LA DEGRADACION DE LA TIERRA EN EL NORTE DE LA PROVINCIA DE NEUQUÉN (REPÚBLICA ARGENTINA)

Luis Alberto Bertani[1]

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza la problemática planteada en amplios sectores del Norte neuquino respecto a la degradación de tierras, situación que pone en peligro la existencia misma de los recursos y compromete su disponibilidad para el futuro. La geoecología del paisaje brinda el marco teórico para el desarrollo del trabajo y la teledetección y el trabajo de campo constituyen los principales instrumentales metodológicos para su ejecución.

La casi ausente o nula planificación por parte del estado y el uso inadecuado del territorio, han provocado la sobreexplotación de la vegetación lo que ha desencadenado a su vez, una serie de procesos al afectar el equilibrio y la dinámica de los sistemas naturales de un área que cuenta con grandes potencialidades para otros usos tales como el turismo y la forestación.

Sería conveniente que la actividad ganadera se encuentre debidamente regulada y controlada por parte del Estado que, además de cumplir con esta indelegable función, debería fomentar planes tendientes a mejorar el manejo de esta actividad tales como el cultivo de forrajes, el mejoramiento de las majadas o propiciar algún tipo de procesamiento de los productos agropecuarios de la región y su complementación con la actividad turística.

El desarrollo de otras actividades disminuiría la presión sobre los campos que de esta manera, comenzarían a recuperar su potencial original. Esto daría lugar a un nuevo equilibrio entre los elementos constitutivos de los paisajes de esta región, lo que permitiría una actividad más acorde a las capacidades que ofrece este espacio.

INTRODUCCION

La degradación de tierras afecta a más de la tercera parte de la superficie terrestre del planeta y ha mostrado una clara tendencia a intensificarse en los últimos decenios. Según las Naciones Unidas, este problema amenaza el porvenir de más de 785 millones de personas, o sea casi el 20% de la población mundial. En un informe de FAO se estima que

[1] Dpto. de Geografía, Facultad de Humanidades.
Universidad Nacional del Comahue.
Neuquén, Argentina
luisbertani@arnet.com.ar

entre 50.000 y 70.000 km^2 de tierras útiles dejan de producir anualmente por estos motivos, lo que evidencia lo alarmante de la situación a nivel mundial.

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^2) presenta signos de degradación y de esta superficie, un 30%, se encuentra afectado por procesos erosivos severos y graves con tendencia a agravarse.

Esta realidad planteada por la FAO se plasma en el territorio de la Provincia de Neuquén de manera diferenciada dependiendo de las características intrínsecas de cada paisaje y del tipo y modalidad de uso y tenencia de la tierra. En la reciente Cumbre del Desarrollo Sostenible de Johannesburgo (2002), se discutió sobre los objetivos que sobre esta temática se habían propuesto en la cumbre anterior, donde se había propuesto alcanzar un nuevo equilibrio espacial del desarrollo socio-económico a través de una visión multi e interdisciplinaria. Sin embargo esto estuvo lejos de cumplirse. Por lo tanto, los retos que deberá enfrentar la humanidad en los próximos años serán muy grandes, debiendo revisarse, entre otras cosas, los instrumentos para resolverlos a través de la planificación tradicional.

Esta situación se produce en el marco de una creciente globalización de la economía y del rápido avance tecnológico y “crecimiento económico” propuesto como “el modelo de desarrollo” por la economía de libre mercado, que lejos de considerar una planificación acorde con las necesidades del desarrollo sustentable a mediano y largo plazo, se encarga de desactivar, desalentar y/o eliminar las instituciones y acciones que permitirían conocer y mitigar la tendencia observada en muchos lugares del planeta y de la que no es ajena la Provincia de Neuquén.

La débil planificación por parte del estado y el uso inapropiado del territorio, han provocado la sobreexplotación de la vegetación lo que ha desencadenado a su vez una serie de procesos al afectar el equilibrio y la dinámica de los sistemas naturales de un área que cuenta con grandes potencialidades para albergar otras actividades, tales como el turismo y la forestación.

Esto no significa que deba abandonarse la actividad ganadera ya que el territorio ofrece un enorme potencial para albergar esta actividad. Sin embargo sería conveniente que la misma se encuentre debidamente regulada y controlada por parte del Estado que, además de cumplir con esta indelegable función, debería fomentar planes tendientes a mejorar el manejo de esta actividad tales como el cultivo de forrajes, el mejoramiento de las majadas o propiciar algún tipo de procesamiento de los productos agropecuarios locales y su complementación con la actividad turística.

El desarrollo de otras actividades disminuiría la presión sobre los campos que de esta manera, podrían tender a recuperar su estado original. Esto a su vez daría lugar a un nuevo equilibrio entre los elementos constitutivos de los paisajes de esta región, lo que permitiría una actividad más acorde a las potencialidades que ofrece este espacio.

Teniendo en cuenta esta problemática, los objetivos planteados en este trabajo consisten en analizar, mediante la aplicación de técnicas de teledetección y observaciones de campo, el estado respecto de la degradación de tierras en distintos sectores del Noroeste neuquino y evaluar como esta situación afecta la estructura y funcionalidad de los paisajes de este espacio.

CONSIDERACIONES METODOLOGICAS

Para este estudio se han seleccionados dos sectores, Invernada Vieja y Casa de Piedra que poseen una superficie de 2176.2 Has. y 2902.5 Has. respectivamente, y que corresponden a distintos ambientes. Sin embargo ambos tienen un patrón común: se trata se sectores donde la degradación de la tierra es muy severa. Son lugares con uso ganadero extensivo en tierras fiscales y que coinciden o están próximas a rutas históricas de trashumancia. Durante el trabajo de campo se recorrió estos sectores y se realizaron distintas transectas donde se obtuvieron coordenadas con GPS que coinciden con los puntos seleccionados en las imágenes analizadas.

