



ARTÍCULO ORIGINAL

Aplicación de inventarios locales para la toma de decisiones en la planificación del uso de tierras en los periurbanos de la cuenca del arroyo Ludueña

Application of local inventories for decision-making in land use planning in Ludueña stream basin periurbans

Aplicação de inventários locais para a tomada de decisões no planejamento do uso de terras nas áreas periurbanas da bacia do arroio Ludueña

Bonel, Beatriz Adriana; Di Leo, Néstor; Costanzo, Marta; Montico, Sergio; Frassón, Paula

Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Rosario

bbonel@unr.edu.ar

DOI: <https://doi.org/10.35305/agro40.e024>

Recibido: 24/02/2022 Aceptado: 06/06/2022

Resumen

En la región pampeana argentina, la transformación del territorio con fines productivos e inmobiliarios tuvo impactos biofísicos y sociales de diferente magnitud. Frente a los conflictos generados entre la zona urbana y la rural las normativas locales intentan proteger el ambiente estableciendo zonas de resguardo donde se prohíbe el uso de fitosanitarios y, por otra parte, promoviendo el arbolado. En este trabajo se analiza la aptitud de las tierras para uso forestal de los periurbanos correspondientes a la cuenca del arroyo Ludueña, Santa Fe, Argentina. Aplicando el sistema de evaluación de tierras para usos específicos propuesto por FAO (FAO, 1976) se cartografiaron las unidades de tierras con aptitud para plantaciones forestales comerciales utilizando especies de género *Populus*, *Salix* y *Eucalyptus*. Se identificaron dos unidades edáficas que representan en promedio un 54% de las áreas de uso restringido de fitosanitarios con aptitud moderada a marginal para los usos propuestos. La delimitación precisa de estos sitios en derredor de las localidades constituye la herramienta básica para planificar su uso, en combinación con los planes urbanos locales ya existentes. No obstante, un 41% de la superficie de las áreas analizadas no presenta aptitud para los usos propuestos, por lo que deberían evaluarse otros usos forestales que incluyan especies nativas.

Palabras clave: usos forestales; cartografía; ordenamiento territorial

Abstract

In the Pampas region of Argentina, the territory's transformation for productive and real estate purposes has had different biophysical and social impacts. Faced with the conflicts arising between urban and rural areas, local regulations try to protect the environment by establishing buffer zones where pesticide application is forbidden, and by promoting tree planting. In this work, we analyze the land's suitability for forestry use in the peri-urban areas within the Ludueña stream basin, Santa Fe, Argentina. Applying the land evaluation system for specific uses proposed by FAO (FAO, 1976), the land units suitable for commercial forestry were mapped using *Populus*, *Salix* and *Eucalyptus* spp. Two edaphic units with moderate to marginal suitability for the proposed uses were identified. Both units cover an average of 54% of the area with restrictions on pesticide use. The precise delimitation of these sites around towns and cities is the basic tool for planning their use, in combination with preexisting local urban plans. However, 41% of the land in the area analyzed was considered unsuitable for commercial forestry purposes. Therefore, other forestry uses including native species should be considered.

Keywords: forest uses; cartography; land use planning

Resumo

Na região pampeana argentina, a transformação do território com fins produtivos e imobiliários teve impactos biofísicos e sociais de diferente magnitude. Perante os conflitos gerados entre a zona urbana e a rural, as normativas locais tentam proteger o ambiente estabelecendo zonas de resguardo proibindo o uso de fitossanitários e, por outro lado, promovendo o arborizado. Neste trabalho analisa-se a aptidão das terras para uso florestal das áreas periurbanas correspondentes à bacia do arroyo Ludueña, província de Santa Fe, Argentina. Aplicando o sistema de avaliação de terras para usos específicos proposto pela FAO ([FAO, 1976](#)) foram mapeadas as unidades de terras aptas para plantações florestais comerciais utilizando espécies dos gêneros *Populus*, *Salix* e *Eucalyptus*. Identificaram-se duas unidades edáficas que representam uma média de 54% das áreas de uso restringido de fitossanitários com aptidão moderada a marginal para os usos propostos. A delimitação precisa destes sítios ao redor das localidades constitui a ferramenta básica para planejar seu uso, em combinação com os planos urbanos locais existente. No entanto, como o 41% da superfície das áreas analisadas não é apta para os usos propostos, deveriam se avaliar outros usos florestais que incluam espécies nativas.

Palavras chaves: usos florestais; cartografia; ordenamento territorial

Introducción

En la región pampeana argentina el territorio natural se ha transformado con fines productivos, con resultados positivos en términos económicos y biológicos, pero en detrimento de los servicios ecológicos que las tierras ofrecían en su estado original ([Carreño et al., 2012](#)). Dentro de la región, la cuenca del arroyo Ludueña (provincia de Santa Fe) da cuenta de ello, su ambiente está en peligro y la sostenibilidad presenta bajas probabilidades de persistencia ([Montico et al., 2019](#)). [Montico et al. \(2018\)](#) hallaron que los cultivos agrícolas ocupan la mayor superficie en la cuenca, pasando de un 76,9% de ocupación en 1976 a un 90,1% del área en 2015, lo que significó una pérdida de pastizales del 16,2%.

Otro aspecto que reconfigura el territorio en la cuenca es el avance de proyectos inmobiliarios, lo que resta tierras aptas para la producción agropecuaria, y a su vez establece un área difusa, entre la zona urbana y la rural, donde los habitantes perciben las prácticas agrícolas como un riesgo para su salud y el medio ambiente, lo que genera situaciones de conflicto en los periurbanos de muchas localidades de la cuenca y de la provincia. En términos generales se estima que en Santa Fe, entre los años 2008 y 2014, la superficie de tierras que cambiaron su uso rural por urbano alcanzó unas 10.000 ha ([Campos et al., 2018](#))

Por otra parte, con el objetivo de proteger la salud humana, los recursos naturales y la producción agrícola, la provincia de Santa Fe regula el uso de fitosanitarios para aplicaciones terrestres y aéreas estableciendo restricciones, según la clase toxicológica del producto, de hasta 500 y 3.000 m ([Ley N° 11273, 1995](#)). [Bonel et al. \(2013\)](#) definieron la línea base para establecer el límite de esta regulación, utilizando mapas catastrales, imágenes satelitales y recorridas a campo para georreferenciar emprendimientos urbanísticos privados. Los autores determinaron que en la cuenca del arroyo Ludueña ([Figura 1](#)), sobre un total de 63.861 ha rurales, 9.972 ha presenten restricciones para el uso de fitosanitarios en aplicaciones terrestres, lo que representa el 16 y el 69% del total de hectáreas de uso rural actual. Frente a esta situación, que repercute en los modelos de producción tradicionales, [Campos et al. \(2018\)](#), recomiendan para los periurbanos consensuar alternativas productivas sustentables que minimicen el riesgo ambiental y de salud.

En relación al uso del territorio, la provincia de Santa Fe también impulsa la promoción y conservación del arbolado ([Ley N° 13836, 2018](#)) fijando una superficie mínima a forestar por

partida catastral. Con este criterio administrativo, en la cuenca del Ludueña habría que forestar 117 ha en la cabecera, 74 ha en el sector medio y 67 ha en las áreas planas y bajas, distribuidas en numerosas partidas ([Bonel et al., 2019](#)). Las políticas de fomento de plantaciones forestales son una de las herramientas de mayor impacto en procesos de ordenamiento del territorio, por lo que deben definirse considerando las particularidades del contexto socio-ecológico sobre el cual impactarán ([Paruelo, 2015](#)). Teniendo en cuenta los aspectos normativos y de política pública que permiten guiar las decisiones productivas privadas, la determinación de la disponibilidad de tierras aptas para proyectos forestales sería información valiosa para proponer usos alternativos sustentables para los periurbanos.

