

 Rodríguez Laura Belén

CARTOGRAFÍA DE LA COBERTURA DE LAS COMUNIDADES LEÑOSAS EN EL NORESTE DE LA PATAGONIA, MEDIANTE ÍNDICES VERDES

Rodríguez, Laura Belén¹; Torres Robles, Silvia¹; Zeberio, Juan Manuel¹; Gasparri, Ignacio²

¹Universidad Nacional de Río Negro, Centro de Estudios Ambientales desde la NorPatagonia (CEANPa).

²(i) Instituto de Ecología Regional (IER), Universidad Nacional de Tucumán (UNT)-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Tucumán, Argentina. (ii) Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán (UNT). Tucumán, Argentina.

lbrodriguez@unrn.edu.ar

CARTOGRAFÍA DE LA
COBERTURA DE LAS
COMUNIDADES LEÑOSAS
EN EL NORESTE DE LA
PATAGONIA, MEDIANTE
ÍNDICES VERDES

03/05/2021



La cobertura vegetal determina muchas de las propiedades de los sistemas áridos y semiáridos, que a su vez está regulada tanto por la disponibilidad de recursos como por los regímenes de disturbios -herbivoría, fuego- y variables climáticas (Sankarán et al., 2005; Torres Robles et al. 2015). En estos ecosistemas, la falta de herramientas clásicas, como los inventarios forestales, dificulta la obtención de información de base sobre el estado de conservación de las comunidades leñosas y sobre los lineamientos de manejo (Le Polain de Waroux y Lambi, 2012).

El pastoreo excesivo y la incorporación de nuevas tierras para la agricultura extensiva impactan directamente sobre la vegetación natural del sector transicional del Espinal y el Monte Oriental del noreste (NE) de la Patagonia, ocasionando la desaparición de bienes y servicios ambientales (Pezzola et al., 2009; Zeberio, 2012). Esta transición presenta cambios de cobertura, que podrían estar relacionado tanto por factores climáticos como antrópicos. Por un lado, existen incendios en situaciones de producción ganadera extensiva, que en casos excepcionales pueden afectar grandes áreas de vegetación leñosa (Bran et al., 2007). Por otro lado, existe un reemplazo creciente de la vegetación nativa por pastos y cultivos, que se ve facilitado por la falta de regulaciones provenientes de políticas forestales en la región (Contreras, 2011). Esta situación promueve que estos ecosistemas se vuelvan más vulnerables a los cambios en el uso del suelo.

Algunas de las herramientas que se han incorporado en los últimos años para el estudio de la cobertura vegetal, son los sensores remotos, ya que ofrecen una visión sinóptica de los eventos que ocurren sobre la superficie terrestre. Los

sensores remotos pueden proveer de datos respecto a la evaluación de cambios de la cobertura de grandes extensiones (Brosfoske et al., 2014; Baumann et al., 2018). En



este sentido, se han desarrollado diferentes índices de vegetación como indicadores de cambio, entre ellos el Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), Índice de vegetación mejorada (EVI) e Índice de vegetación ajustada al suelo (SAVI). El NDVI es uno de los índices más utilizados en la detección de cambios en el uso de la tierra a escala regional, ya que se han determinado relaciones significativas entre este índice y aspectos claves de la estructura y funcionalidad de los ecosistemas, como el contenido de biomasa y cobertura vegetal (Gaitán et al., 2013).

En este estudio se busca explorar la relación de diferentes índices verdes con la cobertura vegetal de las comunidades leñosas del NE de la Patagonia, para su cartografía. Esto representará un avance en el conocimiento de los recursos forestales de la región para la planificación territorial.

Materiales y Métodos

Área de Estudio

El área de estudio se ubica en el NE de la Patagonia Argentina, en la transición entre las Ecorregiones Espinal y Monte (Morello et al., 2012; Oyarzabal et al., 2018) (Figura 1). La vegetación de esta región varía desde un matorral de Zigoñáceas a bosques xerófilos con dominancia de especies de los géneros *Prosopis* y *Geoffroea* (Torres Robles et al., 2015; Oyarzabal et al., 2018). La estepa arbustiva zonal está compuesta por la comunidad de *Larrea divaricata*, *L. cuneifolia* y *Monttea aphylla* (León et al., 1998), que pueden tener mayor altura (1,5 a 3 m), cobertura (50 a 80%) y densidad típica que la Provincia Fitogeográfica de Monte (Oyarzabal et al., 2018).

