

LA DEGRADACION DE LA TIERRA EN EL DEPARTAMENTO MINAS  
(PROVINCIA DE NEUQUÉN), A TRAVES DE LA EVALUACIÓN  
GEOECOLÓGICA DE LOS PAISAJES

Luis Alberto Bertani (\*)  
Oscar Ricardo Peña (\*)  
Miriam Beatriz Ambrosio (\*)

**Introducción**

El presente trabajo analiza la relación existente entre el tamaño y uso de la tierra y la degradación en un sector del Departamento Minas, al Noroeste de la Provincia de Neuquén, Argentina (Figura N° 1). El mismo forma parte de un proyecto mas amplio, cuyo objetivo es el estudio de las causas que generan la degradación de la tierra en la totalidad del Noroeste provincial.

Sobre la magnitud de este problema conviene recordar que más de la tercera parte de la superficie terrestre del planeta es árida y en ella el proceso de desertización y degradación se ha intensificado en los últimos decenios. Según las Naciones Unidas, este problema amenaza el porvenir de más de 900 millones de personas (UNESCO, 1994) casi el 20% de la población mundial. Estimándose además, que cada año dejan de producir entre 50.000 y 70.000 km<sup>2</sup> de tierras útiles por estos motivos.

Argentina en general y la Patagonia en particular, no son ajenos a este problema ya que aproximadamente el 75% del territorio nacional se encuentra afectado por crecientes condiciones de aridez. En la Patagonia argentina, el 90% de la superficie (unos 780.000 km<sup>2</sup>) presenta signos de degradación y de esta superficie, un 30% se encuentra afectado por procesos erosivos severos y graves.

Esta realidad planteada, se plasma en el territorio de la Provincia de Neuquén, de manera diferenciada, dependiendo de las características intrínsecas de cada paisaje, del tipo de uso y tenencia de la tierra.

La "degradación de la tierra" es considerada como la alteración negativa de la vegetación natural y los suelos como consecuencia de una práctica inadecuada y una mala gestión de los recursos naturales. Una de las variables sociales que contribuye al entendimiento de los procesos asociados al fenómeno de la degradación es el tipo de tenencia de la tierra. Para el reconocimiento de las zonas afectadas por esta problemática, se ha prestado atención al estado de la vegetación y de los suelos mediante la aplicación de las técnicas de la teledetección y las observaciones de campo en el área de estudio.

\*Docentes/Investigadores, Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional del Comahue

El Departamento Minas se localiza en el Noroeste de la Provincia de Neuquén en los paralelos de 36° 10' y 37° 20' Lat. Sur y los meridianos de 71° 15' y 70° 30' Long. Oeste. Ocupa una superficie de 6225 Km<sup>2</sup> (6,6 % de la superficie del territorio provincial)

Este departamento, que a fines del siglo XIX era uno de los más poblados de la provincia, cuenta según el Censo Nacional de 2001, con 7.702 habitantes y una densidad de sólo 1,1 hab/km<sup>2</sup>, muy por debajo de la media provincial que es de 5,0 hab/km<sup>2</sup>.

Desde el punto de vista fisiográfico presenta una gran diversidad de paisajes como resultado de la variedad geológica-geomorfológica y climática. En este sentido puede dividirse a esta región en dos grandes unidades bien diferenciadas: las áreas montañosas constituidas por la Cordillera de los Andes (Cordillera Principal) al Oeste, y la Cordillera del Viento al Este del departamento. Completan el paisaje un área de valles y mesetas extracordilleranas, que es donde se asienta gran parte de la población y es precisamente donde se localiza las áreas de análisis presentadas en este trabajo.

La actividad dominante del departamento Minas es la ganadería extensiva, especialmente caprina/ovina, constituyéndose en el medio de sustento de un sector importante de la población rural. Según el último Censo Nacional Agropecuario (1988), la cantidad de animales se eleva a 66.438 cabezas, pero es fundamental resaltar que esta zona recibe anualmente 125.000 animales, según lo indican las autorizaciones de veranadas otorgadas por la Dirección de Tierras y Colonización Provincial (años 1999/2000).