Paruelo ([2015](#)) destaca que el fomento de las actividades forestales debe contemplar la caracterización de las dimensiones humana y biofísica. Esta última deberá tener en cuenta la aptitud de las distintas unidades del territorio, incluyendo las propiedades del suelo, tales como pendiente, textura y profundidad. Como antecedente podemos citar el trabajo de Lupi et al. ([2013](#)) para el suroeste de la provincia de Buenos Aires. Los autores relevaron la aptitud de tierras para uso forestal considerando tierras elegibles con restricciones por competencia con el uso agrícola-ganadero y otras con restricciones de orden edáfico, no aptas para agricultura. Para el norte de la misma provincia se clasificó, cuantificó y cartografió la aptitud forestal de tierras no agrícolas en base al esquema de Evaluación de Tierras de FAO ([Food and Agriculture Organization, 1976](#)), pudiendo determinar la existencia de una importante superficie de tierras aptas para el desarrollo de una cuenca forestal sin competencia con agricultura ([Lupi et al., 2019](#)).

Estos antecedentes se refieren a la evaluación de aptitud forestal en tierras marginales o no aptas para agricultura. La información de alternativas forestales aplicada a periurbanos es casi inexistente, por lo que la elaboración de inventarios y mapas integrando información disponible sería de utilidad para planificar un desarrollo local forestal en los periurbanos con restricciones para el uso de fitosanitarios. La forestación comercial en el sur de Santa Fe tuvo su origen a mediados del siglo pasado, frente al consumo de eucalipto como materia prima por parte de industrias radicadas en la región ([CFI-FCAyF UNL, 2018](#)). En la actualidad, se considera factible un crecimiento de la superficie forestada basada en *Salicáceas sp.* sobre suelos marginales de tierras inundables y de *Eucalyptus sp.* en suelos de uso ganadero, favorecidas por menores distancias de transporte a las industrias ([CFI-FCAyF UNLP, 2018](#); [Gallarco, 2020](#)).

El objetivo de este trabajo es analizar alternativas de producción forestal en tierras de uso restringido por normativas de aplicación de fitosanitarios en una cuenca representativa, en cuanto a geoformas y usos de suelo, del sur santafesino valorando el área potencialmente apta para estos fines.

Materiales y métodos

El estudio se realizó para la cuenca del Arroyo Ludueña descrita por Bonel et al. ([2005](#)), ubicada en la pampa ondulada, al sureste de la provincia de Santa Fe, Argentina, con clima subhúmedo mesotermal, temperatura y precipitación media anual de 17°C y 1.110 mm, respectivamente. La cuenca ocupa aproximadamente 801,1 km², con una cabecera formada por un bloque elevado y basculado hacia el noreste, que define la dirección de las cañadas que conectan este bloque elevado con el hundido hacia la margen del río Paraná ([Figura 1](#)). La red de cursos permanentes y transitorios mide 140 km, con una pendiente media de 1%. El caudal base del arroyo es de 0,50

$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. En la estructura agroproductiva se destaca principalmente la producción de oleaginosas y cereales, y en menor proporción, la ganadería bovina (Bonel *et al.*, 2005). El área de trabajo dentro de la cuenca se acotó al mapa de áreas de uso restringido (AUR) teniendo en cuenta las distancias límites establecidas por la Ley N° 11273 de la provincia de Santa Fe para aplicaciones terrestres (500 m), lo establecido por la Ordenanza Comunal N° 38/11 de la comuna de Zavalla (800 m) y lo propuesto como nuevos límites terrestres en el proyecto de Ley presentado a la Cámara de Diputados de la provincia (Expediente N° 36425, 2019), que lleva el límite a 1.000 m. A su vez, se plantearon dos escenarios de 100 y 200 m, los que podrían ser propuestos como barreras forestales. En este mapa, la determinación y el trazado de las AUR en derredor de la línea base urbana fue realizado mediante el algoritmo “buffer” aplicado en entorno del software QGIS (QGIS.org., 2020).

Para valorar el área potencialmente apta para fines forestales se tomaron las recomendaciones del sistema de evaluación de tierras para usos específicos propuesto por FAO (1976). Este método presenta una estructura flexible por lo que se lo consideró adecuado para los objetivos propuestos. En este caso particular se compararon los atributos de las tierras con los requisitos del uso propuesto. Las unidades de tierra (UT) correspondieron a unidades cartográficas (UC) obtenidas del agrupamiento de suelos a escala 1:50.000 para la provincia de Santa Fe, digitalizadas y publicadas por la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina (Nodo EEA Rafaela, s.f.). Las UC presentes en este sistema están definidas por Asociaciones y Consociaciones de suelos a nivel de serie, clasificados según el Sistema Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999). En la base de datos de la IDE se obtiene la descripción de las unidades cartográficas simples, con un solo componente edáfico, y de las unidades compuestas por más de un componente. Con esta información se estableció, para cada componente simple, el nivel de aptitud a partir de los atributos o cualidades de tierra (CuT) definidas. Las cualidades y niveles de severidad para cada una de ellas fueron tomados de Lupi *et al.* (2019) y se adoptó el criterio de máxima limitación para la asignación de aptitud final.

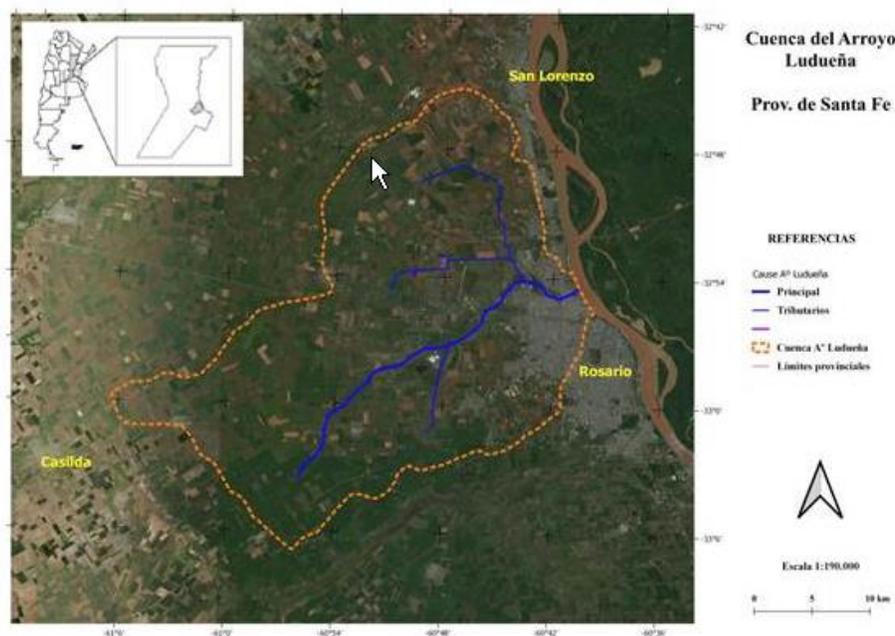


Figura 1: Ubicación de la cuenca del arroyo Ludueña en el sur de la provincia de Santa Fe, Argentina.

