



*Bertani, Luis Alberto*

## **Evaluación geoecológica de los paisajes del Departamento Minas (Provincia de Neuquén), para el estudio de la degradación de la tierra**

**Tesis presentada para la obtención del grado de Doctor en Geografía**

*Director: Eduardo Salinas Chávez.*

Este documento está disponible para su consulta y descarga en [Memoria Académica](http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar), el repositorio institucional de la **Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación de la Universidad Nacional de La Plata**, que procura la reunión, el registro, la difusión y la preservación de la producción científico-académica éditada e inédita de los miembros de su comunidad académica. Para más información, visite el sitio

[www.memoria.fahce.unlp.edu.ar](http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar)

Esta iniciativa está a cargo de BIBHUMA, la Biblioteca de la Facultad, que lleva adelante las tareas de gestión y coordinación para la concreción de los objetivos planteados. Para más información, visite el sitio

[www.bibhuma.fahce.unlp.edu.ar](http://www.bibhuma.fahce.unlp.edu.ar)

*Cita sugerida*

*Bertani, L. A. (2011) Evaluación geoecológica de los paisajes del Departamento Minas (Provincia de Neuquén), para el estudio de la degradación de la tierra [en línea]. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Disponible en Memoria Académica:*

*<http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.307/te.307.pdf>*

### **Licenciamiento**

*Esta obra está bajo una licencia Atribución-No comercial-Sin obras derivadas 2.5 Argentina de Creative Commons.*

*Para ver una copia breve de esta licencia, visite*

[http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/.](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/)

*Para ver la licencia completa en código legal, visite*

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/legalcode.>

*O envíe una carta a Creative Commons, 559 Nathan Abbott Way, Stanford, California 94305, USA.*

TESIS DE DOCTORADO

**EVALUACION GEOECOLOGICA DE LOS  
PAISAJES DEL DEPARTAMENTO MINAS  
(PROVINCIA DE NEUQUEN), PARA EL ESTUDIO  
DE LA DEGRADACION DE LA TIERRA**

**VOLUMEN 1**

La Plata, febrero de 2011

Fotografía de la portada: paraje Quilmahue

## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento y reconocimiento al grupo de colegas, amigos y distintos especialistas que durante todos estos años colaboró de distintas maneras en los trabajos que posteriormente dieron lugar a esta tesis. Sus ideas, comentarios y sugerencias han quedado plasmadas en este trabajo:

- Florinda Sznol
- Oscar Peña
- Alejandra Lavalle
- Andrea Lavalle
- Romina Solorza
- Ana Paula Salcedo
- Pablo Vettori
- Aldo Montagna
- Miriam Ambrosio
- Eduardo Aisen
- Carlos Scarpatti
- María Elisa Kohon
- Andrés Bertani
- Stefano Gross, del Consejo Federal de Inversiones
- Emilio Costas de la Municipalidad de las Ovejas.
- Pedro Vázquez e Isidro Belver de la Dirección de Producción de Andacollo.
- A la Dra. Marisa Cogliatti quien asumió mayores responsabilidades en estos años en la tarea de la dirección del proyecto de investigación en la UNCo.

Un reconocimiento a la Universidad Nacional del Comahue por haberme facilitado tiempo institucional y financiar en parte los costos de esta tesis.

A los colegas de la Universidad de La Habana, lugar donde comencé este doctorado, vaya un agradecimiento muy especial por todas las gentilezas y muestras de afecto recibidas durante mi estancia en Cuba.

A la Universidad Nacional de La Plata por haberme brindado la posibilidad de terminar mi doctorado en esa prestigiosa institución. A la doctora Nidia Tadeo por sus sugerencias y gestiones ante la Comisión de Postgrado de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación.

A la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) por la cesión de las imágenes satelitales utilizadas en esta tesis.

Deseo expresar también un reconocimiento especial a Eduardo Salinas Chávez y María Isabel Andrade por apoyo y la orientación de este trabajo de tesis.

A mi familia por el apoyo recibido y por los días de ausencia para poder realizar mi tesis doctoral.



## ÍNDICE GENERAL

### Volumen 1

Introducción	16
Capítulo 1. Introducción	27
Teledetección y paisaje	36
Degradación de tierras, paisajes y desertización	39
Esquema metodológico empleado	47
Determinación del estado de degradación de los paisajes o degradación de las tierras	52
Capítulo 2. Introducción	56
La situación del Departamento Minas	56
Bosquejo geológico - geomorfológico	58
Características climáticas del Departamento	61
Hidrografía	64
La vegetación del Departamento	65
Los suelos de la región	69
La población del Departamento	71
La ganadería	74
Existencias ganaderas	80
Uso ganadero y tenencia de la tierra	83
Forestación	90
El turismo	93

### Volumen 2

Capítulo 3	97
Los paisajes del Norte neuquino	98
1)Montañas con rocas volcánicas antiguas (Pérmico - Triásico) y modernas (Cenozoico superior) con escaso modelado glacial; (Cordillera del Viento). (V)	101
V 11. Faldeos altos y divisorias de agua, semiáridos con escasa vegetación (semidesierto de altura)	109
Cálculo del índice de vegetación en paisaje V 11	112
V12. Faldeos medios y fondos de valles altos semiáridos con vegetación herbácea	114

Cálculo del índice de vegetación en paisaje V 12	118
V 13. Faldeos bajos y fondos de valle semiáridos con vegetación arbustiva - herbácea	120
Cálculo del índice de índice de vegetación en paisaje V 13	123
Comentarios sobre la aplicación del NDVI en los distintos <u>tipos</u> de paisaje (V 11, V 12 y V 13) de la <u>clase</u> V 1	125
2) Montañas con rocas modernas (Cenozoico superior) con modelado glacial; (Cordillera de los Andes). (M)	125
M 21. Faldeos altos y divisorias de agua subhúmedos con escasa vegetación (semidesierto de altura)	133
Cálculo del índice de vegetación en paisaje M 21	137
M 22. Faldeos medios y fondos de valles altos subhúmedos con vegetación herbácea	139
Cálculo del índice de vegetación en paisaje M 22	143
M 23. Faldeos bajos y fondos de valle semiáridos con vegetación herbácea	146
Cálculo del índice de vegetación en paisaje M 23	149
Comentarios sobre la aplicación del NDVI en los distintos <u>tipos</u> de paisaje (M 21, M 22 y M 23) de la <u>clase</u> M 2	152
3) Relieve complejo de Sierras, colinas y lomas con predominio de rocas volcánicas modernas (Cenozoico inferior). (S)	153
S 31 Sierras, colinas y lomas de origen volcánico semiáridas	158
Calculo del índice de vegetación en paisaje S 31	161
S 32 Sierras, colinas y lomas de origen volcánico subhúmedas	164
Calculo del índice de vegetación en paisaje S 32	167
S 33 Sierras, colinas y lomas de origen sedimentario áridas	170
Cálculo del índice de vegetación en paisaje S 33	174
Comentarios sobre la aplicación del NDVI en los distintos <u>tipos</u> de paisaje (S 31, S 32 y S 33) de la <u>clase</u> S 3	177
4) Planicies lávicas modernas (Cenozoico medio y superior) y valles (P).	178
P 41. Planicies poco disectadas semiáridas a subhúmedas con vegetación herbácea	185
Cálculo del índice de vegetación en paisaje P 41	189

P 42. Planicies disectadas a muy disectadas semiáridas a subhúmedas con vegetación herbácea	192
Cálculo del índice de vegetación en paisaje P 42	197
P 43. Valles en planicies semiáridas a subhúmedas con vegetación arbustiva - herbácea	199
Cálculo del índice de vegetación en paisaje P 43	204
Comentarios sobre la aplicación del NDVI en los distintos <u>tipos</u> de paisaje (P 41, P 42 y P 43) de la <u>clase</u> P 4	206
Síntesis de la situación en relación a la degradación de tierras y aptitudes de las distintas clases y tipos de paisajes	208
Capítulo 4 - Introducción	212
Estimación de la sobrecarga ganadera	212
Evaluación de la degradación de tierras en Varvarco – Invernada Vieja	220
Planicies altas de origen volcánico con vegetación herbácea (PA)	225
Evaluación de campo en PA	226
Piedemonte de planicies y terrazas fluviales y glaciofluviales con vegetación arbustivo herbácea (PV)	230
Evaluación de campo en PV	233
Relieve múltiple de colinas, lomas y valles con vegetación arbustivo herbácea (PL)	240
Evaluación de campo en PL	242
Resultados de la aplicación de algoritmos de teledetección en los distintos grupos de paisajes	246
Conclusiones y recomendaciones	258
Bibliografía	270
Anexo	280
Índices de vegetación aplicados en los paisajes de Varvarco – Invernada Vieja	281
Regresión entre índices de vegetación	296
Imágenes satelitales usadas para estudiar el comportamiento de los índices de vegetación	301
Permisos de veranada 2006/2007	309
Formulario de permiso de veranada	324

## ÍNDICE DE FIGURAS, CUADROS Y FOTOGRAFÍAS

### FIGURAS

N°	Descripción	Página
	Etapas del Ordenamiento Geoecológico	35
2	Indicadores básicos de la degradación de los paisajes	46
3	Esquema para la diferenciación y cartografía de las unidades de paisaje a escala 1:250.000 y 1:100.000 del Depto. Minas y áreas particulares	49
4	Mapa general del Departamento Minas	57
5	Departamento Minas. Pisos altitudinales	58
6	Departamento Minas. Isoyetas anuales	62
7	Precipitaciones medias mensuales	63
8	Departamento Minas. Mapa de vegetación	67
9	Mallín en paraje Pichi Neuquén al norte del Departamento Minas	68
10	Departamento Minas. Orientación de laderas	70
11	Departamento Minas. Clases de pendientes	70
12	Dpto. Minas. Evolución de la población según censos Nacionales y Provinciales	73
13	Departamento Minas. Rutas de trashumancia	77
14	Localización de las veranadas en el Departamento Minas	79
15	Producción de carne caprina. República Argentina	82
16	Existencias caprinas. República Argentina	82
17	Depto. Minas. Tipo de tenencia de la tierra. Gráfico	86
18	Depto. Minas. Mapa de tenencia de la tierra	88
19	Depto. Minas. Mapa de Uso de la tierra	89
20	Depto. Minas. Uso de la tierra. Gráfico	89
21	Depto. Minas. Mapa de aptitud forestal para protección de laderas	92
22	Depto. Minas. Mosaico satelital con clases de Paisajes	100
23	Perfil Norte Sur Cordillera del Viento entre el paraje Los Tachos y Arroyo La Primavera	101
24	Clases de pendiente en Cordillera del Viento	104
25	Orientación de laderas en Cordillera del Viento	105
26	Fotografía aérea de circo, morenas y un pequeño tarn en la Cordillera del Viento (tramo Sur)	106
27	Imagen Google Earth. Vista inclinada Sur – Norte de la Cordillera del Viento	107
28	Perfil Oeste – Este del valle del río Neuquén y Cordillera del Viento	107
29	Clases de paisaje Cordillera del Viento con subdivisión en tipos de paisaje	108
30	Pendiente de laderas en tipo de paisaje V11 (faldeos altos)	110
31	Orientación de laderas en tipo de paisaje V11 (faldeos altos)	111
32	Imagen Google Earth de los sectores altos de la Cordillera del Viento. Suelos alineados por permafrost y a la derecha un circo glaciario	111
33	Mapa sobre desertización publicado de la Dirección Provincial de Medio Ambiente de la Provincia de Neuquén	112

34	Tipo de paisaje V 11. Imagen Landsat que muestra el área analizada para aplicación del Índice de Vegetación (NDVI)	113
35	Tipo de paisaje V 11. NDVI	114
36	Tipo de paisaje V 11. Histograma del NDVI	114
37	Clases de pendiente en paisaje V 12	117
38	Orientación de laderas en paisaje V 12	118
39	Tipo de paisaje V 12. Imagen Landsat que muestra el área analizada para aplicación del Índice de Vegetación (NDVI)	119
40	Tipo de paisaje V 12. NDVI	119
41	Tipo de paisaje V 12. Histograma del NDVI	120
42	Orientación de laderas en paisaje tipo V 13	121
43	Clases de pendientes en paisaje tipo V 13	121
44	Tipo de paisaje V 13. Imagen Landsat que muestra el área analizada para aplicación del Índice de Vegetación (NDVI)	123
45	Tipo de paisaje V 13. NDVI	124
46	Tipo de paisaje V 13. Histograma del NDVI	124
47	Cordillera de los Andes. Perfil Norte – Sur desde Arroyo Vaca Lauquén hasta Arroyo Buta Mallín	126
48	Departamento Minas. Cálculo de superficie de lagos y lagunas en Cordillera de los Andes	127
49	Imagen Google Earth de la Cordillera de los Andes al Sur del Departamento Minas	128
50	Clases de pendientes en Cordillera de los Andes	129
51	Orientación de laderas en Cordillera de los Andes	130
52	Perfil Norte – Sur y tipos de vegetación en Cordillera de los Andes. Sector Cerros altos del Solimán	131
53	Clase de paisaje Cordillera de los Andes con subdivisión en tipos de paisaje	133
54	Imagen Google Earth de circos glaciares desarrollados hacia el Sur y el Este en la Cordillera de los Andes	135
55	Orientación de laderas en paisaje M 21(faldeos altos Cordillera de los Andes)	135
56	Clases de pendientes en paisaje M 21(faldeos altos Cord. de los Andes)	136
57	Tipo de paisaje M 21. Imagen Landsat que muestra el área analizada para aplicación del Índice de Vegetación (NDVI)	138
58	Tipo de paisaje M 21. NDVI	138
59	Tipo de paisaje M 21. Histograma del NDVI	139
60	Imagen Google Earth de la laguna Vaca Lauquén mostrando la ladera Sur de la montaña con vegetación boscosa	141
61	Clase de pendiente en tipo de paisaje M 22	142
62	Orientación de laderas en tipo de paisaje M 22	143
63	Tipo de paisaje M 22. Imagen Landsat que muestra el área analizada para aplicación del Índice de Vegetación (NDVI)	144
64	Tipo de paisaje M 22. NDVI	145
65	Tipo de paisaje M 22. Histograma del NDVI	145
66	Clase de pendiente en tipo de paisaje M 23	148
67	Orientación de laderas en tipo de paisaje M 23	149

68	Tipo de paisaje M 23. Imagen Landsat que muestra el área analizada para aplicación del Índice de Vegetación (NDVI)	150
69	Tipo de paisaje M 23. NDVI	151
70	Tipo de paisaje M 22. Histograma del NDVI	151
71	Perfil Norte – Sur paisaje de Sierras, Colinas y Lomadas	153
72	Imagen Google Earth. Vista aérea de un sector del paisaje de Sierras, Colinas y Lomadas	154
73	Mapa de clase de paisajes de Sierras, Colinas y Lomadas con subdivisión en tipos de paisaje	155
74	Pendientes en paisaje Sierras, colinas y lomadas	157
75	Orientación de laderas en paisaje Sierras, colinas y lomadas	157
76	Pendientes en paisaje tipo S 31	159
77	Orientación de laderas en paisaje tipo S 31	160
78	Tipo de paisaje S 31. Imagen Landsat que muestra el área analizada para aplicación del Índice de Vegetación (NDVI)	162
79	Tipo de paisaje S 31. NDVI	163
80	Tipo de paisaje S 31. Histograma del NDVI	163
81	Imagen Google Earth. Vegetación boscosa (Ñire) próxima a la localidad de Las Ovejas	165
82	Pendientes en paisaje tipo S 32	166
83	Orientación de laderas en paisaje tipo S 32	166
84	Tipo de paisaje S 32. Imagen Landsat que muestra el área analizada para aplicación del Índice de Vegetación (NDVI)	169
85	Tipo de paisaje S 32. NDVI	169
86	Tipo de paisaje S 32. Histograma del NDVI	170
87	Pendientes en paisaje tipo S 33	173
88	Orientación de laderas en paisaje tipo S 33	174
89	Tipo de paisaje S 33. Imagen Landsat que muestra el área analizada para aplicación del Índice de Vegetación (NDVI)	176
90	Tipo de paisaje S 33. NDVI	176
91	Tipo de paisaje S 33. Histograma del NDVI	177
92	Planicies lávicas modernas (P)	179
93	Pendientes en paisaje planicies semiáridas a subhúmedas con precipitaciones en invierno	183
94	Orientación de laderas en planicies semiáridas a subhúmedas con precipitaciones en invierno	183
95	Clase de paisaje planicies semiáridas a subhúmedas con precipitaciones en invierno con subdivisión en tipos de paisaje	184
96	Pendientes en paisaje tipo P 41	187
97	Orientación de laderas en paisaje tipo P 41	187
98	Tipo de paisaje P 41. Imagen Landsat que muestra el área analizada para aplicación del Índice de Vegetación (NDVI)	191
99	Tipo de paisaje P 41. NDVI	191
100	Tipo de paisaje P 41. Histograma del NDVI	192
101	Pendientes en paisaje tipo P 42	195
102	Orientación de laderas en paisaje tipo P 42	196
103	Tipo de paisaje P 42. Imagen Landsat que muestra el área analizada para aplicación del Índice de Vegetación (NDVI)	198

104	Tipo de paisaje P 42. NDVI	198
105	Tipo de paisaje P 42. Histograma del NDVI	199
106	Pendientes en paisaje tipo P 43	201
107	Orientación de laderas en paisaje tipo P 43	202
108	Tipo de paisaje P 43. Imagen Landsat que muestra el área analizada para aplicación del Índice de Vegetación (NDVI)	205
109	Tipo de paisaje P 43. NDVI	205
110	Tipo de paisaje P 43. Histograma del NDVI	206
111	Capacidad de carga ganadera en unidad de suelo N° 13	216
112	Capacidad de carga ganadera en unidad de suelo N° 20	216
113	Capacidad de carga ganadera en unidad de suelo N° 21	217
114	Capacidad de carga ganadera en unidad de suelo N° 22	217
115	Capacidad de carga ganadera en unidad de suelo N° 23	217
116	Capacidad de carga ganadera en unidad de suelo N° 34	217
117	Perfil Oeste – Este del valle del río Neuquén y planicies aledañas	221
118	Grupo de paisajes del área Varvarco – Invernada Vieja	224
119	Esquema de funcionamiento de un mallín colgante en Invernada Vieja	226
120	Imagen Google Earth. Vista oblicua de un sector de las planicies altas en Invernada Vieja	229
121	Esquema de las tierras de Invernada Vieja con y sin degradación	240
122	Invernada Vieja – Varvarco. Área de aplicación de los índices de vegetación en grupo de paisaje PA	247
123	Invernada Vieja – Varvarco. Área de aplicación de los índices de vegetación en grupo de paisaje PV	247
124	Invernada Vieja – Varvarco. Área de aplicación de los índices de vegetación en grupo de paisaje PL	248
125	Aplicación de los índices de vegetación en grupos de paisaje PA, PV y PL	250
126	Mapa de estimación de la degradación de la tierra en grupo de paisaje PA	254
127	Mapa de estimación de la degradación de la tierra en grupo de paisaje PV	254
128	Mapa de estimación de la degradación de la tierra en grupo de paisaje PL	255

## CUADROS

N°	Descripción	Página
1	Mallines del Departamento Minas	69
2	Evolución población Dpto. Minas según censos Nacionales y Provinciales	71
3	Departamento Minas. Población por localidad y municipio	73
4	Departamento Minas. Densidad de población por fracción y radio	74
5	Departamento Minas. Arreos departamentales y extradepartamentales que se trasladan a la veranada (2006/7)	78
6	Provincia de Neuquén. Ganado bovino, ovino y caprino según censos	80

agropecuarios 1988 y 2002	
7 Departamento Minas. Ganado bovino, ovino y caprino según censos agropecuarios 1988 y 2002	80
8 Dpto. Minas. Existencias ganaderas históricas	81
9 Arreos que realizan las veranadas en el Departamento Minas provenientes de otros Departamentos. Temporada 2006/2007	83
10 Cantidad de EAPs con límites indefinidos y participación sobre el total de EAPs	84
11 Departamento Minas. Uso y tenencia de la tierra	85
12 Departamento Minas. Tipo de uso ganadero	85
13 Departamento Minas. Tipo de tenencia de la tierra	86
14 Departamento Minas. Cantidad y superficie de empresas agropecuarias con límites definidos	87
15 Departamento Minas. Tamaño y cantidad de propiedades con y sin límites definidos	87
16 Departamento Minas. Aptitudes para forestación con género <i>Pinus</i>	91
17 Departamento Minas. Áreas protegidas provinciales	95
18 Departamento Minas. Clases de paisaje	100
19 Cordillera del Viento. Tipos de paisaje	108
20 Tabla resumen de la aplicación del NDVI en tipos de paisajes de la clase V 1	125
21 Cordillera de los Andes. Superficie de tipos de paisaje	132
22 Resumen de la aplicación del NDVI en tipos de paisajes de la clase M 1	152
23 Superficie de los tipos de paisajes de la clase Sierras, Colinas y Lomadas	156
24 Tabla resumen de la aplicación del NDVI en tipos de paisajes de la clase S 1	178
25 Superficie de tipos de paisaje en Planicies semiáridas a subhúmedas con precipitaciones en invierno (P)	185
26 Tabla resumen de la aplicación del NDVI en tipos de paisajes de la clase P 1	207
27 Cuadro síntesis en relación a la degradación de tierras y aptitudes de los Distintas clases y tipos de paisajes	208
28 Departamento Minas. Existencias ganaderas	214
29 Tabla de equivalencias del ganado a UGOs. (Unidades Ganaderas Ovinas)	214
30 Departamento Minas. Cantidad de UGOs (Suma de stocks de invernada mas arreos/3)	214
31 Cantidad de ganado de las EAPs. Convertidos a UGOs	215
32 Departamento Minas. Densidad Ganadera Óptima en Área de Invernada	218
33 a Varvarco – Invernada Vieja. Cuadro estratigráfico flanco oriental	221
33 b Idem . Flanco occidental y planicies	222
34 Clases de pendiente en grupos de paisajes de Varvarco – Invernada Vieja	223
35 Varvarco – Invernada Vieja. Superficie de los grupos de paisaje	224
36 Valores obtenidos por la aplicación de los índices de vegetación en	



	grupo de paisaje PA	248
37	Valores obtenidos por la aplicación de los índices de vegetación en grupo de paisaje PV	249
38	Valores obtenidos por la aplicación de los índices de vegetación en grupo de paisaje PL	249
39	Índices de vegetación. Valores obtenidos en área estepa – mallín	251
40	Índices de vegetación. Valores obtenidos en área estepa pura	251
41	Índices de vegetación en estepa – mallín. Valores máximos y mínimos	251
42	Índices de vegetación en estepa pura. Valores máximos y mínimos	252
43	Incremento (%) entre el mínimo y el máximo de los índices utilizados en dos áreas diferentes (con y sin mallín)	252
44	Rango de valores de NDVI considerado para grupo de paisaje	253
45	Varvarco – Invernada Vieja. Estimación de la degradación de tierras	255

