

## **LAS COBERTURAS DE LA TIERRA EN EL DEPARTAMENTO ALMIRANTE BROWN (CHACO). Una comparación entre los años 2000 y 2016**

### **LAND COVER IN ALMIRANTE BROWN (CHACO). A comparative study between 2000 and 2016**

Prof. Federico Carlos Arias  
Profesor Adscripto. Cátedra Sensores Remotos  
Departamento de Geografía. Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Nordeste

Prof. Griselda Isabel Saucedo  
Profesora Adscripta. Cátedra Sensores Remotos  
Departamento de Geografía. Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Nordeste

Dr. Osvaldo Daniel Cardozo  
Profesor Adjunto. Cátedra Sensores Remotos  
Departamento de Geografía. Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Nordeste

#### **RESUMEN**

Este trabajo tiene como objetivo identificar y clasificar coberturas de la tierra en el departamento Almirante Brown (Provincia del Chaco) para detectar cambios ocurridos entre los años 2000 y 2016, principalmente del bosque nativo. Se utilizaron un total de seis imágenes satelitales de la plataforma Landsat, tres del sensor ETM+ para el año 2000 y tres del OLI 8 para 2016. Se realizaron correcciones radiométricas, composición de bandas entre el visible e infrarrojo para resaltar la vegetación presente, y el mosaqueo para unificar las imágenes. En base al sistema LCCS de la FAO, se identificaron las coberturas y clasificaron las imágenes mediante el método supervisado y el algoritmo de máxima probabilidad. Los resultados muestran que la cobertura de monte predomina sobre las demás en ambos años, y que las áreas desnudas avanzaron sobre espacios antes ocupados por el bosque nativo.

#### **PALABRAS CLAVES**

Chaco; Monte nativo; Imagen Satelital; Clasificación; Detección de Cambio.

#### **ABSTRACT**

The study has the aim of identify and classify land cover in Almirante Brown (Chaco Province). To control change between 2000 and 2016, mainly on native forest. Six Landsat's satellite images were used, from which three were from ETM + sensor for 2000 and the other three from OLI 8 sensor for 2016. I was made the radiometric corrections, bands composition (between visible and IF) to show up the current vegetation and mosaic to join the images. The cover identify and image classification were based on FAO's LCCS. The used method was the supervised and the algorithm of maximum probability. The results show the woods are the main cover in both years and bare soil sprawl on areas in where native forest were before.

#### **KEY WORDS**

Chaco; Native Forest; Satellite Image; Classification; Change detection

## INTRODUCCIÓN

El bosque nativo es considerado como un ecosistema que se conforma de especies nativas maduras, en el cual las especies de flora y fauna asociadas a ella son diversas y en relación al medio que lo rodea -suelo, subsuelo, etc-, permite que se configure una trama de características propias y funciones diversas que le dan al sistema un equilibrio, brindando servicios ambientales y aprovechamiento económico para la sociedad (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2014).

A partir de la importancia que se reconoce de la presencia y conservación de los bosques nativos para un territorio, surge la necesidad de que exista una política forestal a nivel nacional que materialice una visión a largo plazo para el sector. En este sentido, América Latina dispone -con diferentes niveles de aplicación-, de normativas para manejar en forma sustentable los recursos forestales y de biodiversidad conocidos bajo la denominación de *programas forestales nacionales* que en el último quinquenio han sufrido cambios importantes (FAO, 2010).

En la República Argentina, la normativa forestal se fundamenta en dos leyes nacionales, la 13.273 y la 26.331. Respecto a la norma 13.273 (Defensa, Mejoramiento y Ampliación de Bosques) fue sancionada y promulgada en el año 1948, observada en el año 1995 bajo el decreto N° 710, tiene por objeto la regulación de las propiedades forestales, la forestación y la reforestación a cargo del estado nacional. Por su parte, la más reciente ley 26.331 (Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos) fue sancionada y promulgada en el año 2007, y tiene el fin de establecer lineamientos generales para que cada provincia defina su propia normativa para el manejo de los recursos forestales a partir del ordenamiento territorial de los bosques nativos, a los cuales clasifica en tres categorías:

- I. Rojo: alto valor de conservación
- II. Amarillo: medio valor de conservación
- III. Verde: bajo valor de conservación

En otra escala, la provincia del Chaco establece su marco regulatorio con la Ley 6.409 (Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos) sancionada en el año 2009, donde a partir del marco normativo nacional se determina el destino de las tres categorías (rojo, amarillo y verde) en el territorio provincial.