El 79,6% de la superficie de este espacio geográfico, se destina al uso de veranadas de crianceros trashumantes que permanecen durante los meses de primavera y verano para la cría y engorde de su hacienda. El elevado porcentaje de superficie destinado a este uso, se relaciona no sólo con las características biofísicas, sino con la tenencia de la tierra, donde el 69,7% pertenecen al fisco provincial.

De acuerdo con el Estudio Regional de Suelos de la Provincia de Neuquén (Copade-CFI, 1990), este departamento presenta una sobrecarga animal estimada en un 17%, lo que ha originado, a través del tiempo, el deterioro creciente de las pasturas naturales y el consiguiente proceso de degradación de los suelos con distinto grado de intensidad.

Los sectores de estudio analizados en este trabajo, están constituidos por dos lotes fiscales: el lote 8, localizado en el centro del departamento Minas y el lote 3 ubicado a unos 40 Km. al sur del anterior. Cada uno de ellos tiene una superficie de 10.000 has. El primero (lote 8) presenta una gran subdivisión, en parcelas comprendidas entre 100 y 800 has., mientras que la totalidad de la superficie del segundo (lote 3), pertenece a una sola parcela. El uso de dichos espacios están destinados a pasturas para ganadería extensiva.

Ambos lotes se encuentran en ambientes similares, conformados por un paisaje de planicies basálticas que se extienden al pie de la cordillera de los Andes con una cubierta discontinua de cenizas volcánicas holocénicas que han dado origen a suelos

del orden de los Andosoles (vitrixerandes mólicos y típicos) y Molisoles (Haplacoles y Haploxeroles énticos). Presentan una precipitación anual que ronda los 700 mm, con predominancia invernal (en muchos casos nivales) lo que implica que se hallan bajo un edafoclima xérico, con déficit hídrico estival.

La vegetación es de tipo arbustiva y herbáceo arbustiva con gramíneas muy resistentes, con especies tales como *stipa*, *poa* y *festuca*, variando la cobertura según los distintos ambientes, entre el 20 y 50 %. Existen además, mallines o vegas, que constituyen pequeñas superficies con abundancia de humedad y buena producción de pasturas. Estos lugares incrementan la capacidad forrajera de los paisajes en estudio.

Más allá de presentar estos espacios características fisiográficas similares, un análisis más detallado revelaría que, tras la aparente homogeneidad, pueden encontrarse particularidades propias de cada uno de ellos. Sin embargo, teniendo en cuenta la escala de trabajo, se han privilegiado aquellos aspectos comunes del paisaje que otorgan a ambos sectores rasgos de homogeneidad.

