

## VARIACIONES DEL USO DEL SUELO EN CIPOLLETTI, PROVINCIA DE RÍO NEGRO, ARGENTINA

**CHIEMENTON, María Elena<sup>1</sup>; COGLIATI, Marisa Gloria<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Comahue - Facultad de Humanidades - Departamento de Geografía  
maril248@yahoo.com.ar, cogliati@uncoma.edu.ar

### RESUMEN

En los últimos años, las ciudades de Cipolletti y Neuquén han experimentado un importante crecimiento urbano, con la concomitante demanda de viviendas. Desde los entes públicos se proyecta la urbanización de distintas áreas, incluyendo algunas que presentan debilidad ambiental, como la superficie de la meseta en la ciudad de Neuquén. En este marco se analiza las variaciones de uso de suelo en dos zonas elegidas de la ciudad de Cipolletti para dos años diferentes utilizando imágenes satelitales Landsat. Se analiza el Índice de Vegetación normalizado (NDVI) y se plantea su utilización posterior para la elaboración de un índice de calidad ambiental urbana que permita evaluar el estado de cada sector analizado y sus variaciones temporales. Las zonas seleccionadas fueron: una zona agrícola, ubicada en áreas aledañas al río, sobre terrazas de acumulación con una importante cobertura vegetal, principalmente destinada a la producción de manzanas y peras, y la zona centro o urbana asentada sobre terrazas de acumulación y sobre pedimento, que se caracteriza por presencia de algunos espacios verdes pero, básicamente construcciones destinadas a la vivienda y al comercio. En los dos casos analizados se observan variaciones temporales en el índice verde, mostrando las diferencias más importantes la zona ocupada con cultivos. En cada año, mostró un notable avance de la zona urbana sobre la zona productiva en detrimento de esta última.

**Palabras clave:** Índice de Vegetación normalizado - crecimiento urbano - imágenes satelitales.

### PRELIMINARY STUDY OF LAND USE CHANGES IN CIPOLLETTI, RIO NEGRO PROVINCE, ARGENTINA

### ABSTRACT

In recent years, the cities of Neuquén and Cipolletti have experienced significant urban growth, with the concomitant demand for housing. Public authorities project urbanization of different areas including some environmental weak areas, like the zone over the plateau in Neuquén. The objective of this paper is to analyze land use changes in two selected areas of Cipolletti town in two years using LANDSAT satellite imagery. The

paper analyzes the normalized vegetation index and in order to develop a urban environmental quality index, to assess the status of each analyzed sector and its temporal variations. The selected areas were: an agricultural area located near the Neuquén river terraces and a urban area. The crop area presents a significant vegetation cover, mainly related to the production of apples and pears, set on river terraces, and the urban zone characterized by the presence of some green spaces but mainly buildings housing and commerce. In both cases there are significant temporal variations in the vegetation index, showing great differences related to crop areas. Each analyzed year showed significant progress of urban area over the productive zone in detriment of this one.

**Keywords:** Normalized Difference Vegetation Index - urban growth - satellite imagery.

## Introducción

En los últimos años y debido a la afluencia de migrantes tanto del interior de las provincias de Río Negro y Neuquén como de otras provincias del país, las ciudades del Alto Valle del río Negro han experimentado un importante crecimiento urbano, con la concomitante demanda de viviendas. Como consecuencia, los espacios originalmente destinados para este fin se han vuelto insuficientes. Desde los entes públicos se proyecta la urbanización de distintas áreas, incluyendo algunas que presentan debilidad ambiental y otras que implican un cambio en el uso tradicional del suelo. Así por ejemplo, en la ciudad de Neuquén se plantea la urbanización de la superficie de la meseta, mientras en Cipolletti la expansión urbana se realiza sobre la zona agraria y sobre áreas que presentan problemas de salinidad del suelo.

El procesamiento digital de imágenes permite apoyar, de manera ágil y fiable, los procesos de toma de decisiones en la planificación y gestión ambiental urbana (Wilson *et al.*, 2003) mediante la generación de indicadores ambientales.

El estudio integrado de sensores remotos y sistemas de información geográficos ha sido ampliamente aplicado para la detección de cambios en áreas urbanas y suburbanas y en cambios en la cobertura del suelo. (Ehlers *et al.* 1990, Treitz *et al.* 1992, Harris y Ventura, 1995).

El objetivo del presente trabajo es analizar a través del Índice de Vegetación Normalizado (NDVI), las variaciones de uso del suelo en dos zonas elegidas de la ciudad de Cipolletti, con características diferentes en cuanto al uso del suelo, utilizando para ello imágenes satelitales LANDSAT 7 ETM+.

