

# **Cambios en el uso del suelo en dos cuencas de la ecoregión Andino-Patagónica (Neuquén, Argentina)**

**Lic. Daniela Muschong**

Gabinete de Ecometría (Cátedra de Estadística) Facultad de Ciencias Naturales y Museo  
(FCNyM- UNLP)

E-mail: danimuschong@hotmail.com

**Director: Dr. R. Sarandón Codirector: Ing. M. Gaviño Novillo**

## **Resumen**

A fin de profundizar los resultados obtenidos precedentemente, se planteo como objetivo para esta segunda etapa: "Analizar la relación entre el uso del suelo, los recursos hídricos y los servicios ambientales a nivel de una cuenca hidrográfica". En este trabajo se presentan los resultados del análisis temporal del cambio en la cobertura del suelo para las cuencas de los Arroyos Trabunco y Quitrahue (Neuquén, Argentina), durante el periodo 1987-2001. La detección de cambios, es una técnica usada en teledetección, comúnmente para estimar y evaluar cambios en la cobertura/uso del suelo, y su variación a través del tiempo. Para ello se analizaron dos imágenes satelitales Landsat, de cuyo resultado se obtuvieron dos mapas que muestran el cambio de cobertura para un periodo de 14 años. En ambas cuencas, el bosque nativo tenía en 1987, una superficie de 3835,29 hectáreas y en el 2001 la misma se redujo a 2225 has, transformándose a bosque abierto y áreas deforestadas. La superficie deforestada total fue de 888,04 hectáreas, que corresponde al 17% de la cuenca total. Estos procesos están relacionados con el aumento poblacional y la expansión de las áreas urbanas del Municipio de San Martín de los Andes.

**Palabras claves: Trabunco-Quitrahue, San Martín de los Andes, imágenes satelitales, deforestación.**

## **1. Introducción**

A fin de profundizar los resultados obtenidos en el proyecto de Beca de Iniciación, se planteo como objetivo analizar la relación entre uso de suelo, los recursos hídricos y los servicios ambientales en las cuencas hidrográficas de los arroyos Trabunco y Quitrahue (Neuquén, Argentina), ubicadas en la porción norte de la ecoregión andino patagónica. En este proyecto se enfatizan algunos aspectos y problemáticas del área de estudio, por medio del uso de nuevas metodologías y la incorporación de un enfoque ecohidrológico (Zalewski et al, 1997; Zalewski, 2000).

Para llevar a cabo este objetivo se plantearon distintas actividades que incluyen la caracterización y análisis de los tipos de cobertura/uso del suelo de las mencionadas cuencas; la identificación y mapeo de las subcuencas; el análisis temporal del cambio en la cobertura del suelo, la elaboración de una evaluación ecológica de la estructura del paisaje aplicando las herramientas de análisis espacial; la caracterización de los recursos hídricos superficiales de la cuenca; la identificación y descripción de los servicios ambientales a nivel regional y el análisis de la relación entre usos del suelo, recursos hídricos y servicios ambientales a nivel de la cuenca hidrográfica.

En este trabajo se exponen los resultados de la investigación orientada al análisis temporal del cambio en la cobertura del suelo en las cuencas Trabunco y Quitrahue para el periodo 1987-2001. Esta investigación se enmarca en el Proyecto de Investigación "Aplicación de estrategias y herramientas de análisis espacial para la evaluación y manejo ambiental" (FCNyM-UNLP, N/433/04; 2004/2007) del programa de Incentivos y de las actividades para al Sitio Demostrativo en Ecohidrología "Lago Lacar" (UNESCO-PHI, 2007).