## FOTOGRAFÍAS (\*)

Nº	Descripción	Pág.
1	Forestación con género <i>Pinus</i> de la Empresa Corfone, en planicie próxima a la localidad de Las Ovejas	91
2	Forestación con género <i>Pinus</i> en laderas de la Cordillera del Viento al Sur de la localidad de Andacollo	93
3	Reserva Provincial Lagunas de Epu Lauquen. Bosque de Ñire ( <i>Nothofagus antártica</i> ), Lenga ( <i>Nothofagus pumilio</i> ) y Roble Pellín ( <i>Nothofagus obliqua</i> )	94
4	Vista de la Cordillera del Viento con su altura máxima en ese tramo, (C° Corona, 2960 m). En la parte inferior aparece la localidad de Andacollo	102
5	El mismo lugar de figura Nº 26 visto con una fotografía terrestre. La muy buena conservación de estas morenas evidencia que son de reciente formación	106
6	Estepa herbácea en paisaje tipo V 12. Sector próximo a paraje Los Bolillos, al Norte de Varvarco. Curiosas formas producto de la erosión atraen el interés de los visitantes	116
7	Ejemplares de Ciprés de la Cordillera en laderas de la Cordillera del Viento con exposición Oeste. Este sector ha sido declarado Área Protegida (Cañada de Molina). Se trataría de los Cipreses más septentrionales del Hemisferio Sur. Alguno de estos ejemplares pueden tener hasta 1500 años	117
8	Cordillera de los Andes en el Norte del Departamento Minas. Laguna Varvarco Campos, de origen glacial	126
9	Vista del paisaje tipo M 22 en el sector próximo a la localidad de Los Miches (Cerro Centinela 2929 m)	143
10	Valle del río Nahueve. Próximo a Lagunas de Epulafquen. Un arreo rumbo a la Cordillera	148
11	Puesto de invernada en proximidades del Paraje Chapala, unos 6 km. Al sudoeste de Andacollo. La presencia del puesto, genera condiciones de degradación de la vegetación por sobrepastoreo	156

12	Lutitas plegadas de la Formación Los Molles (Jurásico inferior/medio)	171
13	<i>Centaurea solstitialis</i> (abrepuño amarillo), muy abundante en zonas degradadas	172
14	Bloques erráticos sobre la planicie localizada entre los ríos Lileo y Guañacos (paraje Quilmahue)	179
15	Detalle de la fotografía 14 mostrando estrías de origen glaciario	179
16	Mallín al pie de una de las planicies en paraje Los Guañacos	180
17	Planicie localizada al Sur del río Guañaco en un área con clausura y manejo de la majada	182
18	Un sector de similares características a la fotografía anterior localizado unos 5 km. Al Norte en el paraje Quilmahue. Corresponde a un sector que no posee alambrados que delimiten potreros con evidencias de sobrepastoreo	182
19	Planicie y pequeño neck, El automóvil está sobre la ruta Pcial. N° 57, al Sur de la localidad de Los Guañacos	188
20	Forestación de pinos ( <i>Pinus ponderosa</i> ) de la Empresa Corfone en las planicies del paraje Pampa de Coya Muelo	189
21	Confluencia de los ríos Neuquén (izquierda, aguas claras) con el Varvarco (derecha, aguas turbias)	194
22	Valle del Río Guañacos. Las terrazas de este valle son utilizadas para la cría del ganado bovino y para el cultivo de especies forrajeras	202
23	Valle del Río Guañacos. En la parte inferior de la fotografía puede observarse el material proveniente de las laderas formando un abanico aluvial sobre una de las terrazas del valle (cubriendo parte de la ruta 57)	203
24	Valle del río Neuquén, al Sur de Manzano Amargo. Sobre una de las terrazas del río un sector destinado a forestación	203
25	Un detalle del suelo y la vegetación en las planicies altas de Invernada Vieja	228
26	Mallín degradado (con vegetación de estepa) en sector de planicies altas de Invernada Vieja	228
27	Cárcava en mallín degradado que aún conserva parte de su vegetación típica	230
28	En un sector del piedemonte puede verse como la vegetación originaria ha sido reemplazada por <i>Centaurea solstitialis</i> (abrepuño amarillo)	232
29	En Invernada Vieja, el borde de las planicies altas de donde procede el agua que proviene de la meseta. Los mallines prácticamente han desaparecido y el canal por donde drenan ha formado profundas cárcavas y dejado al descubierto la roca de base	233
30	Invernada Vieja. Remanente de erosión que muestra la antigua superficie del mallín, hoy muy disectado	235
31/32	Bloques de la planicie próxima al sector donde se realizó la transecta con marcas del antiguo nivel de suelo	236
33	Medición para la realización de un perfil en sector con sucesivas cárcavas	236
34/39	Distintas evidencias de la degradación en un sector de las planicies de Invernada Vieja	238
40	Un sector con deflación en la zona de terrazas en Relieve múltiple de colinas, lomas y valles con vegetación arbustiva herbácea	242
41/42	Distintas evidencias de la degradación de tierras en el sector de grupo de	245

	paisaje PL	
43/44	Acumulación de material fino en torno a las matas en PL	246

(\*) Todas las fotografías de esta tesis fueron tomadas por el autor.

## INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN

Las sociedades en su afán de aprovechar los recursos naturales fueron transformando en mayor o menor medida el medio que les rodea. Desde los albores de la humanidad, cuando sólo se contaba con herramientas primitivas, hasta los tiempos actuales, caracterizados por el gran desarrollo de la ciencia y la técnica, ha ido transformando casi por completo el mundo donde vive, al punto que puede decirse hoy que no existe sobre la faz de la tierra lugares que no hayan sufrido la influencia humana. Esto ha generado una **crisis ambiental que ya no es futura sino presente** y se ha convertido en tema de discusión permanente en organismos, foros y conferencias relacionados con el cuidado y protección del medio ambiente.

En las regiones áridas y semiáridas uno de los problemas ambientales más comunes es la **degradación de las tierras** por efecto del sobrepastoreo. Conviene recordar que más de la tercera parte de la superficie terrestre es árida y semiárida y en ella, los procesos de desertización se han intensificado en los últimos decenios. Según la Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la Desertificación (CNULD), “este problema amenaza al 40 % aproximadamente, de la superficie terrestre de nuestro planeta (...) Un 70% de todas las tierras secas están afectadas por la desertificación, con una superficie de 36 millones de km<sup>2</sup>. (...) Más de 1.000 millones de personas en alrededor de 100 países están afectadas directamente por la desertificación o corren peligro de estarlo (CNULD, 2003), estimándose que “la pérdida de ingresos en las áreas afectadas alcanza a unos 42.000 millones de dólares”. En este documento anteriormente citado se afirma que en América Latina y el Caribe, donde las tres cuartas partes de la tierra es árida, casi la cuarta parte de la región, se encuentra entre moderada a gravemente degradadas.

Argentina en general y la Patagonia en particular, no son ajenas a esta situación. Más de las dos terceras partes de nuestro territorio Nacional se hallan bajo condiciones de áridas o semiáridas y según los datos del PAN (Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación, 2002) de los 270 millones de hectáreas que componen el territorio nacional, 60 millones están bajo los efectos de distintos procesos y grados de desertificación. Para la Patagonia, este Organismo sostiene que se encuentran afectadas por esta problemática más de

60 millones de hectáreas de pastizales naturales en las seis provincias que forman parte de esta región.

El INTA (2004) estima que el 92% de la superficie de la Provincia de Neuquén se encuentra sometida a distintos procesos de desertificación. De esta superficie unas 3.553.000 hectáreas (37,1 % de la superficie provincial) se las ha evaluado en estado **grave a muy grave**. Este Organismo Nacional viene trabajando, junto a otras instituciones, en distintos programas contra la desertización, lo que lo ha transformado en una referencia sobre esta problemática.

El **Departamento Minas** es uno de los Departamentos de la Provincia de Neuquén donde la problemática de la desertificación se manifiesta a través de distintos procesos. Parte de ellos han sido estudiados por varias instituciones y autores con escalas y metodologías diferentes (Irisarri et al. 1979; CFI – COPADE, 1991; INTA, 1996; Bertani et al. 2001, 2004).

La Dirección General de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Neuquén (1997), en un informe ambiental a nivel provincial, sostiene que “el proceso de desertización en el territorio provincial refleja el resultado de la acción concurrente, en diferentes grados, de tres factores: la inestabilidad del sistema natural, la intensidad de su uso y la irracionalidad de su manejo y denota la ausencia de tratamiento intersectorial, integrado, coherente y continuo, con horizontes de resolución en el mediano y largo plazo”. Agrega el informe que este proceso “afecta directa o indirectamente a dos tercios del territorio, en el que reside más del 70% de la población, lo que constituye uno de los problemas ambientales de carácter estructural de más compleja solución”.

La idea de un desarrollo armónico entre la sociedad y la naturaleza estuvo y está presente en la retórica, pero a la hora de decidir acciones y políticas sobre el manejo de los recursos, no son muchas las acciones emprendidas en pos de la concreción de estos principios. Precisamente uno de los impedimentos para su aplicación es la carencia de estudios integrados para evaluar el potencial natural del territorio para las diferentes actividades. Asimismo, la información disponible se encuentra dispersa, fragmentada y sin criterios de escala uniformes debido quizás a la inexistencia en nuestro país de producción teórica y análisis crítico sobre los estudios integrales con vistas a la planificación ambiental del territorio.

La actividad ganadera y en particular la ganadería de carácter extensivo, es quizá el mejor ejemplo de esta situación. Esta actividad, muy arraigada en la región, pasó de un nomadismo original a un desigual modelo de ocupación del territorio, con una ineficiente gestión por parte del Estado. Esto ha desencadenado una serie de procesos de distinta magnitud en el territorio provincial como los que ocurren en la Pampa de Curacó, (departamento Catan Lil), donde se evidencia la extrema severidad de los procesos de degradación ocasionados por el sobrepastoreo (Bertani y Peña, 2000), mientras que otras áreas próximas a este lugar presentan llamativas evidencias de buena conservación. Otro caso paradigmático lo constituye la Pampa de Lonco Luan, al Norte del Departamento Aluminé, donde se conjugan causas naturales y sociales, que dieron como resultado uno de los procesos de degradación de la tierra de mayor intensidad en la Patagonia.

En el Departamento Minas existe una sobrecarga ganadera estimada en un 17 % (COPADE - CFI, 1991) y las consecuencias de ello se manifiestan en distintos sectores de este territorio (Irisarri, et al. 1986; Bendini, 1985; Bertani, et al., 2001 y 2003; Bertani, 2005). Esta problemática ya fue abordada a través de un proyecto de investigación de la Universidad Nacional del Comahue sobre el Norte neuquino, dirigido por el autor de esta tesis, donde quedó en evidencia la severidad de los procesos que afectan a este territorio y la profunda y compleja trama sobre su génesis. Es por ello que se ha seleccionado el Departamento Minas para la realización de esta tesis, dada la alternancia de espacios con marcados contrastes desde el punto de vista ambiental, donde se combinan procesos de origen natural y social que han contribuido a poner en riesgo los recursos que hoy se explotan.

A esto debe sumársele que este Departamento, junto a Chos Malal, constituyen un espacio con una rica tradición histórica, ya que hacia fines del siglo XIX y principios del XX presentaba el mayor desarrollo económico neuquino, al actuar como zona de abastecimiento a los mercados chilenos, muy activos desde mediados del siglo XIX. Este desarrollo quedó muy bien reflejado en las cifras que arrojó el segundo Censo Nacional de 1895 donde ambos departamentos (por aquel entonces unificados) presentaban la mayor densidad de población del territorio neuquino. Luego, a raíz del cierre de la frontera con Chile y el traslado de la capital del territorio de Chos Malal a Neuquén, el Departamento Minas se fue despoblando, quedando sólo como abastecedores marginales de productos agropecuarios de centros urbanos como Zapala y Chos Malal.

La morfología del Departamento es predominantemente montañosa y es el lugar del nacimiento de dos grandes cuencas del territorio neuquino: la del Neuquén y la del Colorado. Ocupa una superficie de 6.225 km<sup>2</sup> y su población, según los datos del Censo Nacional de 2001 alcanza a 7.408 habitantes, lo que arroja una densidad de 1,2 habitantes por km<sup>2</sup>. El principal centro urbano y cabecera departamental es la localidad de Andacollo (2.548 hab.). Otros centros que cumplen funciones urbanas son Las Ovejas (1.622 hab.), Huinganco (826 hab.), Los Miches (593 hab.), Manzano Amargo (346 hab.), Villa Nahueve (326) y Varvarco (260 hab.). A febrero de 2011, fecha de finalización de esta tesis, sólo existen resultados provisionales del Censo Nacional 2010 que arrojaron una población total para el Departamento de 7.589 habitantes.

Sus condiciones físico-geográficas han dado lugar a la existencia de una variada gama de recursos naturales que han posibilitado, a lo largo de su corta historia, el desarrollo de distintas actividades económicas de carácter extractivas. Entre ellas merecen destacarse la explotación de recursos tales como la minería y la ganadería y en las últimas décadas el turismo y la forestación, que han permitido integrar, aunque muy débilmente, la economía departamental a los circuitos regionales y nacionales.

Teniendo en cuenta esta situación, esta tesis pretende aplicar las concepciones metodológicas de la Geoecología de los Paisajes en el Departamento Minas con vistas a estudiar la estructura y funcionamiento de los paisajes, herramienta fundamental para comprender el fenómeno de la degradación de la tierra. Dada la extensión del Departamento, posteriormente se analizará con mayor detalle el área Varvarco – Invernada Vieja, con la finalidad de entender mejor la estructura, funcionamiento y el grado de las perturbaciones y conflictos existentes en la actualidad. Este recorte espacial y aumento en el nivel de detalle, implica que se progrese en el conocimiento de la diversidad del territorio, tanto en los aspectos físico-geográficos como socioeconómicos, lo que permitirá entender mejor la génesis, el estado y las consecuencias de los problemas relacionados con la degradación de tierras.

El estudio de los paisajes brinda la posibilidad de integrar transdisciplinariamente los conocimientos y percepciones de la diversidad geoecológica y socioeconómica desde una perspectiva dinámica. Mediante este tipo de análisis se puede acceder al conocimiento de las formas de ocupación y conservación de los recursos naturales procurando la protección de la oferta ecológica a largo plazo. De esta manera se puede llegar a comprender cuál es el



equilibrio razonable entre el uso y conservación de los recursos, es decir, el punto correspondiente a una máxima utilización de los mismos, sin que se produzca una disminución en su nivel de calidad.

Se entiende por **paisaje** a la unidad territorial integral, objetiva, en constante estado de intercambio de energía, materia e información; constituida por la asociación de sus elementos y formada bajo la influencia de los procesos naturales y la actividad humana a través del tiempo.

El paisaje geográfico o geosistema se concibe entonces como “un sistema espacio-temporal, complejo y abierto, que se origina y evoluciona justamente en la interfase naturaleza-sociedad, en un constante estado de intercambio de energía, materia e información, donde su estructura, funcionamiento, dinámica y evolución reflejan la interacción entre los componentes naturales (abióticos y bióticos), técnico-económicos y socio-culturales (Mateo, 1991; Salinas, 1991 y 1998). Se trata de una formación socio-natural que constituye una **categoría** científica y como tal, adoptada en esta tesis.

Como noción básica, el paisaje es considerado en este trabajo con un doble papel: como **sujeto y objeto** de la actividad humana. Sujeto en la medida en que el paisaje posee unas características (potencial de recursos) que sirven de soporte básico al desarrollo socioeconómico del territorio, y objeto en cuanto que la actividad humana transforma con su dinámica al territorio, es decir, al paisaje que le sirve de base. Esta doble función del paisaje se constituye entonces en el fundamento para comprender la dinámica natural y social, desde la perspectiva de la ordenación del territorio. (Salinas, et al. 2000).

Por ello la **hipótesis** de esta tesis sostiene que como consecuencia del impacto generado por las actividades humanas en el Departamento Minas, el funcionamiento global de los paisajes ha sido afectado en las relaciones de los elementos constituyentes del geosistema. Esto ha provocado la pérdida de su estado homeostático (estado de equilibrio dinámico del sistema), derivando en un nuevo estado de equilibrio termodinámico de tipo crítico **que** es al que se denomina **degradación del paisaje**.

A través del abordaje de la estructura, funcionamiento, dinámica y evolución de los paisajes (propuesta metodológica de la geoecología del paisaje) que atiende a la interacción entre los

componentes naturales, técnico-económicos y socio-culturales, será posible comprender esta problemática.

En base a la hipótesis planteada, el **objetivo central** de este trabajo es estudiar la degradación de los paisajes del Departamento Minas a partir de los preceptos de la geoecología, con apoyo de los Sistemas de Información Geográfica y la teledetección, estableciendo índices diagnósticos que reflejen la interacción e interdependencia entre los componentes naturales y sociales del paisaje. Para ello se proponen los **objetivos particulares** siguientes:

- Confeccionar un mosaico satelital georreferenciado del Departamento Minas con imágenes landsat TM.
- Delimitar, clasificar y cartografiar los paisajes del Departamento generando una base de datos georreferenciada a escala 1:250.000.
- Determinar las principales propiedades geoecológicas de los paisajes y diagnosticar el estado de la degradación de los mismos en el Departamento.
- Calcular índices de Degradación (Id) para el área Varvarco – Invernada Vieja, teniendo en cuenta los procesos de degradación del suelo, los cambios en la cubierta vegetal y el uso del suelo en estos paisajes, generando la cartografía a escala 1:100.000.

**Para poder cumplir con los objetivos planteados se han desarrollado las siguientes actividades:**

Primera fase: Inventario y análisis

1. Recopilación y consulta de antecedentes bibliográficos y cartográficos.
2. Recopilación y tratamiento de material aerofotocartográfico.
3. Sistematización y análisis de las variables a utilizar.
4. Transformación a formato digital de los mapas analógicos.
5. Estructuración y alimentación de la base de datos.
6. Tratamiento digital de imágenes satelitales. Esta tarea incluye:
  - Construcción de un mosaico satelital georeferenciado.
  - Aplicación de algoritmos y clasificaciones para evaluar la variabilidad espacial de los

elementos naturales.

7. Entrecruzamiento cartográfico y producción de cartografía digital integrada.
8. Producción preliminar de cartas de unidades de paisaje a escala 1:250.000.
9. Análisis de la estructura y dinámica de los paisajes.

### **Segunda fase: Diagnóstico**

1. Análisis espacial de las actividades productivas.
2. Evaluación del estado de los paisajes con indicadores de degradación (Id) y teledetección.
3. Identificación de los principales problemas ambientales.
4. Análisis del potencial geoecológico de los paisajes.

### Tercera fase: Propositiva

1. Propuestas de recuperación sobre áreas críticas desde el punto de vista ambiental.
2. Elaboración de propuestas alternativas de ordenamiento ambiental.
3. Informe final.

Esta tesis se realiza tomando como base la información que aporta el trabajo de investigación mencionado anteriormente, desarrollado entre los años 1996 y 2004, cuyos resultados y distintos avances fueran presentados en Congresos científicos y publicados en revistas de la especialidad. Entre ellos se puede mencionar los siguientes:

- 2008. Bertani, Luis con A. P. Salcedo y R. Solorza El comportamiento de los índices de vegetación para el estudio de la degradación de tierras en el Norte de Neuquén. Publicado en las actas del VII Jornadas Nacionales de Geografía Física. UCSE – DASS. Pp. 326 -336.
- 2008. Bertani, Luis. Planificación Física y Ordenamiento Territorial en el Norte Neuquino. Publicado en las actas del VII Jornadas Nacionales de Geografía Física. UCSE – DASS. Pp. 62 -72.
- 2007. Bertani, Luis. “Recursos naturales y Ordenamiento Territorial en el Norte de la Provincia de Neuquén, República Argentina”. Publicado en las actas del XI EGAL. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

- 2005. Bertani, L. y Ambrosio M. “Paisaje y Ordenamiento Territorial en el Norte Neuquino”. Publicado en las actas del III Seminario Internacional. La interdisciplina en el Ordenamiento Territorial. Universidad Nacional de Cuyo.
- 2005. Bertani, L. “La degradación de la tierra en el Norte de la Provincia de Neuquén, República Argentina” y Lavalle, Alejandra y Bertani, Luis “Problemáticas ambientales de las áreas protegidas del Norte de Neuquén, Patagonia Argentina” Publicado en las actas del X EGAL. Universidad de San Pablo, Brasil.
- 2000. Bertani, L., Salinas Chávez, E. y Quintela, J. “Paisajes y ordenamiento territorial: obtención del mapa de paisajes a escala media con el apoyo de los SIG. El estado de Hidalgo en México y la Provincia de Neuquén en Argentina”. En Jornadas Nacionales de Geografía Física. Santa Fe.
- Irisarri J et al. (1979). *Los suelos del Departamento Minas, Provincia de Neuquén*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue. Cinco Saltos (R.N.).

Otros trabajos realizados a nivel provincial han contribuido con valiosa información temática. Entre ellos merecen destacarse:

- Bendini M. et al., 1985. El trabajo trashumante en la Provincia del Neuquén. UNC – COPADE – Subcyt. Neuquén.
- COPADE - CFI, 1991. *Estudio Regional de Suelos de la Provincia de Neuquén*. CFI. Buenos Aires.
- Movia C. León A. y otros. 1982. *Estudio de la Vegetación Natural de la Provincia del Neuquén*. Tomo I, II y III. Min. de Economía y Hacienda Prov. de Neuquén
- Universidad Nacional del Comahue – Departamento de Geografía, (1982). *Atlas de la Provincia de Neuquén*. Neuquén.

Además de la bibliografía general y los trabajos citados, gran parte de la información se obtuvo durante los trabajos de campo y la que proveyeron el tratamiento digital de las imágenes satelitales Landsat TM y ETM que presentan cobertura total del área de estudio. Estas imágenes fueron proporcionadas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales de la República Argentina (CONAE) y han sido procesadas mediante la utilización del SIG Idrisi (versión 3.2, 2001) de la Universidad de Clark (Estados Unidos).

Las imágenes utilizadas para la elaboración del mosaico satelital del Departamento Minas fueron las siguientes:

<b>Path</b>	<b>Row</b>	<b>Fecha</b>
232	085	22/01/98
232	086	22/01/98

Con ellas se construyó dicho mosaico el que fue utilizado para establecer los límites entre las clases, tipos y grupos de paisaje. Además permitió obtener cartografía temática sobre el estado de los grupos de paisajes analizados en detalle.