Los niveles de aptitud definidos fueron: Muy apta (A1), Moderadamente apta (A2), Marginalmente apta (A3) y No apta (NA). Las CuT definidas correspondieron a profundidad de napa freática, drenaje, facilidad para la exploración radical determinada por la textura superficial y sub-superficial del perfil, alcalinidad sódica, salinidad y reacción del suelo estimada por el pH del horizonte superficial. Para valorar la aptitud de uso en las UT representadas por UC con más de un componente, se tuvo en cuenta la proporción presente de cada unidad edáfica y se le adjudicó un valor cuantitativo al nivel de aptitud: A1 = 1, A2 = 0,8, A3 = 0,5, NA = 0,10, de esta forma se estimó una aptitud ponderada. Esta asignación surge de considerar los distintos niveles de severidad. Se tomó como tipo de uso de la tierra (TUT) a la implantación de bosques cultivados con diferentes fines, en forma pura o consociada y sostenible a partir de las siguientes especies: *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *Eucalyptus dunnii* Maiden; *Eucalyptus saligna* Sm., *Eucalyptus tereticornis* Sm., *Eucalyptus viminalis* Labill, *Salix sp.* y *Populus sp.*, siguiendo la propuesta de Lupi *et al.* (2019). A continuación se comentan brevemente algunos de los requerimientos edáficos y climáticos de estas especies para la región pampeana argentina. Las áreas de mayor aptitud para *E. camaldulensis* corresponden a suelos bien drenados, profundos, ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos y ligeramente salinos. Es tolerante a suelos de drenaje pobre y texturas finas en los horizontes sub-superficiales; resiste suelos de pH alcalino y fuerte salinidad. *E. tereticornis* es tolerante a sequía, pero menos tolerante a anegamientos que *E. camaldulensis*. En la pampa ondulada las tierras más aptas corresponden a suelos profundos de reacción ligeramente ácida a moderadamente alcalinos y salinidad moderada. Tolera suelos con drenaje imperfecto a pobre siempre que no estén encharcados y suelos de textura sub-superficial franco arcillosas a arcillosas cuando son profundos. *E. viminalis* presenta tolerancia a heladas y es poco tolerante a altas temperaturas. Requiere suelos fértiles, francos, profundos, neutros, sin salinidad y presenta limitantes en suelos arcillosos. *E. dunnii* es ligeramente tolerante a las heladas y ligeramente tolerante a sequías. En la pampa ondulada las áreas más aptas son las que poseen suelos con drenaje bueno a moderado, profundos, de reacción neutra a ligeramente alcalinos y libres de salinidad. Limitan sus posibilidades de cultivo el drenaje imperfecto o la profundidad somera, no tolera texturas arcillosas ni salinidad. *E. saligna* no tolera drenaje deficiente, pH muy alcalinos y salinidad. Para *Populus sp.* serían aptos suelos bien drenados y profundos. *Salix sp.* tiene tolerancia a anegamiento estando, en algunas ocasiones, asociados a cursos de agua. Dentro de la pampa ondulada, las planicies de inundación de los ríos de vertiente hacia el río Paraná son tierras potencialmente aptas para el cultivo de sauces en suelos temporariamente anegables que no tengan limitaciones severas de sodicidad (CFI-FCAyF UNLP, 2018).

Resultados

En la [Figura 2](#) se muestra la distribución geográfica de las unidades cartográficas presentes en la cuenca del arroyo Ludueña. En la [Tabla 1](#) se detallan las UC que componen las UT de las AUR dentro de la misma cuenca, junto con su clasificación según grupo e índice de aptitud agropecuaria provista por la IDE. El agrupamiento por aptitud agropecuaria de las tierras de la provincia de Santa Fe (GAT) es una adaptación del sistema de Capacidad de Uso (Klingebiel y Montgomery, 1961), que reconoce ocho clases, con restricciones crecientes de 1 a 8. Las tierras de clases 1 y 2 son típicamente agrícolas; en las tierras de clase 3 y 4 sería necesario intercalar períodos de manejos especiales. Las clases 5 y 6, corresponden a tierras aptas para implantación de pasturas plurianuales y tolerantes a restricciones ambientales severas, mientras que en las tierras de clase 7 sólo es conveniente el aprovechamiento de los pastizales naturales (Giorgi *et al.*, 2010). Las clases se

dividen en subclases de acuerdo a factores restrictivos: erosión (e), permanencia de excesos hídricos (w), restricciones del suelo en la zona de enraizamiento (s) y climáticas (c). Algunas subclases se diferencian por grupos. En este trabajo el símbolo (p) se refiere a un grupo dentro de la subclase (s) que indica restricciones a la penetración de raíces por los horizontes argílicos. El índice de aptitud agropecuaria (IAT) expresa la aptitud relativa de las tierras y está basado en el Sistema de Índices de Productividad ([Sobral y Nakama, 1988](#)), modificado y adaptado para las condiciones de la provincia de Santa Fe ([Giorgi et al., 2004](#)).

La distribución de las AUR en la cuenca del arroyo Ludueña para las diferentes distancias de amortiguamiento consideradas en este trabajo se muestra en la [Figura 3](#).

En la [Tabla 2](#) se presenta la evaluación para uso forestal de las unidades edáficas que integran las UT, teniendo en cuenta los niveles de calidad propuestos por Lupi *et al.* (2019) para los usos seleccionados y las características edáficas de cada unidad. La profundidad de la napa freática no fue limitante ($CuT = 1$) en ninguna UC ni para ningún TUTs (datos no mostrados), mientras que el pH no fue limitante o fue poco limitante en la mayoría de las UC, excepto en Mnt y MF. El atributo “drenaje” fue muy limitante en las UT Ge, Za, Mnt, Rd d-i y MF y poco limitante en Rd, Py, Rd d-mb y Py d-mb para la mayoría de los TUTs. La sodicidad tuvo niveles no óptimos en Za cc, Ge cc y Mnt cc, mientras que la salinidad fue limitante para los TUTs propuestos en Za cc únicamente. Respecto a las condiciones texturales sub-superficiales, la presencia de horizontes argílicos resulta una limitante importante para *E. viminalis* y *E. dunii* en Rd, Rd d-i y Rd d-mb, mientras que para el resto de los TUTs la presencia de horizontes franco-arcillo-limosos y arcillo-limosos representan limitantes de variada magnitud según la especie.

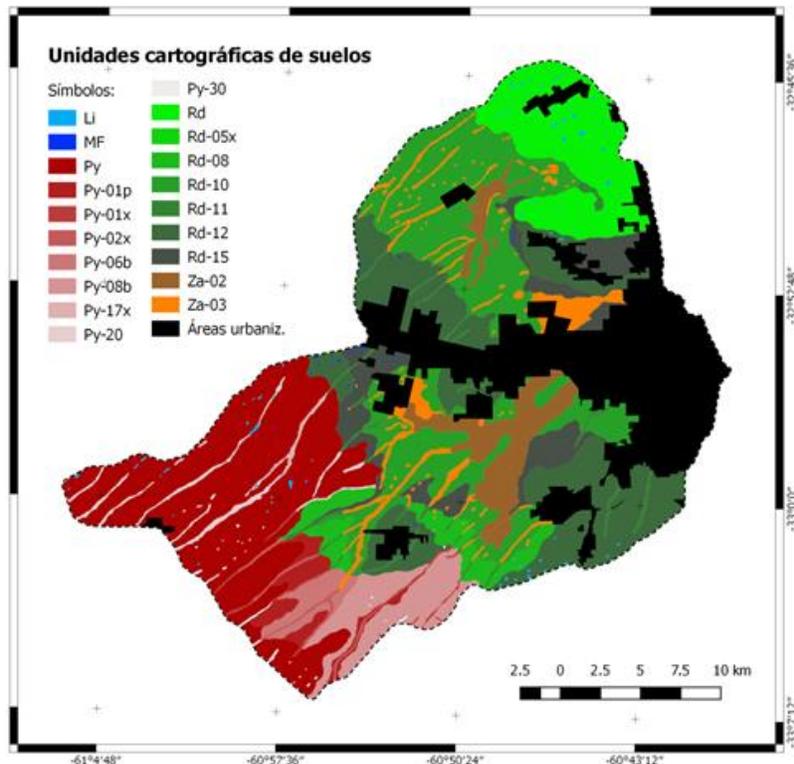


Figura 2: Mapa de unidades edáficas presente en la cuenca del arroyo Ludueña, provincia de Santa Fe (Argentina), relevadas a escala 1:50.000.

Tabla 1. Componentes edáficos de las unidades cartográficas (UC) presentes en las áreas de uso restringido del periurbano de la cuenca del Arroyo Ludueña, provincia de Santa Fe, grupo de aptitud de tierra (GAT) e índice de aptitud de tierra

UC	Componentes	GAT	IAT
Py	Py cc 100%	1	90
Rd	Rd cc 100%	1	82
Py-08b	Py cc 100%	1(e)	81
Rd-05x	100% Rd d-mb	2w	78
Py-20	Py d-mb 100%	2w	75
Rd-12	Rd cc 70% + MF 20% + Ge cc 10%	2/3w(p)	72
Py-01x	Py d-mb 100%	2w(e)	67
Rd-08	Rd cc 70% + Ge cc 30%	3ws	67
Rd-15	Rd d-i 50% + MF 20% + Ge cc 20% + Za cc 10%	3/4ws	49
Rd-11	Rd d-mb 40% + MF cc 40% + Ge cc 20%	3w(e)	49
Rd-10	Rd d-i 30% + Za cc 30% + MF cc 20% + Ge cc 20%	4/5ws	40
Li	Li cc 100%	5w(s)	32
Za-03	Za cc 50% + MF cc 30% + Ge cc 20%	5ws	22
MF co	MF d-p 50% + Za cc 50%	6ws	18
Za-03a	Za cc 50% + MF cc 30% + Ge cc 20%	6ws	16
Za-02	Za cc 50% + Mnt cc 50%	7ws	8
Za-02a	Za cc 50% + Mnt cc 50%	7ws	6

Py: Peyrano; Rd: Roldán; MF: Monte Flores; Ge: Gelly; Za: Zavalla; Li: Lima; Mnt: Manantiales; cc: concepto central de la serie; co: complejo; d-mb: drenaje moderadamente bien drenado; d-i: imperfectamente drenado; d-p: drenaje pobre; x: acumulación.