FIGURA N° 1  
Mapa de localización del área de estudio

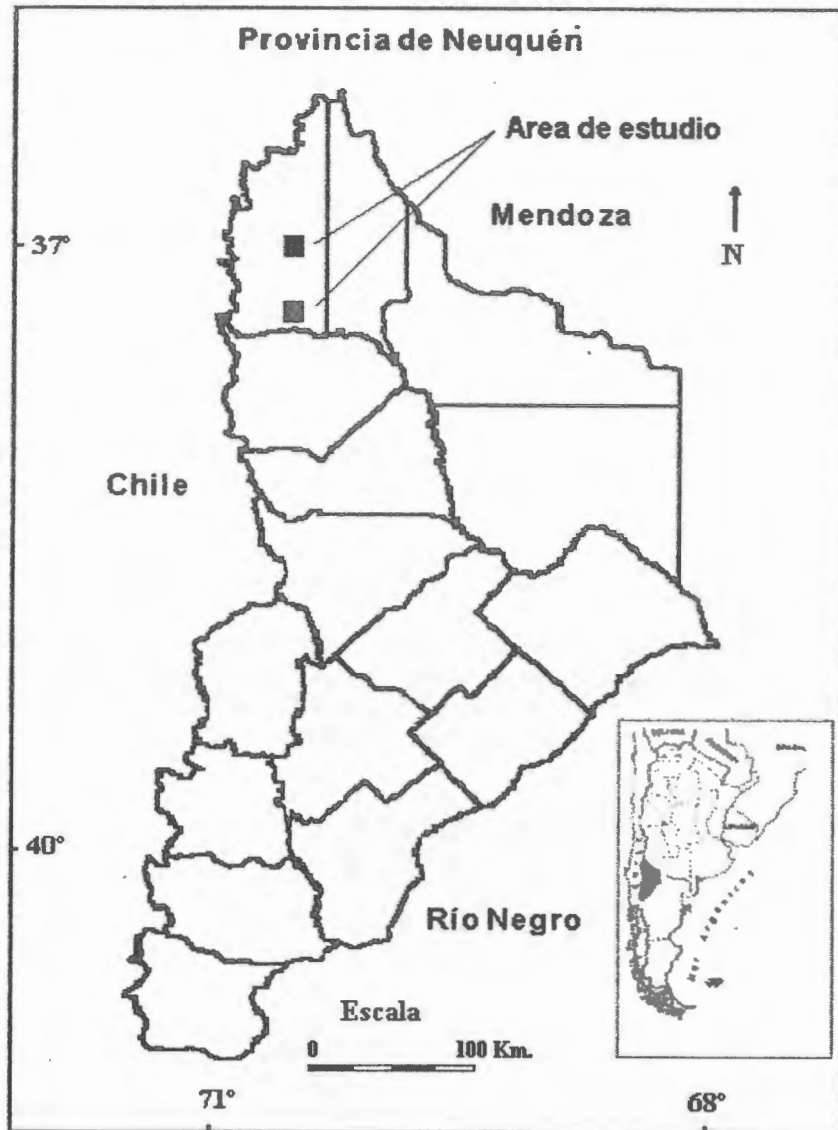
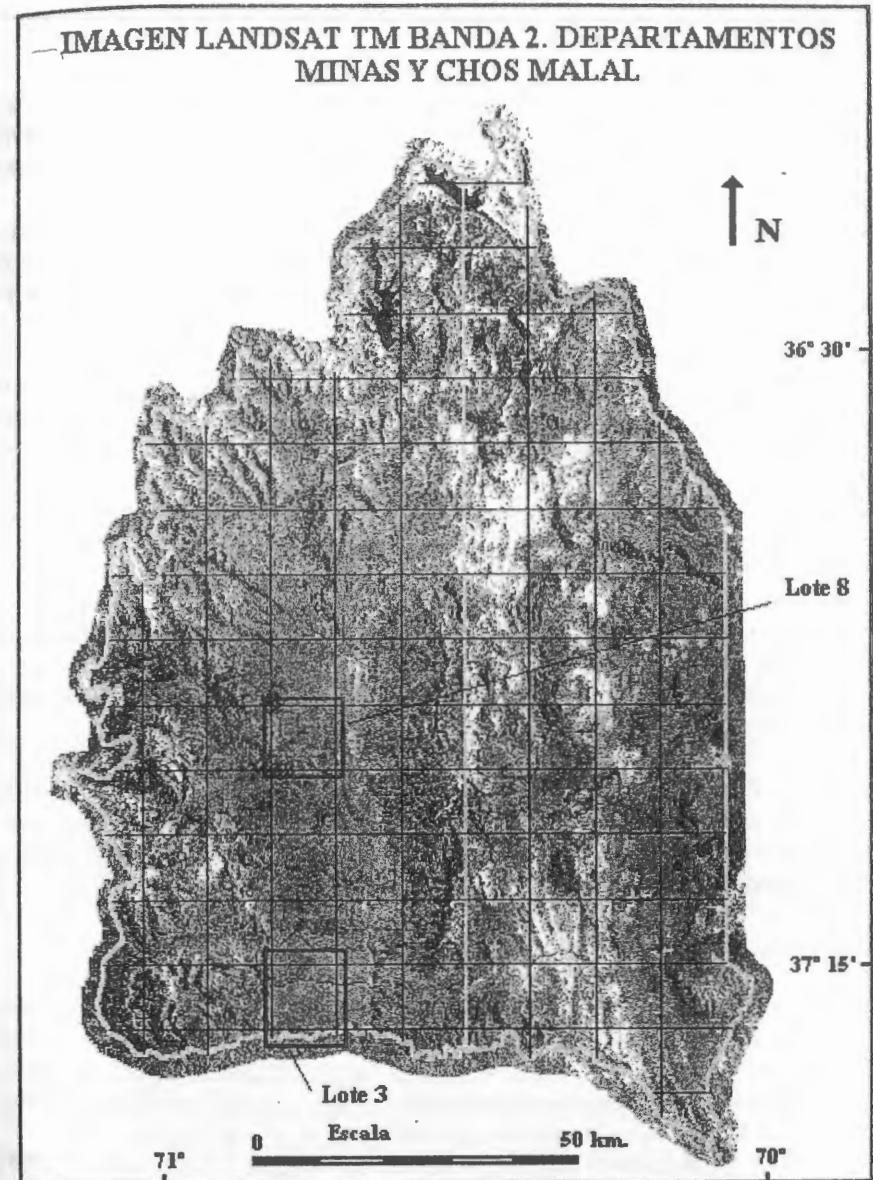