Para la obtención de información referida a la degradación de la tierra en los grupos de paisajes de ambientes áridos y semiáridos se empleó una imagen landsat TM del 13/02/06 a la que se le aplicaron algoritmos (principalmente estadísticos) lo que ha posibilitado realizar operaciones como es el caso de los índices de vegetación o la combinación entre las bandas de la imagen original. Los mismos han servido para estudiar y caracterizar la variabilidad espacial y el estado de los paisajes permitiendo acceder a datos originales y convertirlos en mapas temáticos, de acuerdo a varios procedimientos de clasificación que provee el sistema. También posibilitó el entrecruzamiento cartográfico con información temática elaborada en el SIG tal como se hiciera con el mapa de delimitación catastral, de vegetación, etc.

El estudio de los paisajes del departamento aplicando la metodología de la geoecología del paisaje, constituye la base necesaria para desarrollar planes y políticas de manejo de los recursos naturales, especialmente suelos y vegetación. También se espera que pueda ser de relevancia para establecer pautas de gestión con miras a un mejor aprovechamiento de estos recursos, en un medio donde la actividad ganadera extensiva, la forestación y el turismo constituyen las principales actividades. Organismos tales como el Consejo de Planificación y Acción para el Desarrollo de la Provincia de Neuquén (COPADE), Ministerio de la Producción, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Corporación Forestal de Neuquén (CORFONE), Cooperativas Agrarias y otras entidades vinculadas a la actividad rural, podrán utilizar estos resultados con la finalidad de desarrollar planes y programas orientados a establecer pautas de manejo para la región. De esta manera se podrá evitar que ante la pérdida del potencial productivo de muchos paisajes, la población rural deba migrar en

forma forzada y pase a engrosar los sectores marginales de los principales centros urbanos de la Provincia como son Chos Malal, Zapala, Cutral Co y particularmente la ciudad de Neuquén.

Este trabajo cuenta con una introducción, cuatro capítulos, conclusiones y recomendaciones, bibliografía y anexos. En el **primer** capítulo se establecen los fundamentos teóricos y metodológicos y la metodología de trabajo empleada. En el **segundo** capítulo se estudian las características geoecológicas y socioeconómicas del Departamento Minas que posteriormente, en el **Capítulo 3**, permitió arribar a la diferenciación, clasificación y cartografía de los paisajes a escala 1:250.000. Se identificaron cuatro **clases** y doce **tipos** de paisajes. Al final del capítulo se incluye un índice cuantitativo donde se sintetiza las aptitudes de cada tipo de paisaje para distintas actividades. El **cuarto** capítulo está destinado al análisis de la degradación de la tierra en el área Varvarco – Invernada Vieja a escala 1:100.000. Para ello se estudia, en primer lugar la sobrecarga ganadera que afecta a la totalidad del Departamento en general y al sector de invernada en particular. Posteriormente se analiza de qué manera han afectado el uso de la tierra, en particular el ganadero, a los sistemas de paisajes y la respuesta de éstos ante dicho impacto. Al final del capítulo se aplican distintos algoritmos de teledetección con la finalidad de cuantificar la degradación de la tierra. Finalmente en las **conclusiones** se verifica la validez de la hipótesis y se hace referencia a los distintos objetivos planteados en la tesis. Además se cuantifica, mediante la aplicación de índices de teledetección, el grado de magnitud del problema de la degradación de la tierra para el área estudiada en detalle (Varvarco – Invernada Vieja). Se efectúan algunas **recomendaciones** con la finalidad de revertir los procesos de degradación de la tierra estudiados.

## **CAPITULO 1**

# **GEOECOLOGÍA DEL PAISAJE Y DEGRADACIÓN DE LA TIERRA**

## **ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS**

## INTRODUCCIÓN

En las lenguas románicas, el término “paisaje” deriva del latín “*pagus*”, que significaba campo o territorio cultivado y por extensión en esa época, país, en el sentido de lugar, sector territorial. Su significado más estricto coincide con un distrito territorial propiedad de un señor, u ocupado por un grupo humano. Así lo expresan las palabras *Landschaft* (alemán), *landscape* (inglés), *paysage* (francés), o *paisaje*. Las lenguas germánicas presentan un claro paralelismo a través de la palabra originaria *land*, con un sentido prácticamente similar, y de la que derivan *landschaft* (alemán), *landscape* (inglés), *landschap* (holandés), etc. En Alemania y sus países vecinos este término es utilizado desde la Edad Media para designar una región de dimensiones medias, en cuyo territorio se desenvolvían pequeñas unidades de ocupación humana.

Preston James, en 1934 señalaba que *landscape* sin artículo, significa el mundo visible, todo lo que puede ser visto de la superficie terrestre por alguien que está, en esa propia superficie; y con artículo, *a landscape*, se refiere a la porción de superficie terrestre visible para un observador determinado.

El paisaje como tal es y ha sido objeto de estudio por parte de varias disciplinas lo que implica que exista, de manera superpuesta, una diversidad de significados: por paisaje se entiende naturaleza, territorio, área geográfica, medio ambiente, hábitat, escenario, etc. Sin embargo siempre se hace referencia a una manifestación externa, a indicadores o procesos que corresponden al ámbito natural o humano. Todo esto conlleva a que, según de donde se proceda y qué objetivos se persigan, pueden encontrarse distintas interpretaciones científicas en torno al paisaje.

Durante el siglo XIX corrientes naturalistas y ambientalistas comienzan a darle un contenido distinto, siendo objeto de estudio de naturalistas y geógrafos, aunque en un principio tuviera más bien una interpretación descriptiva y superficial. A partir del avance que tuvieron las ciencias naturales para esa época se trató de alcanzar una visión más integradora que, en algunos casos, desembocó en un determinismo geográfico, interpretación equívoca de las relaciones entre la sociedad y la naturaleza. Esta desviación metodológica surge a partir de la concepción antagónica que se sostuvo entre lo natural y lo social, y a interpretaciones



ideológicas que, simplificando la realidad, explicaron la sociedad mediante las leyes que rigen la naturaleza.

A principios del siglo XX y mediante la filosofía más integrada al desarrollo científico (Bertani, 2003), se producen profundos planteamientos en los distintos campos del conocimiento que permitieron avanzar desde lo epistemológico y lo metodológico. La visión holística se manifiesta en el quehacer científico, especialmente en aquellas ciencias, que como la geografía, buscan la síntesis, para tratar de comprender y explicar el mundo o alguna de sus partes.

Los avances logrados por la Geografía en torno al concepto de paisaje, el encuadre metodológico de la ecología, el desarrollo de los estudios integrados y el análisis e interpretación planteados por la ciencia del paisaje, han permitido construir un cuerpo teórico-metodológico significativo que sirve de sustento para avanzar en el conocimiento del paisaje. A ello debe sumársele más recientemente otras técnicas, como la teledetección y los sistemas de información geográfica, que han posibilitado abordar el paisaje geográfico con nuevos instrumentos metodológicos, ampliando el abanico de posibilidades con que cuenta el geógrafo para desarrollar este tipo de estudios.

El termino paisaje como expresión común al hombre moderno fue introducido como concepto físico – geográfico en los inicios del siglo XIX por el sabio alemán Alejandro de Humboldt quien lo definió “como el carácter total de un área geográfica”. La evolución de los estudios del paisaje debe mucho a la escuela geográfica de la ex – Unión Soviética pues a diferencia del mundo occidental donde estos estudios estuvieron más relacionados con las Ciencias de la Tierra y por tanto con un enfoque más geomorfológico, en la escuela de Geografía de la antigua Unión Soviética las investigaciones del paisaje se encaminaron al desarrollo de una visión más amplia incluyendo los componentes y procesos bióticos junto a los abióticos, denominando a esta totalidad como **Geografía de los Paisajes**.

En la Ecología el termino de paisajes fue introducido por el geógrafo alemán Carl Troll (1939) quien propuso la creación de una nueva disciplina científica para integrar los conocimientos geográficos y ecológicos de esos momentos y a la cual llamó Geoecología, entonces definió al paisaje “como una entidad total espacial y visual, integrada por la geosfera, la biosfera y la noosfera” esta ultima definida por Vernadski con anterioridad. A

partir de esta época, distintas escuelas de geografía y ecología desarrollaron también nuevos conceptos del término paisaje entre estos merecen destacarse:

- Bertrand quien en sus trabajos iniciales en 1968 definió al paisaje como “una determinada porción del espacio que resulta de la combinación dinámica de los elementos físicos, biológicos y antropicos los cuales interactúan dialécticamente unos con otros formando un conjunto único e insoluble en constante evolución”
- Zonneveld en 1969 lo definió como “una parte de la superficie terrestre constituida por un complejo de sistemas caracterizados por la actividad geológica, el agua, el aire, las plantas, animales y el hombre y por sus formas fisonómicas resultantes que pueden ser reconocidas como entidades”

Esto fue acompañado por el empleo del concepto de terrain (terreno) y el abordaje del paisaje como unidad integradora fundamental en los estudios de ordenamiento y planificación de los territorios especialmente relacionados con el uso de las tierras, conforme Zonneveld (1979), el paisaje es visto entonces en tres dimensiones por intermedio de tres puntos de vista. **El primero** está relacionado al aspecto visual del paisaje, que es una importante fuente de información para el diagnóstico del terreno. **El segundo** está relacionado con los diferentes atributos que lo caracterizan y son comúnmente referenciados por la litología, relieve, suelos y vegetación. El **tercer** punto de vista se refiere al paisaje como un sistema, que se mantiene por mecanismos de interdependencia tanto en el plano horizontal, entre las unidades del terreno, como en el plano vertical, por sus diferentes atributos.

Por su parte Turner y Gardner en 1991 señalaron que el paisaje está constituido por las formas del relieve de una región y los hábitats a ellas asociados con una escala de hectáreas o varios kilómetros cuadrados, en resumen como un área espacialmente heterogénea.

El abordaje geográfico del paisaje estuvo caracterizado en las últimas décadas por tres puntos fundamentales: la preocupación con el planeamiento de la ocupación territorial mediante el conocimiento de las limitantes y potencialidades al uso económico de cada unidad de paisaje (definido como un espacio concreto con características comunes, lo que Gómez Orea en 1992 y 1994 definió como áreas homogéneas), lo que se relaciona con la Escuela de los Potenciales de los alemanes (Neef, 1984 ; Haase y otros 1986, etc.), el estudio de los paisajes

fundamentalmente modificados por la actividad del hombre o los llamados paisajes culturales (Tricart y Kilian, 1982; Bertrand, 2006, que predominan en el espacio europeo y por último, el análisis de amplias áreas espaciales a escalas medias y pequeñas, algo muy relacionado con los Levantamientos de las Tierras del CSIRO (Christian, and Stewart, 1968).

La concepción del paisaje como método de estudio de un espacio geográfico, tuvo su inicio a fines del siglo XIX. Las raíces de este pensamiento podemos encontrarlas en las ideas de Ratzel sobre las relaciones causales existentes en la naturaleza que fueron interpretadas por el científico ruso Dokoutchaev, con su Complejo Natural Territorial (CNT), que identificaba las estructuras de la naturaleza. En el siglo XX, Carl Sauer presentó sus ideas sobre la estructura del paisaje en el año 1925; Carl Troll elaboró la concepción de la Ecología del Paisaje como se comentó anteriormente asociando la perspectiva horizontal geográfica con la estructura vertical más ecológica en la década de los años 30 del siglo pasado. Sochava y otros investigadores en los años 60 y 70 del siglo pasado en la ex Unión Soviética, formularon la concepción de los geosistemas (Arman, 1975; Sochava, 1978 y Preobrazhenskii, 1966).

Estos diferentes enfoques y pensamientos asociados a la historia y cultura de cada época y lugar, fueron fundamentales para la construcción de lo que hoy se ha dado en llamar **Ciencia del Paisaje** que resume los diferentes aportes de la Geografía, Ecología y otras ciencias en este campo.

Sintetizando estos conceptos hay aspectos que merecen ser mencionados: su aspecto visual; la complejidad de las interacciones entre los elementos físicos y los culturales, la posibilidad de cartografiar estas unidades a diferentes escalas de lo local a lo planetario y por último la posibilidad de clasificar los paisajes haciendo énfasis en uno o más elementos de su composición, etc.

El paisaje no es lo mismo que el espacio geográfico, pero puede ser considerado como una manifestación de éste. El espacio es el objeto de estudio de la Geografía y el paisaje puede ser entendido como una medida multidimensional de comprensión de un lugar (Maximiano, 2002).

En resumen, al estudiar los paisajes la Geografía ha evolucionado de acuerdo a dos grandes direcciones de acuerdo con Mateo (2008):

-Una dirección predominantemente biofísica, que parte de los estudios realizados en el siglo XIX por Humboldt y Dokuchaev, y que formó fundamentalmente las escuelas alemana y ruso-soviética. En esta dirección se concibe al paisaje como un complejo natural integral, o sea la concepción del “paisaje natural”.

-Una dirección predominantemente socio - cultural, que considera al paisaje como un espacio social, o como una entidad perceptiva, un espacio subjetivo, sentido y vivido. Esta concepción parte de los estudios realizados por Carl Sauer a principios del siglo XX. En esta dirección, el paisaje natural se ha visualizado de manera fragmentada, como la incidencia de los factores y condiciones naturales en el espacio social. Las escuelas francesa y anglo - sajona han desarrollado preferentemente este pensamiento.

En ambos casos, la visión geográfica del paisaje centra su atención en el análisis del todo, en una perspectiva básicamente espacial con un carácter cada vez más interdisciplinario que lo permiten distinguir como una noción transdisciplinaria, enmarcada en una concepción dialéctico-sistémica.

Son muchos los autores y las escuelas que han contribuido durante los dos últimos siglos a la constitución de este cuerpo teórico-metodológico. Sin embargo convendría destacar un punto de inflexión en la moderna concepción sobre el paisaje al aporte de **Ch. Smuts**, quién en su obra *Holism and evolution* (1926, en Bolós, 1992) sostiene que el universo, y también sus partes constituyentes, tienen tendencia a originar unidades que forman un todo de complicación creciente. En ellas participan la materia inerte, la materia viva y la materia pensante (el hombre). Estas unidades globales no se reducen nunca a la suma de sus elementos constituyentes, puesto que éstos aparecen dispuestos, interconectados, estructurados, de una manera determinada lo que permitió avanzar hacia el conocimiento de la noción de **estructura del paisaje**.

Es evidente que la actual noción de paisaje contiene importantes aportes de la “teoría general de sistemas” que trata las propiedades y las leyes de los sistemas y que se basa en la teoría estructuralista. A un sistema se lo puede definir como un *modelo* consistente en un conjunto de elementos interrelacionados. Esta noción ha permitido aplicar al estudio del paisaje geográfico un enfoque sistémico, dando lugar a la noción especial de geosistema -sistemas geográficos (Mateo, 1991) que en su concepción más integral concibe formaciones

territoriales complejas que incluyen como subsistemas a la naturaleza y a la sociedad, con sus diferentes actividades (productiva, cultural, recreativa), y que pueden considerarse como geoeosistemas, en donde se producen relaciones entre el objeto (el medio) y el sujeto (las acciones humanas) (Acevedo, 1996). Así, el análisis estructural aplicado al estudio de los paisajes permite explicar de qué manera se relacionan sus componentes y cómo es la organización estructural del sistema paisajístico, analizado como una totalidad.

En esta tesis se concibe el paisaje geográfico, geosistema, landschaft, landscape, etc.; como: **"una categoría científica general de carácter transdisciplinario definida como: "un sistema espacio-temporal, complejo y abierto, que se origina y evoluciona justamente en la interfase naturaleza-sociedad, en un constante estado de intercambio de energía, materia e información, donde su estructura, funcionamiento, dinámica y evolución reflejan la interacción entre los componentes naturales (abióticos y bióticos), técnico-económicos y socio-culturales".** (NC-93-06-101; 1987, Mateo, 2000, Mateo et al., 2004 y Salinas 1991 y 2005).

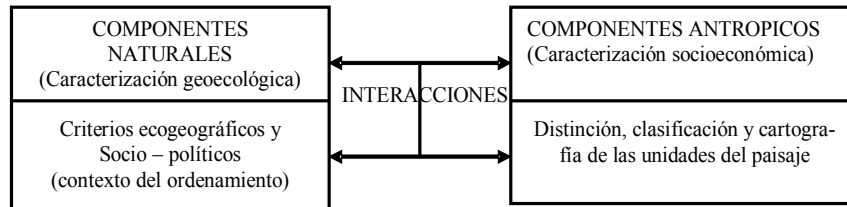
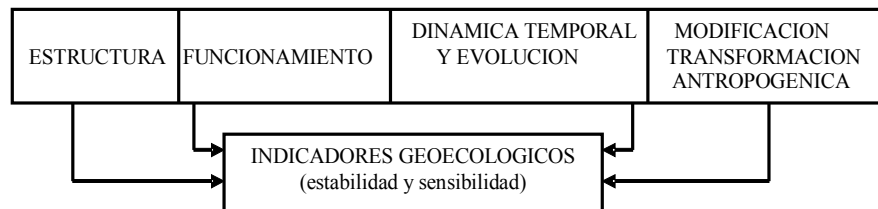
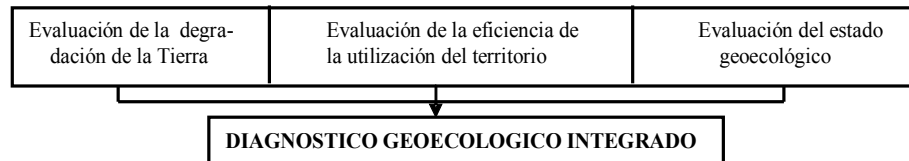
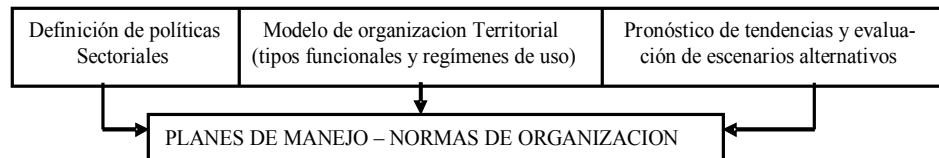
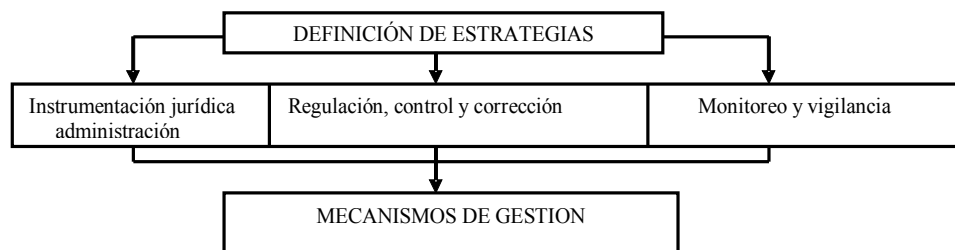
Es decir entonces como una unidad territorial integral, con una existencia objetiva, homogénea en sus diferentes partes, en un constante estado de intercambio de energía, sustancias e información, constituida por la asociación dialéctica de sus elementos y formada bajo la influencia de los procesos naturales y la actividad humana. A pesar de los diferentes puntos de vista profesionales se puede considerar al paisaje integrado al territorio y por tanto dentro de la planificación ambiental. Esta interpretación y contenido del paisaje parece entonces la más científica, política y justificada para el hombre y la naturaleza. Ello se debe a que para la solución de las tareas de la protección, manejo y pronóstico de la naturaleza y para la planificación regional y local, se requiere cada vez más de una unidad territorial o un sistema de unidades que constituyen y funcionan como un todo, que sean distinguibles y cartografiables.

Teniendo en cuenta estos conceptos podría afirmarse que la organización interna del paisaje guarda íntima relación con las **características de su estructura**. Esto dependerá del tipo de relaciones particulares que se establezcan entre sus componentes lo que estará en relación a los patrones de organización del sistema. Sin embargo este análisis es necesario realizarlo desde una doble perspectiva histórica: la natural y la social que, mancomunadas, van dejando sus improntas en el paisaje.

La comprensión de esta concepción sistémica ha permitido elaborar una metodología con el propósito de establecer el ordenamiento geoecológico de los paisajes para entender la problemática de la degradación de tierras en el Departamento Minas. Ello se logra mediante una secuencia metodológica que, según Mateo et al. (1994), contempla seis etapas fundamentales, de las cuales en este trabajo se tiene previsto abordar las cinco primeras, pues la restante (fase de ejecución) excede los propósitos de esta tesis.

En la primera etapa (organización) se plantean los requisitos básicos para establecer el diagnóstico geoecológico: se definen los objetivos y los métodos de trabajo y el recorte espacial y temático del área de trabajo. Para ello es necesario establecer con precisión la problemática y los aspectos jurídico-legales que existen sobre el territorio a estudiar.

En las tres etapas siguientes, (inventario, análisis y diagnóstico) es donde se conjugan una serie de técnicas y métodos de investigación que, en este caso, permitieron establecer el estado geoecológico y el diagnóstico integrado de los paisajes de la zona de Varvarco – Invernada Vieja. Ello constituye el soporte básico para la elaboración de propuestas de uso y regulación del territorio estudiado.

**FIGURA 1****ETAPAS DEL ORDENAMIENTO GEOECOLOGICO****1. FASE DE ORGANIZACION****2. FASE DE INVENTARIO****3. FASE DE ANALISIS****4. FASE DE DIAGNOSTICO****5. FASE PROPOSITIVA****6. FASE EJECUTIVA**

**Fuente:** Mateo J. y otros (1994). Tomado de Quintela J. (1995)

## Teledetección y paisaje

Una de las técnicas utilizadas en esta tesis, **la teledetección**, constituyó una herramienta metodológica fundamental para entender las variaciones espaciales en espacios tan amplios como el Departamento Minas, tanto a nivel de detalle (1:100.000) como a nivel departamental (1:250.000). “La aplicación de estos instrumentos, además de posibilitar una nueva visión de los paisajes terrestres, permiten abordar análisis integrados, difícilmente viables con otros medios tradicionales (Chuvieco, 2002).

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.
- La interpretación de imágenes, sea en forma visual como digital, proporciona información sobre la distribución espacial de variables que son claves para entender el funcionamiento y el estado de los elementos constitutivos del paisaje y el estudio de la desertificación. La integración de la información satelital y los SIG ofrecen métodos y herramientas para cuantificar la extensión de la degradación de los suelos y la vegetación. En este caso, mediante el procesamiento digital de las imágenes con el SIG Idrisi, pudo conocerse el estado de los suelos y la vegetación a través de la aplicación de índices de vegetación tales como NDVI, SAVI, Tassled Cap transformation (TASSCAP VERDOR) y PVI.

Los algoritmos utilizados para analizar el estado de degradación de la vegetación en los distintos paisajes funcionan a partir del comportamiento radiométrico de la vegetación, que presenta un claro contraste entre las bandas del espectro visible, especialmente en el rojo y el infrarrojo cercano (bandas 3 y 4 del sensor landsat TM). En el rango correspondiente al espectro 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 (2002), destaca que un aspecto de gran interés del índice verde NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), es que varía entre márgenes conocidos, de  $-1$  a  $+1$ , lo que facilita su interpretación. Este índice se establece por la siguiente fórmula:

$$NDVI = \frac{ND\ IRC - ND\ R}{ND\ IRC + ND\ R}$$

en donde **ND IRC** y **ND R** indican la reflectividad de cada píxel en la banda del infrarrojo cercano y del rojo, respectivamente.