La degradación en el campo fue evaluada utilizando los siguientes indicadores:

- Presencia de regueros y/o cárcavas
- Pedestales de erosión
- Pavimento del desierto (capas acorazadas de suelo)
- Exposiciones de raíces de plantas y árboles
- Pérdida de suelo por “cascada de agua”
- Rocas expuestas
- Montículos a pie de árbol
- Formación de dunas y montículos de arena.

Otros indicadores analizados en el campo están relacionados con la composición de la vegetación y el estado de los mallines. Con respecto a la vegetación, se ha analizado si la cobertura total de la misma en los puntos considerados coincide con las especies esperadas para cada lugar, observando en detalle la existencia de individuos jóvenes de especies

deseables o indeseables, porcentaje de cobertura, evidencias de ramoneo, plantas en muñón o la presencia de especies propias de ambientes más xéricos. Este tipo de consideraciones se ha extendido también a los mallines, donde se ha observado si existen manchones de sal y presencia o ausencia de halófitas o nitrófilas.

Además de las observaciones de campo se analizaron los dos lugares seleccionados con imágenes landsat TM. 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 (CONAE) de la República Argentina.

Posteriormente se recortaron los sectores correspondientes a ambos parajes y se le aplicaron los algoritmos de Kauth Thomas (brillo, verdor y humedad) e índice verde (NDVI) y una clasificación utilizando el módulo cluster con 7 clases. Los resultados se presentan en las figuras 4 a 9.

A los efectos de obtener una evaluación del estado de la degradación en ambos lugares se reclasificaron los valores de NDVI, brillo y humedad (por ser los más confiables) en siete clases para obtener distintos tipos de degradación y la superficie de cada una de ellos y así poder comparar el estado de ambos sectores. Para esto se consultaron los histogramas de las imágenes obtenidas, y a través de un tratamiento estadístico, se establecieron las 7 clases, partiendo de una central (establecida a partir de la media) más 3 clases correspondientes a valores superiores e inferiores.

DEGRADACIÓN DE TIERRAS, PAISAJES Y DESERTIZACIÓN

Según la Agenda 21 (PNUMA, 1991) se entiende por “degradación” “la reducción o pérdida de la capacidad de la tierra para producir lo que la sociedad que depende de ella espera”. Según esta organización las pérdidas económicas que se dejan de percibir a raíz de ello se estiman para Sudamérica en unos 2.691 millones de dólares al año. Para esta organización “la degradación de la tierra en zonas áridas, semiáridas y secas es consecuencia de varios factores, incluidos las variaciones climáticas y las actividades humanas”

Según la FAO (1984) la **desertización** “es la expresión general de los procesos económicos y sociales, así como naturales e inducidos, que destruyen el equilibrio del suelo, la vegetación, el aire y el agua en las áreas sujetas a aridez edáfica y climática”. Se trata de un proceso continuo que pasa por diversas fases antes de llegar a la fase final, que constituye un cambio irreversible.

Una diferencia importante entre **degradación** del suelo y **desertización** es que la degradación del suelo no es forzosamente continua, ya que ocurre durante períodos de tiempo relativamente cortos y puede ser revertida. Además, la desertización o el peligro de ella, se limita a las áreas áridas, semiáridas o subhúmedas mientras que la degradación del suelo puede ocurrir en todos los climas. En caso de persistir las condiciones que han llevado a la degradación de los suelos, éstas llevarán finalmente a la desertización de los mismos.

Desde una concepción teórica–conceptual, el empobrecimiento cuantitativo y cualitativo de cualquier conjunto biológico o del suelo significa degradación, puede ser originado por fenómenos naturales o antrópicos, sin reparar lo suficientemente en la diversidad de causas que originan dichos procesos. En el área de estudio (como en otras zonas de la patagonia), es común que se atribuya a la ganadería extensiva como la causante principal de los procesos de degradación. Sin embargo se conoce muy poco sobre cómo ha impactado en ambientes sometidos a las glaciaciones el nuevo punto de equilibrio al que tienden paisajes una vez finalizado el último periodo glacial o el proceso de calentamiento global que afecta al planeta en los últimos decenios.

Dada la realidad planteada en la región patagónica en general y del norte neuquino en particular, y teniendo en cuenta los alcances y las escalas de trabajo aquí propuestas, la "degradación del paisaje" ha sido considerada como la alteración del balance entre los ingresos y las salidas de energía, materia e información de los paisajes como consecuencia del tránsito de un *estado homoestático* a otro *inestable* e inclusive *crítico.* Cuando ocurre este último caso, las perturbaciones (naturales o antrópicas) son de tal magnitud que han generado un cambio en la estructura del sistema que excede la capacidad del mismo para su autorregulación y regeneración. Así estas nuevas condiciones impiden el cumplimiento de determinadas funciones socioeconómicas y comprometen su potencial.

La degradación de la tierra es un fenómeno universal. Sin embargo en las zonas áridas y semiáridas como es el caso que nos ocupa, existen varias razones que justifican su estudio. En primer lugar se puede señalar que suele ocurrir en zonas secas donde los ambientes son extremadamente frágiles y la velocidad de degradación suele ser mayor, por lo general fácilmente perceptibles. En segundo lugar la cría de ganado, en particular el caprino, tal como ocurre en la región, se lo considera como el gran "degradador" de las zonas áridas. Por último cabe preguntarse cómo afecta a otras actividades, en particular el turismo, el deterioro los recursos paisajísticos. De allí que casi siempre las propuestas de manejo consistan simplemente en reducir las majadas lo que generalmente culminan con poco éxito.