FIGURA N° 2



### Objetivos y metodología

En función de los dos lotes catastrales analizados, y dadas sus similares características biofísicas, se partió de la **hipótesis** que la parcelación catastral a la que está expuesto el lote del Norte (lote 8) lo hace más vulnerable a procesos de degradación de la vegetación. Esta hipótesis está basada en los resultados obtenidos en un proyecto anterior en el que se analizó la situación de la degradación de tierras en la Provincia de Neuquén (Bertani et. al, 2000) donde quedó evidenciado dicha tendencia.

Teniendo en cuenta esta afirmación, los **objetivos** de este trabajo consisten en analizar, mediante la aplicación de técnicas de teledetección, el estado respecto a la degradación de tierras que presentan los lotes seleccionados y evaluar dichas técnicas a través de el grado de confiabilidad de sus resultados.

En un primer momento se construyó un mosaico satelital con imágenes del sensor Landsat 7 de la totalidad de los departamentos que ocupa el proyecto general (departamentos Minas y Chos Malal). Para ello se utilizaron dos imágenes de dicho sensor del 07/02/2001 cedidas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales de la República Argentina.

Para el tratamiento digital de dichas imágenes se utilizó el SIG Idrisi versión 2.0 (Universidad de Clark, 1997). Mediante el comando "concat" se procedió a unir ambas imágenes (Path 232 - Row 85 al Norte y Path 232 - 86 al Sur). Posteriormente, se georeferenció dicho mosaico con coordenadas planas Gauss Krüger obtenidas de cartas topográficas de escala 1:100.000. Los resultados fueron satisfactorios, obteniéndose un RMS (error medio cuadrático) de 6,1. Luego se recortó la zona de interés y se digitalizaron los límites departamentales, internacionales y la división catastral mediante la utilización del módulo de digitalización de dicho SIG.

A través de la consulta de base de datos catastrales se seleccionaron dos áreas de estudio, uno con alto parcelamiento (lote 8) y otro con bajo parcelamiento (lote 3) pero con características biofísicas similares, sometiendo a ambas a una serie de algoritmos (índice verde, Kauth Thomas, etc.) con la finalidad de establecer los diferentes estados respecto a la degradación.

### Teledetección y degradación del paisaje

La teledetección y los sistemas de información geográfica constituyen herramientas metodológicas fundamentales para entender las variaciones en la configuración territorial. Estos instrumentos, brindan la posibilidad de obtener información georeferenciada, facilitan el análisis espacial de datos, y permiten la obtención de variables críticas para un mejor entendimiento del medio ambiente (Chuvieco, 1996).

La utilización de imágenes de satélite tipo Landsat TM como en este caso, han proporcionado información valiosa sobre la distribución espacial de variables que son claves para entender el funcionamiento y el estado de algunos de los elementos cons-

titutivos del paisaje: la radiación interceptada por la vegetación, el contenido de clorofila o de agua en las hojas, el índice de área foliar y el brillo que proporciona al suelo desnudo. En base a estos principios y a través del procesamiento digital de las imágenes, se obtuvo información de los lotes aplicando los algoritmos comentados.