## Descripción del área de estudio

La ciudad de Cipolletti se encuentra ubicada en el Departamento General Roca de la provincia de Río Negro, en el norte de la Patagonia (Fig. 1). Es una ciudad que se caracteriza económicamente por la producción de peras y manzanas que ha sido históricamente el motor de su crecimiento y desarrollo, como así también el de otras

ciudades del Alto Valle del Río Negro. El destino de esta producción es fundamentalmente el mercado externo con frutas frescas y productos industrializados, constituidos especialmente por jugos concentrados. En sus comienzos las chacras de 1 a 5 ha eran representativas de este sistema productivo, con una importante rentabilidad y destacándose la figura del agricultor propietario como principal sujeto socio-económico (Bandieri, 2005). Esta situación se ve modificada a partir de los años 90, donde la introducción de nuevas tecnologías y formas de producción implicaron cambios en la organización y desarrollo del sistema agrario que impactaron negativamente en el pequeño y mediano productor. Ello ha derivado en que actualmente estos opten por el loteo de sus chacras y la venta para urbanización.

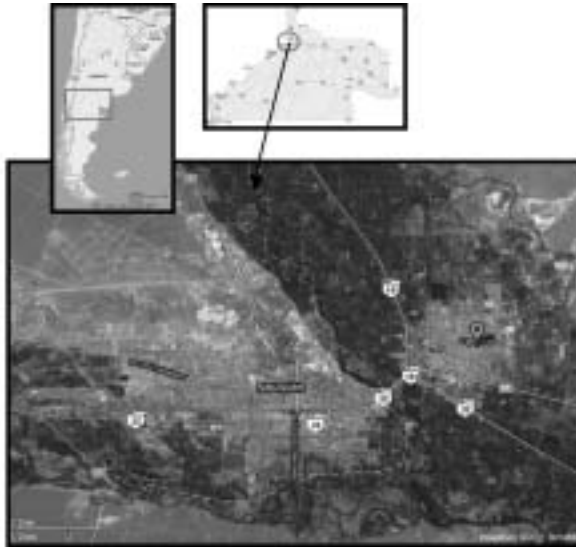


Fig. 1: Ubicación del área de estudio, Fuente: [www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com)

Climáticamente el área pertenece al tipo BWk de la clasificación climática de Köppen: desértico frío con verano cálido (Cogliati y otros, 2007). Se caracteriza por poseer escasas precipitaciones, del orden de los 200 mm anuales y la incidencia de viento preponderante del oeste. En cuanto a la temperatura, hay una marcada amplitud térmica entre el verano y el invierno, registrándose un valor mayor a 30°C.

A los fines del presente trabajo se seleccionaron dos áreas representativas para ser analizadas:

- Una Zona Agraria: que como ya se dijo está destinada a la producción de manzanas y peras y ocupa la mayor parte de la superficie analizada; y
- La zona centro o urbana: asentada sobre terrazas de acumulación y sobre

pedimento, es un área que se caracteriza por presencia de algunos espacios verdes pero básicamente construcciones destinadas a la vivienda y comercio.

## Materiales y método

Se utilizó el sistema de información geográfica IDRISI edición Kilimanjaro y se trabajó con imágenes LANDSAT 7 ETM+, cortesía de USGS (United States Geological Survey). Las imágenes elegidas correspondieron a 1999 y 2002, según se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1: Descripción de las imágenes LANDSAT utilizadas en el estudio.  
Imágenes cortesía del USGS (United States Geological Survey)

	1999	2002
Path/Row:	230 / 087	230 / 087
Fecha de adquisición	18 de octubre	11 de noviembre

Se realizó una máscara para seleccionar el área de estudio, acotándola a las ciudades de Neuquén y Cipolletti incluyéndose el área circundante, y realizándose el análisis sólo para Cipolletti.

Se calculó, el NDVI (Normalized Difference Vegetation Index/ Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) para cada imagen, a partir de los valores de reflectividad de las bandas 3 y 4 según (1):

$$\rho\beta = \frac{\pi L_{\lambda} d^2}{ESUN_{\lambda} \cos\theta_s} \quad (1)$$

Donde  $\rho_{\beta}$  es la reflectancia;  $L_{\lambda}$  la radiancia espectral en la apertura del sensor;  $d^2$ : es la distancia de la Tierra al Sol en unidades astronómicas,  $ESUN_{\lambda}$  las irradiancias solares exoatmosféricas y  $\theta_s$  es el ángulo cenital solar en grados.