## **1.1 Antecedentes y reseña del estado de la investigación en el tema.**

Las Evaluaciones Ambientales Regionales facilitan la identificación de áreas homogéneas, la zonificación ambiental, y la identificación de áreas críticas, siendo especialmente útiles para la planificación de usos en el territorio. Su adecuada aplicación requiere la utilización de ciertas herramientas de manejo de la información ambiental y su implementación por medio de Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Treweek, 1999). A tal fin es necesario elaborar estrategias e instrumentos que faciliten la toma de decisiones basadas en la información ambiental disponible, para la cual pueden desarrollarse Sistemas Soporte de Decisión (Eastman, 2001). Esta herramienta puede utilizarse para mejorar la planificación ambiental al incluir las variables ambientales espacializadas en un SIG a fin de facilitar la toma de decisiones sobre los usos potenciales de un territorio.

Como resultado del primer período de beca se elaboró un Sistema de Información Geográfica (SIG) del área de estudio, una evaluación ambiental regional que permitió identificar los principales conflictos ambientales y una evaluación multicriterio en la cual se identificaron áreas prioritarias para la conservación sobre la base de criterios de fragilidad ecológica (Muschong, 2006). Los resultados indicaron que el mayor conflicto se relaciona con el uso del suelo en la cuenca y su potencial efecto sobre los recursos hídricos superficiales (tanto en cantidad como en calidad) o sobre ciertos servicios ambientales (agua, paisaje, biodiversidad).

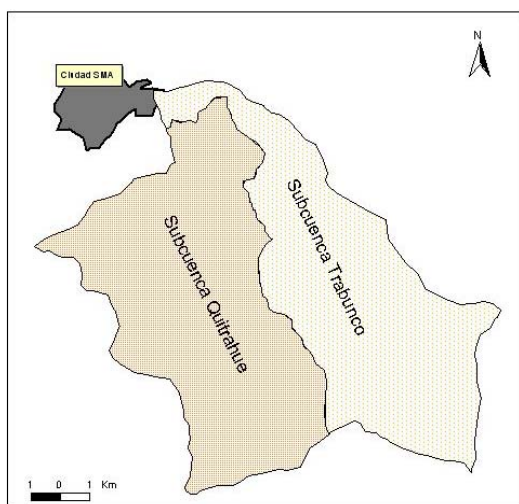
Por estos motivos se planteo como prioritario el análisis temporal del cambio de cobertura del suelo en las subcuencas Trabuco y Quitrahue durante el periodo 1987- 2001. La detección de cambios, es una técnica usada en teledetección, comúnmente para estimar y evaluar modificaciones en la cobertura/uso del suelo, y su variación a través del tiempo. Los cambios en la cobertura del suelo pueden deberse a diversos factores, desde eventos climáticos extremos hasta políticas públicas o económicas. Identificar y caracterizar estos patrones de cambio es útil a la hora de desarrollar planes que tengan una dimensión espacial concreta, como por ejemplo, el ordenamiento de un territorio, la identificación de áreas forestadas-deforestadas; la evaluación de pérdida o fragmentación de hábitat o la planificación de áreas de conservación, entre otras.

## **1.2 Área de Estudio**

Las subcuenca del Arroyo Trabunco y la del Arroyo Quitrahue (**Figura 1**) ocupan una superficie de 4.926 hectáreas y son parte de la cuenca del Arroyo Pocahullo que atraviesa la ciudad de San Martín de los Andes y desemboca en el Lago Lacar (Pcia. de Neuquén, R. Argentina). Esta región presenta una alta complejidad en lo que respecta a sus usos actuales (turismo, deportes invernales, actividades rurales, urbano), siendo una zona densamente poblada con respecto a sus zonas vecinas y encontrándose adyacente a zonas naturales protegidas (Muschong, 2005; Muschong, et. al. 2005). En los últimos años, el crecimiento poblacional (de 15.711 habitantes en 1991, a 23.519 en 2001, INDEC, 2001) y el desarrollo turístico de la zona, han aumentado la presión sobre los recursos naturales, repercutiendo sobre los ecosistemas presentes en la cuenca, que se refleja en la contaminación de cuerpos de agua y la degradación del bosque nativo.