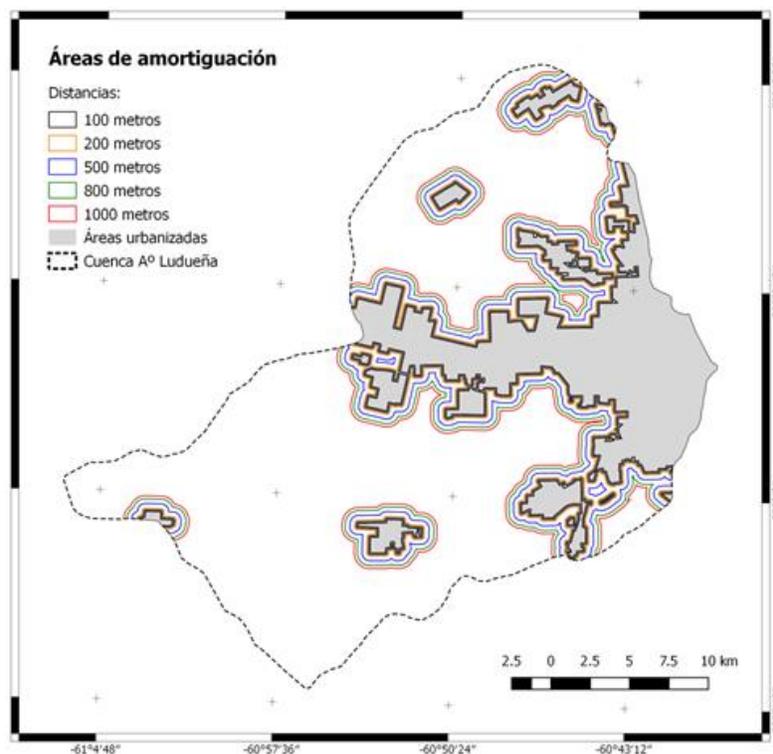


Figura 3: Áreas de uso restringido (AUR) para el uso de fitosanitarios en derredor de las áreas urbanizadas en la cuenca del arroyo Ludueña, provincia de Santa Fe (Argentina).

Tabla 2. Evaluación de las cualidades en las unidades cartográficas (UC) y determinación del nivel de aptitud para el uso bosques cultivados con diferentes fines, en forma pura o consociada y sostenible a partir de las especies del género *Populus*, *Salix* y *Eucalyptus*.

		Tipo de Uso de la Tierra						
UC	Cualidad	<i>Populus</i>	<i>Salix</i>	<i>E. camaldulensis</i>	<i>E. viminalis</i>	<i>E. tereticornis</i>	<i>E. dunii</i>	<i>E. saligna</i>
Ge cc	Drenaje	3	3	2	4	2	4	4
	Textura	2	1	2	2	1	2	2
	Sodicidad	4	4	4	4	4	4	4
	Salinidad	1	1	1	1	1	1	1
	pH	1	1	1	1	1	2	1
Aptitud		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Za cc	Drenaje	3	3	2	4	2	4	4
	Textura	2	2	2	2	2	2	2
	Sodicidad	4	4	4	4	4	4	4
	Salinidad	4	4	3	4	4	4	4
	pH	1	1	1	1	1	1	1
Aptitud		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Mnt cc	Drenaje	3	3	2	4	2	4	4
	Textura	2	1	2	2	1	2	2
	Sodicidad	4	4	4	4	4	4	4
	Salinidad	1	1	1	1	1	1	1
	pH	4	4	3	4	3	4	4
Aptitud		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Li cc	Drenaje	3	3	2	4	2	4	4
	Textura	2	2	2	2	2	2	2
	Sodicidad	1	1	1	1	1	1	1
	Salinidad	1	1	1	1	1	1	1
	pH	1	1	1	1	1	2	1
Aptitud		A3	A3	A2	NA	A2	NA	NA
Rd cc	Drenaje	1	1	1	1	1	2	2
	Textura	2	2	2	3	2	3	2
	Sodicidad	1	1	1	1	1	1	1
	Salinidad	1	1	1	1	1	1	1
	pH	1	1	1	1	1	2	1
Aptitud		A2	A2	A2	A3	A2	A3	A2
Py cc	Drenaje	1	1	1	1	1	1	1
	Textura	2	1	2	2	1	2	2
	Sodicidad	1	1	1	1	1	1	1
	Salinidad	1	1	1	1	1	1	1
	pH	1	1	1	1	1	1	1
Aptitud		A2	A1	A2	A1	A1	A2	A2
Rd d-i	Drenaje	3	3	2	4	2	4	4
	Textura	2	2	2	3	2	3	2
	Sodicidad	1	1	1	1	1	1	1
	Salinidad	1	1	1	1	1	1	1
	pH	1	1	1	1	1	2	1
Aptitud		A3	A3	A2	NA	A2	NA	NA
Rd d-mb	Drenaje	1	1	1	1	1	2	2
	Textura	2	2	2	3	2	3	2
	Sodicidad	1	1	1	1	1	1	1
	Salinidad	1	1	1	1	1	1	1
	pH	1	1	1	1	1	2	1
Aptitud		A2	A2	A2	A3	A2	A3	A2
Py d-mb	Drenaje	1	1	1	1	1	2	2
	Textura	2	1	2	2	1	2	2
	Sodicidad	1	1	1	1	1	1	1
	Salinidad	1	1	1	1	1	1	1
	pH	1	1	1	1	1	1	1
Aptitud		A2	A1	A2	A2	A2	A2	A2
MF d-p	Drenaje	3	3	2	4	2	4	4
	Textura	2	2	2	2	2	2	2
	Sodicidad	1	1	1	1	1	1	1
	Salinidad	1	1	1	1	1	1	1
	pH	2	3	2	2	3	3	3
Aptitud		A3	A3	A2	NA	A3	NA	NA

Ge: Gelly; Za: Zavalla; Mnt: Manantiales; Li: Lima; Rd: Roldán; Py: Peyrano; MF: Monte Flores; cc: concepto central de la serie; d-mb: drenaje moderadamente bien drenado; d-i: imperfectamente drenado.

La aptitud ponderada para el uso bosques cultivados con diferentes fines, en forma pura o consociada y sostenible a partir de las especies del género *Populus*, *Salix* y *Eucalyptus*, de las unidades con más de un componente y de las unidades simples se muestra en la [Tabla 3](#). El análisis de las evaluaciones permite diferenciar tres grupos de UT, uno de mayor aptitud que concentra las UC Py, Py-08b, Py-20, Rd y Rd-5x con algún nivel de aptitud para el conjunto completo de TUTs. En estas UT el uso forestal competiría con usos agropecuarios ya que su clasificación según el GAT es de 1, 1(e), 2w, 1 y 2w respectivamente, con IAT entre 90 y 78. La UT Py-01x no se incluye en el análisis por su baja representación areal ([Tabla 4](#)). Otro grupo, con mayores restricciones, y que califica como NA para al menos un TUT, (Li, Rd-12, Rd-08, Rd-11 y Rd-15) el uso forestal también compite con el uso agropecuario (IAT entre 49 y 72), excepto en Li que se ubica en un GAT de 5, con un IAT de 32. Un tercer grupo no presenta aptitud para ningún TUTs (Rd-15, Rd-10, Za-03, MFco, Za-03a, Za-02 y Za-02a). En este caso el uso forestal no competiría con el uso agrícola ya que el GAT varía de 5 a 7 con IAT menores de 22. No obstante, las especies evaluadas en este trabajo no son aptas para estas tierras. La distribución geográfica de la aptitud de las tierras para el uso forestal evaluado en las AUR analizadas en la cuenca del arroyo Ludueña puede observarse en la [Figura 4](#).

