

Valoración de la aptitud forestal de las sierras de San Luis-Argentina mediante percepción remota

Marcelo D. Nosetto ^a, Silvina I. Ballesteros ^a, Esteban G. Jobbágy ^a, Alfredo D. Collado ^b,
Juan C. Echeverría ^b

^a Grupo de Estudios Ambientales GEA – IMASL / Universidad Nacional de San Luis y CONICET
Ejército de los Andes 950 - primer piso, 5700 - San Luis - Argentina
^b Estación Experimental Agropecuaria (EEA) San Luis
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
CC 17, 5730 - Villa Mercedes, San Luis – Argentina
mnosetto@unsl.edu.ar

RESUMEN

Mediante imágenes Landsat TM, ETM y un MDT se efectuaron dos clasificaciones: una de ambientes y otra térmica para la zona serrana de San Luis. A partir del NDVI y el albedo se clasificó el área en: alta y baja rocosidad y valles/pampas. El área serrana superior a 1.100 m alcanzó las 331.212 ha, de la que el 30.5, 56.2 y 13.3% correspondieron a zonas de alta, baja rocosidad y valles/pampas, respectivamente. Con la temperatura superficial se caracterizó la variación térmica a pequeña escala. La información obtenida permitió establecer los grados de aptitud para diversas especies forestales.
Palabras claves: clasificación, rocosidad, NDVI

ABSTRACT

We performed a classification of the hilly region of San Luis based on Landsat images and a DEM. Using the NDVI and albedo we classified the area in: high and low levels of rock coverage and pampas/valleys. The hilly region with topographic levels higher than 1.100 m approached 331.212 ha, being dominated by areas of low rock coverage (56.2%) followed by high rock coverage (30.5%) and valley/pampas (13.3%) areas. Using the surface temperature, we characterized the low-grain thermal variability of the hilly area. The information generated in this study was integrated in a GIS and, together with environmental variables, allowed the definition of areas suitable for forest activities.
Keywords: classification, rock coverage, NDVI

Introducción

El establecimiento de cultivos perennes de larga vida como las plantaciones forestales requiere un cuidadoso análisis de las condiciones ambientales del territorio seleccionado para su ejecución. Ante esta situación resulta imprescindible plantear un esquema ordenador de la tierra que identifique con un margen de seguridad áreas en las que la supervivencia y el crecimiento satisfactorio de las especies arbóreas de interés tengan altas probabilidades de cumplirse. En este sentido, los sensores remotos satelitales resultan de gran utilidad, ya que ofrecen la posibilidad de analizar y describir grandes regiones en forma expeditiva y a un costo relativamente bajo (Chuvieco 1990).

La provincia de San Luis (Argentina) presenta interesantes perspectivas y complejos desafíos para la producción forestal (Echeverría et al. 2006). Las posibilidades más notables se relacionan con la presencia de grandes extensiones de tierra ocupadas por vegetación natural que sin poseer condiciones para uso agrícola, podrían sostener la producción de cultivos forestales. El mayor desafío para la actividad forestal en la provincia radica en sus condiciones de aridez. No obstante, la zona serrana de San Luis se destaca por presentar precipitaciones superiores a la media provincial, mejorando las posibilidades de éxito de la actividad forestal. Sin embargo este ámbito geográfico muestra también una gran variabilidad de ambientes (pampas de altura, valles y zonas rocosas) que

deben ser considerados al momento de decidir el lugar y la especie forestal a implantar. Por otro lado, existe en la zona serrana una alta variabilidad térmica de pequeña escala la cual debe ser también considerada durante la planificación forestal ya que puede definir el éxito o fracaso de una forestación.

El objetivo del presente trabajo fue realizar una clasificación ambiental y térmica en la zona serrana de la Provincia de San Luis con el fin de valorar su aptitud forestal y contribuir en la elección de las especies forestales y áreas potencialmente utilizables.