TELEDETECCIÓN Y DEGRADACIÓN DEL PAISAJE

La teledetección constituye un instrumento metodológico fundamental para entender

las variaciones espaciales en grandes territorios como es el caso de este trabajo. Aplicada a los estudios del paisaje constituye una valiosa herramienta tal como lo destacaran Tricart y Kilian hace más de 20 años (1982) cuando afirmaban que se trata de "documentos indispensables" para abordar este tipo de estudios. Estos instrumentos son utilizados para obtener información georeferenciada, facilitando el análisis espacial de datos y la obtención de variables críticas para una mejor comprensión del medio ambiente (Chuvieco, 1997).

La utilización de imágenes de satélite Landsat TM permite obtener información sobre la distribución espacial de variables que son claves para entender el funcionamiento y el estado de los elementos constitutivos del paisaje. Además su procesamiento digital con un SIG (en este caso Idrisi, versión 2.0) sirvió para realizar una primera evaluación sobre el estado de los suelos y la vegetación, mediante la aplicación de algoritmos tales como índice verde, Kauth Thomas, entre otros.

Pinilla (1995) reconoce que la teledetección "puede coadyuvar en la definición de la situación actual" identificando las siguientes aplicaciones para el análisis territorial:

- Definición de las características del medio físico: geomorfología, topografía, análisis de riesgo, etc.
- Reconocimiento territorial: ocupación y usos del suelo, evolución del medio y dinámica de los ecosistemas, efectos degradativos, etc.

Respecto al primero de los puntos, es importante destacar que en este caso, no sólo se podrían definir dichas características del medio sino que, y esto es quizás lo más importante, ajustar y/o redefinir los límites establecidos en los mapas (a diferentes escalas) disponibles para el área de trabajo, ya que muchos de ellos datan de épocas previas a la existencia de documentos cartográficos georeferenciados.

En relación al segundo punto, el tratamiento y análisis digital juega un papel fundamental para diferenciar e identificar tipos de cobertura, y sobre todo, para la evaluación del estado de los suelos respecto a la degradación a través del análisis estadístico de los niveles digitales (ND) de la imagen.

Los algoritmos utilizados para analizar el estado de degradación de la vegetación en las distintas unidades de paisaje funcionan a partir del 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 evaluarse el 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 (1997), 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. Sin embargo, este principio simple ha presentado algunas dificultades para el área por las interferencias que presenta el suelo desnudo en áreas con baja cobertura que son comentadas en las conclusiones.

Al tratarse de una imagen digital, puede aplicarse sobre las bandas originales o sobre transformaciones de ellas, medidas que permiten estimar la configuración de los tipos de cobertura en un paisaje determinado. En este caso, teniendo en cuenta la escala de detalle que permite alcanzar la imagen, se pudo ajustar límites y reconocer los patrones característicos (a través de sus firmas espectrales) de las distintas coberturas.

Como una imagen satelital constituye una representación digital del mosaico paisajístico, pueden medirse las relaciones espaciales entre los elementos del mosaico, accediendo de esta manera, a información de sumo interés para el análisis geoecológico, particularmente en lo referido a las etapas de inventario y análisis.

Las características biofísicas particulares de los geosistemas del Norte Neuquino, donde las variaciones del sustrato geológico, la escasa cubierta vegetal, y una considerable superficie de suelo desnudo, han ocasionado algunas dificultades de interpretación. Considerando estas particularidades, la evaluación, clasificación e interpretación a través de las firmas espectrales, requiere una puesta a punto de los métodos disponibles sobre clasificación digital y fundamentalmente, mediante buenos controles de campo.

Es por ello que los ejemplos seleccionados para evaluar la degradación a través de teledetección, se refieren exclusivamente a aquellos lugares donde se ha podido realizar el control de campo correspondiente. Esto garantiza que no queden enmascarados en los resultados las particularidades que presenta el sustrato en cada uno de los lugares estudiados.

EL NORTE DE NEUQUÉN

Para el presente trabajo se considerará como noroeste neuquino a los Departamentos Minas y Chos Malal. Este límite, por demás arbitrario, se justifica en la organización de la información de los censos ganaderos y de población que se presentan a nivel departamental. Por lo tanto la información estadística tratada aquí corresponde a la suma de ambos departamentos.