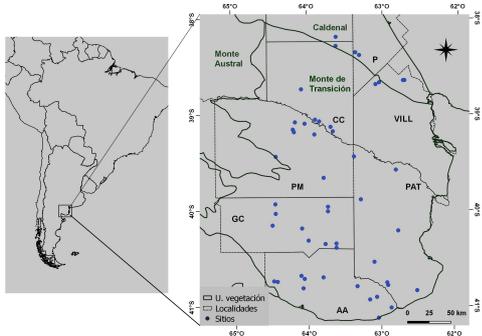


Figura 1. Área de estudio. Cada punto indica un sitio de muestreo. Se delimita las unidades de vegetación definidas por Oyarzabal et al., 2018. Referencia de localidades: PAT, Patagones; VILL, Villarino; P, Puan (provincia de Buenos Aires); AA, Adolfo Alsina; GC, General Conesa; PM, Pichi Mahuida (provincia de Río Negro); CC, Caleu Caleu (provincia de La Pampa)

Estimación de cobertura a campo

Sobre la base de un análisis visual de imágenes de muy alta resolución en la plataforma Google Earth, se seleccionaron 49 sitios, de manera tal que representen un gradiente de cobertura vegetal entre baja, media y alta, y así lograr una distribución espacial adecuada (Di Gregorio y Jansen, 2002) (Figuras 1 y 2). En estos sitios se realizó un muestreo de la vegetación entre los años 2010 y 2017, para esto, en cada

uno de ellos, se establecieron tres parcelas de 100 m² cada una, separadas entre sí por 70 m. Se consideraron especies arbóreas a aquellas que pudieran alcanzar los 10 cm de diámetro del fuste a 1,3 m de altura (DAP); y arbustivas a aquellas especies leñosas que presentan una ramificación desde la base (Matteucci y Colma, 1982). Tanto para las especies arbóreas como arbustivas se registraron el ancho máximo de la copa y la medida perpendicular al mismo, con lo cual se calculó la cobertura como el área de un círculo con diámetro igual al promedio de las medidas de la copa registradas (Matteucci y Colma, 1982). Los diámetros de copa se midieron con cinta métrica. Sobre la base de las mediciones se calculó para cada sitio la cobertura de árboles y arbustos, como el promedio de las tres parcelas de mediciones.

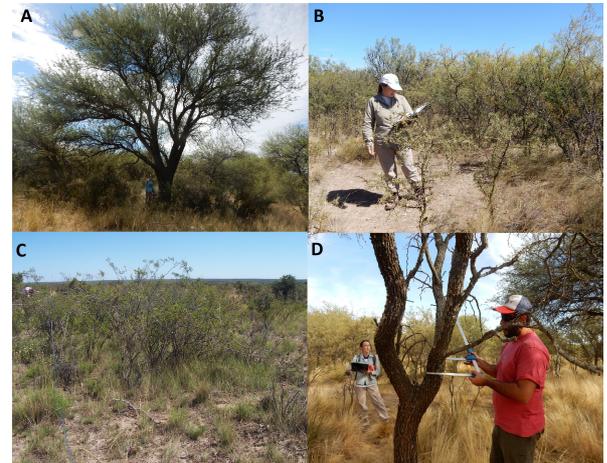


Figura 2. Algunos de los sitios de muestreo. A) Situación de alta cobertura. B) Situación de mediana cobertura. C) Situación de baja cobertura. D) Medición de individuo

arbóreo.