La vegetación sana presenta un notable contraste de reflectividad entre las bandas del rojo y del infrarrojo cercano (baja en el primero y alta en el segundo), por contraste, la vegetación enferma o sometida a estrés hídrico presenta una reflectividad más alta en el rojo y mas baja en el infrarrojo cercano, mientras el suelo desnudo ofrece una reflectividad muy similar en las dos bandas. Por lo tanto, cuanto mayor sea el contraste entre el infrarrojo cercano y el rojo, podemos afirmar que la cubierta tiene mayor vigor vegetal. Este es el principio de los índices de vegetación, que refuerzan mediante operaciones aritméticas el contraste reflectivo entre estas dos bandas (Eastman, 1997). En este trabajo se utilizó el NDVI Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada según (2).

$$NDVI = (PIR - PR) / (PIR + PR) \quad (2)$$

Donde  $PIR$  y  $PR$  indican la reflectividad en el infrarrojo cercano y en el rojo, respectivamente (Eastman, 1997).

Al aplicar (1) y (2) a las imágenes LANDSAT descriptas en la tabla 1, se obtienen las Figuras 2 y 3 donde se presentan los resultados del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada para los años 1999 y 2002, respectivamente.



Fig. 2: NDVI imagen año 1999.



Fig. 3: NDVI imagen año 2002.

A partir de este análisis se procedió a digitalizar en cada una la superficie agraria y la superficie urbana para cada año seleccionado, obteniéndose los vectores correspondientes que fueron rasterizados para su comparación. Se consideraron los valores de 0 a -0,44 para delimitar la superficie urbana y los valores de 0 a 0,81 para delimitar la superficie agraria.

Las imágenes fueron comparadas para poder apreciar los cambios. Se aplicó un producto entre la imagen de la sección ocupada por actividad agraria del año 1999 (Fig.4 a) y la urbana del año 2002 (Fig 4b), a fin de obtener el área que fue ganada por la urbanización que se detalla en la máscara presentada en la Fig. 4c.

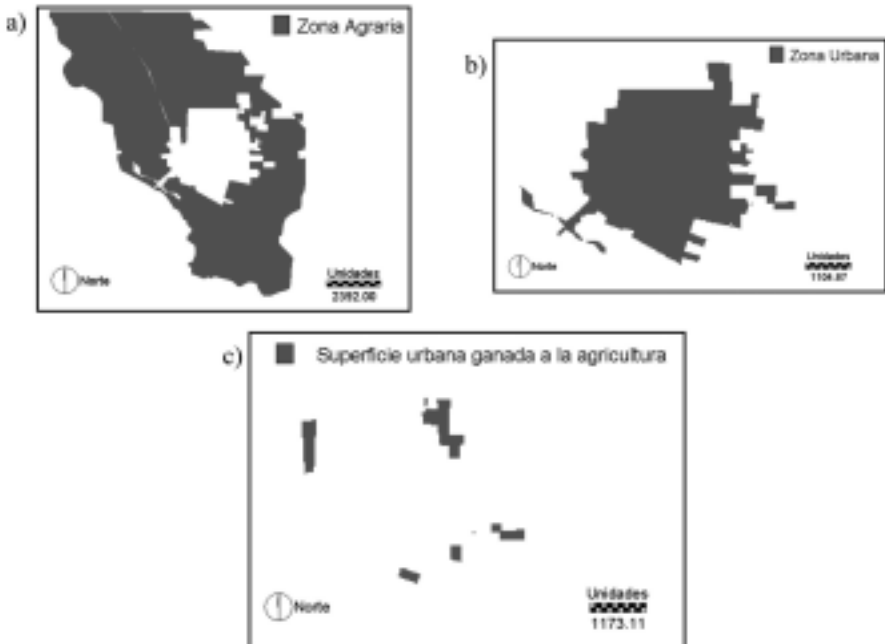


Fig. 4: a) Máscara seleccionando los píxeles correspondientes a superficie destinada al agro en el año 1999, b) Máscara seleccionando los píxeles correspondientes a superficie destinada a uso urbano en el año 2002 y c) Superficie agraria perdida por urbanización al año 2002.

## Resultados y discusión

La Fig. 5 presenta el análisis del uso del suelo para el área seleccionada mostrando el área que fue ganada por la urbanización entre los años 1999 y 2002.

A partir del análisis del NDVI, se puede apreciar que en Cipolletti se ha producido un avance del uso urbano sobre el agrario en los sectores marcadas en la Fig. 5.