Tabla 3. Aptitud de uso para bosques cultivados con diferentes fines, en forma pura o consociada y sostenible a partir de las especies del género *Populus*, *Salix* y *Eucalyptus* para las unidades cartográficas presentes en el área de uso restringido por uso de fitosanitarios en la cuenca del arroyo Ludueña, provincia de Santa Fe (Argentina).

Unidad Cartográfica	<i>Populus</i>	<i>Salix</i>	<i>E. camaldulensis</i>	<i>E. viminalis</i>	<i>E. tereticornis</i>	<i>E.dunii</i>	<i>E.saligna</i>
Py	A2	A1	A2	A2	A1	A2	A2
Py-08b	A2	A1	A2	A2	A1	A2	A2
Py-20	A2	A1	A2	A2	A1	A2	A2
Py-01x	A2	A1	A2	A2	A1	A2	A2
Rd	A2	A2	A2	A3	A2	A3	A2
Rd-05x	A2	A2	A2	A3	A2	A3	A2
Li	A3	A3	A2	NA	A2	NA	NA
Rd-12	A3	A3	A3	NA	A3	NA	A3
Rd-8	A3	A3	A3	NA	A3	NA	A3
Rd-11	A3	A3	A3	NA	A3	NA	NA
Rd-15	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Rd-10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Za-03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MF	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Za-03a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Za-02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Za-02a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Py: Peyrano; Rd: Roldán; MF: Monte Flores; Za: Zavalla

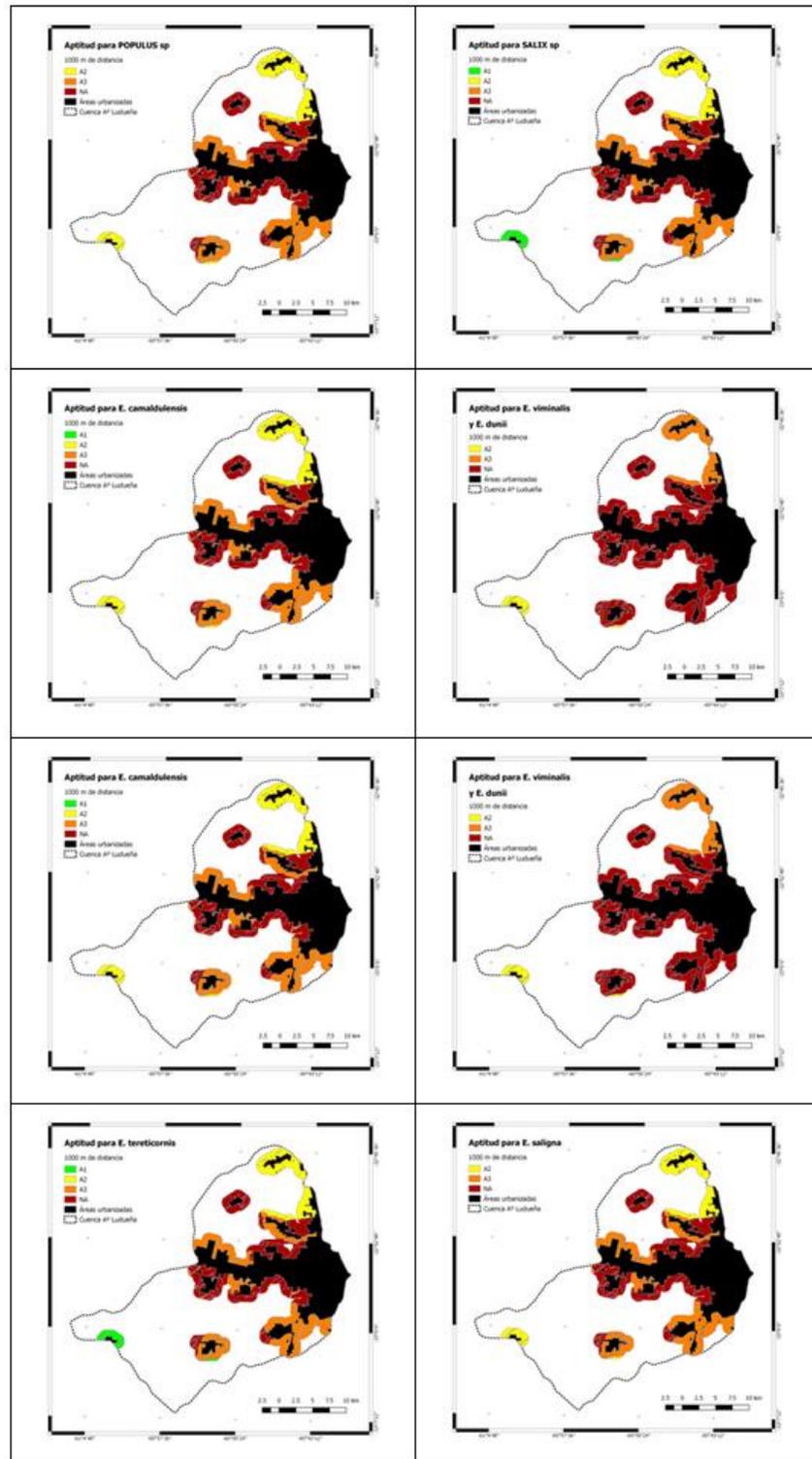


Figura 4: Aptitud de uso para bosques cultivados con diferentes fines, en forma pura o consociada y sostenible a partir de las especies del género *Populus*, *Salix* y *Eucalyptus* para las unidades cartográficas presentes en el área de uso restringido por uso de fitosanitarios en la cuenca del arroyo Ludueña, provincia de Santa Fe (Argentina).

La [Tabla 4](#) presenta las superficies ocupadas por cada UT en las AUR consideradas. Analizando los resultados presentados en las [Tablas 3](#) y [4](#), se estima que en promedio las AUR presentan un 41% de la superficie que no son aptas (NA) para el uso propuesto. En la superficie restante, un promedio de 40% (± 3) de las AUR están ocupadas por la UC Rd-12, con aptitud marginal (A3) para *Populus*, *Salix*, *E. camaldulensis*, *E. teleticornis*, y *E. saligna* mientras que esas tierras no son aptas (NA) para *E. Dunii* y *E. viminalis*. Una superficie de aproximadamente el 14% (± 1) corresponde a la UC Rd, la que presenta aptitud moderada (A2) para *Populus*, *Salix*, *E. camaldulensis*, *E. teleticornis*, y *E. saligna*, mientras que presentan aptitud marginal (A3) para *E. Dunii* y *E. viminalis*. En base a estos resultados se distinguen dos ambientes edáficos en las AUR posibles de ser forestadas con bosques cultivados con diferentes fines, en forma pura o consociada y sostenible a partir de las especies del género *Populus*, *Salix* y *Eucalyptus*, con las restricciones que se detallan a continuación. El suelo Rd corresponde a un Argiudol con drenaje bueno a moderado, con una capa arcillosa (Bt) -- alrededor de 50% de arcilla -- de considerable espesor, 70 - 100 cm, con fuertes agregados gruesos, de aspecto prismático, recubiertos por barnices arcillo-húmicos, con rasgos de hidromorfismo por debajo de los 185 cm. La condición textural limita ligeramente la exploración de las raíces de todas las especies y en particular para *E. viminalis* y *E. dunii*. El drenaje limita ligeramente la aptitud para *E. saligna* y *E. dunii*. En superficie presenta reacción ligeramente ácida, lo que limita ligeramente la aptitud para esta última especie. La UC Rd-12 está integrada en un 70% por Rd, con las mismas consideraciones expresadas anteriormente, un 20% corresponde a la UC MF clasificada como Argialbol, el que presenta fuerte acidez superficial, lo que establece limitaciones ligeras a moderadas según la especie. El drenaje es pobre, constituyendo una severa limitante para *E. viminalis*, *E. dunii* y *E. saligna*, una limitante moderada para *Populus*, *Salix* y *E. Tereticornis* y una limitante ligera para *E. camaldulensis*. Presenta un horizonte sub-superficial arcilloso con prismas extremadamente duros cuando están secos, lo que limita ligeramente el desarrollo de las raíces de todas las especies. El 10% restante lo integra la UE Ge, correspondiente a Natralboles, que no presenta aptitud para ninguno de los usos propuestos, debido a severas limitantes de sodicidad y alcalinidad.

