaciones urbanas y rurales del partido. El NE de la provincia de Buenos Aires dispone de una importante superficie de tierras potencialmente aptas para la implantación de bosques en sectores que no compiten con la actividad agrícola. La superficie de tierras aptas varía desde 12.200 a 12.400 ha según la especie, siendo las de mayor aptitud para *E. camaldulensis* y *E. tereticornis*. Estas se localizan exclusivamente en los partidos de Junín y General Arenales. La superficie con tierras moderadamente aptas varía desde 28.400 ha hasta 43.000 ha, siendo las mayores para *E. camaldulensis*, *Salix* spp. y *E. dunnii*. La superficie de tierras marginalmente aptas varía desde 1.200 ha hasta 47.500 ha, siendo la mayor superficie para *E. tereticornis*.

Agradecimientos

A la empresa Fiplasto S. A.

BIBLIOGRAFÍA

Achinelli, F.G. 2006. Silvicultura de álamos y sauces en la pampa húmeda. Disertación en Jornadas Nacionales de Salicáceas. 21-35.
Achinelli, F.G. 2014. Salicáceas en la pampa arenosa y la pampa ondulada: situación actual y perspectivas. Disertación realizada en las Jornadas Nacionales de Salicáceas 2014, 18 al 21 de Marzo de 2014, Facultad

de Cs. Agrarias y Forestales UNLP, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Achinelli, F.G., G. Denegri, & R.M. Marlats, 2004. Evolución y perspectivas del cultivo de salicáceas en la pampa húmeda argentina. *SAGPyA Forestal*, 32:14- 2

Achinelli, F., S. Galarco, F. Perez, F. Ciocchini, A. Gonzalez & F. Donna. 2017. Crecimiento de *Eucalyptus dunnii* MAIDEN en el noreste de la Pampa Deprimida de Buenos Aires. XXXI Jornadas Forestales de Entre Rios. Concordia, octubre de 2017. 5p.

Alconada Magliano, M.M., A. Bussoni, R. Rosa & J.J. Carrillo Rivera. 2009. El bio-drenaje para el control del exceso hídrico en Pampa Arenosa, Buenos Aires, Argentina. *Investigaciones geográficas*, (68), 50-72. Ultimo ingreso 02 de marzo de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112009000100005&lng=es&tlng=es.

Alonso, J. 2011. Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 45(2), 107-115

Baridón J.E., J.W. Lanfranco, R. Marlats & M. Vázquez 2001. Evaluación de la calidad de sitio forestal para *E. camaldulensis* mediante índices edáficos en Argiudoles y Argiacuoles. *Agricultura Técnica*, 61(2), 192-201. <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072001000200009>

Baridón, E., R. Marlats, J. Lanfranco & A. Pellegrini 2005. Productividad de *Populus deltoides* en Argiudoles y Hapludoles de la pampa húmeda. Relación con índices indirectos de sitio. *Quebracho*, 12, 43-53.

Baridón, E., M. Flores Palenzona, R. Marlats, G. Sinisterra & G. Millan. 2008. *Populus* spp., respuestas clonales de crecimiento en suelos Argiudoles y Hapludoles, de la Provincia de Buenos Aires, Argentina *Cien. Inv. Agr.* 35(3): 287-292.

Besteiro, S. 2014. Evaluación de la influencia hidrológica de forestaciones en la llanura pampeana. Tesis de doctorado. Facultad de ciencias agrarias y forestales. Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina. 264p.

Cámara Argentina de Comercio. 2016. Informe económico: Provincia de Buenos Aires. Febrero 2016. 18 p. Disponible en: http://www.cac.com.ar/data/documentos/50_Estructura%20Econ%C3%B3mica%20Provincia%20de%20Buenos%20Aires%20-%20Marzo%202016.pdf. Ultimo acceso: diciembre de 2017.

Borzone, L.P., H.A. Bardi & J.E. Laddaga. 2006. Crecimiento a los 10 años de *Populus x canadensis* 'Conti 12' cultivado en terrenos de margen de un arroyo serrano en el Partido de Azul, Provincia de Buenos Aires *Actas Jornadas salicáceas* 2006. 244- 249.

