

Tierras elegibles para cultivos forestales según el protocolo de Kyoto en dos partidos de la provincia de Buenos Aires, Argentina

LUPI, A.M.¹; ANGELINI, M.¹; FERRERE, P.²

RESUMEN

Este artículo informa sobre la disponibilidad de tierras para proyectos forestales en el marco del Protocolo de Kyoto (PK), en los partidos de Guaminí y Daireaux, SO de la provincia de Buenos Aires, Argentina. La información es de utilidad para la planificación y el desarrollo de proyectos forestales en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) incluido en PK. Para la cuantificación se emplearon imágenes Landsat de los años 1988, 1989 y 2008 y CBERS-2B del año 2009, la base de datos e imágenes del Inventario Forestal Nacional y los registros de relevamientos de forestaciones realizadas a campo. Se compararon las coberturas de uso del suelo de las imágenes de los años 1989 y 2008. La superficie cubierta con bosque se clasificó como áreas no elegibles y la superficie restante como tierras elegibles que, a su vez, se diferenciaron en: 1) tierras elegibles sin restricciones por la presencia de suelos *Udipsament típico* y *Hapludol éntico* donde se obtienen crecimientos forestales promisorios y son áreas que no compiten con el uso agrícola y, 2) tierras elegibles con restricciones al uso forestal como consecuencia de la competencia por otros usos de la tierra o por limitaciones edáficas. Los resultados indican que los partidos de Guaminí y Daireaux poseen una superficie de tierras elegibles de 47.021 ha. La superficie elegible con restricciones es de 314.737 ha en Daireaux y 424.456 ha en Guaminí. Las tierras no elegibles alcanzan una superficie de 8.573 ha.

Palabras clave: elegibilidad de tierras, mecanismo de desarrollo limpio (MDL), forestación, Pampa arenosa.

ABSTRACT

*This article reports the amount of land available that can be used only for forestry projects under the Kyoto Protocol (KP), Daireaux and Guaminí districts, Buenos Aires Province, Argentina. The information is valuable to potential investors or public or private operators interested in promoting the development of forestry projects in the Clean Development Mechanism (CDM) PK. We used Landsat 1988, 1989, 2008 and CBERS-2B 2009, the database and images of national forest inventory, surveys of field tree plantations. We compared the coverage of land use on images of 1989 and 2008. Surfaces covered with forests were characterized as non-eligible areas. The remaining area was classified as eligible land. Eligible lands are divided into two subclasses: 1) Eligible land without restriction by the presence of soils *Udipsament típico* and *Hapludol éntico*, where growth forest are promising and are areas that do not compete with agricultural use, and 2) Eligible land with forest*

¹Instituto de Suelos, CIRN INTA Castelar. Las Cabañas y De Los Reseros s/n, CP 1712, Villa Udaondo Castelar/Hurlingham Provincia de Buenos Aires, Argentina. TEL/FAX +54 11 4621-1448/2096 +54 11 4481-1688. Correo electrónico: amlupi@cnia.inta.gov.ar

²Unidad de Extensión y Experimentación Adaptativa INTA 9 de Julio EEA Pergamino INTA Av. Bm. Mitre 857. 6500-Nueve de Julio. Provincia de Buenos Aires, Argentina. Tel 02317-431840.

Recibido el 11 de octubre de 2011// Aceptado el 17 de abril de 2013// Publicado online el 8 de mayo de 2013

use restrictions as a result of competition by other land uses or edaphic restrictions. The results indicate that Daireaux and Guaminí Districts have an eligible of 47,021 ha. The eligible areas with restrictions are 314.737 ha in Daireaux and 424.456 ha in Guaminí. The non-eligible area is 8.573 ha.

Key words: *land eligibility, clean development mechanism (CDM), afforestation, sand pampas Argentina.*

INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación por el impacto de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) sobre la atmósfera y el clima, ha llevado a la comunidad mundial a abordar este problema ambiental desde diferentes ángulos y mecanismos.

El Protocolo de Kyoto (PK) contempla el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), que permite a los países industrializados cumplir con sus metas de reducción de emisiones de GEI. Las actividades que se encuadren dentro de los proyectos MDL deben tender a lograr un crecimiento sostenible y contribuir al objetivo último de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (Neeff y Henders, 2007). Para el primer período de cumplimiento del PK (2008-2012) las actividades forestales elegibles bajo el MDL son forestación y reforestación, incluyendo la realización de éstas en tierras degradadas, entre otras situaciones (Argüello *et al.*, 2007).

Los bosques son importantes captadores de CO₂ atmosférico y, en particular, las especies de rápido crecimiento (Lacrau, 2005). Las plantaciones forestales con especies exóticas representan una forma de incrementar, en el corto plazo, los sumideros de carbono en la tierra. De esta manera, la captura de carbono toma un valor económico y el MDL abre una oportunidad para llevar adelante proyectos forestales en los países en desarrollo mediante la asistencia financiera de los países desarrollados, equivalente al valor de mercado de los servicios de reducción de emisiones que ofrecen dichos proyectos (Chediak *et al.*, 2003).

Uno de los principios más restrictivos para proyectos de forestación/reforestación bajo el MDL es la elegibilidad de tierras. Esto significa que sólo pueden ser forestadas/reforestadas las llamadas tierras Kyoto, es decir, tierras que antes del 31 de diciembre de 1989 no tenían cobertura boscosa (Arguello *et al.*, 2006). Las tierras que perdieron sus bosques después de la fecha mencionada, o donde ha crecido un bosque después de esa fecha, no podrán ser usadas para la actividad forestal bajo el MDL (Defosse y Loguercio, 2000; Arguello *et al.*, 2006).

La provincia de Buenos Aires, Argentina, tiene condiciones y posibilidades para llevar adelante una cantidad significativa de proyectos englobados en el MDL forestal (FAO, 2004). La unidad geomorfológica de médanos continentales, que se encuentra en la subregión conocida como

Pampa Arenosa (INTA, 1989), podría ser una de las áreas destinadas a estos objetivos. La región cuenta con una superficie de 5.500.000 ha (Zamolinski *et al.*, 1994) y ambientes caracterizados por poseer bajos índices de productividad (Marini *et al.*, 2007). Las principales limitantes de los suelos son el bajo contenido de nutrientes y materia orgánica, el riesgo de erosión son el bajo contenido de nutrientes y materia orgánica, el riesgo de erosión eólica si están desprovistos de cobertura, y la baja capacidad de retención de agua (INTA, 1992). El sistema de clasificación americano aplicado a la evaluación de la capacidad de uso de las tierras USDA-LCC (United State Department of Agriculture-Land Capability Classification), indica que en estas áreas los suelos presentan limitaciones muy fuertes para la agricultura (Clase VI y clase VII), aunque con aptitud para el cultivo forestal en coincidencia con lo indicado por Alconada *et al.* (2009).