## **2. Materiales y Métodos**

Para analizar el cambio de cobertura se utilizaron dos imágenes satelitales, una imagen Landsat 5 TM, (9/FEB/1987) y una Landsat 7 ETM+, (8/DIC/2001). El procesamiento de las imágenes se realizó con el programa ERDAS IMAGINE 8.5. Las dos imágenes fueron re-proyectadas al sistema Gauss Kruger Faja 1, y recortadas de acuerdo con los límites de las cuencas Trabunco y Quitrahue.



**Figura 1:** Subcuencas Trabunco - Quitrahue y localidad de San Martín de los Andes (Neuquén, Argentina)

Se utilizó la metodología de composición multitemporal de imágenes que consiste en combinar dos imágenes de distintas fechas para producir una nueva. Este proceso se denomina composición y la imagen resultante contiene 12 bandas, 6 de cada imagen original. Posteriormente se llevó a cabo una clasificación supervisada con la imagen compuesta por 12 bandas. Luego se definieron las clases de coberturas de acuerdo a los objetivos del trabajo (principalmente orientadas a los cambios de la cobertura del bosque nativo). Tabla 1.

Clases	Descripción
Bosque	En 1987 bosque denso y en 2001 también
Bosque/Bosque Abierto	En 1987 bosque denso y en 2001 bosque abierto
Bosque/No Bosque	En 1987 bosque denso y en 2001 cambio a otra cobertura
Nieve-Roca	En los dos periodos no cambio la cobertura
Suelo desnudo	En los dos periodos no cambio la cobertura
Urbano	En los dos periodos no cambio la cobertura

Posteriormente se realizó la clasificación de los datos, en este paso cada píxel de la imagen se analiza independientemente, se lo compara con cada firma generada, y de acuerdo a la regla de decisión usada en la clasificación, si cumple con ese criterio se lo asigna a la clase de la firma. La imagen multitemporal se corrió con tres reglas de decisión diferentes y resultaron tres imágenes clasificadas, que fueron posteriormente evaluadas y analizadas con el método “umbral” y el método “evaluación de la exactitud” (Erdas Inc., 1999). Luego de las evaluaciones, la clasificación corrida por la regla de distancia mínima fue la que mejor valor de exactitud arrojó, es decir correspondencia entre los píxeles y la asignación a las clases respectivas.

### 3. Resultados y Discusión

Como resultado del procesamiento de las imágenes se obtuvieron dos mapas correspondientes a las subcuencas Trabunco y Quitrahue (**Figura 2**) que muestran el cambio de cobertura para el periodo comprendido entre febrero de 1987 y diciembre del 2001. Algunas clases no han sufrido ningún cambio en el periodo analizado: bosque (verde), suelo desnudo, urbano y nieve/roca. Por otro lado hay zonas que si han sufrido una transformación importante: parches en los que el bosque nativo ha

desaparecido (rojo) o las áreas en las que el bosque se ha transformado en un bosque más abierto (amarillo).