Cerrillo, T., F. Russo, D. Morales & F. Achinelli. 2014. Evaluación preliminar de sauces (*Salix* spp.) experimentales en sitios bajos próximos al Río Arrecifes, Baradero, Provincia de Buenos Aires

Cerrillo, T., J. Grande, V. Lúquez, S. Monteoliva, P. Fernández, E. Thomas, I. Fosco, R. Villaverde, A. García & S. Loyal. 2018. "Three decades of breeding research on willow trees in Argentina". Seventh International Poplar Symposium-Buenos Aires, Argentina 2018

Cozzo, D. 1975. Enciclopedia Argentina de Agricultura y jardinería. 2da ed. Tomo II Fascículo 16-1. Árboles forestales, maderas y silvicultura de la Argentina.

Editorial ACME. Bs As. 155 p.

Cozzo, D. 1995. Silvicultura de Plantaciones Maderables; orientación Gráfica Editora S. R. L., Buenos Aires, 905 p. 2 tomos.

Cromer, R.N. 1995. Environmental limitations to growth of plantations eucalypts. En: Environmental management: the role of eucalypts and other fast growing species. CSIRO Proceedings of de Joint Australian/Japanese Workshop held in Australia. Ed.: Eldridge K.G., Crowe M.P., Old. K.M. ISBN 0643059938. 27-36.

CSIRO Taxon Attribute Profile. *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Último ingreso 15 de enero de 2018. <http://www.cpbr.gov.au/cpbr/WfHC/Eucalyptus-camaldulensis/index.html>.

Cullot, J. & G. Dillon 1998. Mapa de aptitud de suelos para *E. globulus*. Universidad Nacional de Mar del Plata-SOPORCEL

Dellarupe J., G. Bunse & C. Gioia. 2011. Parcela demostrativa de álamo en tierra firme en Zarate. En: Informe Jornada Técnica del CIEF en establecimientos de Alto Paraná-Área. Forestal Delta, Bs. As., 29 de abril de 2011. 3-7 p.

Dietz, A.C. & J.L. Schnoor. 2001. Advances in Phytoremediation. Environmental Health Perspectives. 109 (1): 163-168.

Dhillon. K.S., S.K. Dhillon, H.S.Thind. 2008. Evaluation of different agroforestry tree species for their suitability in the phytoremediation of seleniferous soils. Soil Use and Management, June 2008, 24, 208-216 doi: 10.1111/j.1475-2743.2008.00143.x

FAO. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Colección FAO: Montes. 723 p.

FAO. 2003. Evaluación de tierras con metodologías de FAO. Documento de trabajo. Proyecto regional "ordenamiento territorial rural sostenible" (Proyecto GCP/RLA/139/JPN). 26 p. Disponible en: http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/ol/document/139jpn/document/2ordenam/talleres/tevt/tfao/evt/doctall/apunteev.pdf. Último acceso: Diciembre de 2017.

FAO, 2008. Bosques y energía. Estudio FAO Montes 154 ISBN 978-92-5-305985-0. Último ingreso 2 de marzo de 2018. <http://www.fao.org/3/a-i0139s.pdf>

Ferrere, P., T. Boca, & A.M. Lupi. 2007. Funciones de índice de sitio para *Eucalyptus viminalis* en el centro oeste de la provincia de Buenos Aires. XII Reunión Científica del GAB. I Encuentro Argentino - Chileno de Biometría San Martín de los Andes, Patagonia Argentina. Octubre 2007, 10 p.

Ferrere, P., A.M. Lupi, T. Boca, V. Nakama & A. Alfieri. 2008. Biomasa en plantaciones de *Eucalyptus viminalis* Labill. de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Ciência Florestal, Santa Maria, 18(3): 291-305 jul.-set., 2008 ISSN 0103-9954

Ferrere, P., A. Signorelli & C. Mateo. 2017. Crecimiento de especies forestales en el Norte de la provincia de Buenos Aires. RTA 10(34):55-59. Agosto de 2017.

Golfari, L. 1985. Distribución regional y condiciones ecológicas de los eucaliptos cultivados en la Argentina. CIEF, Publicación Técnica N° 1.1-19.