De acuerdo a los relevamientos dasométricos realizados en diferentes rodales forestales (Ferrere *et al.*, 2008; Lupi *et al.*, 2011), los sectores con médanos pueden ser áreas elegibles para emprender este tipo de proyectos lo cual traería aparejado una serie de beneficios, tales como: aprovechar recursos sub-explotados aumentando la intensidad de uso de la tierra, diversificar la producción en sitios que no compiten con otros usos, generar empleo, contribuir a la conservación de estos ambientes frágiles y recibir pagos por la emisión de Certificador de Reducción de Emisiones (CER) de gases de efecto invernadero.

En cuanto a la determinación de la elegibilidad de tierras en Argentina, existen dos antecedentes. El primero, es un proyecto piloto en la provincia de Neuquén a partir de la Corporación Inter-estadual Pulmarí, comunidades Mapuche (Currumil y Salazar) y propietarios privados. El segundo, en la provincia de Santiago del Estero, entre la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina, la Fundación del Sur (FS), el Grupo Ambiental para el Desarrollo (GADE), el Gobierno de Santiago del Estero, el INTA, la Universidad Católica de Santiago del Estero, el Ministerio de Medio Ambiente y Territorio y la Universidad de Tuscia de Italia. Cabe aclarar que en estos proyectos las evaluaciones de elegibilidad se realizaron a nivel de áreas de implementación, esto significa que la definición se restringió a las áreas del proyecto sin contar con una dimensión territorial de las potencialidades.

En un proyecto MDL desarrollado en Chile, sobre reforestación en tierras degradadas y suelos con riesgos de desertificación de la región de Aysén; la evaluación de la

elegibilidad se plantea a escala regional y a escala predial. La evaluación a gran escala consistió en la creación de una base cartográfica con la información extraída mediante tele-observación (por ejemplo, imágenes de satélite). Luego se elaboraron mapas de clasificación de uso de las tierras con imágenes satelitales multitemporales Landsat del año 1984 y 2006. Finalmente, se compararon las clasificaciones (1984 y 2006) multi-temporales con el fin de detectar la evolución de cobertura del suelo. Estas zonas están representadas en los mapas como tierras elegibles y muestra la superficie disponible para el proyecto.

Si bien la determinación de la elegibilidad a escala predial es obligatoria para la presentación de proyectos, las evaluaciones a escala regional constituyen una herramienta importante para la toma de decisiones primarias o de planificación regional. La ausencia de estas evaluaciones podría resultar una limitante en la elaboración de proyectos MDL al momento de orientar las políticas ambientales de un país y del sector forestal en particular. Una de las posibles consecuencias sería el diseño de proyectos MDL en áreas donde será difícil demostrar la adicionalidad, otro de los requisitos del MDL forestal.

En este trabajo se plantea conocer la superficie potencial de tierras disponibles para la implementación de proyectos MDL forestales, en dos partidos de la provincia de Buenos Aires. De acuerdo a la información obtenida de la carta de suelos del INTA, para la provincia de Buenos Aires, los partidos de Guaminí y Daireaux, concentran la mayor superficie con suelos que integran la unidad geomorfológica de los médanos continentales. Para ello se propuso cuantificar y cartografiar la superficie de tierras elegibles de los partidos de Daireaux y Guaminí, en el sudoeste de Buenos Aires, Argentina.

MATERIALES Y METODOS

Localización y características del área de trabajo

El área de estudio se localiza en la provincia de Buenos Aires, República Argentina, dentro de la región pampeana austral, una de las de mayor relevancia productiva del país en términos agrícola e industrial. Los partidos de Guaminí y Daireaux se ubican el SO de la provincia (figura 1), entre los paralelos 36° 7,4' S y 37° 5,0' S y los meridianos 61° 15,7' W y 63° 4,2' W.

Los partidos de Guaminí y Daireaux se encuentran dentro de la subregión denominada Pampa arenosa, caracterizada por su clima semiárido, una temperatura media anual de 14 °C, un período libre de heladas inferior a 200 días, precipitaciones medias del orden de los 500–700 mm anuales y una evapotranspiración potencial de 750 mm anuales que arroja un balance hídrico clasificado como subhúmedo-seco (INTA, 1989).

Moscatelli (1991), Moscatelli e Ibañez (1999) y Puentes y Casas (2006), indicaron que la Pampa arenosa o sector medanoso de arenas finas de la provincia de Buenos Aires se localiza en la unidad geomorfológica denominada

llanura continental. Estos suelos tienen un desarrollo incipiente, formados a partir de la acción del viento SO-NO que transportó sedimentos arenosos desde la cordillera de los Andes y que se depositaron formando diferentes sectores dentro de la misma subregión. Los suelos predominantes son los *Haplustoles énticos* (Soil Survey Staff, 1999). Se trata de perfiles profundos, con horizontes poco diferenciados que pasan gradualmente desde el horizonte superficial A, medianamente provisto de materia orgánica a un horizonte transicional AC. Son suelos excesivamente drenados, en general fértiles. Los *Hapludoles énticos* (Soil Survey Staff, 1999), de morfología y características generales similares a los *Haplustoles*, se localizan en una situación más húmeda. En medias lomas y pendientes se encuentran los *Hapludoles típicos*, que son suelos profundos, bien drenados, de reacción neutra, con un horizonte B enriquecido de arcilla y más estructurado. El horizonte A tiene un porcentaje de materia orgánica mayor a los énticos y la estructura y textura de todo el perfil son adecuadas para el crecimiento radical.

En algunas planicies y bajos no anegables se encuentran los *Hapludoles thapto árgicos* (Soil Survey Staff, 1999), suelos desarrollados sobre dos materiales eólicos superpuestos. En su parte inferior presentan un horizonte B enriquecido en arcilla. En la parte superior se dispone un horizonte A como el de los *Hapludoles*.

Se pueden encontrar sectores con presencia de cordones arenosos y algunos medanos vivos en los que, en las posiciones cuspidales, se desarrollan los *Udipsament típico* (Soil Survey Staff, 1999).

Tomada la subregión en su conjunto, pueden enumerarse como factores limitantes de los suelos: 1) la excesiva permeabilidad, susceptibilidad a la erosión eólica y bajos contenidos de materia orgánica en los *Hapludoles*, *Haplustoles* y *Udipsamentes* y 2) la deficiencia de drenaje y presencia de alcalinidad y salinidad en áreas deprimidas.

La red de drenaje de esta región está poco definida y hay pequeñas cuencas arreicas en la que existen lagunas permanentes, con aureolas salinizadas. Se presentan leves líneas de escurrimiento paralelas a los cordones medanosos que funcionan como vías de drenaje, aunque no es suficiente para evacuar la región cuando las precipitaciones superan el valor promedio (INTA, 1989).

Gómez *et al.* (1991), clasificaron la región en estudio en la Zona III sub-zona 8. En ésta zona, el sistema productivo predominante es el mixto, siendo el 62% ganadero-agrícola, el 20% agrícola-ganadero y el 18% ganadero. La ganadería está representada por la cría de vacunos en algunos casos complementada con ovinos sobre pastizales naturales. En Marini *et al.* (2007), se indica que en áreas medanosas, si presentan pasturas, éstas se componen principalmente de pasto llorón (*Eragrostis curvula*) y, en los sectores inundables, de agropiro (*Agropirum elongatum*) y trébol (*Melilotus spp.*). Además, mencionaron que esta región ha evolucionado hacia una mayor proporción de agricultura durante la última década.