Materiales y métodos

Delimitación de ambientes

Para realizar la clasificación de la zona serrana de la provincia de San Luis se utilizaron como fuente básica de información imágenes satelitales Landsat 5 Thematic Mapper (escenas 230/82 y 230/83) de diciembre de 1997 y un modelo digital de terreno (MDT) elaborado por la NASA, entre otros organismos, con una resolución de 16 m en altura y 90 m en el orden espacial (USGS 2004). El MDT se empleó para establecer un límite altitudinal de 1.100 m a partir del cual se definió la zona serrana a clasificar. Las imágenes Landsat fueron georreferenciadas en la proyección Gauss-Krüger faja 3 utilizando como mínimo 30 puntos de control (RMS < 1 pixel). La información digital fue transformada en valores de radiancia y posteriormente reflectancia y temperatura superficial (Markham y Barker 1986). A partir de las imágenes de reflectancia se elaboraron dos imágenes con alto significado ecológico: el índice de vegetación normalizado (NDVI), una medida de la cantidad de vegetación verde que hay presente, y el albedo, un indicador del nivel de radiación que es reflejada por la superficie terrestre (Nosetto et al. 2005).

Para definir los ambientes a clasificar se efectuó una composición en falso color compuesto utilizando las bandas 4, 3 y 2; sobre la misma, y con información complementaria de campo disponible, se digitalizaron entre 4 y 5 polígonos de cada una de las siguientes categorías: zona de alta rocosidad, zona de rocosidad media, zona de baja rocosidad, suelo desnudo, valles (asociado generalmente a cursos de agua), pampas, cultivos y cuerpos de agua. Posteriormente se extrajeron y analizaron los valores de NDVI, albedo, temperatura y reflectancia en cada una de las bandas para las mencionadas categorías. En principio se observó confusión entre zonas de

alta rocosidad y suelo desnudo y entre cultivos, pampas y valles, pero al establecer el límite altitudinal de 1.100 m se solucionó este inconveniente ya que por encima de dicho nivel no existen áreas agrícolas. Luego de realizar agrupaciones entre clases que presentaban un comportamiento espectral similar se generó el árbol de clasificación (Figura 1). Efectuada la misma, se aplicó un filtro modal de 5x5 con el propósito de "suavizar" los resultados. La Figura 2 representa el producto de la clasificación de ambientes efectuada.

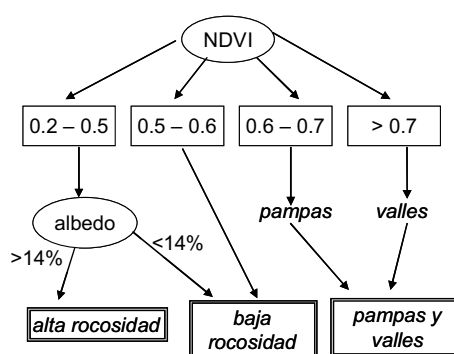


Fig. 1. Árbol jerárquico con los criterios de clasificación utilizados para la delimitación de ambientes en la zona serrana de San Luis.

Zonificación térmica

Con el objetivo de caracterizar las variaciones térmicas que se producen en la zona serrana a pequeña escala, se trabajó con imágenes Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper (escenas 230/82 y 230/83) correspondientes al 20 de junio de 2002. Se optó por esta fecha ya que en la misma se habían registrado temperaturas muy bajas, factor relevante para identificar áreas que se enfriaron en forma diferencial durante la noche y también porque no presentaba problemas de nubosidad. Del mismo modo que en el caso anterior, se utilizó como límite altitudinal el nivel de 1.100 m. Para la delimitación de áreas con un comportamiento térmico similar, se definieron cuatro categorías desde el extremo más frío al más cálido, con una diferencia de temperatura superficial entre ellas de aproximadamente 1,5 °C. Dado que la cantidad de vegetación existente afecta la temperatura de la superficie pero no necesariamente la del aire, fue necesario realizar una transformación que considerara esta variable, para lo cual se

recurrió al NDVI como un factor de corrección. Con posterioridad, se confeccionó el mapa con

las cuatro categorías térmicas (Figura 3).