Tabla 4. Superficie ocupada por cada unidad cartográfica (en hectáreas) en las áreas de uso restringido por fitosanitarios (AUR), tomando distancias de 100, 200, 500, 800 y 1.000 metros desde el límite urbano, en la cuenca del arroyo Ludueña, provincia de Santa Fe (Argentina).

Unidad cartográfica	AUR ₁₀₀	AUR ₂₀₀	AUR ₅₀₀	AUR ₈₀₀	AUR ₁₀₀₀
Py	44	87	224	395	531
Py-08b	0	0	0	10	61
Py-20	0	3	21	36	43
Py-01x	0	0	0	0	7
Rd	300	595	1.394	2.170	2.682
Rd-05x	0	0	9	10	10
Li	1	4	20	37	51
Rd-12	997	1.904	4.076	5.675	6.494
Rd-08	2	7	44	132	215
Rd-11	35	83	179	255	307
Superficie total con algún grado de aptitud	1.378	2.683	5.966	8.721	10.402
Rd-15	297	548	1.186	1.745	2.031
Rd-10	429	814	1.745	2.586	3.181
Za-03	136	262	578	806	950
MF	4	11	16	21	25
Za-03a	8	19	43	65	88
Za-02	81	172	493	824	1016
Za-02a	1	3	10	26	53
Superficie no apta	956	1.829	4.072	6.072	7.346
Superficie total AUR	2.334	4.512	10.038	14.793	17.748

La [Figura 5](#) muestra la distribución geográfica de las UC Rd y Rd-12 en las AUR y las localidades a las que corresponden las áreas de amortiguamiento analizadas.

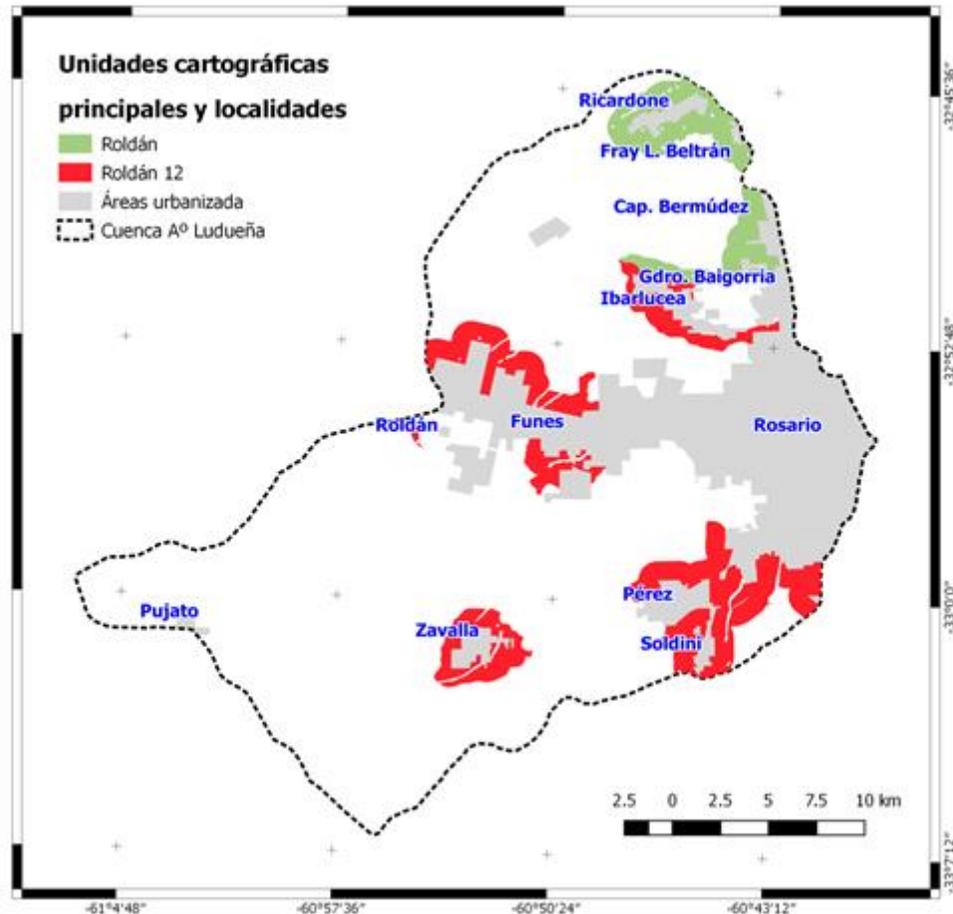


Figura 5: Distribución geográfica de las unidades cartográficas más representativas en las áreas de uso restringido por fitosanitarios en la cuenca del arroyo Ludueña, provincia de Santa Fe (Argentina).

Discusión

Nuestros resultados evidencian la posibilidad de usos alternativos con plantaciones forestales comerciales para los periurbanos de la cuenca del arroyo Ludueña en tierras de aptitud agropecuaria, abarcando principalmente las UC Rd y Rd-12, las que presentan un GAT de 1 y 2/3 respectivamente ([Tabla 1](#)). De todas formas, cabe aclarar que la mayor superficie, correspondiente a Rd-12, posee solo aptitud marginal para algunos de los TUTs forestales propuestos.

Para analizar las posibilidades de incorporación de estos TUTs, se dispone de información local del Plan Estratégico Provincial Santa Fe ([Bonfatti y Galassi, 2012](#)). Según este trabajo la cuenca queda comprendida en la Microrregión C del Nodo Rosario. Para esta microrregión se crea el Ente Coordinador Metropolitano (ECOM) por asociación de municipios y comunas que rodean a la ciudad de Rosario y se establece una división espacial por corredores ([Fein, 2014](#)). En este sentido, los informes técnicos elaborados por el ECOM, orientados a la planificación y gestión del territorio, podrían ser de utilidad para recomendar usos forestales en los periurbanos, ya sea con los TUTs propuestos u otros que se propongan en el futuro, incluyendo especies nativas. Específicamente, la UC Rd-12 se ubica en las AUR de localidades ubicadas en el corredor oeste de la mencionada microrregión, en donde se distinguen sub-áreas que presentan un fuerte desarrollo residencial con aspecto ininterrumpido. No obstante, existen suelos rurales y suelos en los alrededores de los cursos

de agua con potencial paisajístico y forestal, como en las localidades de Funes y Roldán. En otras sub-áreas los centros urbanos se separan entre sí, como sucede entre Soldini, Perez y Zavalla ([Fein, 2014](#)). Los planes urbanos de estas localidades destacan la importancia de la forestación en la región. Por ejemplo, el Plan urbano local de Soldini ([Soldini 2030: plan urbano local, 2018](#)) señala la importancia de usar el espacio periurbano como filtro gradual entre los usos urbano y rural a partir del cuidado de los modos productivos empleados y de la incorporación de barreras forestales. En el corredor norte de la microrregión C, ubicado al este de la cuenca (Granadero Baigorria, Capitán Bermudez, Fray Luis Beltrán y Ricardone) se ubica el otro sector de las AUR, que corresponde a la UC Rd. El sector se caracteriza por la presencia de instalaciones portuarias e industriales sobre la ribera del río Paraná, lo que define su perfil productivo (Fein, 2014). En este sector de la cuenca los suelos periurbanos y rurales cuentan con escasa superficie, y se ubican al oeste de los centros urbanos. A modo de ejemplo se puede mencionar que en el Plan urbano local Ricardone considera que la planificación del territorio periurbano y rural debe tener en cuenta todos los elementos que lo componen para encontrar un nuevo modo de habitar la ruralidad. Destaca que la morfología urbana de bordes bien definidos, entre el suelo urbano y rural, posibilita la implementación de una estrategia de amortiguación entre los distintos usos ([Ricardone 2030: plan urbano local, 2019](#)).

Signorelli y Ferrere ([2018](#)) plantean que el conflicto por el uso de la tierra en zonas periurbanas representa una oportunidad de desarrollo forestal en complemento de otras actividades. Los autores señalan que se debería fortalecer el vínculo entre municipios e instituciones locales para mejorar sus programas forestales a partir del desarrollo de capacidades propias. La delimitación e identificación de espacios con aptitud forestal en los periurbanos, como los aportados por este trabajo, pueden contribuir a recuperar un entorno productivo acorde al cuidado del ambiente, pudiendo impactar en el desarrollo socio-productivo de la región.