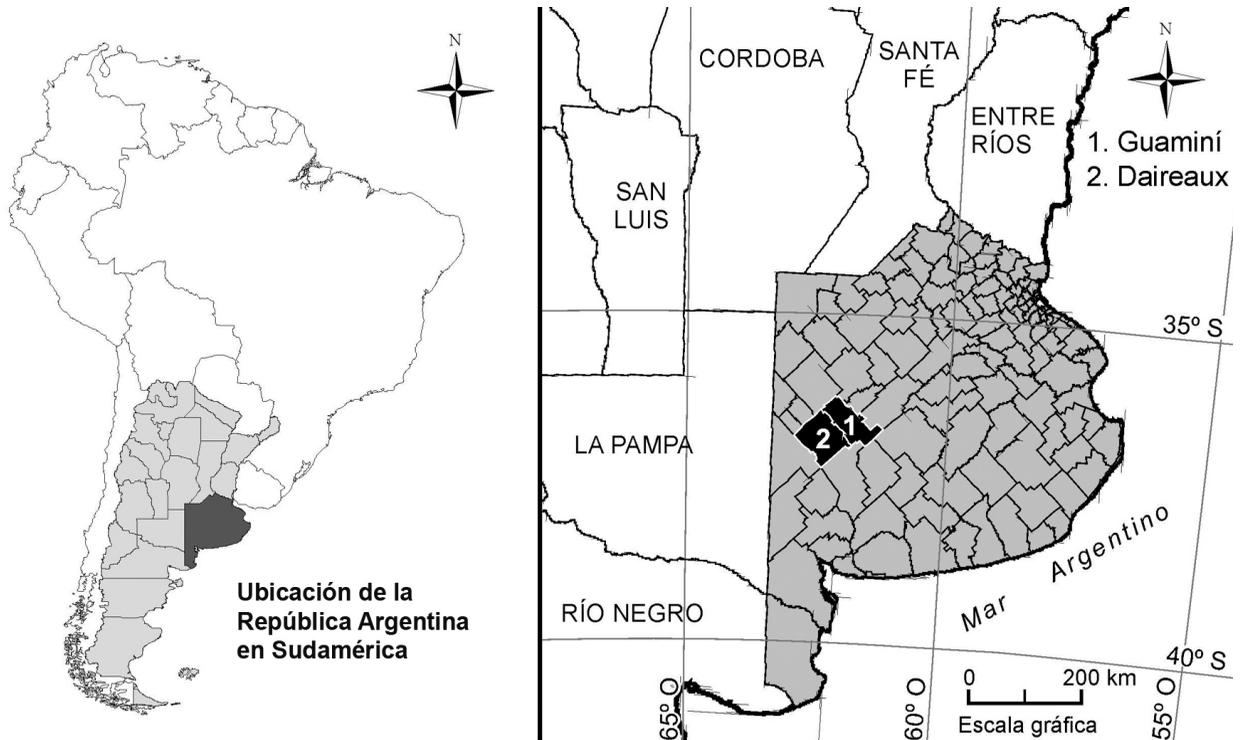


Figura 1. Localización de los partidos de Guaminí y Daireaux

Elegibilidad de tierras para proyectos MDL forestales según PK.

Definir la elegibilidad de un área significa demostrar la ausencia de bosques en los últimos 50 años para proyectos de forestación o, desde el 31 de diciembre de 1989, para proyectos de reforestación (SAyDS-JICA-CIEFAP, 2010).

En algunas situaciones la prueba del estado de la vegetación no es algo sencillo, debido a la limitada disponibilidad de datos históricos sobre la cobertura del suelo. Por esta razón, la junta ejecutiva aclaró que la prueba de la falta de bosque en 1990 podría realizarse a partir de: a) fotografías aéreas o imágenes de satélite; b) mapas y datos disponibles sobre uso y cobertura del suelo; c) inventarios de campo (permisos, planes de manejo, catastros u otros); d) si éstas opciones no están disponibles, es posible realizar un mapeo mediante una valoración rural participativa (Pearson, 2006).

De acuerdo a la definición comunicada por la Argentina a la Junta Ejecutiva del MDL se considera bosque a “una superficie mínima de tierra de 1 ha con una cobertura de copas (o densidad de árboles equivalente) del 22,5% y con árboles que pueden alcanzar una altura mínima de 3 m en la madurez *in situ*”.

Para la demostración de la elegibilidad se recurrió al uso de imágenes satelitales, a la revisión bibliográfica y la información de suelos del Plan Mapa de Suelos de la República Argentina, provincia de Buenos Aires (INTA, 1992).

A fin de excluir del análisis aquellas áreas con forestaciones durante los últimos 20 años, se realizó un relevamiento de las formaciones boscosas a partir de imágenes satelitales. Se trabajó con imágenes Landsat 5 de dos fechas: 31 de mayo de 1988 y 30 de noviembre de 2008 (Path/Row 227/85 y 227/86) obtenidas a través del catálogo online del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (INPE, 2006). Como base cartográfica y apoyo geodésico, se utilizaron las imágenes Landsat 5 orto-rectificadas Path/Row 227/85 del 17 de febrero de 1988 y 227/86 del 17 de octubre de 1989, obtenidas del Global Land Cover Facilities (GLCF, 2009) y base cartográfica del Instituto Geográfico Nacional. Los pasos metodológicos fueron los siguientes:

- Compilado y georreferenciación de imágenes: se compilaron las imágenes orto-rectificadas Path/Row 227/85 del 17 de febrero de 1988 y 227/86 del 17 de octubre de 1989 para ser utilizadas como base de georreferenciación. También se compilaron las imágenes 227/85 y 227/86 del 31 de mayo de 1988 y 227/85 y 227/86 del 30 de noviembre de 2008 las cuales se georreferenciaron a partir de las orto-rectificadas. En todos los casos las bandas utilizadas fueron TM2, TM3, TM4 y TM5.
- Identificación de forestaciones: sobre la imagen se identificaron dos tipos de forestaciones: macizos y cortinas. La identificación se realizó mediante interpretación visual sobre una composición color de banda/filtro TM4/Rojo, TM5/Verde y TM3/Azul. La banda TM2 fue utilizada alternativamente para formar otras combinaciones (RGB TM4, 3, 2) a fin de mejorar la interpretación. La superficie

mínima de un monte identificable se estableció en una hectárea, establecida en la definición de bosques.