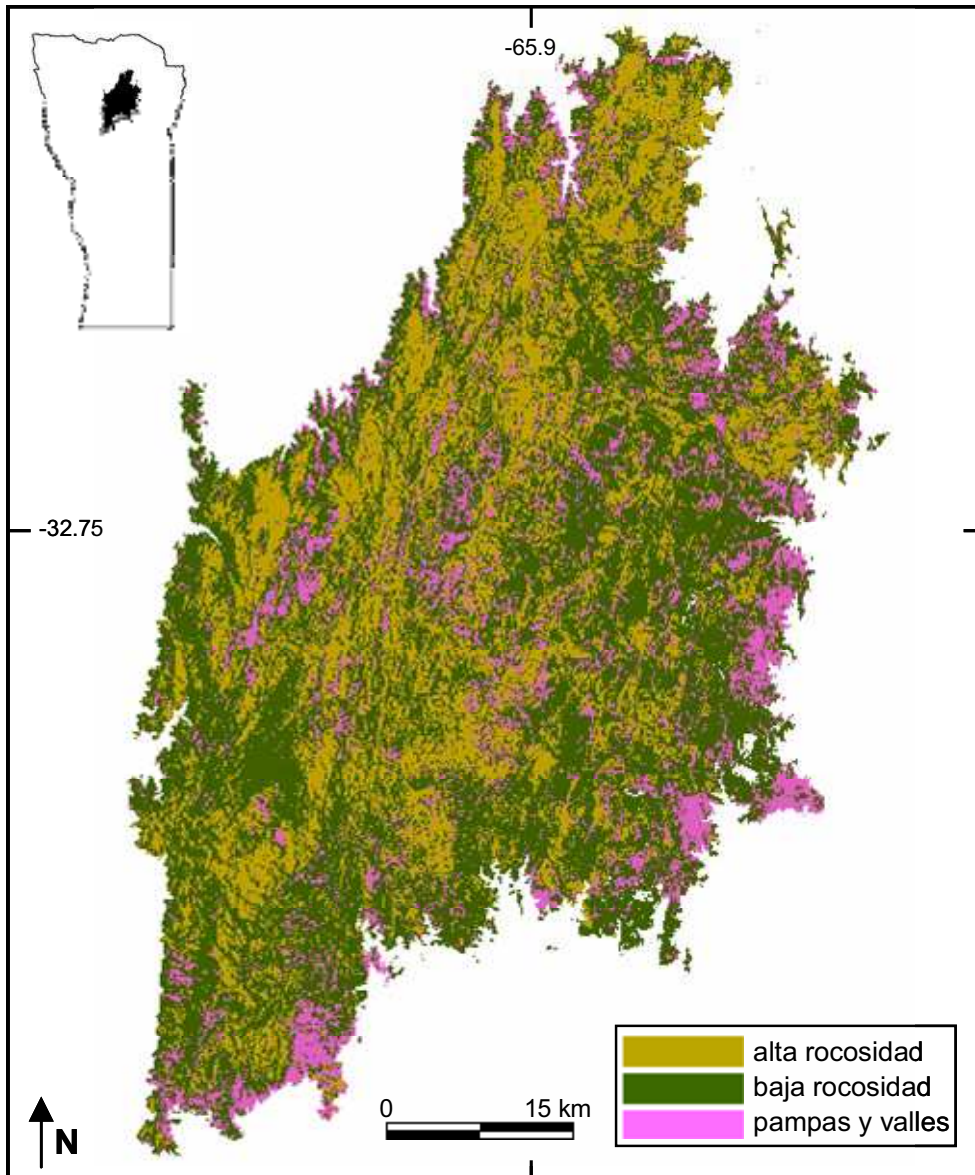


Figura 2. Clasificación de ambientes de la zona serrana de San Luis.