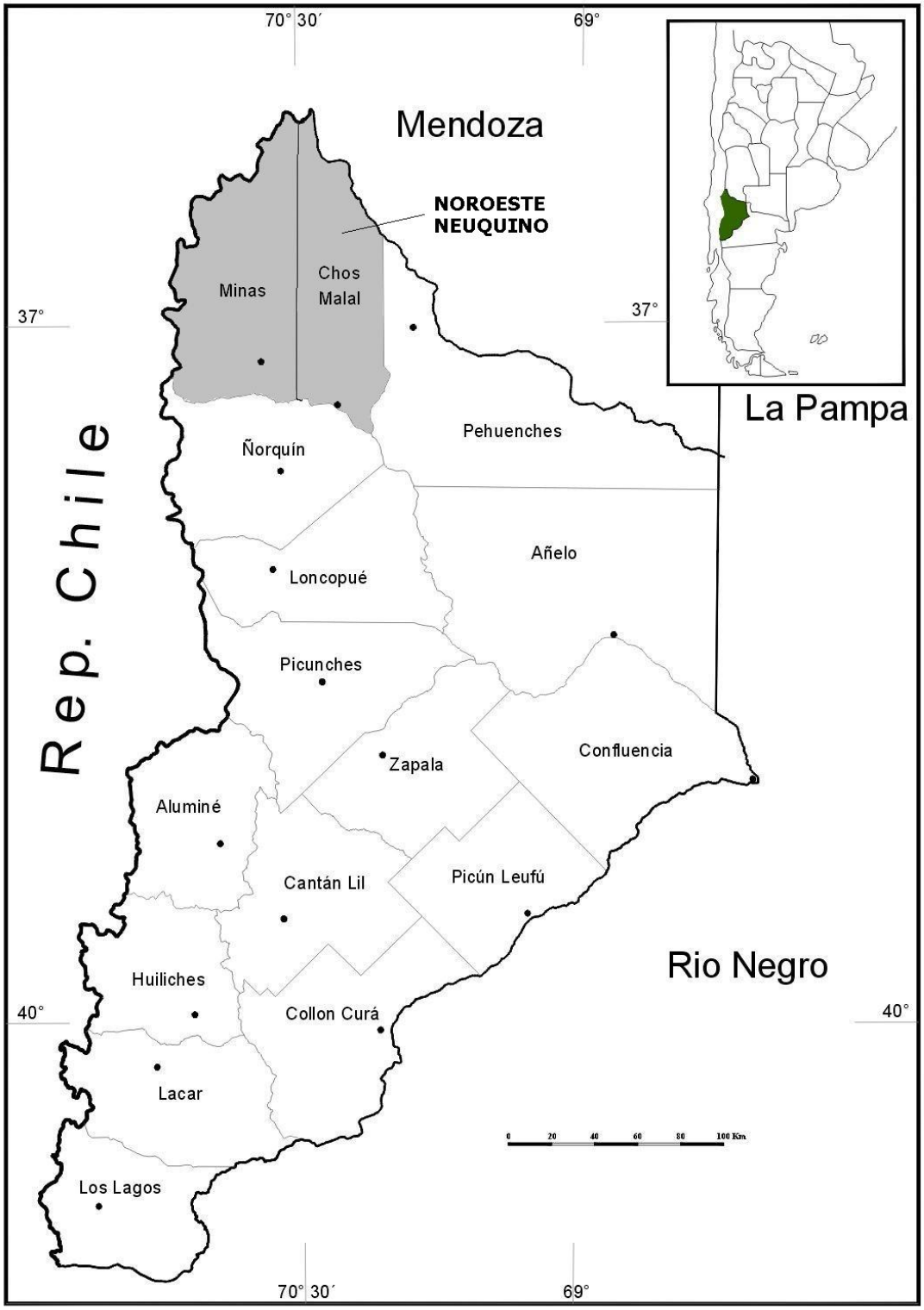
Este territorio limita al Oeste con Chile, al Norte con Chile y Mendoza, al Este con el Departamento Pehuenches y al Sur con el Departamento Ñorquín. Se trata de un paisaje montañoso que constituye la alta cuenca de los ríos Neuquén y Colorado. Al Oeste, en el

límite con Chile, se encuentra la Cordillera de los Andes, hacia el centro, la Cordillera del Viento y al Oeste, el macizo del Tromen. En medio de estos conjuntos montañosos existen amplios valles como el del Neuquén, Curi Leuvú, Chapúa y otros. Esta región ocupa una superficie de 10.555 km^2 y tiene una población, según los datos del último censo nacional (2001) que alcanza a 21.210 habitantes, lo que arroja una densidad de unos 2 habitantes por km^2. Los principales centros urbanos son Chos Malal (11.367 hab.) y Andacollo (2.319 hab.) que constituyen las cabeceras de los dos departamentos que forman esta región.

Desde el punto de vista fisiográfico presenta una gran diversidad de paisajes como resultado de la variedad topográfica, geológica-geomorfológica y climática. En este sentido se la dividido en dos grandes unidades bien diferenciadas: las áreas montañosas constituidas por la Cordillera de los Andes (Cordillera Principal), la Cordillera del Viento y el Macizo del Tromen y un área de

FIGURA Nº 1

Provincia de Neuquén - División Departamental



planicies y valles intermontanos lugar donde se asienta gran parte de la población. La mayor altura de la región la constituye el Cerro Domuyo de 4702 m mientras que la cota inferior corresponde al río Neuquén, en el paraje costa Tilhue, de 776 m. El desnivel resultante, 3926 m., da como resultado la existencia de distintos pisos altitudinales que van a tener gran influencia en las temperaturas y la vegetación.

Desde el punto de vista climático, la región presenta características subhúmedas a áridas aunque predomina lo semiárido. Durante el invierno los vientos provenientes del anticiclón del Pacífico (al Oeste de la región) descargan su humedad sobre la Cordillera de los Andes, lugar donde se registran los máximos valores de precipitación (3000 mm. en Lagunas de Epulafquen), el mayor porcentaje en forma nívea. Hacia el Este de la región las precipitaciones disminuyen notablemente, salvo en la Cordillera del Viento donde, debido a su altura, las masas de aire provienentes del Oeste vuelven descargar algo de humedad.

Esta variedad climática, más la gran cantidad de pisos altitudinales existentes, dan como resultado una gran diversidad florística. Esto se refleja en que en la región están presentes cuatro provincias fitogeográficas: la del monte, representada por una fisonomía de matorrales (jarilla y otras especies arbustivas), la patagónica con una fisonomía herbácea (dominada por diversas especies de stipas), la subartántica, con formación de bosques y la altoandina donde aparecen especies achaparradas en forma dispersa.

Los suelos juegan un papel importante y condicionan el desarrollo de la vegetación natural. La casi totalidad de la región presenta un régimen de humedad de los suelos con edafoclima xérico, es decir, con déficit de humedad durante el verano. Sólo la porción Sureste posee suelos con edafoclima arídico, lo que implica que el déficit de humedad se extiende a todo el año. En las zonas montañosas altas o en algunos sectores de planicies basálticas, es común la presencia de afloramientos rocosos o simplemente la presencia de una delgada cubierta detrítica con escaso o nulo desarrollo edáfico. Un rasgo que caracteriza al ambiente de la Cordillera de los Andes es la formación de suelos con características ándicas. Allí son comunes la presencia de Vitrixerandes típicos o mólicos, suelos con muy buena aptitud para el desarrollo de la vegetación, pues retienen la humedad en el perfil del suelo por mucho tiempo. Esto último ocurre en las Lagunas de Epulafquen y otros valles cordilleranos, donde se ha desarrollado un bosque denso de roble pellín (*Nothofagus oblicua*) y Ñire (*Nothofagus antártica*).