Proyección de la cobertura

Hola, Silvia Torres Robles 

Se emplearon imágenes suministradas por el USGS (www.usgs.gov) pertenecientes al sensor Landsat 5 TM del path 227 y del row 87-88, las cuales abarcan el área de estudio, de distintas fechas para diferentes momentos estacionarios del año (17 de Marzo de 2007, 17 de Septiembre 2010, 19 de Octubre 2010, 21 de Diciembre 2010 y 23 de Enero 2011). Se trabajó con fechas coincidentes con los primeros años de muestreo (2010-2012), en los cuales se realizó el mayor número de relevamientos. Además, se corroboró que los sitios incorporados (6 sitios) de los años 2016-2017 no presentaron grandes modificaciones en término de cobertura leñosa. Las imágenes fueron corregidas y ajustadas geométrica y radiométricamente para eliminar errores en la adquisición de los datos. Para este procedimiento se usó el software Qgis versión 2.16.3 (Versión libre).

Se calcularon los siguientes índices de vegetación: NDVI, EVI y SAVI. Se calculó la media de tres píxeles, correspondiente a la ubicación de cada parcela de estructura por sitio para cada índice de vegetación. Se exploró, para diferentes fechas, las correlaciones de Spearman entre las estimaciones de cobertura y los índices de vegetación. El modelo de cobertura se asoció a la variable (índice) de mejor correlación, para esto se realizaron regresiones simples. Se usó R^2 para evaluar la bondad de ajuste de cada modelo.

Se realizó una cartografía del área de estudio, donde a cada píxel de la imagen con vegetación leñosa se le aplicó el modelo seleccionado en la fecha correspondiente. Se aplicaron máscaras de mapas para excluir áreas urbanas y agrícolas, así como dunas, cuerpos de agua y áreas rocosas. Las máscaras se definieron mediante mapas locales

correspondiente al Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Resultados

Hola, Silvia Torres Robles 

Los tres índices presentaron una mayor correlación con la cobertura estimada para el 21 de diciembre del año 2010, siendo el índice NDVI (0.77) el de mayor correlación (Tabla 1)

Tabla 1 Coeficiente de correlación de Spearman entre la cobertura total en porcentaje y los índices verdes. Se resalta en negrita el valor de correlación más alto para cada índice.

Fecha	n	NDVI	EVI	SAVI
17 de Marzo 2007	48	0.67***	0.54**	0.52**
17 de Septiembre 2010	49	-0.15 ^{NS}	-0.37*	-0.44**
19 de Octubre 2010	49	0.30*	-0.12 ^{NS}	-0.22 ^{NS}
21 de Diciembre 2010	49	0.77***	0.70***	0.62***
23 de Enero 2011	49	0.46**	0.35*	0.31*

*: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$; ***: $p < 0.0001$; NS: No Significativo.

Los modelos que se encontraron con buenos ajustes fueron los que incluían el índice NDVI ($R^2 = 0.60$) y el índice EVI ($R^2 = 0.52$), ambos presentan una relación lineal positiva altamente significativa y con fecha del 21 de diciembre de 2010, es decir, el inicio de la estación seca para el área transicional (Figura 3).

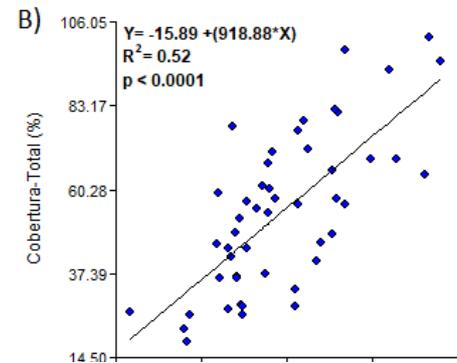
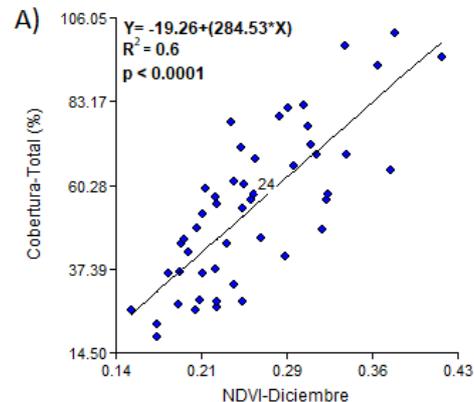


Figura 3 A) Relación entre el NDVI de Diciembre con la cobertura total (%). B) Relación entre el EVI de Diciembre con la cobertura total (%).