A pesar de tratarse de un algoritmo sencillo muchos autores han planteado algunas dudas sobre sus resultados debido a que presenta el inconveniente de ser sensible a la reflectividad del suelo en torno a la planta (Sánchez Rodríguez et al. 2000) tal como ocurre en la zona aplicación de esta tesis, donde la cubierta vegetal suele ser menor al 50 %. Entonces la respuesta espectral obtenida va a estar más influenciada por el suelo que por la vegetación.

Para salvar este inconveniente se ha ideado una serie de algoritmos tales como el PVI y el SAVI que tratan de evitar la influencia de la suelo en la respuesta espectral calculada. El PVI (Perpendicular Vegetation Index) se basa en el principio de que el suelo desnudo tiene una reflectancia parecida en las bandas del rojo e infrarrojo cercano y que si las condiciones del suelo cambian, la reflectividad aumenta o disminuye simultáneamente en ambas bandas. Al representar en un gráfico ambas bandas los puntos correspondientes al suelo desnudo se deberían distribuir a lo largo de una línea recta, denominada “línea del suelo” (Sánchez Rodríguez et al., 2000). El cálculo del PVI es bastante sencillo una vez obtenida la ecuación que permite construir la “línea del suelo”. Basta con aplicar la fórmula:

$$PVI = a\ IRC - R + b / (a^2 + 1)^{1/2}$$

Para la obtención de la “línea del suelo” es necesario el monitoreo de campo para conocer aquellos sitios con suelo desnudo que servirán para evitar la interferencia de éste en el cálculo de la vegetación. Para el área de aplicación de este índice en Varvarco – Invernada Vieja se tomaron 51 puntos de muestra de suelo desnudo o con muy poca vegetación y se obtuvo una ecuación con una muy buena correlación: 0,94.

El SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index) es considerado una variante intermedia entre el NDVI y el PVI y salva el inconveniente de considerar a las isóneas de vegetación como paralelas a la línea del suelo (tal como lo calcula el PVI) ni convergentes en el origen (como las considera el NDVI), sino que “aumentan su pendiente y su ordenada en el origen al aumentar la cantidad de vegetación. Por ello, no tienden en realidad a un punto, ya que la convergencia es en parte dependiente de la densidad de vegetación. Se puede conseguir una aproximación desplazando el origen a un punto en el que las densidades intermedias de vegetación convergen con la línea del suelo” (Huete, 1988). Para ello se añade una constante  $L$  en el denominador del NDVI.  $L$  puede tomar valores entre 0 y 1, dependiendo de la densidad de la vegetación, por lo que este autor sugiere un valor 1 para áreas con poca vegetación, 0,5 para lugares con vegetación intermedia y 0,25 para áreas con vegetación densa. Para mantener el mismo rango de variación que el NDVI, el resultado debe multiplicarse por  $1 + L$ , quedando la siguiente fórmula:

$$SAVI = [(IRC - R) / (IRC + R + L)] (1 + L)$$

Para el cálculo del SAVI en la zona de Varvarco - Invernada Vieja se ha tomado como referencia el valor de 0.7 de acuerdo con lo sugerido por (Huete, 1988) para las zonas con baja cobertura de vegetación.

El cálculo del Tasseled Cap transformation (TASSCAP VERDOR) se lo ha incluido por haber dado buenos resultados para otros sectores del Norte neuquino (Bertani y Peña, 2000; Bertani, 2003). La Transformación Tasseled Cap (TTC) ideada por Kauth y Thomas en el marco del proyecto LACIE (Large Area Crop Inventory Experiment) desarrollado por la NASA y el Departamento de Agricultura Estadounidense (USDA), (Chuvieco, 2002) está ideado para obtener nuevas bandas por combinación lineal de las originales. Las bandas que se obtienen son: brillo (bright), Verdor (green) y Humedad (moist).

El componente verdor, utilizado en el capítulo 4 de esta tesis, “refleja con gran claridad los dominios vegetales presentes en la imagen. Destaca el contraste entre los espacios edificados y suelos desnudos frente a cualquier cubierta vegetal, tanto arbolada o no”. Para el cálculo del tasscap verdor intervienen las 6 bandas del landsat TM pero se destaca la intervención de la banda 4 (IRC), se pondera negativamente a las tres bandas del visible y la anulación mutua de las dos en el infrarrojo medio (Chuvieco, 2002).

Al tratarse de una imagen digital, estos algoritmos pueden aplicarse sobre las bandas originales o sobre transformaciones de ellas, medidas que permiten evaluar cómo es la configuración de las distintas cubiertas en un paisaje determinado. Para el caso que interesa en este trabajo, en particular los procesos de degradación identificados en Varvarco – Invernada Vieja y otros sectores, la utilización de esta información permitió conocer patrones característicos de las distintas cubiertas, que luego de compararlas en el campo, pudieron ser extrapoladas a otros paisajes.

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

Sin embargo, las variaciones del sustrato geológico, la escasa cubierta vegetal y una considerable superficie de suelo desnudo en los distintos ambientes del Departamento, han ocasionado algunas dificultades de interpretación que han sido tratadas en distintos trabajos particulares (Bertani y Peña, 2000; Bertani, 2003), donde se analiza en detalle estos aspectos metodológicos. Por ello la evaluación, clasificación e interpretación de las firmas espectrales en estos paisajes, requiere de la puesta a punto de los métodos disponibles sobre clasificación digital y sobre todo, el correspondiente control de campo.

Los ejemplos donde se evaluó la degradación con el uso de la teledetección, se refieren exclusivamente a aquellos lugares donde se ha podido realizar el control correspondiente. Esto garantiza que no queden enmascarados en los resultados las particularidades que presenta el sustrato en cada uno de los lugares seleccionados.

### **Degradación de tierras, paisajes y desertización**

La Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la Desertificación (CNULD) en 1994 (artículo 1º) definió a la **degradación** como “la reducción o pérdida de la producción biológica y económica, así como de la complejidad de los ecosistemas terrestres, incluyendo suelos, vegetación, otros componentes biológicos, ecológicos y procesos geoquímicas e Hidrológicos que operan en ellos” (CNULD, 2003). Según esta organización las pérdidas ocasionadas se estiman para Sudamérica en unos 2691 millones de dólares al año.

Según la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación (CNULD, 2003) **desertificación** es “la degradación de las tierras de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultante de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas”.

Para 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 y que constituye un cambio irreversible.

Le Houérou (1993) indaga sobre el origen de la palabra desertización, muchas veces utilizada con un significado parecido a degradación. Al respecto considera que esta palabra tiene al menos tres significados muy distintos. El primero de ellos hace referencia a lo establecido en la conferencia de la ONU celebrada en Nairobi en 1977: “desertización es la disminución de la productividad potencial de la tierra en climas áridos, semiáridos y subhúmedos secos, que eventualmente puede conducir a unas condiciones desérticas”. Esta definición, luego, en la Conferencia de Río de 1992, se amplió por razones políticas incluyendo a las zonas húmedas del planeta. Al respecto, este autor considera acertadamente que esto último constituye un abuso semántico.

El segundo significado de “desertización” es más reciente y surgió de los círculos políticos, administrativos y periodísticos de la Comunidad Económica Europea para hacer mención al fenómeno de “congelación de la tierra”, “el abandono de la tierra” por parte de los agricultores que se emigraban a las ciudades. Para este caso Le Houérou (1993) sostiene que debería utilizarse la palabra “deserción” es decir gente que abandona su tierra.

El tercer significado es el que propuso el científico y explorador francés Louis Lavauden en 1927, el primero en usar esta palabra, quien sostenía que desertización es “el agotamiento de la vegetación y los suelos en zonas áridas, que conduce a unas condiciones desérticas”.

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 todo tipo de climas. En caso de persistir las condiciones que han llevado a la degradación de los suelos, llevarán finalmente a la desertización de los mismos.

Sobre el significado del concepto “degradación” Cáncer (1999), sostiene que “de la misma forma que un paisaje posee una pluralidad de constituyentes, también tiene una pluralidad de miradas”. Este autor señala que todo es según el punto de vista con que se lo mire, dependiendo si se es **productor** o **consumidor** del paisaje. Para Gómez Orea (1994 y 2002) “parece razonable considerar degradado aquel espacio que se encuentre en un estadio insatisfactorio desde el punto de vista de la ecología, el paisaje o el uso del suelo (...). La degradación podrá venir indicada por la ausencia de vegetación donde podría haberla (...), por la presencia de alteración negativa del suelo, por la presencia de contaminaciones de diverso tipo, etc”. En cambio para un productor, quien ha producido un espacio desforestado que constituye una etapa de seriación vegetal regresiva, pero que sin embargo le reporta beneficio económico, no tendrá la consideración de espacio degradado (Cancer, 1999).

Por último conviene definir el significado del término **tierra** en el sentido adoptado en esta tesis ya que comprende a la totalidad del ecosistema, tal como lo concibe Naciones Unidas (CNULD, 1994), para diferenciarlo de **suelo** que comprende sólo una parte del problema. Zonneveld (1979) en su publicación “Land evaluation and land (scape) science” le otorga un sentido amplio a esta palabra y equipara al término “paisaje” tal como lo propone la Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la Desertificación (1994) que la define como “un sistema bioproductivo terrestre que comprende el suelo, la vegetación, otros componentes de la biota y los procesos ecológicos e hidrológicos que se desarrollan dentro del sistema”. Ambas definiciones de tierra ponen el acento en los elementos naturales del sistema, en forma independiente de la acción humana.

El énfasis en el término “tierra” más que en “suelo” presupone una ampliación del enfoque que permite incluir otros recursos naturales tales como el clima, el agua, la morfología del terreno y la vegetación. También quedan incluidas la productividad de los pastizales y bosques, además de las tierras de cultivo (Reylolds y Stafford Smith, 2002; Stocking y Murnagham, 2001).

Desde una concepción teórica–conceptual, el empobrecimiento cuantitativo y cualitativo de la tierra significa degradación, pudiendo ser su origen un fenómeno natural, social o lo más común, la conjunción de ambos. Sin embargo es habitual que se asocie a la degradación de la tierra con fenómenos exclusivamente antrópicos sin reparar lo suficientemente en ello, en particular las implicancias que tienen los efectos del calentamiento global sobre los distintos ecosistemas.

También es conveniente plantear algunos reparos a la hora de evaluar la degradación. Sobre el particular ha circulado en el ambiente científico de nuestro país información proveniente del procesamiento digital donde se muestra algunas zonas con un estado de desertificación grave o muy severa. Sin embargo, al tratar de corroborar dicha información, pudo comprobarse que en realidad se trata de lugares que, por sus condiciones naturales, ya habrían estado “desertificadas” desde mucho antes que el hombre habite estos lugares. Un claro ejemplo de ello para la región Patagónica representan los bajos sin salida, muy comunes en la Provincia de Neuquén. Allí existe una dinámica que por su naturaleza, genera que en su parte más deprimida (playa) existan suelos salinos con escasa o nula cobertura de vegetación. Se trata entonces de procesos geomorfológicos naturales que implican la generación de superficies con nula o escasa vegetación pero no degradadas. En el capítulo 3 se analiza en detalle esta situación.

En la actualidad la creciente degradación de los paisajes es un problema de mucha gravedad para la supervivencia de la vida en nuestro planeta. Las actividades humanas en muchas ocasiones han ocasionado un efecto devastador sobre los paisajes, efecto que amenaza con incrementarse dada la permanencia de los sistemas y procesos económicos y sociales que le han dado lugar.

La degradación del paisaje no interesa desde planteamientos científicos, únicamente como la pérdida de la calidad visual o estética, sino en tanto que va unida al deterioro del funcionamiento de los geosistemas afectados, por esta razón, en los análisis referidos a la degradación del paisaje deben tenerse en cuenta tanto los aspectos visibles como los de su funcionamiento, aunque estos últimos resultan más difíciles de evaluar (Cancer, 1999).

Utilizando la concepción sistémica aquí propuesta, el estado de degradación del paisaje está relacionado con el empobrecimiento cuantitativo y cualitativo del mismo, con la pérdida de su calidad; como reflejo de la pérdida de calidad de uno o varios de sus componentes (Puyol, 1986). Este empobrecimiento es el resultado de acciones antrópicas directas sobre el paisaje o de la aparición de un conjunto de procesos de degradación, que pueden ser de origen natural o producto de la influencia directa o indirecta del hombre sobre los componentes naturales.

Los procesos degradantes del paisaje pueden ser de origen natural como: los deslizamientos, lahares, volcanes, terremotos, etc.; o pueden surgir como consecuencia de la interacción Naturaleza-Sociedad. Por lo que para una comprensión integral del fenómeno es necesario tomar en cuenta las condiciones naturales, pero sin dejar al margen los sistemas o modos de producción que han tenido lugar a lo largo de la historia del hombre sobre la Tierra. Si se presta una especial atención a la degradación como resultado de la influencia antrópica es por varias razones (Cancer, 1999):

- En primer lugar, porque se puede atenuar o minimizar (mientras que en los procesos naturales es prácticamente una tarea imposible en la mayoría de los casos)
- En segundo lugar, es sin duda alguna, la responsable fundamental de las pérdidas de calidad y diversidad que afectan a amplios territorios de nuestro planeta, con la consiguiente degradación de un recurso natural como es el paisaje, bien de forma general o afectando a algunos de sus componentes.
- En tercer lugar, las transformaciones en muchos casos implican transformaciones ambientales irreversibles, al menos a la escala humana del tiempo.

Las relaciones que se establecen entre los dos grandes subsistemas constitutivos del medio ambiente (el antrópico y el natural) son a menudo defectuosas, pues prevalecen las influencias negativas del primero sobre el segundo, lo cual explica la degradación paisajístico-ambiental que secularmente ha sufrido la Tierra, fenómeno que se ha ido incrementando en los últimos años.

Para el estudio y análisis de la degradación del paisaje, el conjunto de procesos de degradación que actúan de forma simultánea en los mismos, pueden ser agrupados en una serie de problemas geoecológicos (Mateo, 2000).

Los Problemas geoecológicos: son la colección de defectos de racionalidad, de procesos que desarticulan la estructura y funcionamiento de los paisajes trayendo como consecuencia dificultades en el cumplimiento de las funciones socioeconómicas y deficiencias generales de sustentabilidad en los grupos sociales (Mateo, 1991).

Según (Mateo, 2000), existen tres categorías de problemas geoecológicos:

-Problemas con la gestión de los recursos: Pérdida de potenciales naturales, pérdida de hábitats ecológicos y biodiversidad, pérdida y degradación de los suelos (erosión, quimización, salinización, acidez); deterioro de los recursos hídricos (deterioro del manto de agua subterránea, pérdida de aguas superficiales; aumento de inundaciones, salinización de las aguas); deterioro de los recursos costeros y litorales (erosión y abrasión de las playas y litorales, alteraciones en la dinámica litoral).

- Problemas con la calidad ambiental: impacto ambiental de las actividades mineras, desarticulación de los geosistemas, deterioro ambiental urbano (expansionismo, homogeneización, pérdida de calidad higiénico - sanitaria, pérdida de áreas verdes y naturales); contaminación del medio y deterioro de los recursos estético- escénicos.

- Problemas con la integridad del geosistema: alteración de la estructura territorial, desarticulación de la funcionalidad del geosistema, imposibilidad de cumplir las funciones ambientales a escala regional e interregional, disrupciones de la estructura que garantiza el cambio secuencial de los estadios de desarrollo, influencia negativa en la dinámica y funcionamiento de regiones y territorios circundantes.

De acuerdo con estas categorías y teniendo en cuenta los objetivos planteados para esta tesis, la problemática abordada estaría encuadrada con los ítems primero y tercero definidos por Mateo, en lo referido a los problemas con la gestión de los recursos y con la integridad del geosistema, que ha sido afectado por el impacto de las actividades humanas.

A los efectos de comprender de qué manera responde un paisaje ante las intervenciones humanas, es fundamental tener en cuenta el contenido informacional de las estructuras y procesos geoecológicos y de los mecanismos que contribuyen a su regulación y autoconservación. “Los paisajes constituyen sistemas abiertos y dinámicos caracterizados por



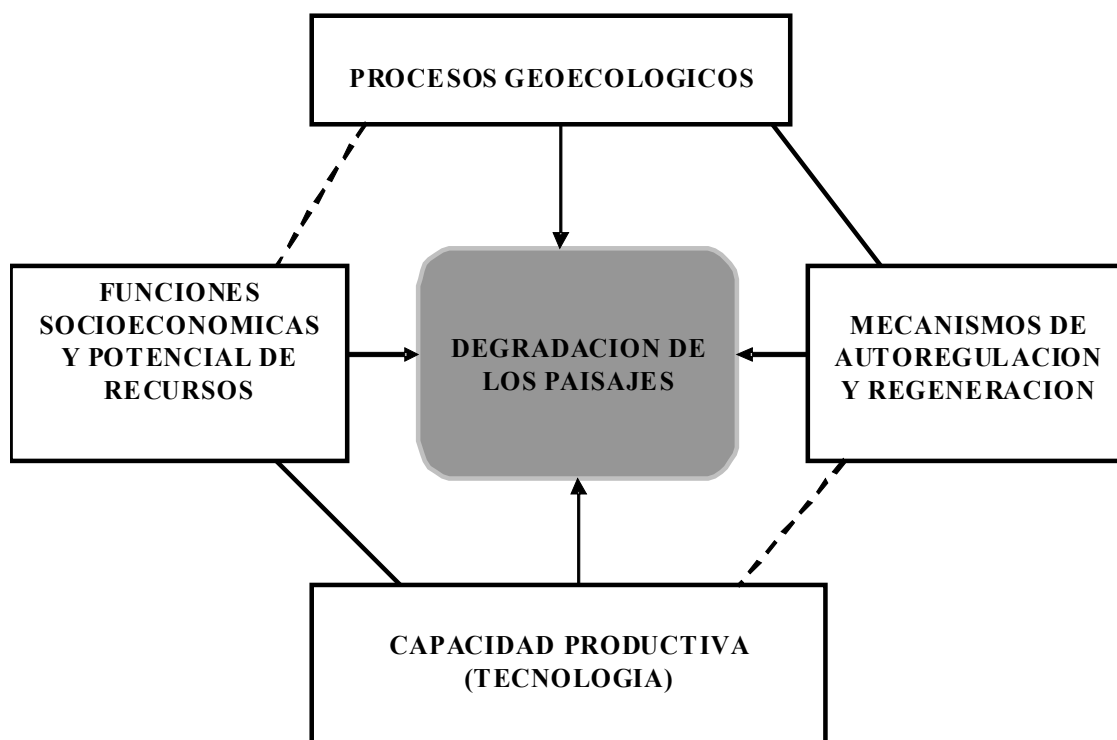
un intercambio de flujos de energía, materia e información de sus componentes y con su entorno, siendo la autoregulación el constituyente principal para lograr el equilibrio del sistema” (Mateo, 2000). Por ello, ante un impacto externo, esta propiedad es la que le garantiza poder recobrar gradualmente su estado original. “Este instrumento es el único capaz de ayudar al paisaje a contraponer las perturbaciones, garantizar la resiliencia (capacidad de un paisaje de soportar las oscilaciones de los impactos externos e internos) y la estabilidad, y evitar la degradación” (Svetlosanov, 1997 tomado de Mateo, 2000).

Los geosistemas son estables cuando son capaces de absorber el impulso exterior, que se transmite de un elemento a otro a través de las relaciones reversibles (entre los elementos del geosistema). Cuando estas relaciones dejan de funcionar, el geosistema o paisaje deja de funcionar y tiende a descomponerse pasando a un nuevo estado de equilibrio termodinámico que se conoce con el nombre de **estado crítico**. Es aquí cuando el paisaje ha perdido su **estado homeostático** (estado de equilibrio dinámico del sistema) y se puede hablar de su degradación ya que se ha producido un desequilibrio como consecuencia de la falta de retroalimentación del sistema.

Existen distintas situaciones que permiten evaluar la estabilidad de los paisajes (y su nivel de vulnerabilidad) que guarda relación con la calidad y cantidad de impactos externos y con el grado de la relación paisajística, la configuración o coherencia espacial de sus componentes y el contraste espacial que existe entre los geosistemas. (...). En general puede plantearse que mientras el sistema no haya perdido su capacidad homeostática, el paisaje está en una misma *esfera de estabilidad*. En este sentido, el *punto o estado crítico, o de inflexión* de la esfera de estabilidad, es aquel a partir del cual se crea una nueva estructura, que transita hacia una nueva esfera de estabilidad, hacia un nuevo estado homeostático (Mateo, 2000). Esta metamorfosis a diferentes estados homeostáticos puede darse como consecuencia de causas internas o pueden reflejar la influencia de acciones externas. En la figura N° 2 se destacan cuales serían los indicadores, según Mateo y Ortiz (2001), a tomar en cuenta para el estudio de la degradación de los paisajes.

Figura 2

## INDICADORES BASICOS DE LA DEGRADACION DE LOS PAISAJES



Fuente: Mateo J. y Ortiz M.A. 2001

Dada la realidad planteada en la Provincia de Neuquén en general y el Departamento Minas en particular, y teniendo en cuenta los alcances y las escalas de trabajo planteadas en esta tesis, la “degradación de la tierra” ha sido considerada como la alteración del balance entre los ingresos y las salidas de energía, materia e información de los paisajes como consecuencia de la transición de un *estado homeostático* a otro *inestable* e inclusive *crítico*. En este último caso las perturbaciones (naturales o antrópicas) han sido 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.

Además el término “degradación de la tierra” debe ser tomado como equivalente a “degradación del paisaje” o sea un término “paraguas” que engloba las múltiples formas en las que la calidad y la productividad de la tierra pueden disminuir desde el punto de vista del usuario como del resto de la sociedad. Por ende se incluyen los cambios en la calidad del

suelo, la reducción de la disponibilidad de agua, disminución y alteración de la vegetación y todas aquellas causas que contribuyan a afectar negativamente la productividad de la tierra debido al uso inapropiado.

Además se ha optado por la utilización de la palabra “degradación” y no por “desertización” ya que la primera implica, tal como lo indica FAO (1984), un proceso que puede ser revertido a través del tiempo con prácticas de manejo más adecuadas. Esta es la situación que predomina en gran parte del territorio del Departamento Minas. Sin embargo, teniendo en cuenta la extrema gravedad que presentan algunos sectores se puede hablar de la transición de **un estado homeostático a otro crítico** (degradación severa) siendo equiparable a lo que FAO denomina “fase final de la desertización” debido a que se estaría ante la presencia de un nuevo y empobrecido equilibrio donde el paisaje no puede cumplir las funciones que se habían establecido originalmente.