- Validación de la cobertura de montes: la validación del mapa de sectores que presentaron forestaciones no es posible realizarla de una forma directa, ya que no es comprobable la existencia de una forestación en el año 1988, si fue talada. Sin embargo, sí lo es para el año 2008 mediante la utilización de imágenes satelitales de alta resolución que permite reemplazar el trabajo de campo (Kloditz *et al.*, 1998; Bicheron *et al.*, 2008; Hiraes-Cota *et al.*, 2010). Dado que no existen imágenes de alta resolución para el año 1988 se procedió a validar la capacidad del intérprete de identificar bosques en el área de estudio mediante imágenes Landsat. Para ello, se tomaron dos imágenes CBERS 2b HRC Path/Row 166A/141-3 y 166A/141-4 de fecha 13 de agosto de 2009 que abarcan la región central del área en estudio. Estas imágenes son pancromáticas con una resolución espacial de 2,7 m, lo que permite identificar, dependiendo del caso, hasta la copa de los árboles. Sobre ellas se identificaron los bosques (macizo y cortinas) presentes en toda su extensión. El resultado se comparó con la interpretación realizada sobre las imágenes Landsat y se construyó una tabla de contingencia o matriz de error (tabla 1).

En la tabla 1 se observa que sobre un total de 633 bosques detectados por ambos métodos (Landsat y CBERS), 432 casos (68,3%) se detectaron sobre Landsat y se confirmaron sobre las imágenes CBERS (exactitud global), mientras que 155 (24,5%) fueron errores por omisión. En otras palabras, significa que aproximadamente un cuarto de los bosques existentes (26,4%) no fueron detectados en el análisis realizado con Landsat, lo que se debe exclusivamente a la resolución espacial y el tamaño/densidad de los bosques. Por otro lado, hubo 46 casos (7,3%) en los que se identificaron bosques sobre Landsat que no existían en CBERS (errores por omisión). Esto significa que hay una probabilidad del 90,4% de que exista un bosque identificado como tal, sobre una imagen Landsat. Asimismo, se encontró que muchos de estos errores se debieron a confusión con pequeñas lagunas con vegetación.

De esta forma se determinó cuál es el acierto del intérprete en detectar forestaciones sobre Landsat 5 para el área de estudio. Dado que no es posible realizar el mismo análisis sobre las imágenes Landsat del año 1988, pero que las condiciones en las que se realizó la interpretación visual se mantienen (tipo de datos satelitarios y tipos de bosques), se estima que el grado de acierto será similar al determinado anteriormente.

Clases y subclases de elegibilidad

Las tierras se clasificaron en clases y subclases según los suelos y el tipo de restricciones al uso forestal:

- Clase 1.- Elegibles sin restricciones: tierras sin bosques y con suelos clasificados como *Usdipsament típico*, *Ustipsament típico* y *Hapludol éntico* asociado. Son áreas con formaciones medanosas que presentan escasa cobertura vegetal o, en muchos casos, están desprovistos de la misma. Pueden evidenciar procesos de erosión eólica y en algunas situaciones ésta se encuentra controlada debido a la siembra de pasturas. Estos sectores no compiten con la agricultura por los bajos índices de productividad (Puentes y Casas, 2006) pero son aptos para la forestación con *Eucalyptus viminalis* (Nakama *et al.*, 2000, Alconada *et al.*, 2009) con crecimiento atractivos desde el punto de vista biológico (Ferrere *et al.*, 2008).
- Clase 2.- Elegibles con restricciones: tierras sin bosques con suelos que no se clasifican como *Usdipsament típico*, *Ustipsament típico* y *Hapludol éntico* asociado. Presentan dos subclases relacionadas con las restricciones a la implementación de proyectos forestales MDL:
 - Subclase 2.a.- Competencia por el uso del suelo: son tierras aptas para agricultura, ganadería y para la forestación con *E. viminalis*, pero se prioriza el tradicional uso mixto agro-ganadero.
 - Subclase 2.b.- Limitantes edáficas: son tierras no aptas para agricultura y moderada a marginalmente aptas para la forestación con *E. viminalis* por limitantes edáficas (Nakama *et al.*, 2000). Las limitantes pueden

		Bosques identificados en imágenes CBERS				
		Positivos	Negativos	Total	Exactitud global (%)	Error por omisión (%)
Bosques identificados en imágenes Landsat	Positivos	432	46	478	68,2	-
	Negativos	155	0	155	-	24,5
Total		587	46	633		
Bosques no detectados con Landsat (%)		26,4	-			
Error por omisión (%)		-	7,3			

Tabla 1. Matriz de error para la clasificación global.

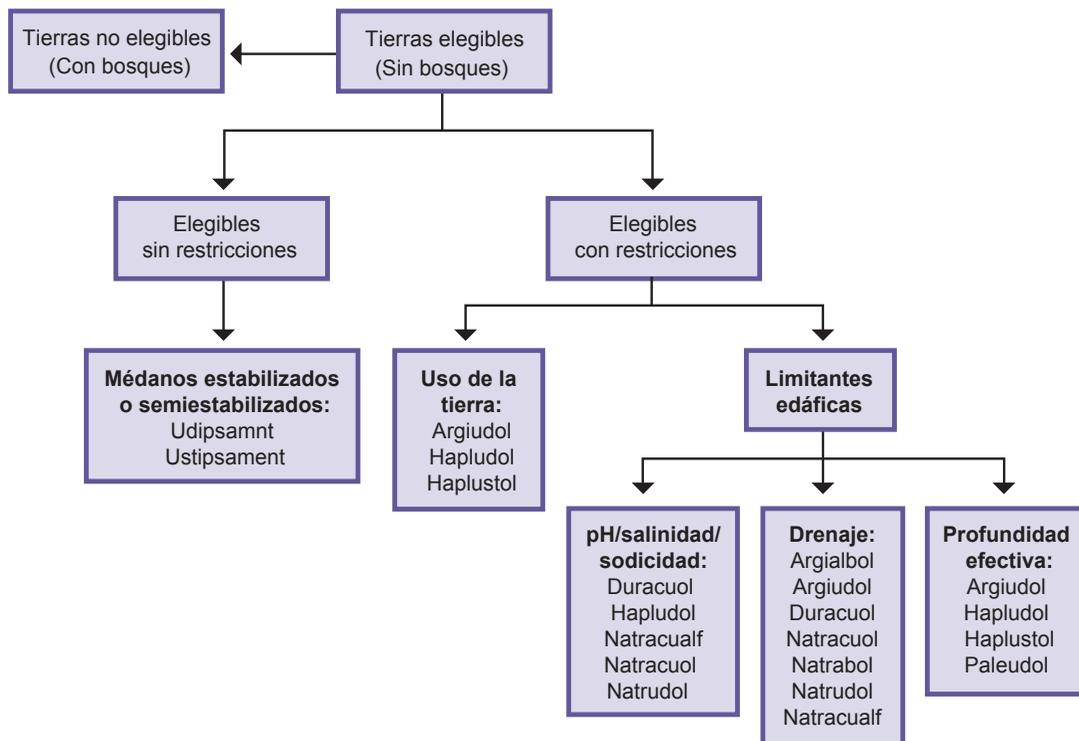


Figura 2. Secuencia de clasificación de tierras elegibles y no elegibles.

ser: drenaje (pobre a imperfecto), profundidad efectiva (suelos someros con menos de 75 cm de profundidad), sodicidad (pH > 8,0), salinidad (>4 dS cm⁻¹) y texturas muy finas (más finas que franco-arcillosas en los horizontes o capas subsuperficiales).