Un rasgo característico del ambiente patagónico también está presente en esta región: los mallines y vegas (humedales). Se trata de pequeñas superficies, con abundancia de humedad, donde suele encontrarse buena producción de pasturas. Pueden aparecer “colgados” en laderas de las mesetas, “en rosario” en los fondos de valles u ocupando las terrazas o planicies de origen fluvial o glacial. Los mallines constituyen un recurso natural

muy preciado en la zona ya que aportan agua para el hombre y el ganado además de proveer forraje. En muchos casos, en particular en las zonas de invernada, estos mallines aparecen muy degradados debido al cambio de los sistemas de drenaje que produce profundización de la capa freática o por degradación química (salinización o aumento de nitratos en el suelo), provocando en algunos casos el desecamiento o el cambio en la composición florística del mallín, y como consecuencia de esto, la disminución de su potencial productivo.

Históricamente este territorio se organizó en función de la ganadería extensiva. Casi el 90% de su superficie está destinada al uso de pasturas en lotes cuya propiedad en gran medida son del Estado Provincial. Es allí precisamente donde se producen los mayores problemas de degradación lo que conlleva la pérdida de gran parte de su potencial productivo.

De acuerdo con estudios preliminares (Copade-CFI, 1990), los departamentos involucrados en esta región presentan una sobrecarga animal considerada entre “alta” y “moderada”. Por sobrecarga animal se entiende a la relación entre la existencia ganadera de un lugar (en este caso un departamento) y la cantidad teórica de ganado que las condiciones naturales de ese lugar permiten albergar, sin producir deterioro en la vegetación y las tierras. Los valores estimados de sobrecarga para cada departamento son los siguientes:

Minas	17 %
Chos Malal	40 %

Una característica de esta región es la movilidad del ganado entre las tierras bajas (invernadas), por lo general áridas o semiáridas y las tierras altas (veranadas) con buenas pasturas y mallines. Esta movilidad espacial constante, la transhumancia, se lleva a cabo recorriendo los callejones asignados para tal fin o a campo traviesa.

Los pequeños y medianos productores representan más del 50% de la población. Se trata de crianceros dedicados al ganado menor mixto, principalmente caprino, y a la práctica de la trashumancia, combinado en ocasiones con agricultura de subsistencia. Este trabajo es de tipo familiar de escasa productividad, realizado en parcelas reducidas y pobres en recursos. La comercialización de los excedentes por lo general se lleva a cabo bajo la modalidad de trueque sin posibilidades de acumulación.

La importancia de la actividad ganadera fue decreciendo en el producto bruto provincial, siendo hoy insignificante su participación, a pesar de haber sido la más dinámica en el siglo XIX y primera mitad del XX, responsable de la consolidación del noroeste neuquino. Según los últimos Censos Económicos Nacionales (1988 - 2002), las existencias

ganaderas provinciales registraron mermas significativas en contraposición a lo ocurrido en el Noroeste donde estos valores se han incrementado (Cuadros Nº 2 y 3). Esta tendencia, que se viene registrando desde el Censo agropecuario de 1978, implica que la región se ha consolidado como espacio destinado al uso ganadero.

FIGURA Nº 2
PROVINCIA DE NEUQUEN. GANADO BOBINO, OVINO Y CAPRINO S/ CENSOS AGROPECUARIOS 1988 - 2002

AÑO	BOBINOS	OVINOS	CAPRINOS
1988	173.466	460.976	820.547
2002	145.271	167.556	675.866
Dif.	-28.195	-293.42	-144.681
Dif.(%)	-16.2	-63.3	-17.4

Fuente: Elaboración propia en base a los Censos Nacionales Agropecuarios 1988 y 2002

FIGURA Nº 3
NOROESTE NEUQUINO. GANADO BOBINO, OVINO Y CAPRINO S/ CENSOS AGROPECUARIOS 1988 - 2002

AÑO	BOBINOS	OVINOS	CAPRINOS
1988	14.204	49.837	150.915
2002	19.319	31.855	178.348
Dif.	5.115	-17.982	27.433
Dif.(%)	36.0	-36.1	18.2

Fuente: Elaboración propia en base a los Censos Nacionales Agropecuarios 1988 y 2002

LA DEGRADACIÓN EN EL NOROESTE NEUQUINO

1) Paraje Casa de Piedra

Se localiza sobre la ruta provincial Nº 2 a unos 20 km. norte de Chos Malal. Se trata de una planicie de rodados de origen glacial, de unos 1400 m de altitud que se encuentra atravesada y profundizada por arroyos como el Chapúa y Casa de Piedra, que provienen de las planicies basálticas próximas al volcán Tromen. Por la cota de este lugar y sus escasas precipitaciones (250 mm.), la vegetación está constituída por una estepa arbustiva dominada por especies tales como el coliguay (*colliguaya intergerrima*), jarilla (*larrea nítida*), neneo (*mulinum spinosum*) y otras especies con un 20/25% de cobertura. La superficie del suelo se presenta como una capa acorazada (pavimento del desierto) con formación de regueros y afloramiento de la roca. También es común la presencia de montículos de arena a

sotavento (hacia el ENE) de algunas plantas como el neneo que aparecen “ahuecadas” del lado que están expuestas a los vientos dominantes.

Otro tipo de evidencias de degradación en este lugar es la presencia de plantas en muñón, otras totalmente ramoneadas y la ausencia de las especies esperadas en este tipo de ambientes, en particular, aquellas más palatables por parte del ganado caprino como la *stipa*.

Existen muy pocos alambrados y en algunos sectores los mismos se encuentran muy deteriorados lo que evidencia la falta de mantenimiento. Todo este sector corresponde a tierras fiscales y es lugar de tránsito entre invernadas y veranadas.