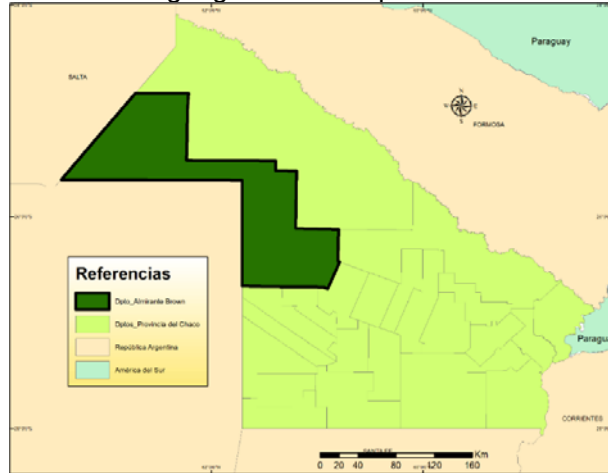
Este marco invita a problematizar el grado de cumplimiento de la normativa en la provincia del Chaco, particularmente en el departamento Almirante Brown cuya riqueza forestal es importante conservar en la categoría I, así como discutir el enfoque para el aprovechamiento en las categorías II y III, ya que existen diferencias entre las perspectivas *sustentable* y *sostenible* respecto a la utilización económica de los bosques nativos. En la misma línea, para identificar cambios respecto a las coberturas, es fundamental el uso de métodos basados en Teledetección para la identificación y clasificación de imágenes satelitales en diferentes cortes temporales, que permita advertir la localización y el grado de transformación.

Por lo expuesto, este trabajo tiene como principal objetivo clasificar coberturas de la tierra en el departamento Almirante Brown, así como identificar los cambios producidos entre los años 2000 y 2016, con especial énfasis en la cubierta de bosque nativo.

En cuanto al área de estudio, el departamento Almirante Brown se encuentra ubicado al oeste en la Provincia del Chaco (ver Mapa N°1), con una superficie de 17.276 km<sup>2</sup> sobre la cual se distribuyen las localidades de Pampa del Infierno (cabecera del departamento), Taco Pozo, Concepción del Bermejo, Los Frentones y Río Muerto. La población agrupada y dispersa (rural) suma un total de 30.000 habitantes según el Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2010, dando como resultado una escasa densidad de población (1,7 hab/km<sup>2</sup>).

En cuanto a las actividades económicas, cabe mencionar algo de agricultura al sur del departamento, principalmente soja y algo de girasol, maíz o algodón, mientras que la actividad ganadera ocupar un lugar marginal, a partir del ganado bovino y en menor medida caprinos. Por su parte, la actividad económica principal está vinculada a la explotación forestal, ocupando el primer lugar provincial en extracción de madera para leña (340.000 tn/año (Manoiloff, 2009).

Mapa N°1. Ubicación geográfica del departamento Almirante Brown



Fuente: Elaboración propia en base datos del SIG-250 del Instituto Geográfico Nacional

Desde la perspectiva natural, la mayor parte del departamento se encuentra dentro de la región denominada *Impenetrable Chaqueño*, definida por la presencia constante del bosque nativo. De acuerdo a los paisajes de Kanter corresponde a una con monte alto y llanura con estepa seca y parque, coincidentes con las subregiones de Chaco Leñoso y Chaco de Parque y Sabanas Secas definidas por Morello (Manoiloff, 2007). Aquí se desarrolla una gran variedad de fauna adaptada al medio (tapir, oso hormiguero, tatú, etc). La hidrografía se caracteriza por la ausencia de cursos de agua importantes definidos, aunque presenta un sistema de avenamiento entre las cuencas del río Salado y Bermejo denominado Sistema Fluvial del Impenetrable. Las precipitaciones rondan entre los 600 y 900 mm anuales y las isothermas anuales entre 21° y 22° C (Bruniard, 1977)

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Los datos empleados corresponden a un conjunto de imágenes satelitales de la plataforma Landsat-7 ETM+ para el año 2000 y Landsat-8 OLI para las imágenes del año 2016. Una vez identificadas, se procedió a su descarga desde el servidor imágenes satelitales *EarthExplorer* del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

Cabe señalar por un lado que, debido a la extensión del área de estudio fue necesario seleccionar un total de tres imágenes para cada año con los siguientes path/row: 229/77, 229/78, 228/78. Por otro lado, se tomó como referencia el mes de septiembre a fin de reducir las inconsistencias de comparación entre los años 2000 y 2016, aunque en diferentes días producto de la disponibilidad de la información.