- Clase 3.- No elegibles: tierras cubiertas con bosques. Es importante destacar la posible existencia de áreas no elegibles no identificadas (rodales o cortinas de aproximadamente < 1 ha de superficie) en la imagen del año 1989, que fueron talados en una fecha posterior y, en consecuencia, no serían identificables en la imagen de 2008. Esta situación no sería relevante respecto de la superficie de la zona.

En la figura 2 se muestra el proceso de discriminación aplicado a la selección de tierras en función de la elegibilidad, tipo de suelo, uso de la tierra y limitantes edáficas.

En la cartografía digitalizada los partidos de Guamini y Daireaux a escala 1:50.000 (INTA, 1992) se cotejó la presencia de bosques y estas áreas se clasificaron como no elegibles (independientemente de la serie de suelo). A cada serie de suelo se le asignó una clase de elegibilidad (con o sin restricciones) y el resultado se incorporó a las Unidades Cartográficas (UC) del mapa de suelos.

A efectos de simplificar la representación cartográfica se definió presentar las UC de tierras elegibles sin restricciones. Éstas se formaron agrupando UC de suelo en función de la proporción relativa de *Udipsament típico*, *Ustipsament típico* y *Hapludol éntico* asociado. La proporción restante está ocupada también por tierras elegibles, aunque con restricciones.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Diferenciación de tierras elegibles

La comparación de las imágenes satelitales del año 1989 y 2008 permitieron establecer que una importante superficie de los partidos Guamini y Daireaux son elegibles para proyectos MDL de reforestación, ya que los bosques o la forestación no es el uso de la tierra más frecuente. Histórica y actualmente la mayor parte de la superficie de los partidos analizados se encuentra bajo actividad ganaderagrícola. Adicionalmente, la demostración de la ausencia de bosques parte de antecedentes donde se indica que las pampas argentinas constituyen el ecosistema de praderas más importante del país (Viglizzo *et al.*, 2005). Por otro lado, Hauman (1927) y la información del Inventario Forestal Nacional de Bosques Nativos (SAyDS, 2005), demuestran que la subregión denominada Pampa arenosa no presentó bosques como formación vegetal natural original.

Elegibilidad Series de suelo. Unidades cartográficas

En la tabla 2 se presentan las series de suelo representativas de la clase y la subclase de elegibilidad, las unidades taxonómicas de suelos de las series de suelos y su capacidad de uso.

La capacidad de uso se indica en números romanos del I al VII y un aumento implica un incremento de las limitaciones que presentan los suelos para el desarrollo de los cultivos. La subclase (con letras minúsculas) indica la limitación. Por

Clase/subclase de elegibilidad		Serie de suelo	Unidades taxonómicas	Capacidad de uso de las tierras (Clase y suclase)
Clase 1	Elegible sin restricciones	Del Valle, Veinticinco de Mayo, La Guanaca, Estancia San Bernardo	Udipsament típico, Ustipsament típico, Hapludol éntico	IVes-VI es-VII ws
Clase 2a	Elegible con restricciones por competencia en el uso de la tierra	Laprida, Piedritas, Bolivar, Las Martinetas, La Colina, Laguna Puan, Puan, La Tigra, Azul.	Argiudol típico, Hapludol éntico, Hapludol típico, Haplustol típico, Natrudol típico, Paleudol petro cálcico.	III s-II c- II ws
Clase 2b	Elegible con restricciones por limitantes edáficas (drenaje moderado a imperfecto)	Napaleufu, Estancia Aldecoa, Pillahuinco, La Escocia, Henderson, La Albina, Saladillo, Nueve de Julio, Las Margaritas, Estación La Nevada, Estación Quilco, General La Madrid.	Argialbol argiácuico, Argiudol ácuico, Argiudol lítico, Duracuol nátrico, Hapludol ácuico, Hapludol nátrico, Hapludol Thapto árgico, Hapludol Thapto nítrico, Natracualf lítico, Natracuol típico, Natralbol típico, Natrudol típico.	IIw- IIIws-IVws-Vw-VIws-VIIws
	Elegible con restricciones por limitantes edáficas (pH elevado y salinidad)	Salazar, Carlos Salas, Coronel Bunge, Miñana, La Paulina, Santa Rita, Drabble, Las Hermanas, Cruzada, Pirovano	Duracuol nátrico, Hapludol thapto nítrico, Natracualf mólico, Natracualf típico, Natracuol típico, Natrudol petrocálcico, Udipsament Thapto mólico.	Vles- VIws- VIIws
	Elegible con restricciones por limitantes edáficas (Escasa profundidad efectiva)	La Delicia, Cascada, Guamini, Rancho Grande, Epecuen, Alta Vista, La Loma	Argiudol lítico, Argiudol típico, Hapludol éntico, Hapludol lítico, Haplustol éntico, Haplustol lítico, Paleudol petrocálcico	III s-IVs - IVsc

Tabla 2. Serie de suelo por clase de elegibilidad de tierras.

ejemplo, la subclase “e” refiere la limitante por susceptibilidad a la erosión. La subclase “w”, refiere la limitante al exceso de agua (drenaje pobre, humedad excesiva, capa de agua alta y anegabilidad). La subclase “s”, incluye suelos que presentan escasa profundidad, baja capacidad de retención de humedad, salinidad o alcalinidad y bajo nivel de fertilidad difícil de corregir. La subclase “c”, indica limitación climática.

Para la representación cartográfica se establecieron seis unidades cartográficas de elegibilidad de tierras (UCET), en función de la participación de la unidad taxonómica *Udipsament típico*, *Ustipsament típico* y *Hapludol éntico* asociado en la UC de suelos (tabla 3).

La figura 3 es la representación cartográfica de las áreas elegibles y no elegibles para los partidos de Daireaux y Guaminí. El color rojo muestra las áreas no elegibles por la presencia de bosques. Los colores restantes representan las unidades cartográficas con diferentes proporciones de tierras elegibles sin restricciones para MDL (tabla 3), dentro de la unidad cartográfica.

En el mapa se aprecia que en ambos partidos hay una predominancia de la unidad cartográfica denominada “A” (áreas de color blanco), lo que indica una mayor superficie de tierras elegibles con restricciones. En el otro extremo se encuentran las unidades cartográfica “E” y “F” (áreas de color verde), las que representan sectores donde más del 60% de la superfi-

cie son tierras elegibles sin restricciones y la porción restante está ocupada por tierras elegibles con restricciones.

En el mapa también se observa que en el sector S-SE, debajo del sistema de lagunas interconectadas denominadas “encadenadas” no se encuentran UC con tierras elegibles sin restricciones debido a la ausencia de suelos clasificados como *Udipsament típico* y *Hapludol éntico*.