Algunos de estos algoritmos se basan en el comportamiento radiométrico de la vegetación que presenta un claro contraste entre las bandas del visible, especialmente en el rojo (banda 3), y el infrarrojo cercano (banda 4). En el visible la vegetación absorbe la mayor parte de la energía, lo que no ocurre en el infrarrojo, por lo tanto a partir del cociente de los valores digitales entre ambas bandas, puede obtenerse una idea del estado que presenta la vegetación. Para el caso de la vegetación degradada, el contraste entre ambas bandas será mínimo, en cambio, cuando el contraste resulta mayor, el estado de la vegetación es bueno. Chuvieco (1996), destaca que un aspecto de gran interés del índice verde (NDVI), es que varía entre márgenes conocidos, de  $-1$  a  $+1$ , lo que facilita su interpretación. Para este caso, y con el sólo sentido de compararlo con otros niveles digitales (ND) que oscilan entre 0 y 255, se procedió a escalar los valores obtenidos en los NDVI (entre  $-0.54$  y  $0.64$ ) llevándolos a valores del rango entre 0 y 255.

Utilizando los resultados obtenidos en paisajes similares del Sur de la Provincia de Neuquén (Bertani y Peña, 2000) se trabajó con el principio que en áreas de estepa, con baja cobertura de vegetación (hasta un 60%), a medida que crecen los ND, son reveladores de mayor degradación. Este aparente contrasentido se basa en que en este tipo de ambientes tiene mayor influencia el tipo de cobertura del suelo que la propia vegetación.

Siguiendo este principio, se anularon los ND menores a 40 (cuerpos de agua, sombras, etc.) y mayores a 80 (mallines y vegas, salinas, arboledas, etc.) y se trabajó exclusivamente con la franja comprendida entre ND de 40 y 80 separados en cinco intervalos (clases 1 a 5) con los siguientes valores:

Clase	ND
1	40 - 50
2	50 - 55
3	55 - 60
4	60 - 70
5	70 - 80

La aplicación de estas clases a las imágenes satelitales de ambos lotes permitió obtener la cantidad de pixels, y la superficie afectada, para cada una de ellas, sirviendo además, para seleccionar las áreas de entrenamiento.

De esta manera pudo obtenerse los valores de ND correspondientes al Kauth Thomas (Brillo, Verdor y Humedad), el NDVI, la banda 4 y la banda 5 del promedio de las áreas de entrenamiento de cada clase en ambos lotes y sus respectivos desvíos estándar.

Los resultados de este último parámetro estadístico sirvió para no considerar la clase 5 debido a que arrojó valores que hacían poco confiable los promedios obtenidos. La explicación a dicho comportamiento se relaciona con la presencia de pixels correspondientes a sectores que rodean los mallines como se desprende del análisis la localización de estos dentro de la imagen. Es evidente que el límite superior fijado (ND 80) debió ser establecido unos ND por debajo.

### Resultados obtenidos y conclusiones

Los resultados obtenidos se presentan en los cuadros N° 1 y N° 2. En el primero de ellos se detallan la cantidad de pixels, superficie y porcentaje relativo para cada clase en ambos lotes. Dichas clases ocupan un 97,89 % de la superficie total para el lote 3 y un 95,25 % para el lote 8. En el cuadro N° 2 se representa el promedio (y su desvío estándar) de los ND de cada clase, para ambos lotes, de los algoritmos y bandas aplicados.

En NDVI normalizado (Bandas 3 y 4) no presenta un buen ajuste en los lotes estudiados debido a que en las zonas áridas y semiáridas, como en este caso, no existe una relación directa entre mayores niveles digitales y buen estado de cobertura de la vegetación. En el área de estudio, arrojó valores digitales más altos en zonas muy degradadas en función de los altos niveles digitales del sustrato rocoso. En cambio, da buenos resultados en aquellos sectores con buena cobertura de vegetación como es el caso de los mallines (humedales) que no fueron considerados en este caso.

Cuadro n° 1  
RELACION ENTRE CANTIDAD DE PIXELS Y SUPERFICIE DE CADA LOTE.  
DISTRIBUIDOS POR INTERVALO DE CLASES

CLASES	INTERVALO	LOTE 3 (Sur)			LOTE 8 (Norte)		
		Pixels (n°)	Sup. (Has)	%	Pixels (n°)	Sup. (Has.)	%
1	40-50	18,748	1,687	17.2	9,372	843	8.9
2	50-55	49,079	4,417	45.2	33,073	2,976	31.2
3	55-60	27,711	2,494	25.5	32,005	2,880	30.2
4	60-70	11,174	1,005	10.2	23,584	2,122	22.3
5	70-80	2,072	186	1.9	7,827	704	7.4
<b>TOTALES</b>		<b>108,784</b>	<b>9,789</b>	<b>100</b>	<b>105,861</b>	<b>9,525</b>	<b>100</b>