### **Esquema metodológico empleado**

En la figura N° 2 puede visualizarse el esquema metodológico utilizado en esta tesis que contempla las distintas etapas de la secuencia empleada. Otras particularidades sobre la metodología, lo constituye el trabajo en detalle del área Varvarco - Invernada Vieja donde se aplicaron algunas variaciones atendiendo a los objetivos y la escala planteada para esa etapa de la tesis.

En un primer momento se establecieron los objetivos, se delimitó el área de estudio y se estableció el diseño de la investigación. Luego, en una instancia de **carácter descriptiva**, se procedió a la recopilación de la información considerada indispensable para la caracterización geocológica y socioeconómica del Departamento. Esta información se obtuvo en algunos casos a partir de los datos existentes a la escala de este trabajo (1:250.000), y en otros, como el clima y el uso y tenencia de la tierra, de la información obtenida del proyecto “Ecología del paisaje, su aplicación a la degradación de la tierra en el Provincia de Neuquén” y Evaluación geocológica de los paisajes para el estudio de la degradación de la tierra del noroeste neuquino (Bertani et al. 2000 y 2004).

Muchos de los mapas temáticos consultados debieron ser ajustados mediante el empleo de cartas topográficas de la Dirección Provincial de Catastro de la Provincia de Neuquén (1:100.000), de imágenes satelitales Landsat TM y ETM y a través de los trabajos de campo.

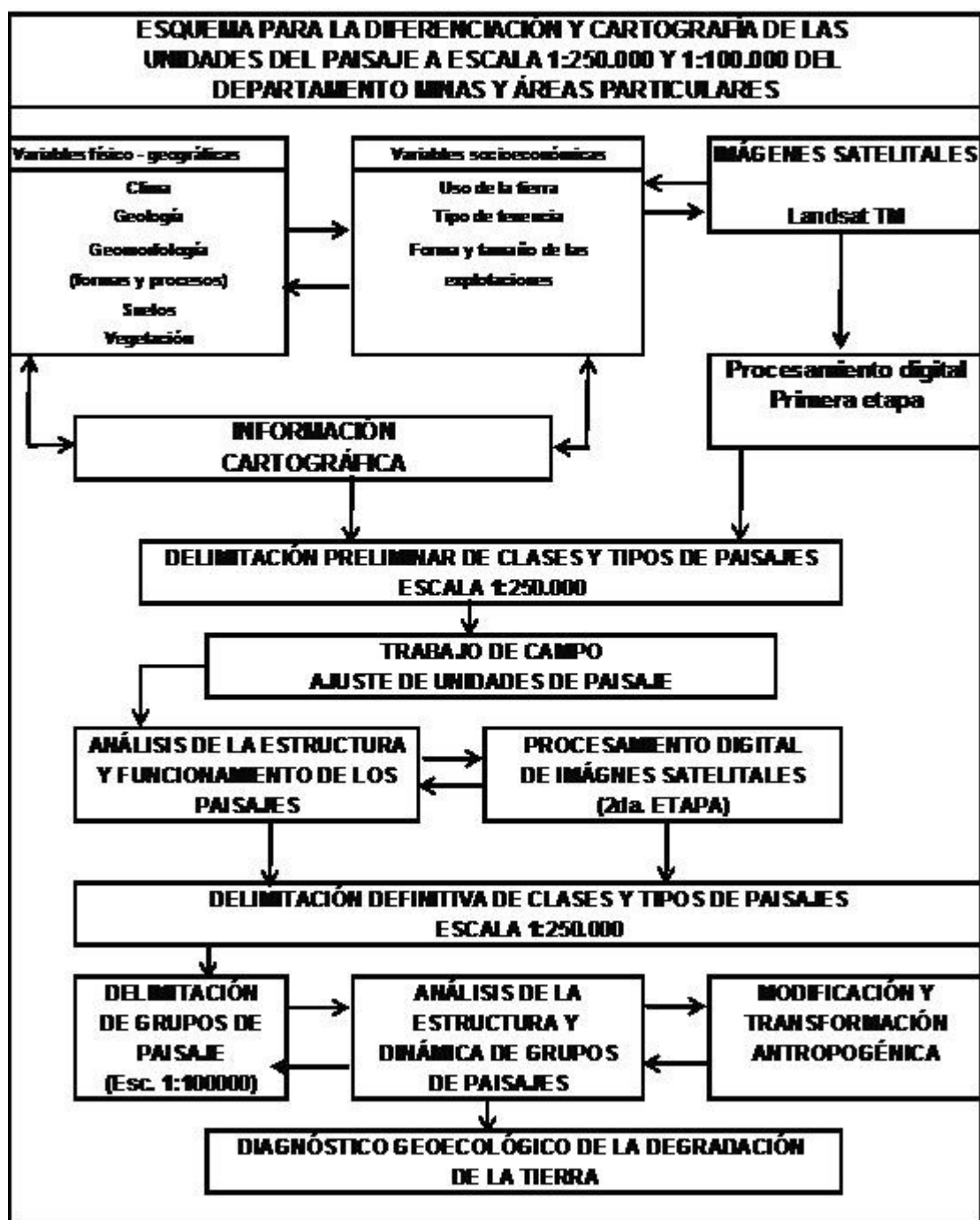
En una etapa posterior, de carácter **analítica**, se procedió al estudio de las variaciones espaciales de las variables seleccionadas para entender los elementos más significativos, o sea, aquellos cuya influencia sea más relevante en el paisaje objeto de estudio. El análisis de la **estructura del paisaje** resultó fundamental debido a que permitió comprender su funcionamiento y la dinámica temporal a los que se haya sometido.

El conocimiento del comportamiento de estas variables permitió establecer una secuencia de complejidad creciente para la delimitación de las unidades de paisaje. Así se procedió a establecer tres niveles jerárquicos de categorías de paisajes que van desde las unidades más heterogéneas (clase de paisaje) hasta unidades más homogéneas (grupo de paisaje). La secuencia es la siguiente:

- Primer nivel jerárquico: **Clase de Paisaje**
- Segundo nivel jerárquico: **Tipo de Paisaje**
- Tercer nivel jerárquico: **Grupo de Paisaje**

A continuación se detallan los criterios establecidos para la delimitación de cada nivel jerárquico de paisaje.

FIGURA N° 3



**Primer nivel jerárquico:** Obtención de un mapa de las **clases** de paisaje.

En esta primera etapa se parte considerando los aspectos más relevantes desde el punto de vista geológico - estructurales y geomorfológicos lo que da como resultado una región natural con similares características morfológicas. Tal como es el caso de la cordillera de los Andes, que constituye una de las **clases** de paisaje.

La información de los mapas de la geología regional a escala 1:250.000 y las cartas topográficas a escala 1:100.000 constituyeron la base para esta delimitación. El **mosaico satelital** a nivel Departamental, permitió establecer y ajustar los límites de estas **clases** de paisajes, que resultaron 4 en total:

- Montañas con rocas volcánicas antiguas (Pérmico - Triásico) y modernas (Cenozoico superior) con escaso modelado glacial; (Cordillera del Viento). (V)
- Montañas con rocas modernas (Cenozoico superior) con modelado glacial; (Cordillera de los Andes). (M)
- Relieve complejo de Sierras, colinas y lomas con predominio de rocas volcánicas modernas (Cenozoico inferior). (S)
- Planicies lávicas modernas (Cenozoico medio y superior) y valles (P).

**Segundo nivel jerárquico:** determinación de los **tipos** de paisaje.

Consistió en determinar los **tipos** de paisajes de acuerdo a sus características climáticas, litológicas, topográficas y de vegetación comunes. De esta manera se pudieron establecer tipos de paisajes con características homogéneas de suelos y vegetación, aspecto clave teniendo en cuenta los objetivos de esta tesis.

El tratamiento digital de las distintas bandas de las imágenes satelitales y sus distintas composiciones permitieron identificar y ajustar algunos de las unidades de los mapas temáticos que sirvieron de base para estas delimitaciones. De esta manera se han identificado 12 **tipos** de paisajes mediante cruzamientos, de forma tal de poder conocer todas las posibles combinaciones entre las variables que fueron consideradas. Los tipos de paisajes establecidos fueron:

V 11. Faldeos altos y divisorias de agua, semiáridos con escasa vegetación (semidesierto de altura).

V 12. Faldeos medios y fondos de valles altos semiáridos con vegetación herbácea.

V 13. Faldeos bajos y fondos de valle semiáridos con vegetación arbustiva - herbácea.

M 21. Faldeos altos y divisorias de agua subhúmedos con escasa vegetación (semidesierto de altura).

M 22. Faldeos medios y fondos de valles altos subhúmedos con vegetación herbácea.

M 23. Faldeos bajos y fondos de valle semiáridos con vegetación herbácea.

S 31. Sierras, colinas y lomadas semiáridas con vegetación arbustiva - herbácea.

S 32. Sierras, colinas y lomadas subhúmedas con vegetación herbácea - arbustiva.

S 33. Sierras, colinas y lomadas áridas con vegetación arbustiva.

P 41. Planicies poco disectadas semiáridas a subhúmedas con vegetación herbácea.

P 42. Planicies disectadas a muy disectadas semiáridas a subhúmedas con vegetación herbácea.

P 43. Valles en planicies semiáridas a subhúmedas con vegetación arbustiva - herbácea.

**Tercer nivel jerárquico:** Determinación de **grupos** de paisajes (Varvarco – Invernada Vieja).

Este nivel jerárquico de paisajes se aplicó en el sector seleccionado para analizar a escala 1:100.000 la degradación de tierras y para su delimitación se prestó especial atención a las variaciones espaciales de los suelos, la vegetación natural y los procesos geomorfológicos dominantes. A este resultado se llega luego de vincular la topografía con el mapa de tipos de paisaje, el de vegetación y los suelos. Dado el interés especial de este trabajo por la degradación de los paisajes, se prestó atención a las variaciones espaciales de la vegetación natural la que puede ser muy bien reconocida en las imágenes satelitales a través de la aplicación de distintos algoritmos de teledetección.

Dada la importancia que tiene el uso ganadero (sector de invernada), se superpuso, utilizando el SIG, el parcelamiento catastral con el área estudiada a los efectos de poder establecer la relación capacidad de uso / con la carga existente.

Además mediante la aplicación de un enfoque histórico, se estudiaron los problemas surgidos de la modificación y transformación antropogénica, se analizaron los impactos geoecológicos y la dinámica antropogénica en las unidades delimitadas. Los grupos de paisajes resultantes fueron los siguientes:

- Planicies altas de origen volcánico con vegetación herbácea.
- Piedemonte de planicies y terrazas fluviales y glacifluviales con vegetación arbustiva – herbácea.
- Relieve múltiple de colinas, lomas y valles con vegetación arbustiva – herbácea.

### **Determinación del estado de degradación de los paisajes o degradación de las tierras**

La degradación en el campo fue evaluada utilizando los indicadores propuestos por Stocking y Murnaghan (2003):

- 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.

Además de estos indicadores se realizaron observaciones sobre 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.

Gran parte de los trabajos relacionados con el estudio de la degradación de los paisajes, se apoyan en la observación de los procesos de degradación, y en el cálculo de indicadores como métodos principales para evaluar su estado.

En otros, se estudia la relación entre el potencial natural y el uso actual predominante (lo que se conoce como evaluación del conflicto de uso de los paisajes) y se comparan estos resultados con el grado de sensibilidad de los paisajes; mientras que existen algunos que evalúan el estado de degradación de los paisajes considerando solamente los aspectos estéticos del mismo, a partir de medir los cambios en su calidad visual. Aunque estas formas de estudiar el estado de degradación de los paisajes han representado un aporte importante al conocimiento de esta problemática en los territorios estudiados, en ocasiones existen altos niveles de subjetividad sobre todo en la determinación del área de manifestación de los procesos de degradación dentro de cada unidad de paisajes, recurriendo en ocasiones a métodos que se apoyan en la observación y que consideran en mayor medida los aspectos cualitativos y visuales del paisaje (Remond, 2003).

La aplicación de métodos más cuantitativos, como los S.I.G. y la teledetección, solamente estando ésta relacionada con la representación y edición cartográfica de los resultados sin un soporte conceptual, puede en ocasiones inducir a errores originados en la falta de precisión, georeferenciación, diferencias de escala y en la calidad de los datos incluidos en el “in put” del sistema utilizado.

Por ello como parte del instrumental metodológico de esta tesis se han considerado tanto aspectos cualitativos como cuantitativos. Entre los primeros, entender cómo es el funcionamiento del geosistema y de qué manera ha respondido ante las intervenciones humanas y como metodología más cuantitativa el uso de los S.I.G. y la teledetección para estimar la degradación de las tierras.

La mayor parte de los trabajos relacionados con el estudio de la degradación consultados (Domínguez, 2003; Quintanilla, 2002; Espinoza, 1994; Stocking y Murnaghan, 2003; Lal, 1990 y otros), se basan en el estudio de los procesos e indicadores del estado de degradación

de los componentes: suelo, vegetación, agua y aire. Estos constituyen los componentes de mayor fragilidad, considerando a ésta el grado de susceptibilidad al deterioro, la facilidad para que un componente del paisaje se degrade ante eventos naturales o influencias humanas (Gómez Orea, 1992).

Una vez delimitados los grupos de paisajes del área Varvarco – Invernada Vieja se evaluó en el terreno, mediante los indicadores de campo (Stocking y Murnaghan, 2003), el estado de los elementos del paisaje, el funcionamiento sistémico del mismo y su capacidad de resiliencia ante el impacto por el uso del suelo fundamentalmente del tipo ganadero.

Mediante los algoritmos de teledetección utilizados se realizó una estimación cuantitativa del grado de deterioro de los distintos grupos de paisaje estudiados en donde se obtuvieron cuatro grandes categorías:

- Mallines
- Bordes de mallín y sectores poco degradados
- Sectores degradados
- Sectores muy degradados

Además se realizó un análisis del comportamiento de los distintos indicadores de teledetección utilizados para evaluar la degradación de la tierra, teniendo en cuenta las características particulares del área. Sobre todo en lo referido a la continuidad de áreas de estepa con otras de mallín, las que han respondido de manera particular a cada uno de los algoritmos utilizados.

Finalmente se realizó un análisis sobre cómo impactan sobre la estructura del geosistema la nueva relación existente entre los elementos que componen el geosistema y la posibilidad que tienen estos de recuperarse ante el impacto de las distintas actividades promovidas por la sociedad en ese espacio.

## **CAPITULO 2**

**El Departamento Minas**

## INTRODUCCIÓN

En este capítulo se desarrolla el estudio individual de las variables físico – geográficas y socioeconómicas, que permitirán posteriormente (en el próximo capítulo) la diferenciación, clasificación y cartografía de los paisajes del Departamento, de acuerdo a lo establecido en el esquema metodológico detallado en la figura N° 3 del capítulo 1. Una vez delimitadas estas unidades de análisis, se procedió al estudio de las relaciones de conjunto que llevó a entender cómo es el funcionamiento y la dinámica de los paisajes departamentales y cómo es el estado de los mismos a partir de las distintas intervenciones de la sociedad en ellos.

### La situación del Departamento Minas

El departamento Minas se localiza en el extremo noroeste de la provincia de Neuquén. Limita al Norte y al Oeste con la República de Chile, al Sur con el departamento Ñorquín y al Este con el departamento Chos Malal, estando ubicado entre los paralelos de 36° 07' S. y 37° 22' S. y los meridianos de 70° 28' O. y 71° 12' O. Tiene una superficie de 6.225 Km<sup>2</sup> (6,62 % de la provincia) y una población, según el Censo Nacional de 2001, de 7.072 habitantes (1,5 % de la Provincia) lo que arroja una densidad de 1,1 hab./km<sup>2</sup>. El principal centro urbano y cabecera departamental es la localidad de Andacollo (2.548 hab.). Otros centros que cumplen funciones urbanas son Las Ovejas (1.622 hab.), Huinganco (826 hab.), Los Miches (593 hab.), Manzano Amargo (346 hab.), Villa Nahueve (326) y Varvarco (260 hab.). La localización de los mismos puede verse en el mapa general del Departamento (figura N° 4).

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 puede dividir en dos grandes unidades bien diferenciadas: las áreas **montañosas** constituidas por la Cordillera de los Andes (Cordillera Principal) y la del Viento y un sector de **planicies, sierras y valles intermontanos**, lugar donde se asienta la casi totalidad de la población. Las mayores alturas de la región se localizan al Norte de la Cordillera del Viento, en el Cerro Crestón (3.620 m s.n.m.) mientras que la cota inferior corresponde al cauce del río Neuquén, al sudeste del Departamento (aprox. 900 m s.n.m.). El desnivel resultante, 2.720 m., da como resultado la existencia de distintos pisos altitudinales (figura N° 5) que van a tener gran influencia en las variaciones de las temperaturas y la vegetación.

FIGURA N° 4.

MAPA GENERAL DEL DEPARTAMENTO MINAS

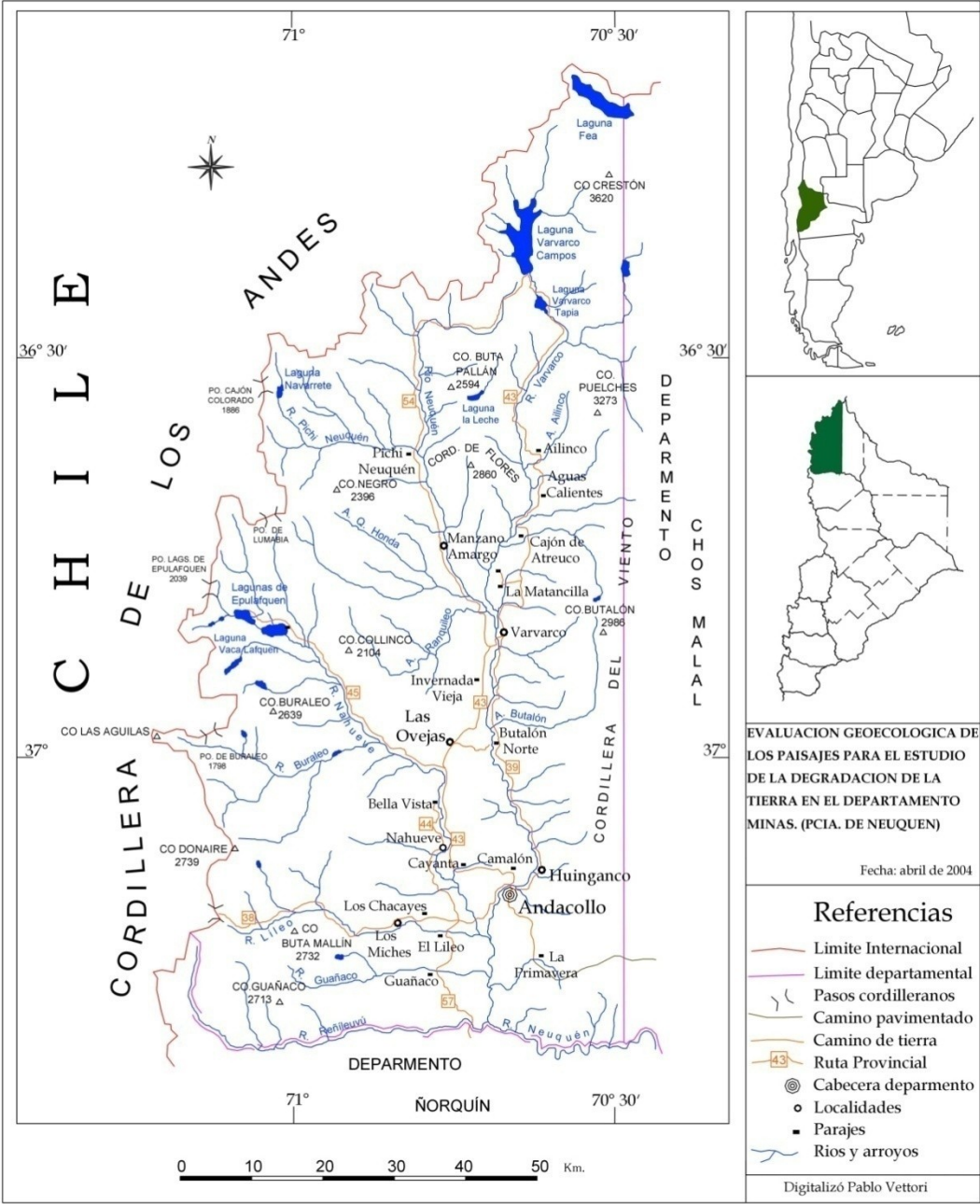
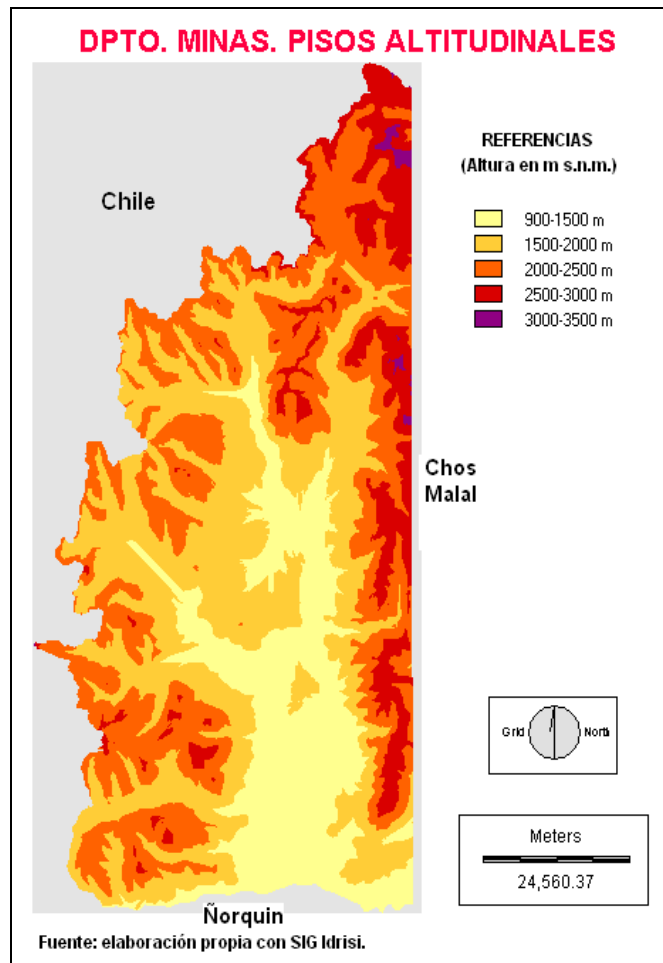


FIGURA N° 5



### Bosquejo geológico – geomorfológico

El departamento Minas comprende la porción más austral de la provincia geológica “Cordillera Principal” (Irigoyen, 1979). Los afloramientos más antiguos se localizan en la Cordillera del Viento y están constituidos por las metamorfitas de bajo grado correspondientes a la ecinita Guanaco Norte de probable edad silúrico – devónico (paleozoico medio). Durante el Pérmico superior – triásico inferior estas rocas fueron cubiertas por las vulcanitas del Grupo Choiyoi en relación de discordancia angular. En conjunto conforman geformas positivas que alcanzan, en el Cerro Butalón (al Este del Departamento), la altura máxima de casi 3.000 m.