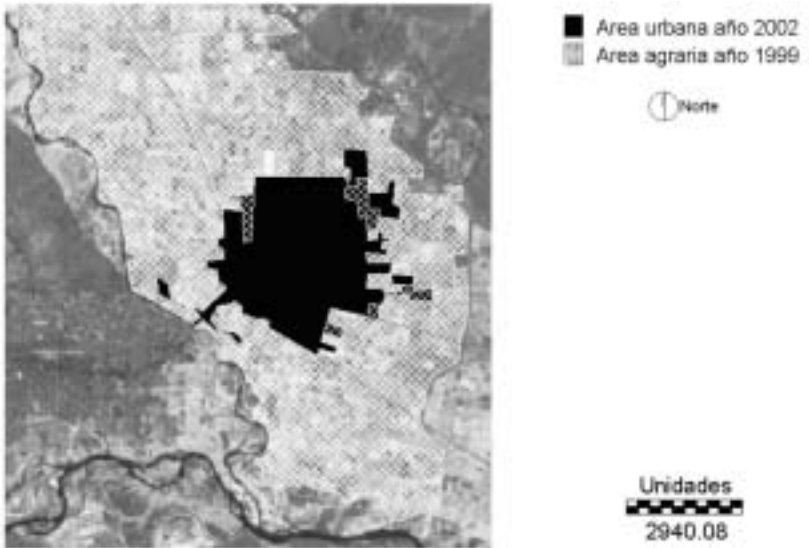


Fig. 5: Superposición de la superficie agraria del año 1999 con la superficie urbana del año 2002.

El uso urbano al que se hace referencia en este caso, está básicamente relacionado al loteo de chacras para la construcción de viviendas familiares en un intento por satisfacer la gran demanda de las mismas.

Actualmente, la superficie agraria utilizada para urbanización es mucho mayor. Los proyectos de loteos para viviendas, que incluyen barrios cerrados, en general de iniciativa privada, prácticamente unen la ciudad de Cipolletti con la ciudad de Fernández Oro. Esto tiene como consecuencia negativa la pérdida de tierras productivas que son utilizadas para la agricultura.

La Fig. 6 presenta una visión aumentada del NDVI para la zona al Este de la ciudad de Cipolletti, del 18 de octubre de 1999 y del 11 de noviembre 2002, respectivamente. Se puede observar en ellas variabilidad en los valores del Índice de Vegetación en esa zona de la ciudad.

Comparando ambos análisis, se observa en el año 1999 un valor de NDVI de 0,504 mientras en el 2002 para el mismo punto (punto 4 Fig. 7) el valor es de 0,056; en otro caso (punto 1 Fig. 7) se observan valores de 0,456 y 0,078, respectivamente.

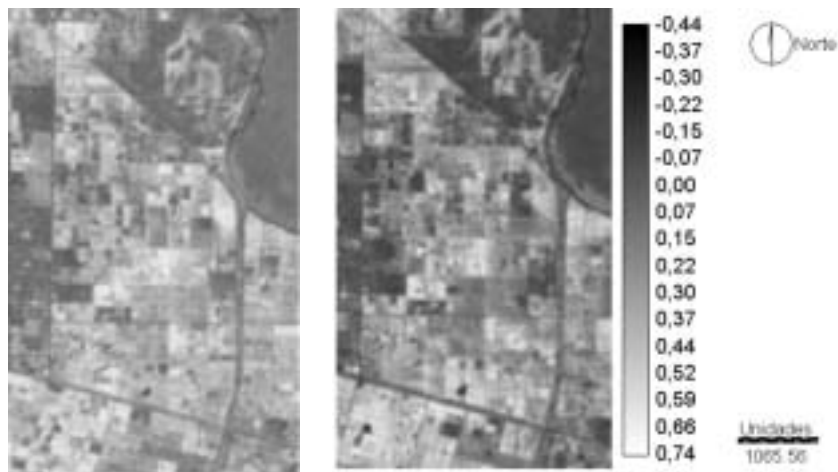


Fig. 6: a) NDVI de la zona Este (recuadro) de la ciudad de Cipolletti en el año 1999 y b) ídem NDVI en el año 2002.