## CUADRO N° 2

ND (PROMEDIO Y DESVIO ESTANDAR) KHAUT THOMAS, NDVI, B4 y B5  
POR CLASES Y LOTES

CLASE	LOTE	KHAUT THOMAS						NDVI		B4		B5	
		BRILLO		VERDOR		HUMEDAD		ND	D.St.	ND	D.St.	ND	D.St.
		ND	D.St.	ND	D.St.	ND	D.St.						
1	8	80.6	4.8	70.7	2.2	93.5	3.5	66.6	8.9	45.2	2.2	72.6	7.0
	3	80.7	3.9	70.0	2.2	96.0	1.8	65.7	9.0	45.3	1.5	68.6	3.8
2	8	91.0	2.0	71.5	0.9	88.1	2.3	73.2	3.7	52.2	1.1	90.2	4.2
	3	88.8	2.2	71.7	1.3	90.0	1.5	75.7	4.8	52.3	0.9	84.2	2.7
3	8	97.1	2.7	71.8	1.9	85.2	3.9	75.8	5.9	56.8	1.0	99.5	5.7
	3	96.0	1.9	71.9	1.1	85.8	1.5	77.7	3.5	56.7	1.0	96.2	2.9
4	8	99.8	4.5	74.7	2.4	84.4	5.5	87.2	7.9	63.7	1.9	103.3	10.0
	3	105.5	5.1	72.0	2.8	83.2	2.5	79.9	9.0	73.6	2.0	108.9	6.1
5	8	73.5	15.2	93.3	4.7	89.5	10.9	165.3	26.3	74.3	2.4	79.4	28.8
	3	100.4	12.8	81.0	6.8	85.1	4.0	111.5	19.7	75.0	2.8	104.2	11.3

De las imágenes obtenidas mediante la utilización del Kauth Thomas, la que mejor se adapta a este tipo de ecosistemas es la de **brillo y humedad**, ya que están íntimamente ligadas a la mayor o menor cobertura de vegetación y por ende, a la respuesta del sustrato. La correspondiente a **verdor** presentó las mismas dificultades que el NDVI, tal como pudo observarse cuando se aplicó estos algoritmos en el Sur de la provincia.

La **banda 4** es la que evidenció mejor el estado de la vegetación debido a que existe una relación inversa entre el aumento del ND y el estado de la vegetación. Esto significa que cuanto menor cobertura o mayor estado de degradación presenta la vegetación, mayores son los ND de la banda 4. La explicación a este comportamiento se relaciona con el sustrato rocoso, ya que en este tipo de ambiente la señal que recibe el sensor depende principalmente de las características del sustrato, más que de la vegetación. De allí que a menor cobertura de vegetación mayor ND presenta en la banda del infrarrojo cercano.

El distanciamiento de los ND de las bandas 4 y 5 manifiesta mejor las variaciones de cobertura que el NDVI en estos ambientes. Esto permite identificar con bastante precisión lugares con buena cobertura vegetal y discriminar sectores con algún grado de alteración. En este caso funcionó muy bien para la totalidad de las clases, evidenciando un buen ajuste respecto al estado de los lotes ya que arroja mayores valores para el lote 8, el mas parcelado.

Respecto a la aplicación de estos algoritmos para comparar el estado de degradación entre los lotes 3 (Sur) y 8 (Norte), puede decirse que las clases 1 y 2, las menos degradadas, ocupan una mayor superficie en el lote 3 (17,2 % y 45,2 % respectivamente) que en el lote 8 (8,9 % y 31,2 % respectivamente). Esto evidencia un mejor estado de conservación del primer lote. Para las dos últimas clases la relación se invierte tal como puede observarse en el Cuadro N° 1, por lo tanto debe interpretarse que, tal como se evidencia en el campo, el lote 8 es el que aparece con una mayor superficie degradada.

Para los otros parámetros consultados, y siempre comparando el estado de ambos lotes, el KT Brillo y Humedad y los valores de la Banda 4, hacen aparecer como más comprometido respecto a su estado de conservación al lote 8 para las primeras 3 clases. No ocurre lo mismo con la última clase (4), que cuyos valores indicarían un mejor estado de conservación del lote 8. La aparente contradicción podría deberse probablemente a diferencias en la litología en algunos sectores que han quedado incluidos en las áreas de entrenamiento seleccionadas.