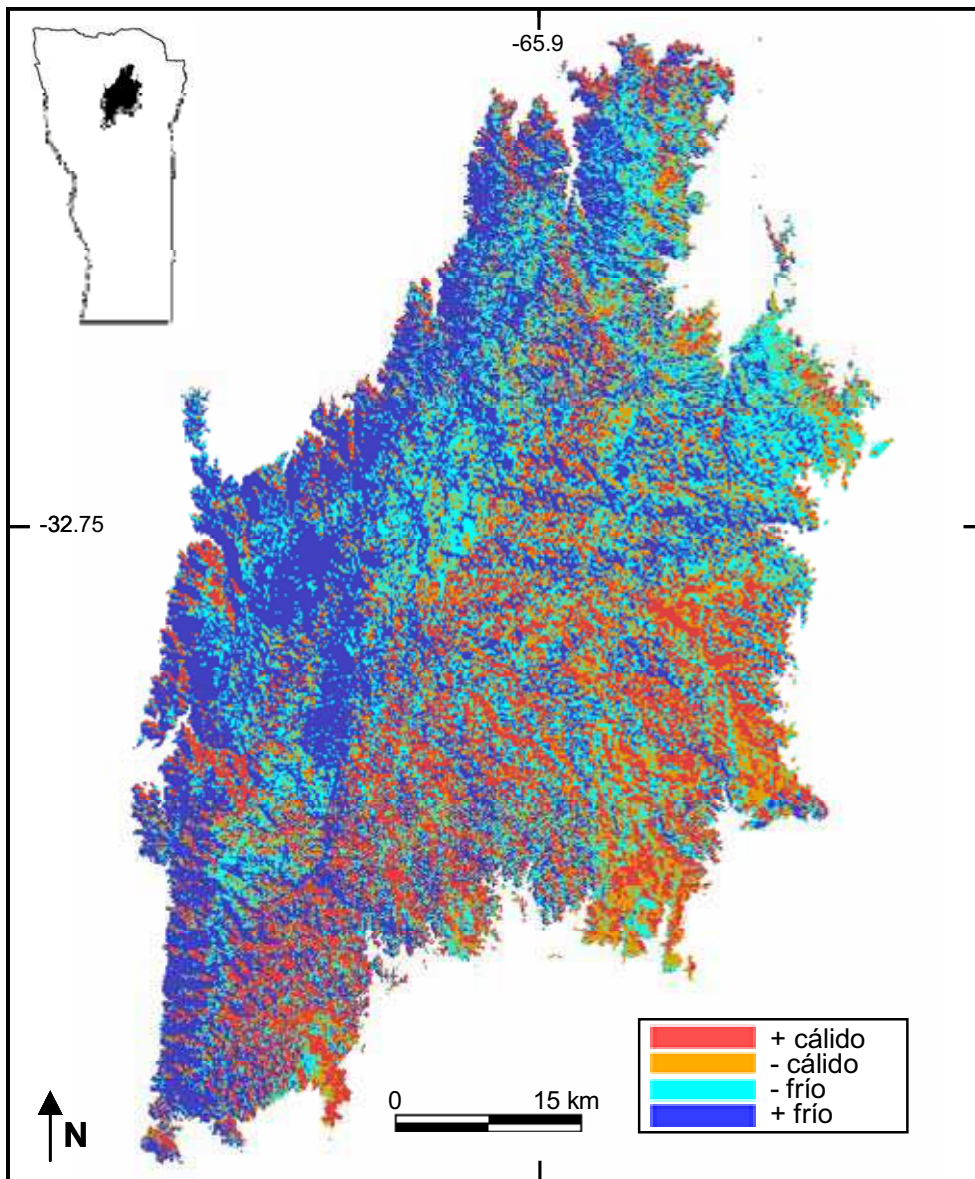


Figura 3. Zonificación térmica de la zona serrana de San Luis.