Posteriormente se procedió a la corrección geométrica y radiométrica de las imágenes. Este proceso permite eliminar cualquier anomalía que se detecte en la imagen, tanto en su correcta localización como en la radiometría de los píxeles (Chuvieco, 2010). Finalizadas las distintas correcciones, se elaboró una composición con las bandas 7-4-2 y 7-5-3 (Landsat-7

y 8 respectivamente) que permiten resaltar la vegetación de otras como el suelo desnudo o urbano, el ensamblado de un mosaico con tres escenas por periodo, y por último el recorte a partir de un polígono de los límites del departamento en un software SIG.

Luego se procedió en primera instancia a evaluar un método de clasificación no supervisado sobre los mosaicos aplicando las técnicas de K-Medias e ISO-Data, pero los resultados obtenidos no fueron contundentes para identificar clases consistentes y representativas. Producto de esta situación, se recurrió al empleo de un método supervisado, utilizado en general para situaciones donde el área de estudio es conocida. Para utilizar este procedimiento es necesario tomar muestras de clases píxeles asociadas a las coberturas que se busca identificar.

Una vez culminada la etapa de selección de las clases, se empleó el clasificador de máxima probabilidad, quien considera los niveles digitales (ND) en el seno de cada clase se ajustan a una distribución normal, lo que permite describir la categoría como una función de probabilidad teniendo en cuenta su vector de medias y matriz de varianza y covarianza (Chuvieco, 2010). La elección de esta metodología se fundamenta en que se ajusta mejor a la disposición de los datos, en comparación con otros métodos como el de mínima distancia o de paralelepípedos.

Para resolver el problema de la diversidad de criterios para definir las categorías y denominación de las coberturas, se buscó un sistema clasificatorio standard internacional reconocido por la comunidad científica. Existen diversas propuestas tales como Anderson-USGS de Estados Unidos, CORINE para Europa, FAO de Naciones Unidas, etc. (Marlenko, 2011). Para este trabajo, en función a la escala de trabajo, la resolución espacial y antecedentes regionales, se decidió adoptar el sistema LCCS desarrollado por la FAO con las categorías y niveles de coberturas indicados en la siguiente tabla.

Tabla N°1: Sistema de Clasificación de Coberturas de la Tierra (Land Cover Classification System, LCCS)

Primer Nivel	Segundo Nivel
1. Áreas Terrestres Cultivadas y Manejadas	1.1 Cultivos Regados > 4 ha 1.2 Cultivos de Secano > 4 ha 1.3 Cultivos Pequeños < 4 ha 1.4 Plantación Forestal 1.5 Frutales
2. Vegetación Natural y Seminatural	2.1 Herbáceo Natural 2.2 Arbustos 2.3 Monte Nativo 2.4 Palmares
3. Vegetación Natural y Seminatural Acuática o Regularmente Inundada	3.1 Área Natural Inundada
4. Área Descubierta o Desnuda	4.1 Área Desnuda
5. Superficies Artificiales y Áreas Asociadas	5.1 Equipamiento Urbano 5.2 Área Urbana 5.3 Área Urbana dispersa 5.4 Canteras, Areneras, Minas a Cielo Abierto
6. Cuerpos Artificiales de Agua, Nieve y Hielo	6.1 Aguas Artificiales
7. Cuerpos Naturales de Agua, Nieve y Hielo	7.1 Aguas Naturales

Fuente: FAO, 2005.

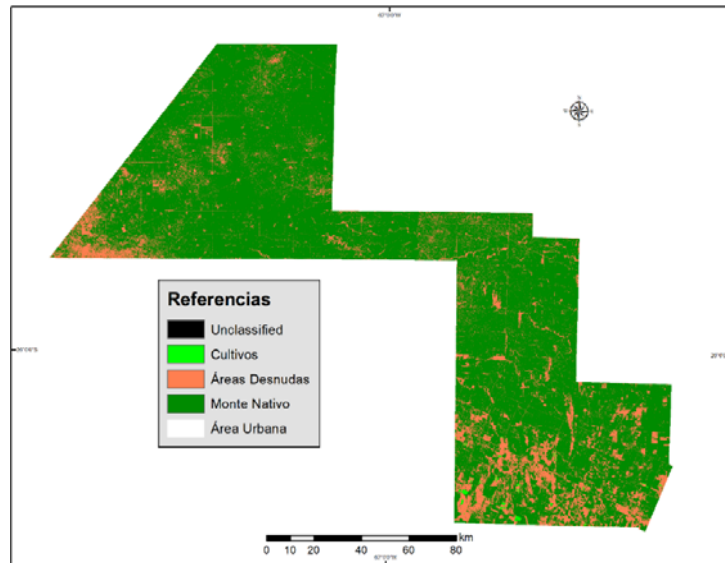
Para este trabajo se utilizó el primer nivel compuesto por 7 categorías, ya que cubría las necesidades del mismo.