Por otra parte, Lupi *et al.* ([2013](#)) señalan que en la provincia de Buenos Aires la distribución fragmentada de las tierras elegibles para uso forestal es de utilidad en el marco del Protocolo Kyoto ya que permitiría planificar proyectos que involucren a múltiples propietarios. En los periurbanos, la zonificación impuesta por un límite de restricción de uso de fitosanitarios presenta una ventaja respecto a otras propuestas de desarrollo forestal, puesto que agrupa tierras de igual aptitud en un espacio acotado por las normativas, como se muestra en la [Figura 5](#). Este agrupamiento podría representar beneficios ecosistémicos.

Las AUR de la cuenca del arroyo Ludueña incluyen tierras aptas para agricultura, para las que es necesario evaluar alternativas de producción que sean sustentables en sus tres dimensiones: ambiental, socio-cultural y económica. En coincidencia con Lupi ([2019](#)) para el norte de Buenos Aires, las tierras aptas y de moderada aptitud serían las apropiadas para desarrollar una cuenca forestal desde el punto de vista productivo, considerando que además, las tierras se encuentran próximas a los centros industriales y a los puertos.

Las UT no aptas para el uso de bosques cultivados con diferentes fines, en forma pura o consociada y sostenible, a partir de las especies evaluadas en este trabajo presentan en común que son UC con componentes edáficos con horizontes nátricos, es decir, con alto contenido de sodio superficialmente, los que se clasifican según la Soil Taxonomy ([Soil Survey Staff, 1999](#)) como Natralboles (Ge) y Natracualfes (Za). Estos últimos además carecen de epipedón mólico. Estas características sumadas a las malas condiciones de drenaje limitan la aptitud de estas tierras para el uso forestal propuesto. Como plantea Lupi *et al.* ([2013](#)) 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 cuantificar si se logran crecimientos satisfactorios y rentables según destinos de producción. Estas UT están ubicadas en el entorno de la vía de escurrimiento principal y de los tributarios de la cuenca, donde la aptitud productiva es muy baja, con predominio de pastizales. En estos sectores de descarga hídrica, las pérdidas por escurrimiento, percolación y evapotranspiración son bajas, lo que sumado al aporte de la napa determina los mayores saldos netos de balance de agua y una correlación negativa con los balances de energía ([Montico et al., 2006](#)). La condición edáfica y productiva de estas UT podría ser una oportunidad en el sentido de que la ley del árbol en Santa Fe (artículo 25, inciso c y d) contempla bonificaciones especiales para los propietarios de las partidas inmobiliarias que realicen forestaciones con destino a retener o devolver pulsos naturales a zonas inundables de cuencas hidrográficas, así como a las forestaciones realizadas de forma contigua a un corredor biológico con especies nativas de la ecoregión. Particularmente podrían proponerse especies forestales nativas con requisitos menos limitantes, como las pertenecientes a los géneros *Prosopis*, *Peltophorum*, *Enterolobium*, *Schinopsis*, *Ruprechtia* y *Celtis*, presentes en la provincia de Santa Fe ([Pensiero et al., 2005](#)). Estas especies son de uso maderable ([Marcó et al., 2016](#)) aunque, por sus menores tasas de crecimiento, el mayor potencial que podrían brindar es la provisión de productos medicinales, forrajeros y tinturas, provisión de servicios ecosistémicos, control de la erosión y potencial uso paisajístico en entornos periurbanos ([Cordero, 2011](#), [Benayas, 2012](#)).

La falta de políticas que regulen las formas de apropiación del territorio, la difusión del cultivo de soja (*Glycine max* (L.) (Merr.)) y la ausencia de planificación en el área urbana, derivaron en los conflictos aún vigentes en los periurbanos del sur de Santa Fe ([Cloquell et al., 2011](#)). En particular, la cuenca del Arroyo Ludueña se encuentra en un estado de creciente vulnerabilidad ambiental, debido principalmente a la simplificación de los sistemas de producción agropecuarios y a la pérdida de los ecoservicios que prestan los principales atributos naturales ([Montico et al., 2019](#)). Surge la necesidad de establecer nuevas directrices desde la gobernanza para diseñar políticas públicas basadas en el criterio de usos múltiples del territorio, donde resulte posible balancear la capacidad soporte de los espacios naturales con la carga ambiental que implican las apropiaciones espaciales antrópicas ([Montico, 2021](#)). Dependerán del tipo de decisiones que se tomen y de la rapidez con que se realicen las acciones futuras, las posibilidades de neutralización de las intervenciones degradantes y de restauración y conservación de las condiciones naturales.

A modo de conclusión se puede decir que, si bien las leyes sancionadas en la provincia de Santa Fe que regulan la aplicación de fitosanitarios y promueven la forestación orientan con un sentido político-administrativo a la toma de decisiones en el territorio, los inventarios y mapas de aptitud, como los elaborados en este trabajo, constituyen una herramienta básica necesaria para planificar el uso del periurbano.

Referencias

- BENAYAS, J. R. (2012). Restauración de campos agrícolas sin competir por el uso de la tierra para aumentar su biodiversidad y servicios ecosistémicos. *Investigación Ambiental: Ciencia y política pública*, 4 (2), 101-110.
- BONEL, B.; MONTICO, S.; DILEO, N.; J. DENOIA; M. y VILCHE, S. (2005). Análisis energético de las unidades de tierra en una cuenca rural. *Revista FAVE*, 4 (1-2):37-47.
- BONEL, B.; DI LEO, N. y MONTICO, S. (2013). Impacto territorial de la ley sobre regulación del uso de productos fitosanitarios (Nº 11373) en la cuenca del arroyo Ludueña, provincia de Santa Fe. *Actas VIII Jornadas*

Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales. 29, 30 y 31 de octubre y 1 de noviembre de 2013. Buenos Aires. Argentina.

BONEL, B.; DI LEO, N.; COSTANZO, M. y MONTICO, S. (2019). Ley del árbol (N° 13836/18) y sustentabilidad territorial de las cuencas hidrográficas santafesinas. Universidad Nacional de Rosario, CyT XIII – 2019: libro de resúmenes. Compilado por Claudio Pairoba; Julia Cricco; Sebastián Rius. 1ª ed. Rosario: UNR Editora. Editorial de la UNR. Argentina. Libro digital, PDF. Ciencia y Tecnología. Octubre de 2019. p 105.

BONFATTI, A. y GALASSI, R. (2012). Plan Estratégico Provincial Santa Fe. Visión 2030. 1a ed. Santa Fe: Ministerio de Gobierno y Reforma del Estado de la Provincia de Santa Fe, 2012. 500 p. Disponible en <https://www.santafe.gov.ar/archivos/PEP.pdf> [Acceso: 27 de enero de 2022]

CAMPOS, V.; MURRAY, R.; ALSINA, V. y ROSENSTEIN, S. (2018). Transformaciones en el territorio periurbano. Una mirada desde la complejidad. En: PERIURBANO hacia el consenso: ciudad, ambiente y producción de alimentos: propuestas para ordenar el territorio: resúmenes ampliados: libro 1. Pablo Tittonel; Beatriz Giobellina, compiladores. - 1a ed. – Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ediciones INTA, 2018. Argentina. Libro digital, PDF. 85-87 p. Disponible en https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_periurbanos_hacia_el_consenso_libro_1_resumenes_ampliados.pdf > [Acceso: 27 de enero de 2022]

CARREÑO, L.; FRANK, F.C. y VIGLIZZO, E.F. (2012). Tradeoffs between economic and ecosystem services in Argentina during 50 years of land-use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 154: 68–77.

CFI – FCAYF UNL. (2018). Consejo Federal de Inversiones – Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Actualización y redefinición de cuencas industriales forestales de la provincia de Buenos Aires. Consejo Federal de Inversiones. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. 502 p y anexos. Disponible en <http://biblioteca.cfi.org.ar/documento/actualizacion-y-redefinicion-de-cuencas-industriales-forestales-en-la-provincia-de-buenos-aires/> > [Acceso: 27 de enero de 2022]

CLOQUELL, S.; ALBANESI, R.; NOGUEIRA, M.E. y PROPERSI, P. (2011). Las localidades del sur santafesino. Factores favorables y desfavorables de la imbricación urbano-rural. *Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios*, 35 (2), 5-34.