Hall, A.J., C.M. Rebella, C.M. Ghersa & J.P. Culot. 1992. Field-crop systems of the Pampas. En: Field Crop Systems. Ecosystems of the World. C. J. Pearson Ed.

vol. 18, pp. 413 - 450. Elsevier, Amsterdam.

Harrand, L. & M. Marcó. 2012. Investigación hacia el desarrollo del material genético tolerante al frío. XXVII Jornadas Forestales Entre Ríos. Concordia, Octubre de 2012. 1-8.

Imbellone, P., J.E. Gimenez & J.L. Panigatti. 2010. Suelos de la Región Pampeana: procesos de formación. Instituto de Suelos INTA; Instituto de Geomorfología y suelos UNLP.

INTA, 1972. Carta de suelos de la Republica Argentina, provincia de Buenos Aires. Disponible en <http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/>. Último ingreso diciembre 2018.

Jobbágy E.G. & R.B. Jackson. 2003. Patterns and mechanisms of soil acidification in the conversion of grasslands to forests. Biogeochemistry 54: 205-229.

Jobbágy, E. & R. Jackson. 2004. The uplift of soil nutrients by plants: biogeochemical consequences across scales. Ecology 85: 2380-2389.

Jobbágy, E.G., M.D. Nosoetto, C.S. Santoni & G. Baldi. 2008. El desafío ec hidrológico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la llanura Chaco-Pampeana. *Ecología austral*, 18(3): 305-322. Último ingreso 28 de febrero de 2018. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2008000300005&lng=es&tng=es.

Klingebiel, A.A. & P.H. Montgomery. 1961. Land capability classification. Agricultural Handbook 210, Soil Conservation Service, U.S.D.A., Washington D.C. Pp 1-21.

Lavado R. & M. Taboada. 2009. Alteraciones de la fertilidad de los suelos. El halomorfismo, la acidez y las inundaciones. Editorial Facultad Agronomía. Universidad de Buenos Aires. ISBN 978-950-29-1162-5. 160 p.

Lupi, A.M., M.A. Cuenca & T. Pirollo. 2011. Efecto de la intensidad de uso forestal sobre la calidad química del suelo. VI Congreso Iberoamericano de Física y Química ambiental. 25 al 29 de abril. México. ISBN: 978 607 7533 95 5. 7 p

Lupi, A.M., M. Angelini & P. Ferrere. 2013. Tierras elegibles para cultivos forestales según el protocolo de Kyoto en dos partidos de la provincia de Buenos Aires, Argentina. RIA. Rev. Investigación Agropecuaria, (39):2, p. 138-148

Marcó, M.A. & L. Harrand. 2005. Valor potencial de los Eucaliptos colorados en combinaciones híbridas - I Jornada sobre potencialidad foresto industrial del Eucalipto en Santiago del Estero - Actas en CD.

Madejón P., T. Marañón, C.M. Navarro-Fernández, M.T. Domínguez & J.M. Alegre. 2017. Potential of *Eucalyptus camaldulensis* for phytostabilization and biomonitoring of trace-element contaminated soils. PLOS ONE 12(6): e0180240. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180240>

Mangieri, H. & M. Dimitri. 1958. Los eucaliptos en la silvicultura. Editorial ACME Bs As. 226 p.

Marcar N. 1995. Eucalyptus for salt-affected and acid soil. En: Environmental management: the role of eucalypts and other fast growing species. CSIRO Proceedings of de Joint Australian/Japanese Workshop held in Australia. Ed.: Eldridge K.G., Crowe M.P., Old. K.M. ISBN 064305993890-99.

Marco, M. & L. Harrand. 2005 Valor potencial de los Eucaliptos colorados en combinaciones híbridas. I

Jornada sobre potencialidad foresto-industrial del Eucalipto en Santiago del Estero. Santiago del Estero, 16 y 17 de junio de 2005.