## RESULTADOS

Algunos de los resultados obtenidos surgen de la comparación de coberturas de la tierra en el departamento Almirante Brown entre los años analizados (ver Mapa N°2 y Mapa N°3). Se

observa, un predominio general en la superficie del departamento de la cobertura monte nativo bajo la categoría de *Vegetación Natural y Seminatural* por sobre las demás coberturas. Cabe indicar respecto a los bosques nativos, que en esta ocasión no se diferenció de otro tipo de vegetación como la herbácea, principalmente porque esta combinación de bandas induce a la confusión a raíz de la similitud en las respuestas espectrales de esta plataforma.

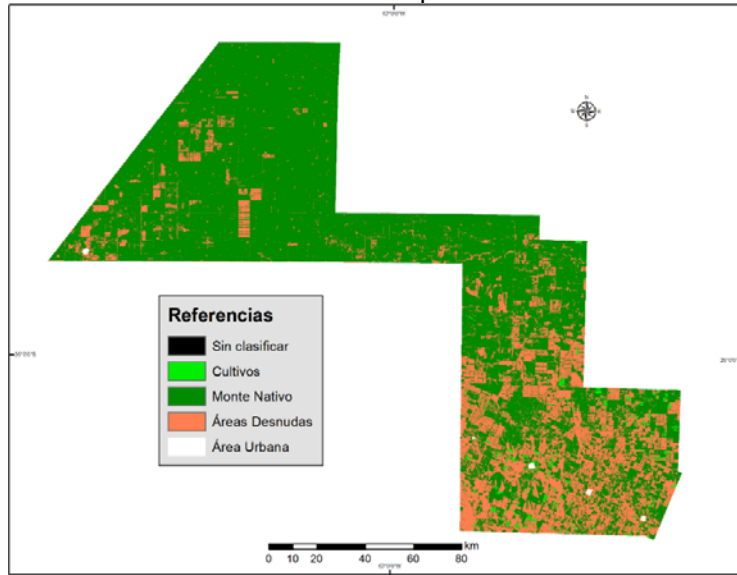
Mapa N°2. Coberturas de la tierra en el departamento Almirante Brown – 2000



Fuente: Elaboración propia

En el Mapa N°3 se identifican las coberturas para el año 2016. Al igual que en el caso anterior se observa un predominio de la cobertura Monte Nativo (*Vegetación Natural y Seminatural*) respecto de las demás, pero en esta ocasión se evidencia un aumento de las áreas desnudas en espacios antes ocupados por bosques nativos. De igual forma es posible indicar un aumento en la categoría cultivos.

Mapa N°3. Coberturas de la tierra en el departamento Almirante Brown - 2016



Fuente: Elaboración propia

También es notable el incremento de las Áreas Desnudas que, a diferencia del periodo anterior, por la geometría que presentan podrían corresponder a tierras de labor o cultivos que reemplazaron al Monte Nativo.

Cabe señalar que es probable la existencia de cierta confusión en ambos mapas entre las Áreas Desnudas y los Cultivos al sur del departamento. Esto se debe a que la fecha de captura de las imágenes corresponde al mes de septiembre, momento en que los cultivos podrían estar en periodo de barbecho, y por esa razón el algoritmo lo clasifica como área desnuda.

Tabla N°2. Superficie de las coberturas de la tierra en 2000 y 2016

Años	2000		2016		Cambios	
	Superficie (ha)	Superficie (%)	Superficie (ha)	Superficie (%)	(ha)	(%)
Monte Nativo	1.463.100	84,7	1.297.900	75,1	-165.200	-9,6
Área Desnuda	259.600	15,0	407.300	23,6	147.700	8,5
Área Urbana	1.100	0,1	2.100	0,1	1.000	0,1
Cultivos	3.800	0,2	20.300	1,2	16.500	1,0
Total	1.727.600	100	1.727.600	100		

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, en la Tabla N°2 se presentan los datos estadísticos de superficie para cada una de las coberturas en los años que se comparan. Para el año 2000 existe un fuerte predominio de la cobertura de monte nativo (84%), seguido de áreas desnudas (15%), cultivo (0,2%), área urbana (0,06%). Para el año 2016 el orden se repite, monte nativo (75%), seguido de áreas desnudas (23%), cultivo (1,17%), área urbana (0,12%). Lo interesante de esta situación es la evidente disminución del monte nativo en 165.200 ha,



sobre todo a partir del aumento del área desnuda. En este caso, los cambios netos también se corresponden con los mayores cambios relativos.