Respecto a la hipótesis planteada inicialmente y en función de los objetivos propuestos, a través de los algoritmos utilizados quedó en evidencia una mayor extensión del fenómeno de la degradación en el lote 8 (el mas parcelado). Además, a través del análisis de las clases, pudo establecerse que la intensidad de este fenómeno, es más evidente en el lote 8, salvo para la clase 4. Esto indica que el método requiere ajustes para lograr una mejor selección de las áreas de entrenamiento a fin de que las mismas sean lo más homogéneas posibles. Esto podrá lograrse a través de una buena

interrelación trabajo de campo – laboratorio con el fin de contemplar las particularidades de cada territorio en el momento de aplicar este tipo de algoritmos.

No obstante debe destacarse el papel del procesamiento digital de imágenes y la aplicación de algoritmos para el estudio de la degradación de los suelos con el objetivo de realizar monitoreos permanentes. Esto puede constituir un aporte para poder establecer una política de ordenamiento territorial que contemple la conservación de los recursos naturales en niveles de sustentabilidad.

### Bibliografía

- BERTANI L. y PEÑA O. 1998. *Aplicación de Imágenes Landsat TM para estudios de paisaje en zonas áridas de la Provincia de Neuquén*. Universidad Nacional de Cuyo y Universidad Nacional de San Juan. Uspallata. Mendoza.
- BERTANI L. y PEÑA O. 2000. *Utilización de Algoritmos para la Determinación de la Degradación de la Tierra en Ambiente Árido y Semiárido*. IX Simposio Latinoamericano de Percepción Remota. Puerto Iguazú. Argentina.
- BERTANI, L, PEÑA, O, AMBROSIO, M. 2000. *Ecología del Paisaje, su aplicación a la degradación de la tierra en la Provincia de Neuquén*. Informe Final proyecto de Investigación. (Inédito). UNCo. Neuquén.
- CANCER L. 1999. *La degradación y la protección del paisaje*. Ed. Cátedra. Madrid.
- COPAIDE - CFI. 1990. *Estudio Regional de Suelos*. CFI. Buenos Aires.
- CHUVIECO E. 1997. *Fundamentos de Teledetección Espacial*. 3ra. Ed. Ed. Rialp. Madrid.
- DEL VALLE H. y otros. 1993. *Algunas consideraciones sobre la utilización de la información digital Landsat destinada a los estudios de la desertificación en la Patagonia central, Argentina*. VI Simposio Latinoamericano de Percepción Remota, Cartagena. Colombia.
- DIRECCION PROV. DE TIERRAS. NEUQUEN. 2000. *Informe sobre áreas de veranada*. Neuquén.
- EASTMAN J. 1997. *Idrisi for Windows. Version 2.0. Tutorial Exercises*. Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis. Ed. Clark University. USA.
- FAO. 1984. *Metodología provisional para la evaluación y la representación cartográfica de la desertización*. FAO. Roma.
- Jensen J. 1996. *Introductory Digital Image Processing*. 2da. Edición. Prentice Hall. New Jersey.
- Movía C. León A. y otros. 1982. *Estudio de la Vegetación Natural de la Provincia del Neuquén*. Tomo I, II y III. Min. de Ec. y Hacienda Prov. De Neuquén.
- PEÑA O. BERTANI L. AMBROSIO M. 1999. *La tenencia de la tierra en el Noroeste de la Provincia de Neuquén, Argentina, y su relación con la aptitud para forestación de protección de Laderas* (Inédito). UNCo. Neuquén.
- UNCo. Facultad de Ciencias Agrarias y Facultad de Humanidades. 1984. *Metodología Provisional del Proceso de Desertificación*. Varios Autores. UNCo. Neuquén.
- UNESCO, 1994. *Desertización*. Cuadernos de educación ambiental. N° 7. Barcelona, España.

## VEGETACIÓN DEL PARQUE COPAHUE: APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA BIOCLIMÁTICA MEDIANTE EL USO DE INFORMACIÓN SATELITAL Y SIG

Oscar Peña\* y Ricardo Gandullo \*\*