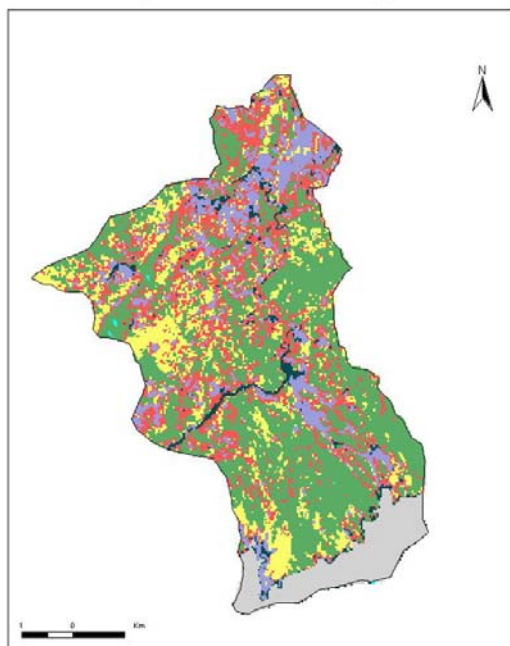
Estos cambios están asociados a dos procesos distintos: 1) la deforestación y 2) la degradación del bosque nativo. La primera es “la conversión de bosques a otro uso de la tierra o la reducción a largo plazo de la cubierta forestal por debajo del 10%”. Esto implica que la pérdida debe ser permanente y que el sitio ha cambiado a otros tipos de usos tales como agricultura, pastizales, presas, o áreas urbanas (FRA 2005). Algunas áreas deforestadas (rojo) se corresponden a zonas donde el bosque fue remplazado para el desarrollo de actividades turísticas, como la ampliación de las pistas de esquí del cerro Chapelco y el desarrollo urbano, correspondiente a la creación de barrios residenciales y nuevas pistas de esquí. Por su lado, la degradación se define como los cambios dentro del bosque que afectan negativamente la estructura o función del mismo, reduciendo su capacidad de proporcionar productos y/o servicios (FRA 2005). En los mapas esto se refleja en las áreas amarillas que han pasado de un bosque nativo denso a un bosque más abierto. En ambas subcuencas la degradación del bosque está vinculada a la actividad ganadera que se realiza de manera extensiva y a la extracción de leña para autoconsumo.

Tomando en cuenta las dos subcuencas, en el año 1987 el bosque nativo tenía una superficie de 3835,29 hectáreas y en el año 2001 la misma se redujo a 2225,08, transformándose las 1610 hectáreas restantes a bosque abierto y áreas deforestadas. La superficie deforestada fue de 888,04 hectáreas, lo cual corresponde al 17 % de superficie de la cuenca total. El bosque nativo en la subcuenca Trabunco representa el 49,37 % de la misma (unas 1128,7 ha), habiéndose dado casi en la misma proporción, los procesos de deforestación y degradación del bosque (13% y 14 % respectivamente). En la subcuenca Quitrahue, por el contrario, fue mayor la deforestación, abarcando una superficie de 583,28 ha (21,68 %), mientras que el cambio de cobertura de bosque a bosque abierto, fue de 401,84 hectáreas (14,94 %). porcentaje similar a lo ocurrido en el Trabunco.

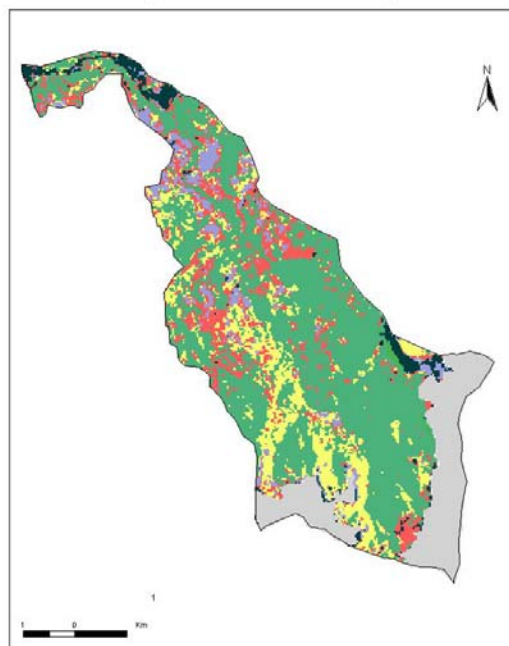
#### **4. Conclusiones**

Como resultado del análisis de la cobertura y uso del suelo en ambas cuencas (Ao. Trabunco y Ao. Quitrahue), durante el periodo analizado, hubo importantes cambios en la superficie ocupada por bosques nativos, debido principalmente a dos procesos distintos: la deforestación y la degradación del bosque. Estos procesos están relacionados con el aumento poblacional y la expansión de las áreas urbanas del Municipio de San Martín de los Andes.