Ya en el Triásico superior (en plena etapa de formación de la cuenca Neuquina), se depositan los estratos continentales de la Formación Lapa, alternando lavas, areniscas y pelitas. Estas rocas afloran en la margen izquierda del Arroyo Manchana Covunco en la Cordillera del Viento. Durante el Jurásico se produce la primera ingresión marina desde el Pacífico (no existía la Cordillera de los Andes), responsable de la sedimentación de pelitas y evaporitas del Grupo Cuyo, que cubren discordantemente a los sedimentos continentales, y subyacen a las rocas pelíticas, calcáreas y evaporíticas del Grupo Lotena (representa la final del ciclo de sedimentación marina en el Jurásico superior). Sobreviene, en el Cretácico inferior, un periodo de depositación continental representado por las areniscas fluviales de la Formación Tordillo, que concluye con una nueva ingresión marina que origina las rocas políticas calcáreas correspondientes a la Formación Vaca Muerta - Quintuco. Toda esta secuencia sedimentaria aflora en las laderas del Cerro Las Papas.

Al final del Cretácico, inicio del Terciario, la comarca es elevada y afectada, fundamentalmente en el Cenozoico, por varios eventos eruptivos que empiezan a dar la configuración morfológica actual. En el Eoceno y Oligoceno se produjeron episodios subvolcánicos y efusivos mesosilícicos que dieron lugar a las rocas del Grupo Molle, que representan paisajes de coladas basálticas y andesíticas (especialmente al sur y oeste de las lagunas de Epulafquén), conjuntamente con elementos morfológicos de carácter puntual como conos volcánicos (Cerro Buraleo, por ejemplo).

Posteriormente estas coladas fueron localmente cubiertas por las sedimentitas continentales de la Formación Arroyo Palao (Mioceno inferior), sobre las que se disponen las piroclastitas y lavas mesosilícicas de la Formación Trapa-Trapa y las piroclastitas de la Formación Invernada Vieja (Mioceno medio). Estos depósitos conforman geoformas derivadas de procesos eruptivos, fundamentalmente extensas planicies de coladas e ignimbríticas, próximas a la localidad de Varvarco.

Durante el Mioceno medio sobrevienen una serie de rocas intrusivas (Granito Las Lagunas, Monzodiorita Lambedero y Dacita Turbio), que conforman relieves positivos (por ejemplo, Cordillera Blanca, próxima de Lagunas de Epulafquen), o afloran en los cursos de los arroyos (Los Chenques, Millaqueo, Turbio, etc.).

Una intensa actividad volcánica desde fines del Mioceno superior y hasta el Plioceno superior es la responsable de los productos volcanogénicos mesosilícicos (Grupo Huincán), y básicos (Basalto Coyocho), que ocupan una gran extensión del área. Estas manifestaciones efusivas continúan su desarrollo a lo largo del Plioceno superior y Pleistoceno medio, correspondiendo a las rocas básicas a silícicas de las Volcanitas Tilhué, Chapúa y Cerro Domo. Son las responsables de buena parte de las geoformas actuales (tanto las juveniles como las maduras), esencialmente la acumulación de coladas lávicas y de productos volcánicos fragmentarios o puntuales (conos volcánicos, necks, bulbos volcánicos, etc.).

En el Pleistoceno superior tuvo lugar el englazamiento de la comarca del tipo glaciario de valle, tal como lo atestiguan depósitos morénicos y glaciifluviales y diversas formas de erosión glaciaria. El paisaje conformado por las geoformas derivadas de la actividad glaciaria está muy bien definido en la zona limítrofe con Chile y en la cordillera del Viento (especialmente en su vertiente occidental), donde se destacan circos, artesas y la presencia de un rasgo característico: la presencia de valles glaciarios en el tramo superior y el valle fluvial aguas abajo. Otro elemento característico lo conforman los horns de los cerros Crestón y Pirámide localizados al Este de la Laguna de Varvarco Campos.

La estratigrafía del Cuaternario se completa con depósitos aterrazados (dos niveles en los ríos Neuquén y Varvarco), de remoción en masa (los más relevantes al norte, en la margen este de la laguna Varvarco Tapia, representados por un alud de rocas que asemejan depósitos glaciarios), y aluvios, coluvios y depósitos pedemontanos. Una última mención a las geoformas derivadas del proceso fluvial que presentan un marcado control estructural en el modelado de la red de drenaje.

El presente bosquejo geológico constituye una síntesis de la información obtenida de las cartas geológicas 3772 – II “Las Ovejas” y 3772 – IV “Andacollo” del SEGEMAR, el capítulo “Cordillera Principal” del Vol. 1 de Geología Regional Argentina (Irigoyen, 1979) y la Descripción geológica de la Hoja 32 b, “Chos Malal” (Zollner y Amos, 1973).

En síntesis puede señalarse que el Departamento presenta dos grandes cordilleras, la de Los Andes al Oeste y la Del viento al Este, que se unen en el extremo Norte a modo de una gran “herradura”. En su interior existen otros conjuntos montañosos menores, extensas planicies de origen volcánico, sierras y numerosos valles ocupados por cursos de agua de distinta



magnitud. El proceso más activo lo constituye la acción hídrica, dado los importantes desniveles que generan un fuerte gradiente en ríos y arroyos. La acción eólica y los procesos de remoción en masa se muestran también como procesos bastante activos.

### **Características climáticas del Departamento**

La importante variabilidad morfológica del Departamento genera una desigual distribución de las características climáticas, particularmente en relación al gradiente pluviométrico Oeste – Este, producto del obstáculo que representa la Cordillera de los Andes a las masas de aire que proceden del Oeste, originadas en el anticiclón del Pacífico.

Al tener que atravesar esta barrera orográfica, que en líneas generales tiene orientación Norte – Sur (perpendiculares a los vientos), las masas de aire van perdiendo su humedad. A barlovento de la Cordillera y en los niveles altos a sotavento, se producen los máximos valores de precipitaciones. En Polcura (Chile, 37° S.; 71° 32' O.) se registran 2144 mm. y unos pocos kilómetros más al Este, en Lagunas de Epulauquen, del lado Argentino, 2700 mm.

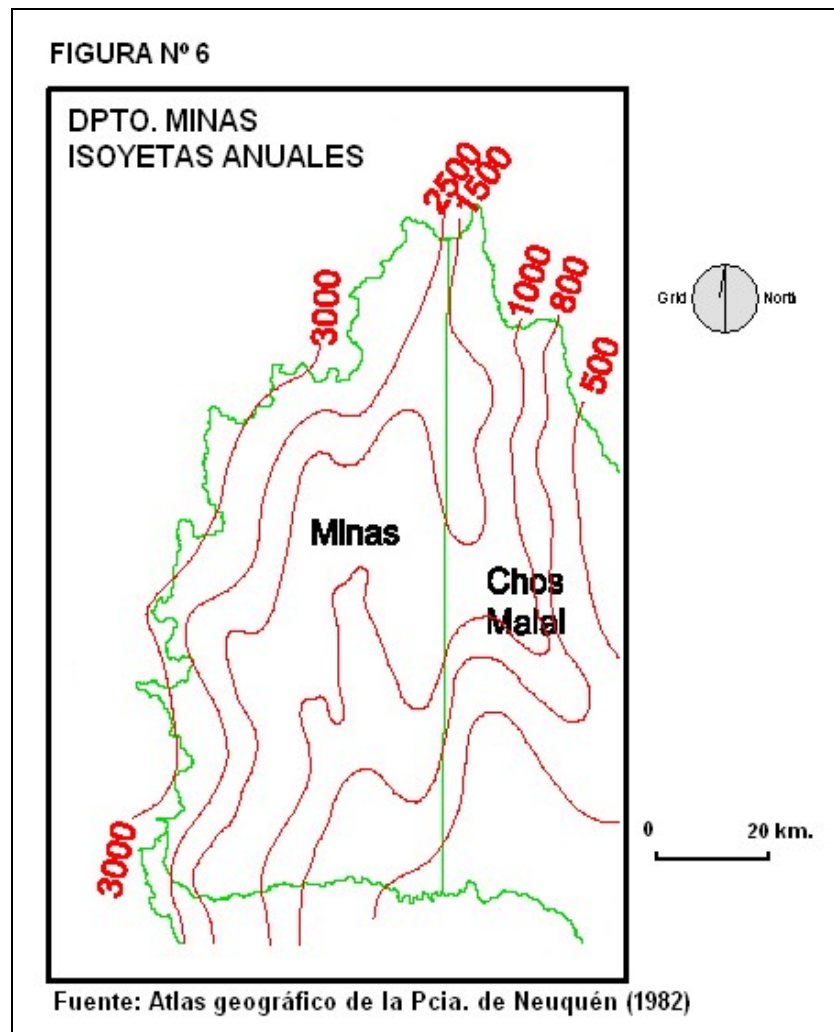
Luego de su avance a través del faldeo oriental de la Cordillera (cuenca alta del Río Neuquén) las masas de aire sufren un proceso de secado durante el descenso como queda registrado en Andacollo, 40 km. al Este del límite (559 mm.) y más al Este en Chos Malal (212 mm.).

Las lluvias características en esta región son provocadas por sistemas frontales originadas en los sistemas de baja presión que ingresan desde el Océano Pacífico, desde el Sudoeste hacia el Noreste. Ocurren principalmente en invierno y provocan fuertes vientos de dirección Noroeste, Oeste y Sudoeste, lluvias de intensidad y nevadas. Cuando el frente es importante el área de influencia se extiende hasta los valles intermontanos y la Cordillera del Viento.

En forma menos frecuente, también en meses de invierno, se produce el ingreso de masas de aire frío polar, que afecta la Patagonia con vientos del sur y sudeste, esta situación está asociada a bajas presiones con formación de frentes, provocando lluvias y nevadas de importancia sobre toda la región con aire que proviene del Océano Atlántico.

En verano suele producirse el ingreso de aire cálido subtropical del norte del país, con vientos predominantes del nor-oeste, norte y noreste, afectando a la zona con escasas precipitaciones,

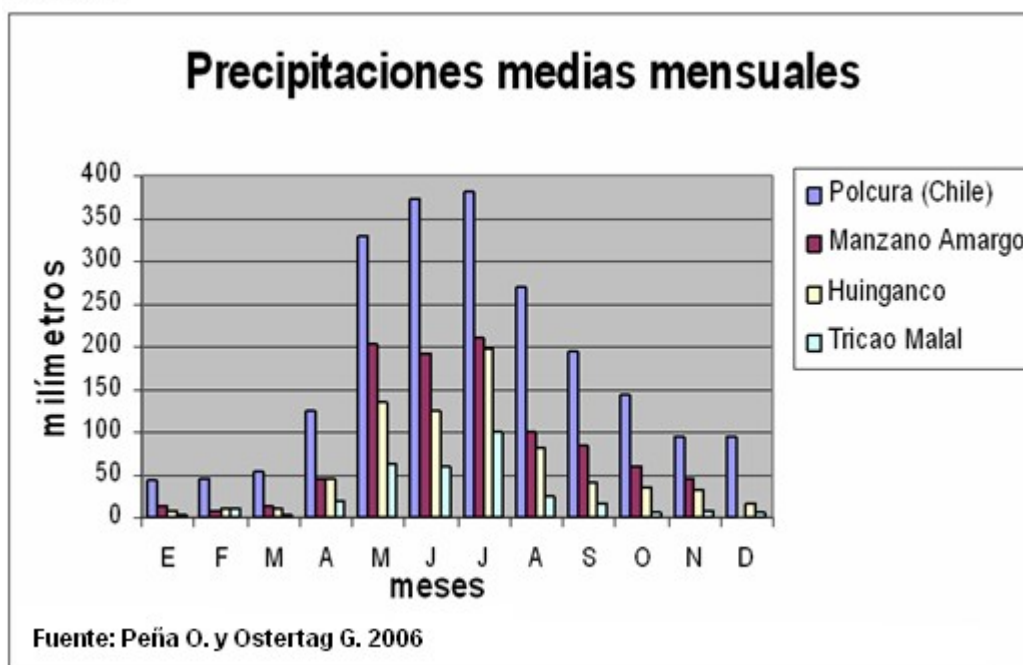
de tipo convectivo. Los frentes cálidos que originan estas masas de aire, forman un amplio sistema de nubes, provocando lluvias continuas o intermitentes pero no violentas. Sí en cambio, el aire cálido es inestable, y su ascensión por la rampa de aire frío provoca inestabilidad y aparecen nubes del tipo Cumulonimbus que se entremezclan con las Altostratus y los Nimbostratus. De esta manera entre la lluvia se intercalan fuertes tormentas eléctricas de corta duración.



Debido al comportamiento de la circulación atmosférica y a las características higrométricas de las masas de aire, el ingreso de aire húmedo a la zona queda restringido principalmente a los meses de invierno (hecho muy importante dado el tipo de economía predominantemente ganadera), lo que deriva en un clima de características mediterráneas, inviernos húmedos y fríos y veranos secos y cálidos. El efecto combinado de la circulación atmosférica y la

orografía queda claramente evidenciado si se observa el comportamiento de las lluvias a ambos lados de las cordilleras de los Andes y del Viento. (Figura N° 7).

FIGURA N° 7



Las variaciones de la temperatura están en íntima relación con la radiación solar y la circulación atmosférica, manifestando sus principales diferencias para este Departamento, de acuerdo al importante gradiente altitudinal. Esto tiene consecuencias en la vegetación generando distintos pisos de vegetación.

Con respecto a las temperaturas, las mismas reflejan el ingreso de aire cálido tropical o subtropical en el Norte de Neuquén, entre los 38° y 36° de latitud Sur, en los meses de verano, con máximas medias apenas por debajo de los 30° C. Si se analizan las series de datos máximas, las mismas superan los 30° C durante los meses de enero y febrero, con marcada frecuencia (Peña y Ostertag, 2006). Durante los meses de invierno las temperaturas máximas medias en la misma región se ubican entre los 8 y 12 °C, definiendo una marcada amplitud térmica estacional, de más de 15° C.

Las temperaturas mínimas para los meses de invierno se ubican por debajo de los 0° C, lo que significa temperaturas absolutas muy inferiores a dicho valores, en algunos casos entre -10 y

-15° C, especialmente en los meses de mayo, junio y julio. En el verano las temperaturas mínimas medias se ubican entre los 4 y 8° C.

El carácter pluvio-nival de esta región, se manifiesta al comparar el comportamiento estacional de las lluvias en la estación Huinganco, con los caudales mensuales en una estación de aforo sobre el Río Neuquén (Rahueco, al Sur del Departamento). El periodo de máximas lluvias es claramente invernal (mayo, junio y julio), mientras que los caudales presentan dos máximos (julio y noviembre) como resultado de las precipitaciones invernales y el deshielo primaveral.

### **Hidrografía**

El Departamento Minas posee una importante red de drenaje con presencia de lagos, lagunas y numerosos ríos. Casi toda esta región (un 98 % del territorio) pertenece a la cuenca del río Neuquén mientras que hay una pequeña porción que drena hacia el río Colorado. A la salida del Departamento (Estancia Rahueco), el río Neuquén registra un caudal promedio de 225 m<sup>3</sup>/seg. (Malinow, et al., 1987). Este río, que se origina en la Cordillera de los Andes (Cerro Bayo 2.781 m), discurre por el valle denominado “Cajón de los Chenques” primero con rumbo Sudoeste y luego Oeste, hasta el paraje “Los Terneros” donde, siguiendo una falla geológica, toma un rumbo Sur, atravesando la totalidad del Departamento y convirtiéndose en el eje vertebrador del Departamento. En el tramo superior, el río tiene un caudal de sólo 16 m<sup>3</sup>/seg. hasta recibir, por su margen derecha, el aporte del Pichi Neuquén (20.9 m<sup>3</sup>/seg.). A esta altura el río adquiere un caudal significativo y corre por un valle más amplio con distintos niveles de terrazas de origen fluvial y glaciofluvial. Más al Sur recibe aportes de otros ríos y arroyos entre los que se destacan el Varvarco (45,8 m<sup>3</sup>/seg), Nahueve (56,1 m<sup>3</sup>/seg) y Trocomán (50,0 m<sup>3</sup>/seg). A la salida del Departamento posee un caudal de 225 m<sup>3</sup>/seg. (Estación Estancia Rahueco de la AIC).

Además de los numerosos ríos y arroyos mencionados, el Departamento presenta gran cantidad de lagos, lagunas y cuerpos de agua de distinta magnitud, que en total, de acuerdo con las cartas topográficas a escala 1:100.000, suman 111, siendo Varvarco Campos la de mayor extensión con una superficie de 2.510 Has.

## La vegetación del Departamento

Esta variedad climática, más la cantidad de pisos altitudinales existentes, dan como resultado una gran diversidad florística. Esto se refleja en que en la región se hallan presentes tres provincias fitogeográficas (Cabrera, 1976): la patagónica con una fisonomía herbácea (dominada por diversas especies de stipas), la subantártica, con formación de bosques y la altoandina donde aparecen especies achaparradas en forma dispersa.

El semidesierto de altura (Provincia altoandina) se ubica por encima de los 2.800/3.000 m de altitud. Desde esa cota hasta los 1.600/1.800 m, la vegetación dominante está compuesta por una estepa herbácea y por debajo de esas cotas comienza a transformarse en arbustiva. Entre los 1.600 y 1.800 m existe una franja de transición donde, dependiendo la orientación de las laderas, las pendientes y los suelos, la vegetación varía en altura (se aproxima más a una cota que a otra), o la transición es más neta o más desdibujada. En los pequeños valles transversales de la Cordillera de los Andes con orientación Sur, donde las condiciones de humedad y suelo lo permiten, existen algunos manchones del bosque subantártico, representados por bosquecillos de Ñire (*Nothofagus antártica*), Lenga (*Nothofagus pumilio*) y Roble Pellín (*Nothofagus obliqua*), tal como ocurre en la zona de lagunas de Epulafquen (Mapa figura N° 8 y Fotografía N° 3)

Sobre la ladera occidental de la Cordillera del viento, entre las cotas de 1300 y 1500 m (entre las localidades de Varvarco y Huinganco) existen algunos remanentes de bosque de Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*) y Roble Pellín, única formación arbórea de la Provincia subantártica en esta zona. Se trata del límite septentrional de estas especies y por tal motivo en las proximidades de la localidad de Huinganco se han cercado unas 50 hectáreas con la intención de preservarlo del ganado, declarándolo Monumento Natural Protegido por la Dirección de Bosques y Áreas Protegidas de la Provincia de Neuquén.

Además del gradiente altitudinal y las precipitaciones, principales factores determinantes del tipo de vegetación, existen otros tales como la orientación de las laderas, las condiciones morfológicas, hidrológicas y el tipo de sustrato, que condicionan el desarrollo de la vegetación natural. A esto se le debe sumársele la acción humana que ha contribuido a alterar, cualitativa y cuantitativamente estas condiciones originales.

Un rasgo característico del ambiente patagónico también está presente en el Departamento: los mallines y vegas (humedales). Se trata de superficies con abundancia de humedad con suelos hidromórficos y donde es posible encontrar abundante materia orgánica, alta densidad de raíces, y la napa freática a escasos centímetros de la superficie. 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.

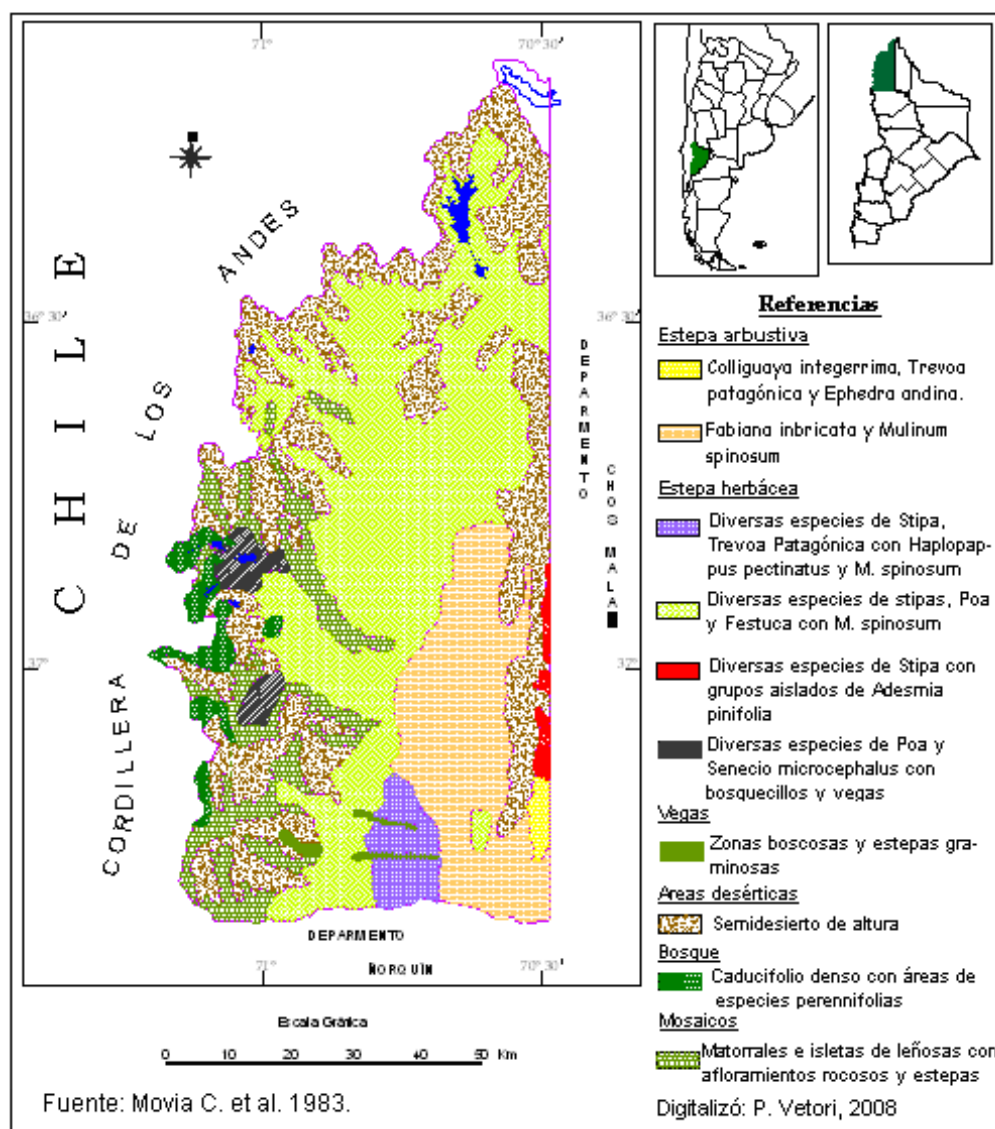
Su distribución obedece a diversos factores entre los que se destacan las condiciones topográficas, geomorfológicas e hidrológicas. Su tamaño puede ser muy variado, desde unas pocas decenas de metros cuadrados hasta más de 100 hectáreas, dependiendo esto de las características de los factores que dieron lugar a su génesis. Según un estudio realizado por el C.F.I. (1993) existen en el Departamento Minas 1.326 mallines que ocupan una superficie de 19.240 Has. (Cuadro N° 1). Esto representa un 3.1 % del total de la superficie departamental. En el mapa de la figura N° 8 (Movia, et al. 1983) pueden verse las variaciones de la composición de la vegetación dentro del Departamento Minas.