### CONSIDERACIONES FINALES

El correcto y sistemático inventario de las coberturas de la tierra puede ser una valiosa herramienta que oriente la toma de decisiones en los planes y programas de ordenamiento territorial, en particular los destinados a proteger el monte nativo chaqueño.

Aunque los resultados obtenidos no se deben interpretar como concluyente sino como una aproximación a la identificación y clasificación de coberturas, se ponen en evidencia importantes cambios ocurridos entre los años de referencia (2000 y 2016). Al respecto, el cambio de cobertura entre Monte Nativo frente al Área Desnuda y Cultivos es prácticamente equivalente (8 a 9 %), lo que denota un cambio real en el uso de la tierra en este sector de la provincia.

El carácter exploratorio de este trabajo se podría ampliar con la utilización de otras plataformas y sensores de diferente resolución espectral (Sentinel, Aster, MODIS), lo que mejoraría la separabilidad entre coberturas. También sería conveniente ensayar otros algoritmos que reduzcan efectos (*sal y pimienta*) no deseados al momento de asignar píxeles a las categorías de coberturas.

### REFERENCIAS CITADAS

#### Referencias bibliográficas:

1. Bruniard, E. 1977. **El Gran Chaco Argentino**. Geográfica, 4. Revista del Instituto de Geografía. Universidad Nacional del Nordeste. 259 p.
2. Chuvieco, E. 2010. **Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio**. Ariel. Madrid.
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2005. **Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra. Conceptos de Clasificación y manual para el usuario**. 8va Serie. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/008/y7220e/y7220e00.htm>
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2010. **Leyes forestales en América del Sur**. FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-al301s.pdf>
5. Manoiloff, R. 2007. **Atlas Geográfico de la Provincia del Chaco. Tomo I: el medio natural**. Geográfica, 14. Revista del Instituto de Geografía. Universidad Nacional del Nordeste.
6. Manoiloff, R. 2009. **Atlas Geográfico de la Provincia del Chaco. Tomo III: las actividades primarias**. Geográfica, 14. Revista del Instituto de Geografía. Universidad Nacional del Nordeste.
7. Marlenko, N. 2011. **Aplicaciones en uso de la tierra**. En: Navone, S. M (Ed.), *Sensores Remotos aplicados al estudio de los recursos naturales*: 119-143). Facultad de Agronomía. Buenos Aires.
8. Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 2014. **Monitoreo de la Superficie de Bosque Nativo de la República Argentina. Periodo 2011-2013**. Dirección de Bosques. Recuperado de: [http://leydebosques.org.ar/zips/informesoficiales/Monitoreo%20Superficie%20Bosques%202011\\_2013%20%28SAyDS%29.pdf](http://leydebosques.org.ar/zips/informesoficiales/Monitoreo%20Superficie%20Bosques%202011_2013%20%28SAyDS%29.pdf)

#### Sitios web:

1. Earth Explorer. United States Geological Survey (USGS): <https://earthexplorer.usgs.gov/>
2. SIG-250 del Instituto Geográfico Nacional (IGN): <http://www.ign.gob.ar/sig250>

**Legislación:**

1. LEY 13.273: Ley de Defensa, Mejoramiento y Ampliación de Bosques.
2. LEY 26.331: Presupuestos mínimos de protección ambiental de los Bosques nativos.  
Consulta: <http://infoleg.mecon.gov.ar/>
3. LEY 6409: Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos de la Provincia del Chaco.  
Consulta: <http://argentinambiental.com/legislacion/chaco/ley-6409-ordenamiento-territorial-los-bosques-nativos/>

**Agradecimientos:**

1. PI-17H016: *Detección y medición de cambios en las coberturas y usos de la tierra en la Provincia del Chaco mediante Tecnologías de Información Geográfica en el período 1990 y 2020*. Secretaría General de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE).
2. Prof. Erica L. Gómez por la traducción al inglés del resumen y palabras claves.