CORDERO, A. (2011). Cuando los árboles no dejan ver el bosque: efectos de los monocultivos forestales en la conservación de la biodiversidad. *Acta Biológica Colombiana*, 16 (2), 247 - 268.

EXPEDIENTE N° 36425 (2019). Proyecto de Ley, Cámara de Diputados de la Provincia de Santa Fe, mayo de 2019. Disponible en <http://186.153.176.242:8095/datos/datos/smbtramite/01-PROYECTOS/02-Con%20Tramite%20Parlamentario/Ley/dl3642519.pdf> > [Acceso: 27 de enero de 2022]

FAO (1976). A framework for land evaluation. *Soils Bulletin* 32. FAO, Roma, Italia. 79 p.

FEIN, M. (2014). El área metropolitana de Rosario: estructura institucional y caracterización territorial. 1a ed. - Rosario: ECOM, 2014. Argentina. 224 p. Disponible en <https://ecomrosario.gob.ar/biblioteca> > [Acceso: 27 de enero de 2022]

GALLARCO, S. (2020). Plantación en ambientes de llanura. En: Plantaciones forestales en Argentina: fundamentos técnicos y metodologías para la realización de forestaciones en diferentes regiones / S.P. Galarco...[et al.] 1a ed. - La Plata : Universidad Nacional Libro digital, PDF/A - (Libros de cátedra). 146-190 pp. Disponible en <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/book/1522> > [Acceso: 27 de enero de 2022].

GIORGI, R.; TOSOLONI, R.; SAPINO, V. y LEÓN, C. (2004). Índice de aptitud agropecuaria de la Provincia de Santa Fe (IAT). Argentina. Disponible en <http://rafaela.inta.gov.ar/mapas/suelos/IAT1.htm> > [Acceso: 27 de enero de 2022].

GIORGI, R.; TOSOLONI, R.; SAPINO, V. y LEÓN, C. (2010). Agrupamiento por aptitud agropecuaria de las tierras de la Provincia de Santa Fe (GAT) – I. Conceptos del sistema. Argentina. Disponible en <http://rafaela.inta.gov.ar/mapas/suelos/GAT.htm> > [Acceso: 27 de enero de 2022].

KLINGEBIEL, A.A y H. MONTGOMERY, P.H. (1961). Land Capability Classification, *Agriculture Handbook* No. 210 (Washington, DC: Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture, 1961).



- LEY N° 11273 (1995). “Control Fitosanitario”. Cámara de Senadores de la provincia de Santa Fe. Disponible en <<https://isileg.senadosantafe.gob.ar/ley/fichaley?idLey=459>> [Acceso: 10 de diciembre de 2020].
- LEY N° 13836 (2018). Ley del árbol. Cámara de Senadores de la provincia de Santa Fe. Disponible en <<https://isileg.senadosantafe.gob.ar/ley/fichaley?idLey=15633>> [Acceso: 10 de diciembre de 2020].
- LUPI, A.M., ANGELINI, M y FERRERE, P. (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), 138-148.
- LUPI, A.M.; ANGELINI, M.; CIVEIRA, G. e IRIGOIN, J. (2019). Aptitud forestal de las tierras no agrícolas del norte de la provincia de Buenos Aires (Argentina). Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata, 118 (2), 1-18.
- MARCÓ, M., GALLO, L. y VERGA, A. (2016). Introducción. En: Domesticación y mejoramiento de especies forestales. Ed. Marcó M. y Llavallol C. 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Ministerio de Agroindustria. Unidad para el Cambio Rural. Argentina. 11-19. Disponible en <<http://forestoindustria.magyp.gob.ar/archivos/biblioteca-forestal/domesticacion-y-mejoramiento-de-especies-forestales.pdf>> [Acceso: 27 de enero de 2022].
- MONTICO, S.; BONEL, B.A.; DI LEO, N.C.; VILCHE, M.S. y DENOIA, J.A. (2006). Balance de agua y energía de los cultivos en la cuenca del arroyo Ludueña. Ciencia e Investigación Agraria, 33 (3): 225-236.
- MONTICO, S.; DI LEO, N.; BONEL, B.; DENOIA, J.; M. COSTANZO. (2018). Evolución de la sostenibilidad biofísica de cuencas hidrográficas por la agriculturización. XII Jornadas de Ciencia y Técnica UNR. 18 de octubre. Rosario, Santa Fe.
- MONTICO, S.; DI LEO, N.; BONEL, B. y DENOIA J. (2019). Cambios del uso de la tierra en la cuenca del Arroyo Ludueña, Santa Fe: Impacto en la sostenibilidad y en los servicios ecosistémicos. Cuadernos del CURIHAM, 25: 31-39.
- MONTICO, S. (2021). El uso del suelo: cuando un recurso natural se transforma en recurso ambiental. Revista Anales de la ANAV. Tomo LXXII. p. 120-131.
- NODO EEA RAFAELA (s.f). Disponible en <<http://geointa.inta.gov.ar/geoserversf/wms>> [Acceso: 10 de diciembre de 2020].
- ORDENANZA COMUNAL N° 38/11 (2011). Comuna de Zavalla, provincia de Santa Fe, Argentina.
- PARUELO, J. (2015). ¿Conviene seguir fomentando las plantaciones forestales en el norte de la Patagonia Argentina? ¿Dónde? ¿Para qué? ¿A quién le conviene?. Revista de la Asociación Argentina de Ecología, Ecología Austral 25:112-118.
- PENSIERO, J.; GUTIÉRREZ, H.; LUCCHETTI, A.; EXNER, E.; KERN, V.; BRNICH, E.; OAKLEY, L.; PRADO, D. Y LEWIS, J. (2005). Flora vascular de la provincia de Santa Fe: claves para el reconocimiento de las familias y géneros: catálogo sistemático de las especies. Universidad Nacional del Litoral. 403 p.
- QGIS.org. (2020). QGIS Geographic Information System. QGIS Association. Disponible en <<http://www.qgis.org>> [Acceso: 10 de diciembre de 2020].
- RICARDONE 2030: PLAN URBANO LOCAL (2019). Ente de Coordinación Metropolitana (ECOM). 1a ed. Rosario. Disponible en <<https://ecomrosario.gob.ar/biblioteca>> [Acceso: 27 de enero de 2022].
- SIGNORELLI, A. y FERRERE, P. (2018). Desarrollo de sistemas agro-forestales en áreas periurbanas: una alternativa posible para que convivan lo rural y lo urbano. Una mirada desde la complejidad. En: PERIURBANO hacia el consenso: ciudad, ambiente y producción de alimentos: propuestas para ordenar el territorio: resúmenes ampliados: libro 1. Pablo Tittonel; Beatriz Giobellina, compiladores. - 1a ed. – Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ediciones INTA, 2018. Libro digital, PDF. 248-251. Disponible en <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_periurbanos_hacia_el_consenso_libro_1_resumenes_ampliados.pdf> [Acceso: 27 de enero de 2022].
- SOBRAL, R. y NAKAMA, V. (1988). Índices de productividad (IP). Método paramétrico para la evaluación de tierras. Actas XII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Corrientes. Argentina.

SOIL SURVEY STAFF. 1999. Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. 2nd edition. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 436..

SOLDINI 2030: PLAN URBANO LOCAL. 2018. Ente de Coordinación Metropolitana (ECOM). 1a ed. Rosario. Rosario. Disponible en <<https://ecomrosario.gob.ar/biblioteca>> [Acceso: 27 de enero de 2022].

BONEL, B. A., DI LEO, N., COSTANZO, M., MONTICO, S., y FRASSÓN, P. Aplicación de inventarios locales para la toma de decisiones en la planificación del uso de tierras en los periurbanos de la cuenca del arroyo Ludueña. *Revista Ciencias Agronómicas*, (40), e024. <https://doi.org/10.35305/agro40.e024>

Copyright (c) 2022 Bonel, B. A., Di Leo, N., Costanzo, M., Montico, S., y Frassón, P.



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).