Resultados y discusión

El área serrana (superior a 1.100 m) de la provincia de San Luis abarcó una superficie total de 331.212 ha, representando aproximadamente el 4.5% de la superficie provincial. De esta área, el 30.5% correspondió a zonas de alta rocosidad (101.292 ha), el 56.2% a zonas de baja rocosidad (186.020 ha) y el 13.3% a zonas comprendidas por pampas y valles serranos (43.900 ha) (Figura 2). Dado que las limitaciones por rocosidad afectan particularmente el establecimiento exitoso de especies latifoliadas potencialmente aptas para la zona (*Populus sp.* y *Robinia pseudoacacia* entre otras), estas plantaciones deberían restringirse a los ambientes de pampas y valles. Dentro de las zonas climáticamente aptas, se considera que todos los ambientes serranos son aptos para coníferas, si bien serían preferenciales los de rocosidad media, intermedios los de pampas y valles y de baja aptitud los ambientes de alta rocosidad, donde se infiere una limitación en la densidad de árboles que puedan implantarse exitosamente y bajas tasas de crecimiento.

Además de la típica variación altitudinal de la temperatura, se observó en este ámbito una alta variabilidad térmica de pequeña escala asociada a factores locales como la pendiente y exposición, posición de valle, ladera o cumbre. Un análisis detallado del mapa sintetizado en la figura 3 ofrece la posibilidad de identificar zonas que presentan un comportamiento térmico diferente. Se observa que en ciertas áreas del mapa existe una diferencia importante de temperaturas asociada a la orientación de la ladera. Esto estaría explicado por un calentamiento radiativo diferente durante horas de la mañana y no necesariamente por un enfriamiento diferencial nocturno. Por lo tanto es en las zonas de menor pendiente donde este mapa ofrece su mayor utilidad y debe ser observado con más detalle en el momento de decidir la ubicación del lote forestal. Particularmente, estas variaciones térmicas deben ser consideradas en especies como *Pinus halepensis*, *P. pinea* o *P. pinaster* que si bien son aptas para ser utilizadas en este tipo de ambientes, son sensibles a las bajas temperaturas invernales. Finalmente, a través de un Sistema de Información Geográfica, se conjugaron todos los requerimientos (i.e. req. edáficos, climáticos, altitudinal) para las diversas especies de pinos consideradas: *Pinus halepensis*, *P. pinaster*, *P. elliottii*, *P. taeda*, *P. radiata* y *P. ponderosa*, incluyendo a los mapas

de ambientes y temperatura confeccionados. De este modo se obtuvo la cartografía a Escala 1: 100.000 que indica las áreas con diferentes grados de aptitud para las especies mencionadas (Figura 4)

Conclusiones

En este trabajo se demostró la utilidad de los sensores remotos en la definición de áreas con aptitud forestal en las sierras de San Luis (Argentina). El NDVI y el albedo resultaron variables relevantes para la definición de áreas con distintos grados de rocosidad y la temperatura superficial para detectar la variabilidad térmica de pequeña escala. La información generada contribuyó a alcanzar un mejor conocimiento de la variabilidad en este espacio geográfico de San Luis y a una mejor valoración de su aptitud forestal.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del Mapa de Aptitud Forestal de la provincia de San Luis, el cual se realizó a partir de un Convenio de Cooperación Técnica entre el INTA E.E.A. San Luis y el Gobierno de la provincia de San Luis.

Referencias

- Chuvieco, E. 1990. Fundamentos de la teledetección espacial. Ediciones Rialp, Madrid, España.
- Echeverría, J. C., E. G. Jobbágy, y A. D. Collado. 2006. Aptitud Forestal de la Provincia de San Luis. INTA - Gobierno de la Provincia de San Luis, San Luis, Argentina. http://www.inta.gov.ar/sanluis/info/documentos/Aptitud_forestal/Aptitud_Forestal.htm
- Markham, B. L., y J. L. Barker. 1986. Landsat MSS and TM post-calibration dynamic rangers, exoatmospheric reflectance and at-satellite temperatures. Pages 3-8 EOSAT Landsat Technical Notes.
- Nosetto, M., E. G. Jobbágy, y J. M. Paruelo. 2005. Land use change and water losses: The case of grassland afforestation across a soil textural gradient in Central Argentina. *Global Change Biology* 11:1101-1117.
- USGS. 2004. Shuttle Radar Topography Mission. Global Land Cover Facility, University of Maryland, College Park, Maryland.