El modelo seleccionado para la cartografía fue el que asoció al NDVI con la cobertura, de la fecha del 21 de Diciembre. Con este modelo se reclasificó la imagen para determinar tres tipos de cobertura: Baja, con valores entre 18 a 45%, Media, con valores entre 45 a 60% y Alta, con valores a más de 60%. El patrón espacial indicó que los valores más altos de cobertura se observaron hacia el noreste (NE) del área de estudio, mientras que los valores más bajos se observaron hacia el suroeste (SO) (Figura 4).

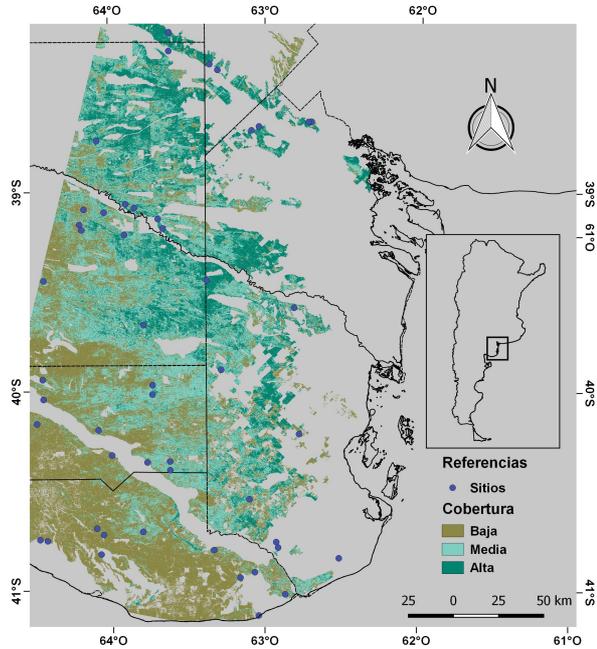


Figura 4. Cartografía de la cobertura vegetal de las comunidades leñosas del NE de la Patagonia mediante el índice verde NDVI.

Conclusión

En este trabajo se encontró que el NDVI del inicio de la estación seca puede ser un buen indicador para el conocimiento del estado de la cobertura leñosa. Esto se puede deber a la diferencia de fenología, ya que las

condiciones climáticas influyen en la vegetación y por ende en las respuestas espectrales de la cubierta vegetal. En la

región Monte-Espinal, las principales especies arbóreas dominantes, como *Geoffroea decorticans* y *Prosopis* spp. son caducifolios y el brote foliar ocurre aproximadamente entre octubre-noviembre (Dimitri et al., 1997). Por otro lado, en noviembre las especies arbustivas de raíces profundas se encuentran en periodo de crecimiento y las principales especies del estrato herbáceo se encuentran en etapa de senescencia (Bertiller et al., 1991). Esta asincronía fenológica del mes de diciembre, podría ser un factor adecuado a tener en cuenta para establecer buenos modelos en la cartografía de la vegetación leñosa.

En este sentido, encontramos un modelo sencillo con ajustes similares a los encontrados en otras regiones semiáridas de Argentina, para el mapeo de la vegetación con relación a bioindicadores (Gasparri et al., 2010). Contar con herramientas para la cartografía y monitoreo de la vegetación leñosa nos permite tener una mejor comprensión del estado y conocer la tendencia de los recursos naturales de la región, lo que resulta valioso para su ordenamiento territorial.

Bibliografía

Baumann, M., Levers, C., Macchi, L., Bluhm, H., Waske, B., Gasparri N.I., y Kuemmerle, T. (2018). Mapping continuous fields of tree and shrub cover across the Gran Chaco using Landsat 8 and Sentinel-1 data. *Remote Sensing of Environment*, 216, 201–211.

Bertiller, M.B., Beeskow, A.M., y Coronato, F. (1991). Seasonal environmental variation and plant phenology in arid Patagonia (Argentina). *Journal of Arid Environments*, 21, 1-11.

Bran, D. E., Cecchi, G. A., Gaitán, J.J., Ayesa J.A., y López, C. R. (2007). Efecto de la severidad de quemado sobre la regeneración de la vegetación en el Monte Austral. *Ecología Austral*, 17, 123-131.