Los mallines constituyen un recurso natural muy valorado en la zona ya que aportan agua para el hombre y el ganado, además de proveer abundante forraje que en las zonas semiáridas, como es este caso, es casi el único sustento de los pobladores rurales. Además de esto, son recursos escénicos que valorizan el paisaje y su condición de “oasis” en un medio semiárido, los transforma en áreas con singular riqueza en biodiversidad de fauna y flora.

Otro aspecto que merece destacarse sobre las vegas o mallines es su función como regulador del sistema hídrico en este caso de la alta cuenca del Río Neuquén. Los caudales que ingresan, son almacenados y retenidos por un tiempo (dependiendo de la capacidad del mallín) y luego son erogados con un caudal regulado, dependiendo ello de la estación del año y de las características propias de cada mallín. De esta manera evitan las crecidas extraordinarias de los cursos de agua, minimizan la erosión aguas abajo y aseguran la provisión de agua durante todo o gran parte del año.

FIGURA N° 8

## DEPARTAMENTO MINAS. MAPA DE VEGETACIÓN



**FIGURA N° 9**

**MALLIN EN PARAJE PICHU NEUQUEN AL NORTE DEL DEPARTAMENTO MINAS.  
(36° 36', 70° 48'; 1500 msnm.)**



Fuente: Imagen Google Earth febrero 2006

0 400 m

Además presentan variaciones temporales (estacionales, anuales y de mayor duración) respecto a su constitución y extensión. Estos cambios son básicamente de dos tipos: aquellos originados en cuestiones climáticas (variaciones de las precipitaciones y las temperaturas) y otros por el tipo de manejo al que están sometidos (o la combinación de ambas causas). En este sentido la superficie y composición de un mallín puede variar aumentando su superficie y diversidad o en sentido contrario, quizás lo que ocurre más habitualmente, empobreciéndoselo por un uso inadecuado. 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 y/o aumento de nitratos en el suelo), provocando en algunos casos su desecamiento o el cambio en la composición florística del mallín, y por ende, la disminución de su potencial productivo.



**CUADRO N°1****MALLINES DEL DEPARTAMENTO MINAS**

Tamaño (has.)	Cantidad	Superficie (has.)
> 5	393	1208
5 - 25	780	8085
25 - 50	95	3845
50 - 75	29	1905
75 - 100	14	1262
< 100	15	2935
<b>Totales</b>	<b>1326</b>	<b>19240</b>

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos del C.F.I. (1993)

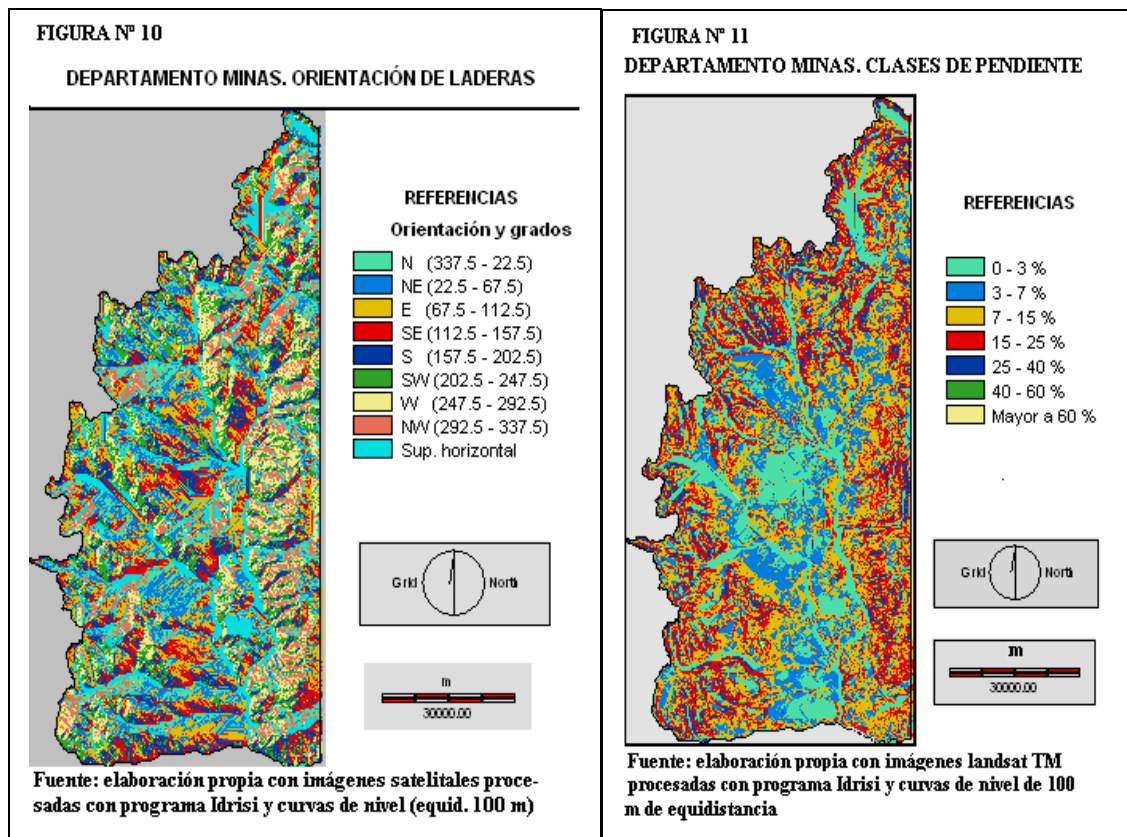
### Los Suelos de la región

Los suelos juegan un papel decisivo para el desarrollo de la vegetación natural, aunque esta relación es también recíproca. La totalidad del Departamento presenta régimen de humedad de los suelos con edafoclima xérico, es decir, con déficit de humedad durante el verano. 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. En el resto de la zona los suelos presentan en general un perfil poco diferenciado prevaleciendo la secuencia A1, C o A, AC, C y se los ha clasificado, en orden de importancia como Vitrixerandes mólicos y típicos, Haplacuoles énticos, Haploxeroles énticos y vitrándicos, Xerortentes típicos y Argixeroles cálcicos arídicos (CFI – COPADE, 1991).

En este conjunto los Andosoles (cuyo material parental es la ceniza volcánica) dominan ampliamente, localizándose los del tipo ócrico y húmico en los faldeos de cerros y valles de origen glaciario (Valle del Nahueve, del Pichi Neuquén, etc.) mientras que los vítricos y ócricos en las planicies altas de basalto más próximas al río Neuquén. La textura dominante en este grupo de suelos es del tipo franco arenosa con retenciones hídricas elevadas para esta clase textural, entre 12 % y 15 % bar (Irisarri et al., 1979). Estos suelos presentan muy buena aptitud para el desarrollo de la vegetación, pues retienen la humedad en el perfil del suelo por mucho tiempo. Un ejemplo de esta situación 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*) que contrasta con el resto de la zona dominada por vegetación herbácea y arbustiva.

Para poder caracterizar las distintas unidades de paisaje en relación a sus aptitudes y condiciones topográficas que puedan favorecer la degradación de tierras se ha incluido un mapa sobre pendientes y otro sobre orientación de las laderas construidos con el Programa Idrisi, utilizando una combinación de curvas topográficas (cotas cada 100 m) e imágenes satelitales landsat TM. Los resultados del procesamiento de ambas imágenes luego fueron reclasificados en distintos rangos con el objeto de hacer su lectura más sencilla (Figuras N° 10 y N° 11). Estos mapas luego son utilizados para analizar cada una de las clases, tipos y grupos de paisajes del Departamento.



## La Población del Departamento

Según el censo nacional del 2001 el Departamento Minas cuenta con 7.072 habitantes (1,5 % del total provincial) lo que arroja una densidad de 1.1 hab./km<sup>2</sup>. Con respecto al censo anterior (1991) se ha producido un incremento del 26.8 % ya que en ese entonces había 5.577 personas y la densidad era de 0.9 hab./km<sup>2</sup>, y en el 2001 se registraron 7.072 personas (densidad 1,1 hab./km<sup>2</sup>) (Cuadro N° 2). Para la fecha de la entrega de esta tesis, febrero de 2011, sólo existen resultados provisorios del censo 2010 que arrojan una población para el Departamento Minas de 7.589 habitantes.

La participación de la población del Departamento en relación al total provincial ha ido decreciendo en los distintos censos a partir de 1920 donde alcanzaba el 12.6 % del total provincial, hasta 1991 donde se registró un mínimo de 1.4 % teniendo un ligero incremento en el censo de 2001 donde llegó al 1.5 % (Cuadro N° 2).

CUADRO N° 2

**EVOLUCIÓN POBLACIÓN DPTO. MINAS  
SEGÚN CENSOS NACIONALES Y PROVINCIALES**

<b>Censos</b>	<b>Población</b>	<b>% Provincia</b>
1914	3203	11.1
1920*	3760	12.6
1947	5404	6.2
1960	4382	4.0
1965*	3765	3.1
1970	3509	2.3
1980	4366	1.8
1991	5577	1.4
2001	7072	1.5

\* Censos Provinciales

Fuente: elaboración propia en base a  
Censos Nacionales y Provinciales

En la Figura N° 10 puede observarse que existen tres claras etapas respecto al poblamiento del Departamento: la primera abarca entre el principio del siglo anterior y mediados del mismo donde, si bien fue mermando el porcentaje de participación respecto al total provincial, la población departamental fue aumentando en valores absolutos. Una segunda etapa, de fuerte emigración, se la puede circunscribir entre mediados del siglo anterior hasta 1970 donde la

población disminuyó en valores absolutos un 35% y obviamente, también respecto al total provincial. La tercera etapa, de fuerte crecimiento, básicamente por desarrollo urbano, se viene registrando a partir del censo de 1970, período en donde en 30 años prácticamente se duplicó la población (Cuadro N° 2 y Figura N° 10).

En el cuadro N° 4 puede analizarse cómo es la distribución de la población hacia el interior del Departamento. En la porción Sur del mismo (Fracción 2), la densidad alcanza a 2.65 hab/km<sup>2</sup> mientras que la Fracción 1 (el 73.2 % de la superficie departamental) llega apenas a 0.58 hab/km<sup>2</sup> con amplios sectores (Radios 1 y 2 de la Fracción 1) donde se registran valores de tan sólo 0.2 hab/km<sup>2</sup>.

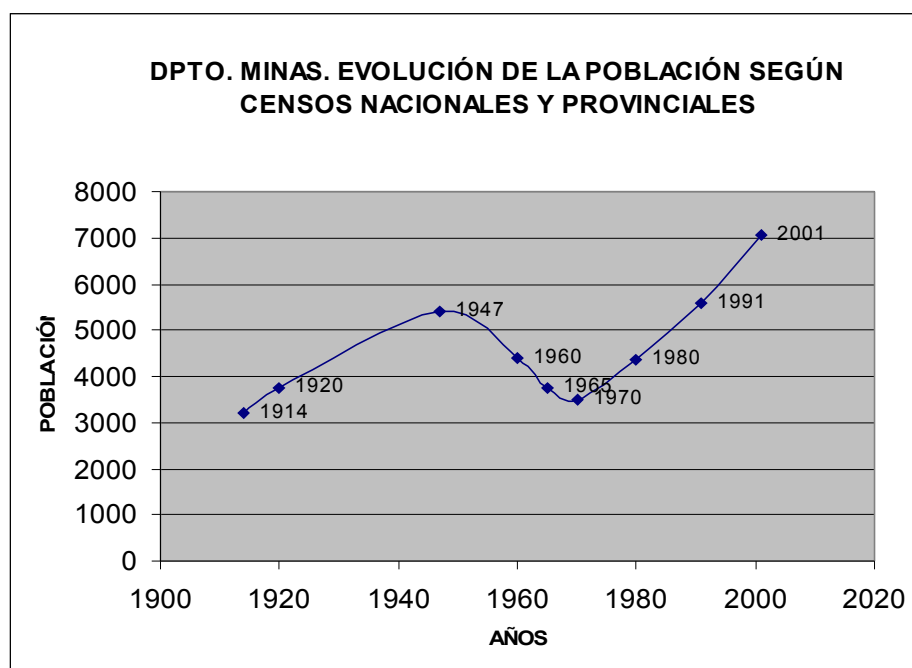
Esta desigual distribución de la población obedece a que una gran mayoría de la superficie departamental permanece inaccesible durante el invierno (y en ocasiones durante gran parte del año), siendo muy difícil, al menos con el actual desarrollo de infraestructura, habitarla en forma permanente. Estos lugares, en general con cotas superiores a los 1.800/2.000 m, en caso que se construyan caminos, sólo serían accesibles durante el verano. Para ajustar más este análisis puede afirmarse que la gran mayoría de la población del Departamento está localizada en una franja muy estrecha, junto al valle del río Neuquén, lugar donde están localizados los principales núcleos urbanos del Departamento.

De acuerdo a la información de los censos se destaca el notorio incremento que han tenido los centros urbanos en detrimento del área rural. Un dato significativo para analizar esta situación es que en los Ejidos Municipales (centros urbanos y su periferia) se concentra el 94.7 % de la población del Departamento (6.698 hab.) lo que describe la escasa población dispersa.

Otro dato significativo que surge al analizar las encuestas a pobladores rurales es el notable despoblamiento en edades económicamente activas. De las encuestas a 231 pobladores dispersos realizadas para un estudio (1997-2005) promovido por la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (en convenio con el Banco Interamericano de Desarrollo) surge que gran parte de la población rural en edad económicamente activa ha emigrado a los pequeños centros urbanos del Departamento. Muchos de los que no se han trasladado definitivamente mantienen una doble pertenencia: un puesto en el área rural y una vivienda en

alguno de los centros urbanos. En una entrevista realizada al Sr. Pedro Vázquez, a cargo de Dirección de Producción de Andacollo, comentaba que el despoblamiento del área rural es una situación muy preocupante, pues en muchos casos no existe mano de obra capacitada para realizar las tareas relacionadas con el mantenimiento y mejoramiento de los predios.

FIGURA N° 12



**Fuente:** Elaboración propia en base a Censos Nacionales y Provinciales.

CUADRO N° 3

DEPARTAMENTO MINAS. POBLACION POR LOCALIDAD Y MUNICIPIO

POBLACION	Localidad			Municipio
	AÑO 1991	AÑO 2001	Var. Interc.(%)	AÑO 1991
Andacollo	1414	2321	64.1	2625
Huinganco	441	607	37.6	909
Las Ovejas	685	976	42.5	1279
Los Miches	79	125	58.2	547
Manzano Amargo	s/d	344	s/d	s/d
Varvarco	107	268	150.5	377
Guañacos	s/d	s/d	s/d	288
Villa del Nahuevo	s/d	s/d	s/d	329

**Fuente:** elaboración propia en base a los Censos Nacionales 1991 y 2001

CUADRO Nº 4

**DEPARTAMENTO MINAS.****DENSIDAD DE POBLACIÓN POR FRACCIÓN Y RADIO**

Fracción	Radio	Habitantes	Superficie (km²)	Densidad
1	1	490	1399.9	0.35
1	2	235	2073.9	0.11
1	3	377	98.4	3.83
1	4	268	909.1	0.29
1	5	421	75.4	5.58
1	6 (1)	857	0.9	952.22
<b>1</b>	<b>1 a 6</b>	<b>2648</b>	<b>4557.4</b>	<b>0.58</b>
2	1	158	940.5	0.17
2	2	217	21.0	10.33
2	3	594	208.1	2.85
2	4	461	80.2	5.75
2	5 (2)	824	0.8	1030.00
2	6	220	49.6	4.44
2	7 (3)	607	5.7	106.49
2	8 (4)	1291	0.8	1613.75
2	9	52	360.9	0.14
<b>2</b>	<b>1 a 9</b>	<b>4424</b>	<b>1667.6</b>	<b>2.65</b>
<b>Total Departamento</b>		<b>7072</b>	<b>6225.0</b>	<b>1.14</b>

**Nota:** (1), (2), (3) y (4): corresponde a radios Urbanos.

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos proporcionados por la Dirección Prov. de Estadística y Censos de la Prov. de Neuquén

**LA GANADERIA**

Históricamente este Departamento se organizó en función de la ganadería extensiva. Más del 90% de su superficie está destinada al uso de pasturas en lotes cuya propiedad en gran medida son del Estado Provincial. Las tierras fiscales alcanzan al 71.7 % siendo allí básicamente donde se producen los mayores problemas de degradación, con la consecuente alteración de las condiciones originarias de estos paisajes.

De acuerdo con el Estudio Regional de Suelos de la Provincia de Neuquén (Copade-CFI, 1991), el Departamento Minas presenta una sobrecarga animal considerada “moderada” (17 %). 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.

Sin embargo, esta calificación de “moderada”, se contradice con la situación de extrema gravedad respecto a la degradación de tierras que se observa en muchos sectores de este Departamento, en particular en la zona de invernada (por debajo la cota de 1400/1600 m). Es que las cifras corresponden a valores globales a **nivel departamental**, mientras que la distribución del ganado es desigual territorialmente y a lo largo del año. Entre las consideraciones que ponen en duda la calificación de sobrecarga “moderada” hay que considerar lo siguiente:

- De acuerdo a la información proporcionada por informantes clave, existiría un importante subregistro de los stocks ganaderos que se consideran oficialmente.
- Los datos con que se realizaron los cálculos corresponden al Censo Nacional Agropecuario del año 1988. Para ese entonces el Departamento Minas contaba con 77.944 caprinos, hoy de acuerdo con la información proporcionada por el SENASA (2008) se contabilizan 131.525 caprinos lo que significa un incremento del 68.7%.
- Para el cálculo realizado por el CFI no se consideró el ganado que ingresa desde otros departamentos para realizar la veranada (Cuadro N° 9) que se suma a las existencias del Departamento Minas. Aunque habría que aclarar que estos arreos sólo permanecen en Minas entre 5 y 6 meses (entre noviembre y abril).

Este análisis sobre las existencias ganaderas y su relación con el ganado trashumante será tratado con mayor detalle en el Capítulo N° 4 “La degradación de tierras en el Departamento Minas”.

Una característica del centro y noroeste neuquino y el Sur de Mendoza 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 trashumancia, se lleva a cabo recorriendo los callejones asignados para tal fin o a campo traviesa. En algunos casos los campos de invernada se localizan fuera del Departamento Minas y los arreos deben recorrer largos tramos durante varios días hasta llegar a los campos de veranada en busca de buenos pastos.

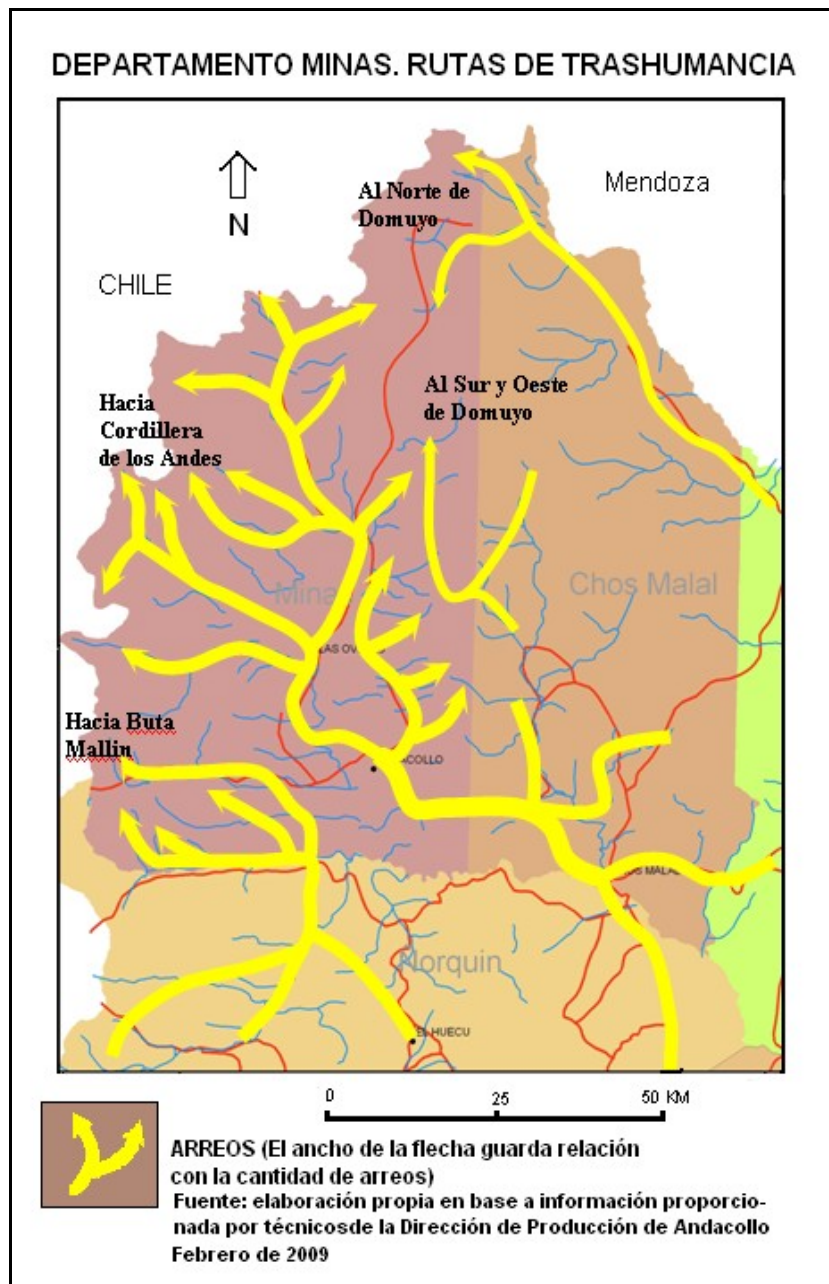
A partir de la información proporcionada por informantes clave locales (Isidro Belver y Pedro Vázquez de la Oficina de Marcas y Señales de la Dirección de Producción de Andacollo) más

la obtenida de las planillas de los arreos de la Dirección Provincial de Tierras de la Provincia de Neuquén (en anexo), se reconstruyó cuáles son las principales rutas de trashumancia que utilizan estos arreos que se movilizan dentro del Departamento Minas y los que proceden desde otros Departamentos. Estos últimos ingresan a Minas a través de las siguientes rutas de trashumancia para llegar a las tierras de veranada (Figura N° 13):

N°	Lugar de Ingreso	Área de Procedencia	Área de veranada
1	Puente sobre el Río Reñileuvú (Ruta 57)	El Cholar, El Huecú (Departamento Ñorquín) y zona de influencia	Zona próxima al Paso Buta Mallín y Sur Dpto. Minas
2	Sur del Departamento Ruta 43 y Puente sobre Río Neuquén en Andacollo	Departamentos Chos Malal, Loncopué, Pehuenches, Ñorquín y Añelo.	Cordilleras del Viento (al Sur) y de los Andes (al Norte)
3	Cruce de la Cordillera del Viento por paso “Cruce del Viento” (2397 m)	Tricao Malal, Cancha Huinganco y otros sectores del Departamento Chos Malal.	Ailínco, Rincón de las Papas, Vado las Arvejas, Las Olletas, etc. (Sur y Oeste del Domuyo)
4	Cajón de los Arrieros (al Norte del Domuyo)	Buta Ranquil, Barrancas, Ranquil Vega y otros sectores del Dpto. Pehuenches.	Zona de Varvarco Campos, Varvaco Tapia y otros valles próximos del Norte del Dpto. Minas.