La tabla 4 muestra la distribución de superficie por partido, clase y subclase de elegibilidad. El análisis de esta tabla en conjunto con la cartografía permite observar que si bien existe una gran potencialidad para implantar bosques en los partidos de Daireaux y Guaminí, la mayor parte de los suelos presentan restricciones ya sea por el uso ganadero-agrícola predominante de los suelos o por las limitantes edáficas para el cultivo forestal.

El área potencial elegible (con y sin restricciones) es de 338.092 ha en el partido de Daireaux; con una superficie neta sin restricciones de 23.355 ha. Por su parte, el partido de Guaminí, con 448.122 ha elegibles (con y sin restricciones), cuenta con 23.666 ha sin restricciones. En términos relativos los valores de superficie potencial elegible significan que el 89% y el 93% de la superficie de los partidos de Daireaux y Guaminí respectivamente, son elegibles para proyectos MDL. Cuando el análisis se restringe a la superficie libre de restricciones, la proporción alcanza al 6% en Daireaux y 5% en Guaminí.

UC	Proporción de Udipsament típico, Ustipsament típico y Hapludol éntico en la UC de suelos
A	< 1% de tierras elegibles para MDL
B	1-20% de tierras elegibles para MDL
C	21-40% de tierras elegibles para MDL
D	41-60% de tierras elegibles para MDL
E	61-80% de tierras elegibles para MDL
F	> 81% de tierras elegibles para MDL
G	No elegibles

Tabla 3. Unidades cartográficas según clases de elegibilidad de tierras para MDL.

La subclase de tierras elegibles con restricciones es superior en el partido de Guaminí (109.000 ha), debido en primera instancia a una mayor superficie de tierras con restricciones por limitantes edáficas y luego por competencia en el uso de la tierra.

Por otro lado, la superficie de tierras elegibles con restricciones por competencia en el uso resulta similar en ambos partidos, representando el 44% de la superficie total en estudio. Esta subclase, con una extensión de 375.600 ha, se corresponde con suelos de buena aptitud para la actividad forestal, pero que se destinan histórica y exclusivamente a la actividad agro-ganadera (ver clase 2 a, tabla 2). Las limitaciones a la expansión de la actividad forestal en estos sectores se deben a la ausencia de una cultura forestal en los productores agro-ganaderos que se conjuga con el largo plazo de la actividad, la preferencia de los modelos

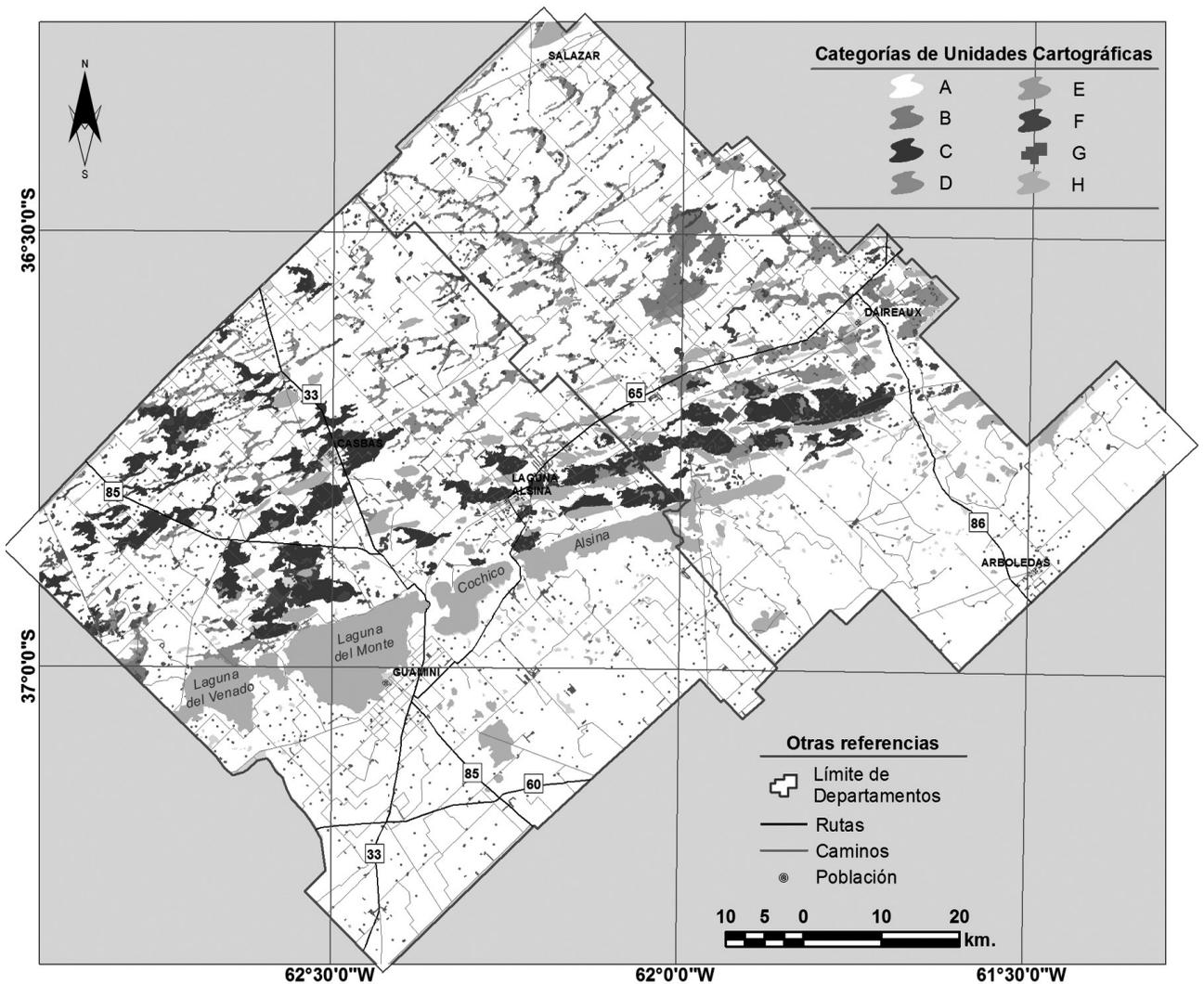


Figura 3. Tierras elegibles para proyectos forestales en los partidos de Daireaux y Guaminí.

Ref: A: <1% de tierras elegibles sin restricciones para MDL, B: 1-20% tierras elegibles sin restricciones para MDL, C: 21-40% tierras elegibles sin restricciones para MDL, D: 41-60% tierras elegibles sin restricciones para MDL, E: 61-80% tierras elegibles sin restricciones para MDL, F: 81-100% tierras elegibles sin restricciones para MDL, G: áreas no elegibles. H: Cuerpos de agua.