En la figura Nº 4 se presentan los resultados de la aplicación de los algoritmos comentados anteriormente (Indice verde y Kauth Thomas), los niveles digitales correspondientes a las Bandas 3 y 4 (visible e infrarrojo cercano) y una clasificación en 7 clases realizada con el módulo de cluster del programa Idrisi. Los valores del Indice Verde que originalmente varían entre –1 y 1, han sido escalados entre 0 y 255 para equipararlos a los niveles digitales de la imagen. Otro tanto se realizó con los valores de brillo, verdor y humedad, cuyos valores mínimos se los llevó a 0. En la figura Nº 5 se han graficado estos valores con la finalidad de poder comparar su comportamiento. La figura Nº 6 muestra los resultados de la reclasificación de los valores de Brillo, Verdor y NDVI en 7 clases, resaltándose en negrita aquellas clases más comprometidas desde el punto de vista de la degradación, la superficie que ocupan y el porcentaje que representa respecto al total.

FIGURA Nº 4

CASA DE PIEDRA. NIVELES DIGITALES

Lugar	Col./Fila	Banda3	Banda4	Brillo*	Verdor*	Hum.*	NDVI*	Cluster
Mallín centro	59 - 14	37	104	31.06	117.66	59.22	218.64	2
Mallín borde	13 - 30	65	92	61.77	91.27	50.65	141.32	2
Arbustiva alta	84 - 113	75	50	50.38	47.72	45.23	46.47	5
Arbustiva media	70 - 135	86	51	65.24	39.48	50.58	32.33	1
Zona degr.cóncava	53 - 91	102	60	92.83	39.07	38.05	31.36	6
Zona degr.plana	26 - 98	109	62	100.02	34.57	49.39	27.38	6
Zona degr.convexa	27 - 57	126	67	124.78	29.12	45.43	19.52	7
Camino	26 - 146	128	65	123.27	22.62	63.76	14.23	7
Peladero	58 - 19	190	91	214.27	4.45	71.65	7.63	7

FIGURA Nº 5

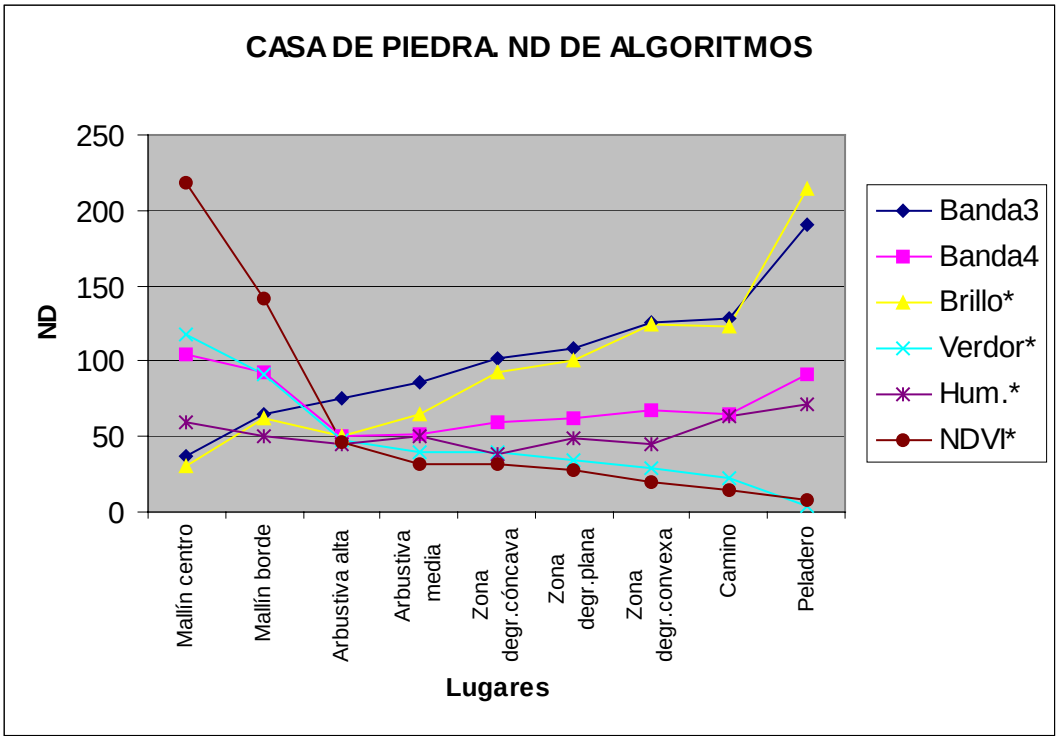


FIGURA Nº 6
CASA DE PIEDRA
SUPERFICIE Y % POR CLASES DE VERDOR, BRILLO Y NDVI

Clases	Brillo		Verdor		NDVI	
	Has.	%	Has.	%	Has.	%
1	18.54	0.64	**45.27**	**1.56**	**8.64**	**0.30**
2	111.42	3.84	**171.44**	**5.90**	**122.67**	**4.23**
3	656.12	22.60	**1239.22**	**42.70**	**1147.88**	**39.54**
4	1333.84	45.96	939.60	32.37	893.73	30.78
5	**499.97**	**17.23**	376.30	12.96	544.84	18.76
6	**229.96**	**7.92**	56.15	1.94	97.71	3.36
7	**52.65**	**1.81**	74.52	2.57	87.03	3.03
	2902.50	100.00	2902.50	100.00	2902.50	100.00

2) Invernada Vieja

Este paraje se localiza sobre la ruta provincial Nº 43 a unos 50 km. al norte de Andacollo. Se trata de un sector con importantes pendientes que llegan al 15.8 % limitado hacia el Oeste por una meseta constituida por tobas de la Formación Invernada Vieja (Mioceno) y aglomerados volcánicos andesíticos de la Formación Cajón Negro (Plioceno inferior) que afloran en algunos sectores. La altura de este sector varía entre los 1250 y 1500 m y constituye la ladera derecha superior del valle del río Neuquén. Teniendo en cuenta la altura y sus precipitaciones (600 mm), este lugar presenta una vegetación arbustiva de altura media formada por Palo de piche y algunos Molles. Aparecen muy pocos ejemplares de *Stipa speciosa,* lo que evidencia lo intenso del sobrepastoreo en este lugar. Otra evidencia de la degradación de la vegetación es la presencia de *Centauria* con su clásica flor amarilla en verano. Es una especie introducida, no palatable por el ganado e indicadora de zonas degradadas. Existen sectores con pavimento del desierto por voladura

de la fracción fina del suelo y la presencia de regueros y cárcavas, que es el aspecto más llamativo de este lugar. En algunos casos se ha constatado que las cárcavas presentan paredes verticales lo que evidencia lo actual y dinámico de este proceso.