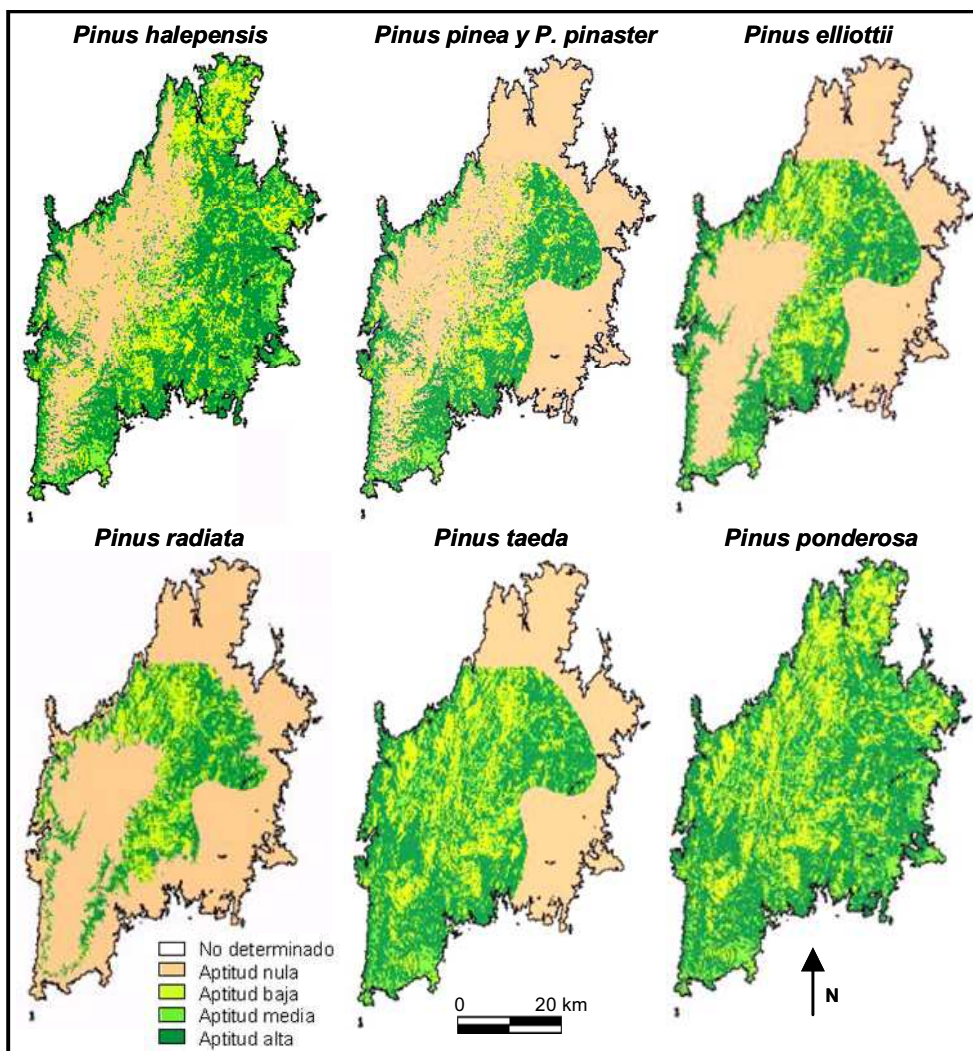


Figura 4. Grados de aptitud de las sierras de San Luis para las especies de pino consideradas