Cambio de Coberturas Subcuenca Quitrahue  
(Período 1987- 2001)



Cambio de Coberturas Subcuenca Trabunco  
(Período 1987- 2001)



**Figura 2:** Mapas de cambio de cobertura en las subcuencas Quitrahue y Trabunco

## 5. Bibliografía

### Publicaciones citadas:

- ERDAS Inc. 1999. ERDAS Field Guide. 5ª Edición. Atlanta, Georgia, EU.
- INDEC. 2001. Datos demográficos del Censo Nacional de Población y Vivienda (resultados provisionales). Direcciones de Estadísticas y Censos Provinciales. Neuquén
- Eastman, J. R. (2001). IDRISI: Guide to GIS and Image processing. Vol.2. Clark Ascough, J. et. al.
2002. Multicriteria Spatial Decision Support Systems: Overview, Applications and Future Research Directions. Integrated Assessment and Decision Support, Proceedings of the First Biennial Meeting of the International Environmental Modeling and Software Society, Volume 3, pp. 175 - 180. IEMSS, 2002. University.
- FRA 2005: Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005. Hacia una ordenación Sostenible. FAO 2005. Págs. 315.
- Muschong, D., 2005. Evaluación Ambiental Regional de la Cuenca de los Arroyos Trabunco-Quitrahue, (Pcia. de Neuquén, R. Argentina). I Encuentro de Becarios de la Universidad Nacional de La Plata. Expouniversidad, 2005.
- Muschong, D.; R. Sarandón y M. Gaviño; 2005. Las Evaluaciones Ambientales Regionales Aplicadas a Unidades Naturales de Gestión Territorial. III Seminario Internacional: La Interdisciplina y el Ordenamiento Territorial. Formato digital.
- Muschong, D. 2006. Informe Final de Beca Iniciación. Universidad Nacional de la Plata.

- Treweek, J. (1999). Ecological Impact Assessment. Blackwell Science LTD., Oxford, 351 pgs.
- Zalewski, M.; G. A. Janauer and G. Jolánkai, 1997. Ecohydrology. A new paradigm for the Sustainable Use of Aquatic Resources. In: Conceptual Background, Working Hypothesis, Rationale and Scientific Guidelines for the Implementation of the IHP-V Projects 2.3/2.4 UNESCO, Paris Technical Documents in Hydrology N° 7: 58 pp.
- Zalewski M. (2000). Ecohidrology- the scientific background to use ecosystems properties as management tools toward sustainability of water resources. Ecological Engineering (16- 2000). Pags. 1-8.

### **Publicaciones consultadas**

- Burel, F. y J. Baudry. 2002. Ecología del paisaje. Conceptos, métodos y aplicaciones. Editorial Mundiprensa. 353 Págs.
- Chuvieco, E.1996. Fundamentos de teledetección espacial. Tercera edición. Editorial Rialp. SA. Madrid. Págs 567.
- Erdas Imagine Tour Guides V 8.5. 2001. 663 Págs.
- Esri .1996. ArcView GIS. The Geographic Information System for Everyone. Editorial Environmental Systems Research Institute.Inc. 339 Págs.
- Forman y Gordon. 1986. Landscape Ecology. John Wiley & Song, NY. 619 Pags.
- FRA 2000: Definiciones y Términos. Programa de evaluación de los recursos forestales. Departamento de Montes. FAO. Págs. 20
- Hitz, R. 2004. Introduction to Geographic Information Systems. Manual del Curso de Postgrado: Aplicaciones a los Sistemas de Información Geográfica al manejo de colecciones y paleo biología, con una introducción al GIS, Modulo I. Departamento de Postgrado, Carrera de Doctorado de Ciencias Naturales.131 Págs.
- Parimbelli, M. 2005. Detección de cambios con multiespec. Págs. 13
- Turner, M.G. y Ruscher ,C.L. 1988. Changes in landscape patterns in Georgia, USA. Lanscape Ecology I: 4. Págs.241-251.