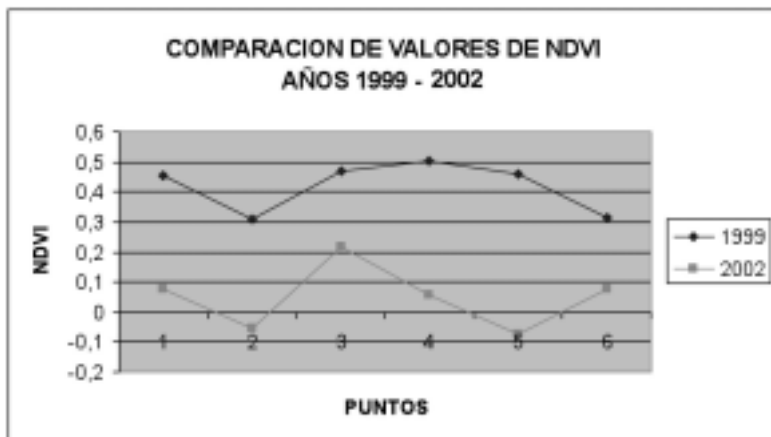


Fig. 7: Comparación de valores de NDVI 1999-2000 en puntos seleccionados del área de la Fig. 6.



Como lo ilustra la Fig. 7 puede apreciarse lo mismo en otros puntos seleccionados de la zona. La verificación fue efectuada utilizando imágenes satelitales en el rango visible con mayor resolución espacial (imágenes cortesía de Google Earth). En las imágenes actuales puede apreciarse que parte del área presenta usos relacionados con la industria, ya que en esa zona se desarrolla el parque industrial de Cipolletti, pero en otros puntos del área con valores de NDVI inferiores asociados a otros usos. Del análisis integral, se infiere que se tratarían de chacras en situación de abandono.

## Conclusiones

Del trabajo presentado surge que entre las situaciones de octubre de 1999 y noviembre de 2002 se presentan variaciones temporales en el NDVI calculado, mostrando las diferencias más notorias en zonas que anteriormente se encontraban ocupadas con cultivos. Esto es un indicativo del avance de la zona urbana sobre la zona productiva en detrimento de esta última. Esto se debería a varios factores. Por un lado, como ya se dijo a la escasez de espacios para la construcción de viviendas. Por otro lado, esta escasez genera un importante negocio inmobiliario que busca lotear para urbanizar. Cabe señalar además que la pérdida de superficie productiva en aras de la urbanización, se debe en gran parte a que los pequeños productores de la zona no han podido asimilar los costos que implican llevar adelante los emprendimientos y se han visto en la necesidad de venderla para loteos.

En general, la urbanización de esta zona esta siendo llevada a cabo por barrios cerrados, inmobiliarias y cooperativas de vivienda, que adquieren las chacras y llevan adelante el loteo. Además debe mencionarse que desde los entes públicos, especialmente Desarrollo urbano de la Municipalidad de Cipolletti se plantean nuevas áreas destinadas a urbanización, por consorcios y cooperativas de vivienda, en el sector noroeste de la ciudad en el área denominada “el 30”.

## Referencias

- Alcaraz-Segura, D.; Baldi, G. y Garbulsky, M. F. (2008) “Análisis de la dinámica temporal del NDVI en áreas protegidas: tres casos de estudio a distintas escalas espaciales, temporales y de gestión”. *Revista Ecosistemas* N°17. Septiembre. <http://www.revistasecosistemas.net/articulo.asp?Id=571> Acceso 2011-08-18
- Bandieri, S. (2005) “Historia de la Patagonia” Editorial Sudamericana. Buenos Aires.
- Cogliati, M., Palese, C., Lässig, J. (2007) “Características topoclimáticas en un área proyectada de expansión urbana de la ciudad de Neuquén Plan de Intervención de la meseta, Subsistema Físico-Natural, Diagnóstico Factor Clima (Etapa I: Diagnóstico)” Municipalidad de Neuquén, Neuquén.

- Ehlers, M., Jadcowski, M. A., Howard, R. R., and Brostuen, D. E. (1990), "Application of A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion SPOT data for regional growth analysis and local planning". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 56, 17-180.
- Eastman, J. R. (1997). *Idrisi para Windows. Guía del Usuario. Versión 2.0*. Clark Labs Clark University. USA.
- Harris, P. M. and Ventura, S. J. (1995), "The integration of geographic data with remotely Sensed imagery to improve classification in an urban area". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 61, 993-998.
- Tappan, G. y Cushing, M., "Use of SLC-Off Landsat Image Data for Monitoring Land use / Land Cover Trends in West Africa", April 2004. *USGS EROS Data Center*, Sioux Falls, SD.
- Treitz, P. M., Howard, P. J. and Gong, P. (1992). "Application of satellite and GIS technologies for land-cover and land-use mapping at the rural-urban fringe: a case study". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 58, 439-448.
- Wilson, J.; Clay, M.; Martin, E.; Stuckey, D. y Vedder-Risch, K., Evaluating environmental influences of zoning in urban ecosystems with remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 2003, N° 86, pp. 303-321.