Un rasgo destacado con relación a la degradación lo constituye un sector de superficie plana con una pendiente ligera (entre 2 y 4 %) que en el pasado fue un mallín. En la actualidad esta superficie tiene numerosas cárcavas de hasta 3 m. de profundidad que han deprimido la capa freática y han secado el mallín durante el verano. Los remanentes de la superficie plana conservan un horizonte superior con abundante materia orgánica, que con su color oscuro contrasta con los colores más claros de la parte inferior del perfil del suelo. La vegetación de esta superficie, que alguna vez fue un mallín, está adaptándose a las nuevas condiciones de aridez ya que conviven algunas especies del mallín (junco) con otras típicas de la estepa como *stipa* y neneo (*mulinum spinosum*), aunque la dominante como en toda la zona es la *Centauria.*

FIGURA Nº 7

INVERNADA VIEJA. NIVELES DIGITALES

Lugar	Col./Fila	Banda3	Banda4	Brillo*	Verdor*	Hum.*	NDVI*	Cluster
Mallín centro	47 - 91	46	93	65.37	122.48	60.58	220.1	5
Mallín borde	30 - 34	83	76	104.95	83.09	43.00	122.65	6
Mallín degradado	87 - 82	122	65	135.15	49.96	46.83	56.15	3
Arbustiva alta	13 - 66	84	46	75.41	58.23	65.59	59.34	4
Arbustiva media	13 - 48	107	60	119.54	54.34	41.57	62.11	1
Zona degr.	92 -48	115	64	135.94	52.78	33.02	61.22	1
Zona muy degr.	72 - 36	154	75	175.37	31.95	65.81	45.91	5
Camino	115 - 163	110	64	125.73	55.44	43.46	66.46	1
Peladero	47 - 62	184	74	182.42	27.81	54.87	25.15	3

* Valores escalados entre 0 y 255

FIGURA Nº 8

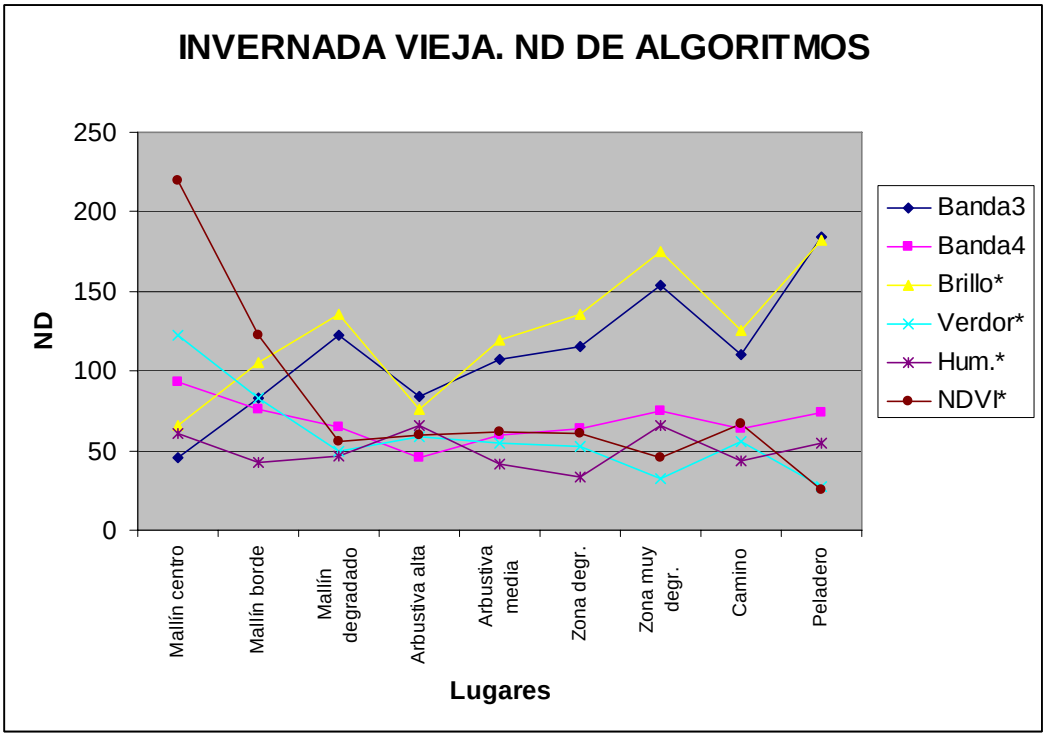


FIGURA Nº 9
INVERNADA VIEJA
SUPERFICIE Y % POR CLASES DE VERDOR Y NDVI

Clases	Brillo		Verdor		NDVI	
	Has.	%	Has.	%	Has.	%
1	77.72	3.55	**88.02**	**4.04**	**19.80**	**0.91**
2	214.20	9.84	**131.22**	**6.03**	**116.64**	**5.36**
3	557.54	25.62	**405.09**	**18.61**	**524.34**	**24.09**
4	554.68	25.49	859.41	39.49	892.44	41.02
5	**457.38**	**21.02**	535.59	24.62	426.51	19.60
6	**191.07**	**8.78**	107.19	4.93	121.32	5.57
7	**124.11**	**5.70**	49.68	2.28	75.15	3.45
	2176.20	100.00	2176.20	100.00	2176.20	100.00

RESULTADOS OBTENIDOS Y CONCLUSIONES

En los resultados obtenidos en los cuadros y gráficos Nº 4, 5, 7 y 8 se detallan los niveles digitales (ND) correspondientes a los distintos sitios de ambas localidades más la filas y columnas que les corresponde en la imagen, lo que permite su localización mediante las coordenadas planas, debido a que las imágenes habían sido previamente georeferenciadas.