Brosfokske, K.D., Froese, R.E., Falkowski, M.J., y Banskota, A. (2014). A review of methods for mapping and prediction of inventory attributes for operational forest management. *Forest Science*, 60, 733-756.

Contreras, C. (2011). Caracterización estructural y distribución de la vegetación leñosa en el ecotono Espinal-Monte en el SO de Buenos Aires, incidencia de los cambios de uso de la tierra. Tesis de Grado de la carrera Ing. Forestal de la Fac. Cs. Agrarias y Forestales, de la Universidad Nacional de La Plata.

Di Gregorio, A., y Jansen, L.J.M. (2000). Land-Cover Classification System (LCCS): classification concepts and user manual. FAO/UNEP/Cooperazione Italiana, Rome, 177 pp.

Dimitri, M.J., Leonardis, R.F., y Biloni, J.S. (1997). El nuevo libro del árbol: especies forestales de la Argentina occidental. 1 ed. Buenos Aires: El Ateneo. 119 pp.

Gaitán, J.J., Bran, D., Oliva, G., Ciari, G., Nakamatsu, V., Salomone, J., Ferrante, D., Buono, G., Massara, V., Humano, G., Celdrán, D., Opazo, W., y Maestre, F.T. (2013). Evaluating the performance of multiple remote sensing indices to predict the spatial variability of ecosystem structure and functioning in Patagonian steppes. *Ecological Indicators*, 34, 181-191.

Gasparri, N.I., Parmuchi, M.G., Bono, J., Karszenbaum, H., y Montenegro, C.L. (2010). Assessing multi-temporal Landsat 7 ETM+ images for estimating above-ground biomass in subtropical dry forests of Argentina. *Journal of Arid Environments*, 74, 1262-1270

León, R. J. C., Bran, D., Collantes, M., Paruelo, J.M. y Soriano,

A. (1998). Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extraandina. *Ecología Austral*, 8, 125-144.

Hola, Silvia Torres Robles

Le Polain de Waroux, Y., y Lambin, E.F. (2012). Monitoring degradation in arid and semi-arid forests and woodlands: the case of the argan woodlands (Morocco). *Applied Geography*, 32, 777-786.

Matteucci S. D., y Colma, A. (1982). Metodología para el estudio de la vegetación. Monografía n° 22, Serie Biología. Secretaría General de la OEA. Washington D.C. 168pp.

Morello, J., Matteucci, S. D., Rodríguez A.F., y Silva, M. E. (2012). Ecoregiones y complejos ecosistémicos argentinos 1a ed. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires. 719 pp.

Oyarzabal, M., Clavijo, J., Oakley, L., Biganzoli, F., Tognetti, P., Barberis, I., Maturo, H.M., Aragón, R., Campanello, P.I., Prado, D., Oesterheld, M., y León, R.J.C. (2018). Unidades de vegetación de la Argentina. *Ecología Austral*, 28, 040-063

Pezzola, A., Argamemnoni R., Winschel, C., Sanchez, R., Mario, E., y Giorgetti, H. (2009). Estimación expeditiva de suelos erosionados del Partido de Patagones-Buenos Aires. INTA-Estación Experimental Agropecuaria, H. Ascasubi.

Sankarán, N. M., Hanan, N. P., Scholes, R. J., Ratnam, J., Augustine, D. J., y Cade, B. S. (2005). Determinants of woody cover in African savannas. *Nature*, 438, 846-849.

Torres Robles, S. S., Arturi, M., Contreras, C., Peter, G., y Zeberio, J. M. (2015). Variaciones geográficas de la estructura y composición de la vegetación leñosa en el límite entre el espinal y el Monte en el Noreste de la Patagonia (Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 50(2), 209-215.

Zeberio, J. M. (2012) Avance de la frontera agropecuaria en

el noreste patagónico y sus consecuencias en los procesos de desertificación y pérdida de biodiversidad. En Dos

Hola, Silvia Torres Robles 

Santos. y Torres Sanchez, *Ciencia y tecnología ambiental. Un enfoque integrador* (págs. 216-221). Buenos Aires: Asociación Argentina para el progreso de la ciencia.

(<https://jornadasambiente.ar/>)(<https://jornadasambiente.ar/>)

Hola, Silvia Torres Robles 