Partido	Superficie (ha)
Daireaux	
Tierras Elegibles sin restricciones	23.355
Tierras Elegibles con restricciones por competencia en el uso de la tierra	176.439
Tierras Elegibles con restricciones edáficas*	138.298
Lagunas y Miscelánea	35.229
Tierras No Elegibles	3.842
Total	377.163
Partido de Guaminí	
Tierras Elegibles sin restricciones	23.666
Tierras Elegibles con restricciones por competencia en el uso de la tierra	199.161
Tierras Elegibles con restricciones edáficas*	225.295
Lagunas y Miscelánea	26.880
Tierras No Elegibles	4.731
Total	479.733

Tabla 4. Superficie elegible para proyectos de forestación y reforestación.

productivos de corto plazo, la ausencia de una cadena forestal organizada y el escaso desarrollo del sector forestal a nivel local y regional.

En toda el área de estudio las tierras con restricciones edáficas ocupan una importante superficie de tierras elegibles (363.000 has - 42%), alcanzando valores similares a las tierras con uso agro-ganadero. En este sentido, el partido de Daireaux con 138.000 ha, cuenta con una superficie inferior en relación al de Guaminí (225.000 ha).

Las posibilidades reales de expansión de la actividad forestal en la región se concentraría en las tierras elegibles sin restricciones y en las que presentan restricciones por limitantes edáficas. En estas últimas difícilmente se generará un avance importante de la actividad agropecuaria. Para el desarrollo de la actividad forestal en áreas con limitantes edáficas se deberá evaluar el grado de la misma, la especie forestal que se adapte a estos ambientes (en base a sus requerimientos y limitaciones) y se deberá cuantificar si se logran crecimientos satisfactorios y rentables según destinos de producción. La superficie disponible alcanzaría 410.000 ha en ambos partidos (40% en Daireaux y 60% en Guaminí), y muestra el potencial importante en comparación a otras regiones forestales del país.

Las tierras no elegibles comprenden 8.573 ha en los dos partidos entre las cuales 4.731 ha se encuentran en Guaminí y 3.842 ha en Daireaux. Esta superficie representa el 0,9% de la superficie total del partido de Guaminí y el 1% del partido de Daireaux, lo que deja en evidencia que la actividad forestal no es el uso más frecuente del suelo y la

condición de elegibilidad de la tierra se ajustaría en los dos partidos. Las tierras no elegibles son formaciones de bosques que están destinadas a cortinas o reparo del ganado y que cumplen con la definición de bosques. Las especies que ocupan estos sitios son principalmente *E. viminalis* Labill., *E. camaldulensis* Dehnh., *Populus* spp. y otras especies exóticas como pinos, fresnos y plátanos.

Como se observa en la cartografía, la distribución fragmentada de las tierras elegibles sin restricciones permitiría planificar proyectos forestales MDL que involucran a múltiples propietarios. Estos proyectos son apreciados porque tienen un potencial alto de contribuir al desarrollo socioeconómico de zonas rurales (Salina y Hernandez, 2008).

En el informe de FAO (2004) sobre tendencias y perspectivas del sector forestal argentino al año 2020, se plantea la potencialidad de regiones de la Argentina para la implementación de proyectos MDL forestales y se proponen áreas para el establecimiento de plantaciones forestales, principalmente, en sectores sujetos a procesos de degradación (las cuales beneficiarían al medio ambiente local mediante la fijación de CO₂, protección del suelo contra la erosión hídrica y eólica, la regulación del flujo de agua y mejora en la fertilidad del suelo). La provincia de Buenos Aires y la pampa arenosa, en particular, presenta áreas con similares limitaciones y con la ventaja de cumplir con la condición de elegibilidad de manera natural. Esto posicionaría a la región en una ventaja competitiva en relación a otras regiones del país, sumando la posibilidad de insertar la actividad forestal en un medio agroganadero.

En base a la información generada en este trabajo en conjunto con las herramientas de estimación forestal (modelos de crecimiento forestal) presentadas por Ferrere *et al.* (2008) y las estimaciones sobre las potencialidades físicas de secuestro de CO₂ en el suelo (Lupi *et al.*, 2008); la región contaría con información preliminar y con herramientas básicas para establecer escenarios de oferta y demanda de proyectos ambientales en el MDL forestal.

CONCLUSIONES

Los partidos de Guaminí y Daireaux poseen un importante potencial de tierras disponibles para la implementación de proyectos forestales MDL.

La superficie de tierras elegibles sin restricciones en los dos partidos es de 47.021 ha que no compiten con otros usos de la tierra y resulta una superficie de importancia para el establecimiento de una cuenca forestal. La superficie de tierras elegible con restricciones es de 314.737 ha en Daireaux y 424.456 ha en Guaminí. La información generada es importante a los fines de planificación de uso de la tierra y para inversores que deseen formular proyectos de desarrollo forestal con fines productivos y ambientales en el marco del PK.

Las tierras no elegibles alcanzan una superficie de 8.573 ha en ambos partidos, demostrando que la actividad forestal no es el uso más frecuente del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Vicente Nakama, Gustavo Cruzate y al técnico Adelqui Alfieri, por el apoyo en el trabajo y las sugerencias al manuscrito. Al arquitecto Juan Carlos de la Fuente por su colaboración. Las actividades fueron financiadas por la cartera de proyectos nacionales del INTA, Programa Forestales y el convenio de vinculación tecnológica (CVT) entre el Instituto de Suelos INTA y la empresa San Jorge del Valle.

BIBLIOGRAFÍA

ACEBEY, P.CH.; ZAPATA, L.F. 2008. Identificación de tierras con aptitud forestal para proyectos de mecanismo de desarrollo limpio en el departamento de Chuquisaca, aplicada a un área piloto Proyecto de Grado 2008. Universidad Mayor De San Andrés, Facultad De Ciencias Geológicas, Ingeniería Geográfica. La Paz Bolivia. 150 p. Disponible en: http://www.cybertesis.umsa.bo:8080/umsa/2008/choquevilca_ap/html/index-frames.html

ALATORRE, L.C.; SÁNCHEZ-ANDRÉS, R.; CIRUJANO, S.; BEGUERÍA, S.; SÁNCHEZ-CARRILLO, S. 2011. Identification of Mangrove Areas by Remote Sensing: The ROC Curve Technique Applied to the Northwestern Mexico Coastal Zone Using Landsat Imagery. *Remote Sensing*. 3(8):1568–1583.

ALCONADA, M.; BUSSONI, A.; ROSA, R.; RIVERA, J.J. 2009. El bio-drenaje para el control del exceso hídrico en Pampa Arenosa, Buenos Aires, Argentina. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* 68: pp. 50-72.

ARGUELLO, R. 2006. Potencial del Mecanismo de Desarrollo Limpio en plantaciones forestales de Panamá. Tesis Mag. Sc. CA-TIE, Turrialba, Costa Rica.

ARGÜELLO, R.; LOCATELLI, B.; NAVARRO, G.; PIEDRA, M.; SALINAS, Z. 2007. Potencial del mecanismo de desarrollo limpio en las plantaciones forestales de Panamá. *Tierra Tropical*, 3 (1): 27-36.