En NDVI normalizado (utiliza los valores de las bandas 3 y 4) presenta un buen ajuste en los dos parajes estudiados, en particular en Casa de Piedra, ya que pudo observarse una buena relación entre mayores niveles digitales y buen estado de cobertura de la vegetación. Algunas alteraciones en el NDVI de Invernada Vieja es probable que tengan origen en la interferencia del tipo de sustrato, especialmente en aquellas zonas con

muy baja cobertura de vegetación. Esta dificultad de interpretación de los ND del NDVI ya fue considerada en otros trabajos sobre la efectividad de estos algoritmos en zonas áridas (Bertani y Peña, 2000).

De las imágenes obtenidas mediante la utilización del Kauth Thomas, las que corresponden al paraje Casa de Piedra han presentado muy buena respuesta las correspondientes a brillo y verdor y no así la de humedad.

En Invernada Vieja se repitieron estos resultados aunque algunos valores esperados de brillo (por ejemplo borde de mallín y camino) dieron valores algo atípicos. La correspondiente a verdor presentó prácticamente el mismo comportamiento que el NDVI (salvo en los mallines) por lo que puede considerarse su respuesta como satisfactoria.

La dificultad observada en el módulo humedad del Kauth Thomas en ambos casos, puede deberse a que originalmente estos módulos han sido diseñado por la NASA y el USDA para la predicción de cosechas en Estados Unidos y en principio podría decirse que no presentan una buena adaptación en ambientes áridos.

Las bandas 3 y 4 evidenciaron una relación inversa entre los ND y el estado de la vegetación. Esto significa que cuando existe menor cobertura o mayor estado de degradación presenta la vegetación, mayores son los ND de estas bandas. La explicación a este comportamiento se relaciona con el sustrato rocoso, ya que en este tipo de ambiente, la señal que recibe el sensor se relaciona principalmente con las características del sustrato, más que con la vegetación. De allí que a menor cobertura de vegetación, mayor ND presenta en la banda del visible e infrarrojo cercano. Corresponde aclarar que para la banda 4 (IRC), la zona de mallines y bosques también coincide con ND altos, pero dichos valores normalmente se los excluye en este tipo de análisis. Sin embargo, los valores registrados de estas bandas para Invernada Vieja presentan algo de “ruido” como resultado de la heterogeneidad morfológica (por ejemplo áreas con sombra) y las alteraciones que produce la variabilidad del tipo sustrato. Estas condiciones no están presentes en Casa de Piedra.

De los cuadros Nº 6 y 8 surge que si se consideran las primeras 3 clases (en negrita en el cuadro) como las que están más comprometidas desde el punto de vista de la degradación de la tierra, la zona de Casa de Piedra es la que está en peor estado de los dos parajes. Esto es debido a que aparece con valores superiores para estas 3 clases: 26%, 50% y 44% de su superficie (para brillo, verdor y NDVI respectivamente). Esto coincide con las evidencias observadas en el campo. Si se incorpora parte de la clase siguiente (correspondería a una degradación media), se incrementaría aún más estos porcentajes.

Para el paraje Invernada Vieja los resultados obtenidos en los cuadros Nº 8 fueron bastantes homogéneos: 35%, 29% y 30% de la superficie corresponde a las primeras 3

clases de brillo, verdor y NDVI. Esto representa a una superficie entre 692 y 772 Has. con degradación de la tierra severa a muy severa.

Puede señalarse que los algoritmos utilizados, salvo el correspondiente a humedad, han dado una respuesta satisfactoria para la evaluación de tierras, aunque este método requiere ajustes para lograr una buena 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.

Sin embargo conviene tener en cuenta que la aplicación de teledetección para evaluar la degradación de tierras sólo debe considerarse como una aproximación a esta problemática, debido a que existen muchos parámetros que para los sensores suelen pasar desapercibidos. Por ejemplo el reemplazo de especies palatables para el ganado por otras que no lo son, pueden quedar enmascaradas para la señal del sensor, como así también la formación de pequeños regueros en mallines que normalmente no son captados por las imágenes por una cuestión de resolución. Así podrían mencionarse otros tantos ejemplos que relativizan la efectividad de este tipo de métodos.

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

REFERÊNCIAS

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 Arido 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.

Bertani, L. 2003. **Evaluación geoecológica de los paisajes de la Provincia de Neuquén para el estudio de la degradación de la tierra. El caso del noroeste neuquino.** Actas del Simposio Internacional de Degradación y Desertificación. Comland-UGI Universidad Nac. de Catamarca. En prensa.

Cancer L. 1999. **La degradación y la protección del paisaje**. Ed. Cátedra. Madrid.

Copade - 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.

Movia 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.

Ortiz Solorio M. et al. 1994. **Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra.** Conaza. Mexico.

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.

Pinilla C. 1995. **Elementos de Teledetección.** Ed. Ra-ma. Madrid.

Stocking M. y Murnaghan N. 2001. **Evaluación de campo de la degradación de la tierra.** Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

Tricart J y KilianJ.1982. **La Eco-geografía**. Ed. Anagrama. Barcelona

UNCo. Facultad de Ciencias Agrarias y Facultad de Humanidades. 1984. **Metodología Provisional del Proceso de Desertificación.** Varios Autores. UNCo. Neuquén.