Mc. Donagh, P., J. Marquina & R. Marlats. 1991. *Eucalyptus dunni* Maiden: Plasticidad ante variaciones de índices edáficos para la Depresión del Salado. Actas Jornadas sobre Eucaliptos de alta productividad - Tomo 2. Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales (CIEF). pp. 261-268.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP). 2012. Bases para el ordenamiento del territorio rural Argentino. 22 p. Último ingreso el 2 de marzo de 2018. https://ced.agro.uba.ar/ubatic/sites/default/files/files/libro_ordenamiento_territorial_baja.pdf

Monteoliva, S. & M.S. Villegas. 2006. Relación entre sitio y crecimiento en dos clones de sauces. Actas Jornadas de Salicáceas Trabajo Técnico, 295-302.

Moschini, R., H Conti, M. Alonso, J. Rodríguez Traverso, V. Nakama & A. Alfieri. 2000. Delimitación de áreas de aptitud climática para el cultivo de *Eucalyptus* en la región pampeana. SAGPyA Forestal 15:2-11. Junio 2000.

Murgueitio, E.R., J.O. Chará, R. Barahona, C. Cuartas & J.R. Naranjo. 2014. Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. Review Tropical and Subtropical Agroecosystems, 17: 501 – 507.

Ottone, J. 1990. Recopilación de antecedentes dasométricos de diversos eucaliptos sp cultivados en la zona de la provincia de Buenos Aires y su relación con las características del suelo. Jornadas sobre *Eucalyptus* en región pampeana. 23-24 de julio de 1990. Actas del CIEF. 196-200.

Penon, E., E. Craig, J. Barañao, E. Cucciofo & P. De Falco. 2008. Factores del suelo que afectan el crecimiento de *E.globulus* y *E. camaldulensis* en la provincia de Buenos Aires. XXIII Jornadas Forestales. Concordia. 4 p.

Pereyra, F.X. 2016. Relaciones geomorfología-suelos en Argentina. En: Pereyra, F.X. y Torres Duggan, M.

(ed.), Suelos y Geología Argentina. Una visión integradora desde diferentes campos disciplinarios. UNDAV ediciones, 277-287. Buenos Aires.

Raute, G. & G. Bunse. 2011. Ensayo de progenies de *E. tereticornis* en Zárate. En: Informe Jornada Técnica del CIEF en establecimientos de Alto Paraná-Área Forestal Delta, Bs As, el 29 de abril de 2011. 14-16 p

Rossiter, D.G. & A.R. Van Wambeke. 1995. Automated Land Evaluation System: ALES Version 4.5 User's Manual, December 1994 printing ed. SCAS Teaching Series No. T93-2, Revision 5 Cornell University, Department of Soil, Crop & Atmospheric Sciences, Ithaca, NY. 222 pp.

Rossiter, D.G. & A.R. Van Wambeke. 1997. ALES version 4.65. Cornell University. Ithaca, N.Y.

S.A.G.y P.- INTA-Proyecto PNUD ARG/85/019. 1989. Mapa de Suelos de la Prov. Bs As.

Satorre, E.H. & G.A. Slafer. 1999. Wheat production systems of the Pampas. En: Wheat - Ecology and Physiology of Yield Determination. Satorre, E. H. & Slafer, G. A. Eds. pp. 333 -348. Food Products Press, NY, USA.

Sfeir, A.J. 2015. Erosión hídrica y degradación de suelos. Parte 7. Em tomo II. El deterioro del suelo y el ambiente en Argentina. Eds: Casas, R.; Albarracin, G. 1ª Ed. CABA: Fundación ciencia, educación y cultura (FECIC). V. 2, 456 p.

Thornthwaite, C.W. & J.R. Mather. 1957 Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance Publ. in Climatology, vol.10, no.3, C.W. Thornthwaite & Associates, Centerton, New Jersey

Zárate, M.A. 2003. Loess of southern South America. Quaternary Science Reviews 22: 1987-2006.

Zuluaga A.F., C. Giraldo C. & J. Chará. 2011. Servicios ambientales que proveen los sistemas silvopastoriles y los beneficios para la biodiversidad. Manual 4, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCION, TNC. Bogotá, Colombia. 36 p. ISBN 978-958-8498-34-8

<http://www.cipav.org.co/pdf/4.Servicios.Ambientales.pdf>