BICHERON, P.; DEFOURNY, P.; BROCKMANN, C.; SCHOUTEN, L.; VANCUTSEM, C.; HUC, M.; BONTEMPS, S.; LEROY, M.; ACHARD, F.; HEROLD, M.; RANERA, F.; ARINO, O.; 2008. GLOBCOVER: Product Description and Validation Report. Medias France. 47 pg.

CHEDIAK, M.; MOREYRA, M.; GRECO, C. 2003. Captura de carbono y desarrollo forestal sustentable en la Patagonia Argentina: Sinergias y Desafíos. CENIT-CEPAL-UDESA. 118 p.

DEFOSSÉ, G.E.; LOGUERCIO, G.A. 2000. El aporte de los bosques para la mitigación del cambio climático global y el desarrollo sustentable de comunidades locales. Disponible en: http://www2.medioambiente.gov.ar/documentos/educacion/actividades/encuentro_ctera/comodoro_08.PDF. verificado el 21/9/2011.

FAO 2004. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020. Informe Nacional Argentina. G. BRAIER, N. ESPER, L. CORINALDESI (Eds) .78p. Disponible en: http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/PIAMFS/File/inf_nac_complem.pdf 15/7/2011.

FERRERE, P.; LUPI, A.M.; BOCA, R.T.; NAKAMA, V.; ALFIERI, A. 2008. Biomasa en plantaciones de *Eucalyptus viminalis* Labill de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ciencia Florestal* 18 (3), 291-305.

GLCF, 2009. Copyright © 1997-2009 University of Maryland. Disponible en: <http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml> verificado 9/2008.

HAUMAN, L. 1927. Les modifications de la flore Argentine. Extrait des Mémoires publiés par la classe de l'Académie royale de Belgique. Collection in-4°, Deuxième série, Tome IX, 99 p.

HIRALES-COTA, M.; ESPINOZA-AVALOS, J.; SCHMOOK, B.; RUIZ-LUNA, A.; RAMOS-REYES, R. 2010. Drivers of mangrove deforestation in Mahahual-Xcalak, Quintana Roo, South-east Mexico. *Ciencias Marinas [en línea]* 2010, Vol. 36 [citado 2012-06-12]. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=48013189004>. ISSN 0185-3880.

INPE. 2006. Copyright 2006 © INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponible en: <http://www.inpe.br> verificado 9/2008.

INTA. 1992. Cartas de Suelo de la República Argentina, escala 1:50.000. ISSN 0327-781X.

INTA 1989. Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires. Escala 1:50.000.

KLÖDITZ, C.; VAN BOXTEL, A.; CARFAGNA, E.; VAN DEURSEN, W. 1998. Estimating the accuracy of coarse scale classification using high scale information, Vol. 64. Bethesda, MD, ETATS-UNIS: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1998.

LACLAU, P. 2005. Cambio climático y Forestación. *IDIA XXI* (8): 250-253.

LUPI, A.M.; FERRERE, P.; BOCA, T. 2011. Comparación de funciones de biomasa para arboles de *Eucalyptus viminalis* Lab. XXV Jornadas Forestales de Entre Ríos Concordia, Octubre de 2011.

LUPI, A.M.; ALFIERI, A.; NAKAMA, V.; FERRERE, P.; BOCA, T.; FERNANFEZ, N.; ANGELINI, M.; CRUZATE, G.; EVANS, A. 2008. Forestación de médanos en el oeste de Buenos Aires: Potencial de almacenamiento de carbono en el suelo. XXI CACS, Potrero de Funes, San Luis. 7p.

MARINI, M.F.; VERGARA, M.F.; KRÜGER, H. 2007. Determinación del uso de la tierra en el partido de Guaminí (Argentina)

mediante un estudio multitemporal con imágenes Landsat. *Revista de Teledetección*, 27, 80-88.

MOSCATELLI, G.; IBAÑEZ, J.J. 1999. Auto-organización espacio-temporal en procesos geomorfológicos y sus aplicaciones. Un ensayo de edafología virtual. *Actas 14º Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo*, Universidad de la Frontera, Pucón, Chile.

NAKAMA, V.; ALFIERI, A.; RODRÍGUEZ TRAVERSO, J.; ALEKSA, A.; MOSCHINI, R.C.; CONTI, H.A. 2000. Aptitud de las Tierras para *Eucalyptus* con fines para planeamiento regional en la provincia de Buenos Aires. *SAGPyA Forestal* 16, 2-11.

NEEF, T.; HENDERS, F. 2007. Guía sobre los mercados y la comercialización de proyectos MDL forestales. Serie técnica. Manual técnico. *CATIE*, 65, 44 p.

PEARSON, T.; WALKER, S.; BROWN, S. 2006. Guidebook for the Formulation of afforestation and Reforestation Projects under the Clean Development Mechanism ITTO Technical Series 25. 54 p.

PUNTES, M.I.; CASAS R. 2006. Limitaciones a la producción agropecuaria. Regionalización de los suelos de la Región Pampeana Bonaerense. En *Región Pampeana Bonaerense. Desarrollo sustentable con equidad. Tomo II. Segunda Parte. Ejes temáticos significativos*. 831-894 p. SECRETARIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE (SAyDS)-JICA-CIEFAP. 2010. El desafío de demostrar la elegibilidad de las tierras. En: *Claves para el MDL forestal en Argentina*. Capítulo 4. 51-64 p.

SALINAS, Z.; HERNÁNDEZ, P. 2008. Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía. Centro Agronómico Tro-

pical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, Costa Rica, Serie técnica Manual técnico 8.171 p.

SECRETARIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE (SAyDS). Dirección De Bosques. 2005. Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Informe Nacional. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas, Préstamo BIRF 4085 – Cartografía y Superficie de bosque nativo de Argentina. 126 p. Disponible en: http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UMSEF/File/PINBN/informe_nacional_pinbn.pdf

SOIL SURVEY STAFF. 1994. Keys to soil taxonomy. 8th Edition, US Govt. Printing Office, Washington, DC, USA.

UNFCCC/CCNUCC. Reforestation on degraded, fragile soils and soils in danger of desertification in Coyhaique commune 98 p. Disponible en: <http://cdm.unfccc.int/filestorage/C/F/1/CF12YVGQ-I3LOP5HEM4TZ9RUADB8XN0/PDD.pdf?t=OG98bTQyd2VrfDDhpaaETHQ7bwvsSDQMsEhs>.

VIGLIZZO, E.F.; FRANK, F.C.; CARREÑO, L. 2005 Situación ambiental en las ecorregiones pampa y campos y malezales. En: BROWN, A., U. MARTINEZ ORTIZ, M. ACERBI Y J. CORCUERA. *La Situación Ambiental Argentina*. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, 2006. 587p. Disponible en: <http://www.oab.org.ar/capitulos/cap01.pdf> verificado 28/8/2012. 261-273.

ZAMOLINSKI, A.; CASAS, R.; PITTALUGA, A. 1994. Manejo de los suelos salinos en el noroeste de la provincia de Buenos Aires. *Publicación Técnica N.º 15* - INTA, Agosto 1994. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/bn/ph/info/documentos/artic194.htm> verificado 15/8/2011.