FIGURA N° 13



Del análisis de los “permisos de veranada” (incluida en el anexo) correspondientes al verano 2006/2007 se reconstruyó los arreos (y la composición del ganado) que se trasladan hacia los sitios altos del Departamento. Parten a la veranada entre los meses de noviembre y diciembre y regresan en marzo y abril. Los arreos pueden durar entre 1 y 20 días o más, dependiendo del tamaño y composición de la majada y sobretodo de la distancia entre la veranada y la invernada. Hay arreos que proceden desde el Departamento Añelo y realizan

un recorrido de más de 300 km. Según las planillas del 2006/07 se movilizaron dentro del Departamento unos 236 arreos a los que se los puede dividir en dos grandes grupos:

- Aquellos que tienen la internada en el mismo Departamento Minas y
- Los que proceden de otros Departamentos.

Con esta información se construyó un mapa (Figura N° 14) de localización de las veranadas del Departamento, diferenciando los arreos extradepartamentales (111, con un punto rojo en el mapa) de aquellos que se trasladan dentro del Departamento (125, en verde). Se han contabilizado un total de 161.817 cabezas (ver detalle en Cuadro N° 5), aunque según la información proporcionada por la Dirección de Tierras (Oficina Chos Malal), se estima que existen crianceros que no tramitan el permiso de veranada (prácticamente no hay controles de arreo) y que además la cantidad de cabezas declaradas por lo general es inferior a la real.

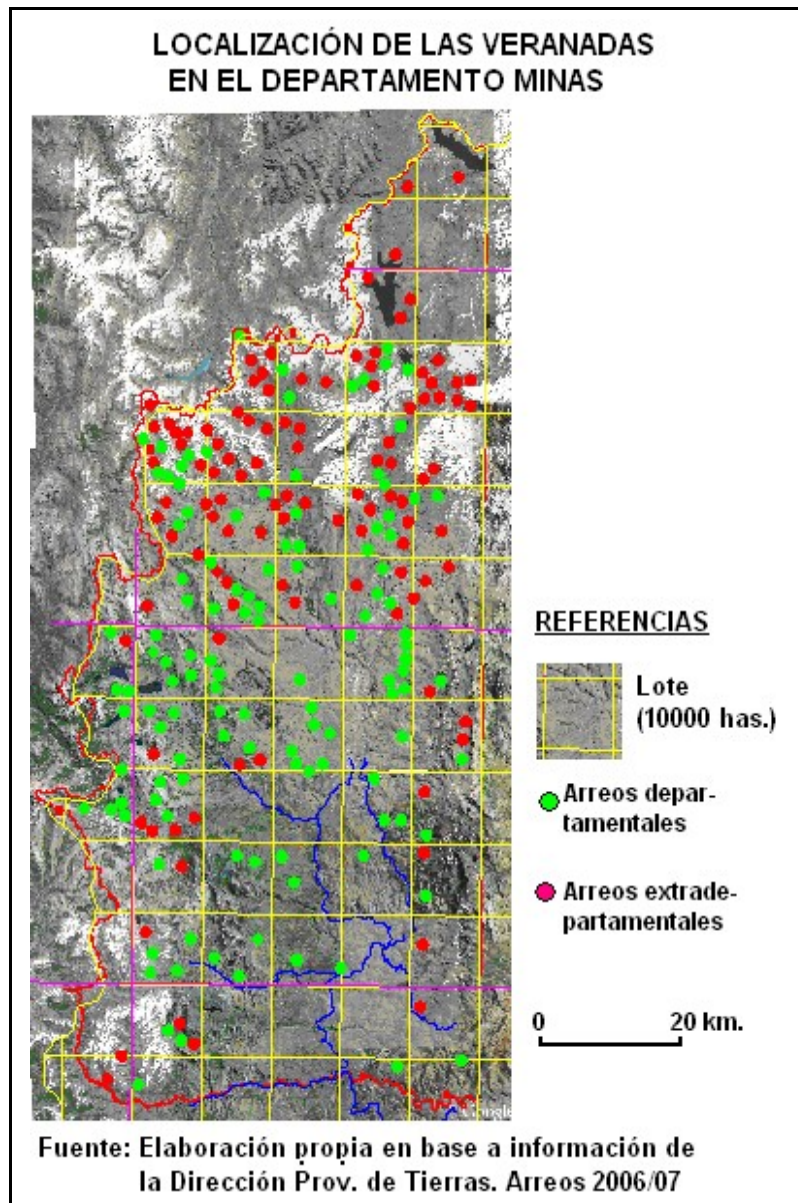
CUADRO N° 5

DEPARTAMENTO MINAS					
ARREOS DEPARTAMENTALES Y EXTRADEPARTAMENTALES QUE SE TRASLADAN A LA VERANADA (2006/7)					
La nares	Caprinos	Vacunos	Equinos	Mulares	Total
20623	122 999	13322	4032	841	161817

Fuente: elaboración propia en base a información proporcionada por la Dción. Prov. de Tierras, Of. Chos Malal

Esta cantidad de ganado transformado en Unidades Ganaderas Ovinas (detalles en Capítulo 4) alcanza a la cifra de 285.606, que movilizados dos veces al año por callejones asignados para el traslado entre veranada e internada, producen un fuerte impacto sobre los distintos paisajes del Departamento.

FIGURA N° 14



### Existencias Ganaderas

La actividad ganadera a nivel provincial fue decreciendo en el producto bruto, siendo hoy insignificante su participación, a pesar de haber sido la más dinámica en el siglo XIX y primera mitad del XX. Según los últimos Censos Económicos Nacionales (1988 - 2002), las existencias ganaderas provinciales registraron mermas significativas. Sin embargo esta actividad en Noroeste neuquino se ha visto incrementada (cuadros N° 6 y 7). Esta tendencia, que se viene registrando desde el Censo agropecuario de 1978, implica que el Norte neuquino se ha consolidado como espacio destinado al uso ganadero. Según información obtenida recientemente (cuadro N° 8), entre el último Censo Nacional Agropecuario y el año 2008 (información SENASA, 2008) el ganado caprino se han incrementado en un 57%, alcanzando registros nunca antes obtenidos.

**CUADRO N° 6**  
**PROVINCIA DE NEUQUEN. GANADO BOVINO, OVINO Y CAPRINO**  
**S/ CENSOS AGROPECUARIOS 1988 - 2002**

ANO	BOVINOS	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

**CUADRO N° 7**  
**DEPARTAMENTO MINAS. GANADO BOVINO, OVINO Y CAPRINO**  
**S/ CENSOS AGROPECUARIOS 1988 - 2002**

ANO	BOVINOS	OVINOS	CAPRINOS
1988	7.788	31106	77944
2002	10.755	20660	83796
Dif.	2.967	-10446	5.852
Dif.(%)	38.1	-66.4	7.5

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

El incremento registrado en los últimos años refleja lo ocurrido en nuestro país luego de la devaluación monetaria sufrida a fines del 2001. Esto trajo aparejado un aumento notable de los valores de rentabilidad de los productos primarios, entre ellos el del ganado, implicando

un marcado incremento de las existencias ganaderas en general y el ganado caprino en particular. En las figuras siguientes puede verse la tendencia a nivel país de los stocks de este tipo de ganado, que pasaron de 3.4 millones en el año 2001 a 4.2 millones en el 2003 (+23.5%).

CUADRO N° 8

## DPTO. MINAS. EXISTENCIAS GANADERAS HISTÓRICAS

CENSO	BOVINOS		OVINOS		CAPRINOS		CABALLOS	MULAS
	cabezas	% Prov.	cabezas	% Prov.	cabezas	% Prov.	cabezas	cabezas
1920	6.014	4.3	26.945	3.7	5.797	1.8	s/d	s/d
1930	4.739	3.0	43.691	4.8	42.715	10.3	s/d	s/d
1937	3.497	2.3	29.792	3.1	39.754	7.4	s/d	s/d
1947	9.315	7.0	39.702	4.4	74.732	14.4	s/d	s/d
1960	7.503	5.7	45.846	6.7	s/d	s/d	s/d	s/d
1970	6.264	5.0	45.490	6.8	84.661	18.6	s/d	s/d
1973	s/d	s/d	43.861	6.8	s/d	s/d	s/d	s/d
1975	4.747	3.1	48.374	7.6	58.890	10.9	s/d	s/d
1978	7.059	3.8	57.037	8.0	92.098	11.5	s/d	s/d
1988	7.788	4.5	31.106	6.7	77.944	9.5	s/d	s/d
2002	10.755	7.4	20.660	12.3	83.796	12.4	s/d	s/d
2008	9542	s/d	21.417	s/d	131.525	s/d	3560	667

Fuente: elaboración propia con datos de Bandieri S. (1988), CNAs e información SENASA Chos Malal

A los valores contabilizados para Minas debería adicionarse el ganado trashumante que llega al Departamento durante los meses de verano provenientes de invernadas de otros Departamentos. Esta situación genera mayor presión ganadera a los campos de veranada pero también a los de invernada, a causa de que dicho ganado es conducido a través de los callejones asignados a tal fin o simplemente a campo traviesa. Todo esto constituye un factor de considerable importancia a la hora de evaluar los procesos de degradación registrados en este lugar.

FIGURA N° 15

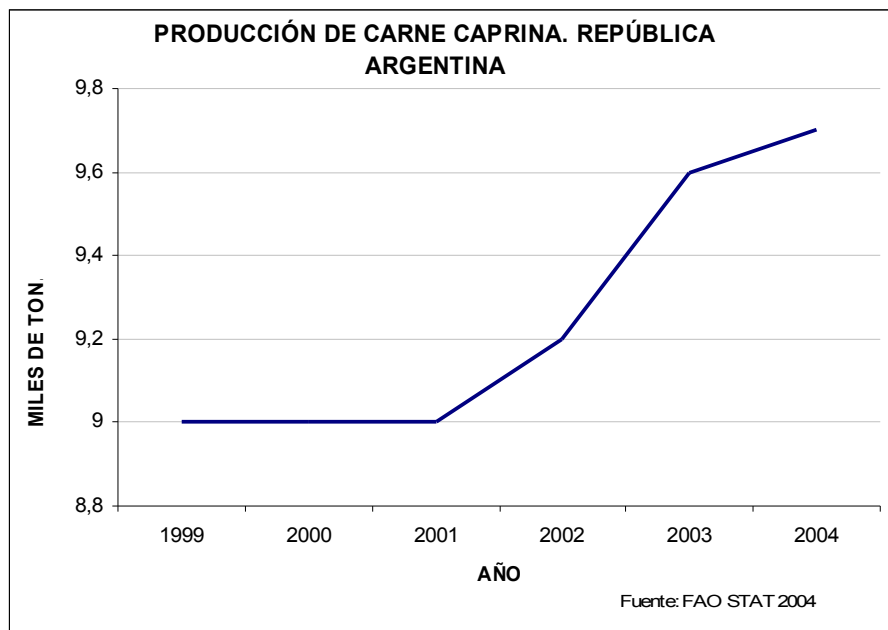
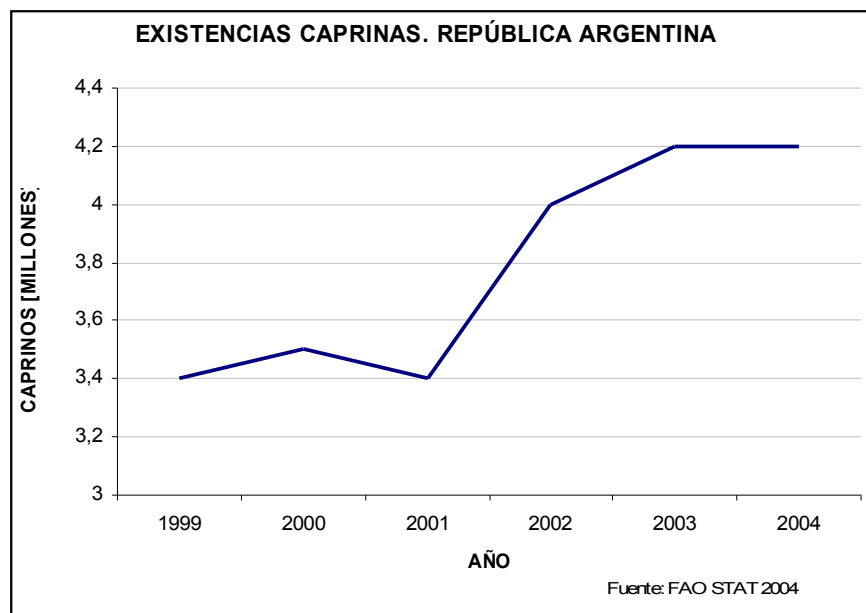


FIGURA N° 16



CUADRO Nº 9

ARREOS QUE REALIZAN LAS VERANADAS EN EL DPTO. MINAS PROVENIENTES DE OTROS DEPARTAMENTOS Temporada 2006 / 2007				
Lanares	Caprinos	Vacunos	Yeguarizos	Mulares
5649	58393	7011	1921	523

**Fuente:** elaboración propia en base a datos proporcionados por la Dirección Provincial de Tierras de Chos Malal.

## USO GANADERO Y TENENCIA DE LA TIERRA

Los pequeños y medianos productores representan el 51.4 % de la población que territorialmente ocupan el 7.2 % la superficie (cuadro Nº 15). Se trata de crianceros dedicados al ganado menor mixto, principalmente caprino, combinado en ocasiones con agricultura de subsistencia. Este trabajo es de tipo familiar de escasa productividad, realizado en parcelas pequeñas, con muy poca o nula incorporación de técnicas para el mejoramiento de la parcela o la calidad del ganado. La comercialización de los excedentes por lo general se lleva a cabo bajo la modalidad de trueque con escasas o nulas posibilidades de acumulación (Proyecto Ecología del Paisaje, 2001).

Teniendo en cuenta las explotaciones rurales donde se practica la trashumancia, tanto en veranadas como en invernadas, se observa que las primeras presentan una mayor competencia de uso, dado que es donde se engorda al ganado, se desarrollan las crías y se inicia el proceso de comercialización. Ello se puede observar en los cuadros Nº 11 y 12 y en la figura Nº 12, donde el 65,2 % del total de las explotaciones del área de estudio, se localizan en las veranadas y es “donde se expresan los mayores y más frecuentes conflictos expresados a nivel disputas entre vecinos y reclamos permanentes sobre el uso y delimitación de los campos. Es factor ineludible de conflicto el proceso de cercamientos y alambrados sumados a una situación dominial que no legitima el uso actual y a sus ocupantes” (GESA, 1993).

Del total de veranadas, el 66 % corresponden a tierras fiscales lugar donde se desarrollan la gran mayoría de los conflictos aludidos en la cita anterior. En el cuadro Nº 10 (Cantidad de EAPs con límites indefinidos) muestra que en la Provincia de Neuquén las EAPs con estas

características alcanzan al 61%, mientras que para el resto de las provincias patagónicas, no superan el 6%. Esta problemática también queda reflejada en los datos proporcionados por el Censo Nacional Agropecuario 2002, en donde para el Departamento Minas están registradas 614 Empresas Agropecuarias de las cuales sólo 240 (39.1 %) posee límites definidos.

#### CUADRO N° 10

Cantidad de EAPs con Límites Indefinidos y Participación sobre el Total de EAPs

Provincias	Cantidad de EAPs con lím.indefinidos			% sobre el Total de EAPs	
	CNA 88	CNA 02	Var %	CNA 88	CNA 02
Chubut	757	156	-79%	18%	4%
<b>Neuquén</b>	<b>4111</b>	<b>3370</b>	<b>-18%</b>	<b>62%</b>	<b>61%</b>
Río Negro	1526	472	-69%	17%	6%
Santa Cruz	12	3	-75%	1%	0%
Tierra del Fuego	3	0	-100%	4%	0%
<b>PATAGONIA</b>	<b>6409</b>	<b>4001</b>	<b>-38%</b>	<b>30%</b>	<b>22%</b>

Fuente: elaboración propia con datos de los CNA 1988 y 2002

Para comprender la relación entre la tenencia de la tierra, el uso y su vinculación con los procesos de degradación, se prestó especial atención al tipo de relación con el territorio donde un gran porcentaje de crianceros (37.2 %) no supera las 300 cabezas (nivel de subsistencia) porcentaje que alcanza al 62.8 % que no supera las 600 cabezas. Los pequeños productores, aquellos que se localizan en explotaciones menores de 500 has., representan un porcentaje significativo del total de la población, siendo los que se ubican en el primer rango de cantidad de cabezas, donde el 79% de las mismas, está compuesta por ganado caprino.

Esto trae como consecuencia la falta de capitalización y generación de una tasa de ganancia que permita realizar inversiones en tecnología (conservación de aguadas, alambrados, ampliación de mallines, mejoramiento genético, etc.). Esto más la falta de titularización y delimitación de tierras aparecen como uno de los aspectos más relevantes para la vinculación existente entre la degradación de tierras y el tipo de tenencia de la tierra.



CUADRO Nº 11

## DEPARTAMENTO MINAS. USO Y TENENCIA DE LA TIERRA

USO DE LA TIERRA	TENENCIA Y SUPERFICIE TOTAL DE LAS EXPLOTACIONES		SUPERFICIE TOTAL DE LAS EXPLOTACIONES Has.
	PRIVADA	FISCAL	
Va	55175.85	292738.77	347914.62
Ia	7288.99	10454.96	17743.95
Va - Hi	33061.65	54582.36	87644.01
Ia - Va	6410.00	16602.36	23012.36
Ia - Hi	9209.99	40672.51	49882.50
Ia - Va - Hi	34430.91	14138.26	48569.17
No Apto	0.00	17223.83	17223.83
Ic - Vc - Hi	14490.63	138.67	14629.30
Otros	15872.27	7.99	15880.26
<b>TOTAL</b>	<b>175940.29</b>	<b>446559.71</b>	<b>622500.00</b>

Fuente: Proyecto Ecología del Paisaje. Su aplicación a la degradación de la tierra en la Provincia de Neuquén (2001).

CUADRO Nº 12

DEPARTAMENTO MINAS  
TIPO DE USO GANADERO

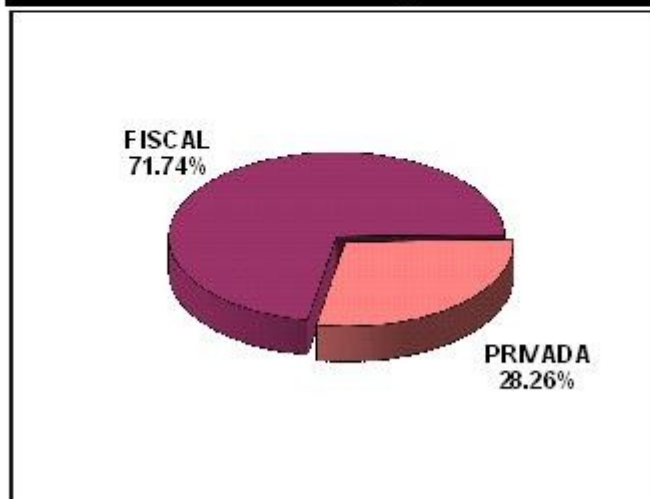
USO DE LA TIERRA	SUPERFICIE TOTAL DE DE LAS EXPLOTACIONES	
	(Has)	%
Veranada	435,558.63	70.0
Invernada	67,626.45	10.9
Invernada - Veranada	86,210.83	13.8
No Apto	33,104.09	5.3
<b>TOTAL</b>	<b>622,500.00</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Proyecto Ecología del Paisaje. Su aplicación a la degradación de la tierra en la Provincia de Neuquén (2001)

CUADRO N° 13 y FIGURA N° 17

## DPTO. MINAS TIPO DE TENENCIA DE LA TIERRA

TENENCIA DE LA TIERRA	SUPERFICIE TOTAL DE LAS EXPLOT. (Has.)
FISCAL	446,559.71
PRIVADA	175,940.29
TOTAL	622,500.00



Fuente: Proyecto Ecología del Paisaje. Su aplicación a la degradación de la tierra en la Provincia de Neuquén (2001)

CUADRO N° 14

DEPTO. MINAS. CANTIDAD Y SUPERFICIE DE EMPRESAS AGROPECUARIAS  
CON LÍMITES DEFINIDOS

Tamaño EAPs	N°	%	Has.	%
0 - 5 Has.	58	24.2	122.8	0.1
5 - 10 Has.	17	7.1	127.0	0.1
10 - 25 Has.	14	5.8	250.8	0.3
25 - 50 Has.	8	3.3	302.0	0.3
50 - 100 Has.	12	5.0	846.5	1.0
100 - 200 Has.	18	7.5	2532.2	2.9
200 - 500 Has.	47	19.6	16567.0	18.7
500 - 1000 Has.	42	17.5	28080.7	31.7
1000 - 2500 Has.	22	9.2	33811.6	38.2
2500 - 5000 Has.	2	0.8	5866.0	6.7
<b>Totales</b>	<b>240</b>	<b>100.0</b>	<b>88506.6</b>	<b>100.0</b>

Fuente: elaboración propia en base a datos del Censo Nacional Agropecuario 2002.

CUADRO N° 15

**DEPARTAMENTO MINAS. TAMAÑO Y CANTIDAD DE PROPIEDADES  
CON Y SIN LÍMITES DEFINIDOS**

<b>Rango (Has.)</b>	<b>Sup (Has.)</b>	<b>%</b>	<b>N° Explot.</b>	<b>%</b>
<b>Menos de 100 Has.</b>	3555.23	0.5	88	18.0
<b>100 - 500</b>	44444.95	6.7	163	33.4
<b>500 - 1000</b>	64357.48	9.7	97	19.8
<b>Mas de 1000</b>	576081.4	83.1	141	28.8
<b>Totales</b>	<b>688439.06</b>	<b>100.0</b>	<b>489</b>	<b>100.0</b>

Fuente: proyecto Ecología del paisaje. Unco. (2001)

FIGURA N° 18

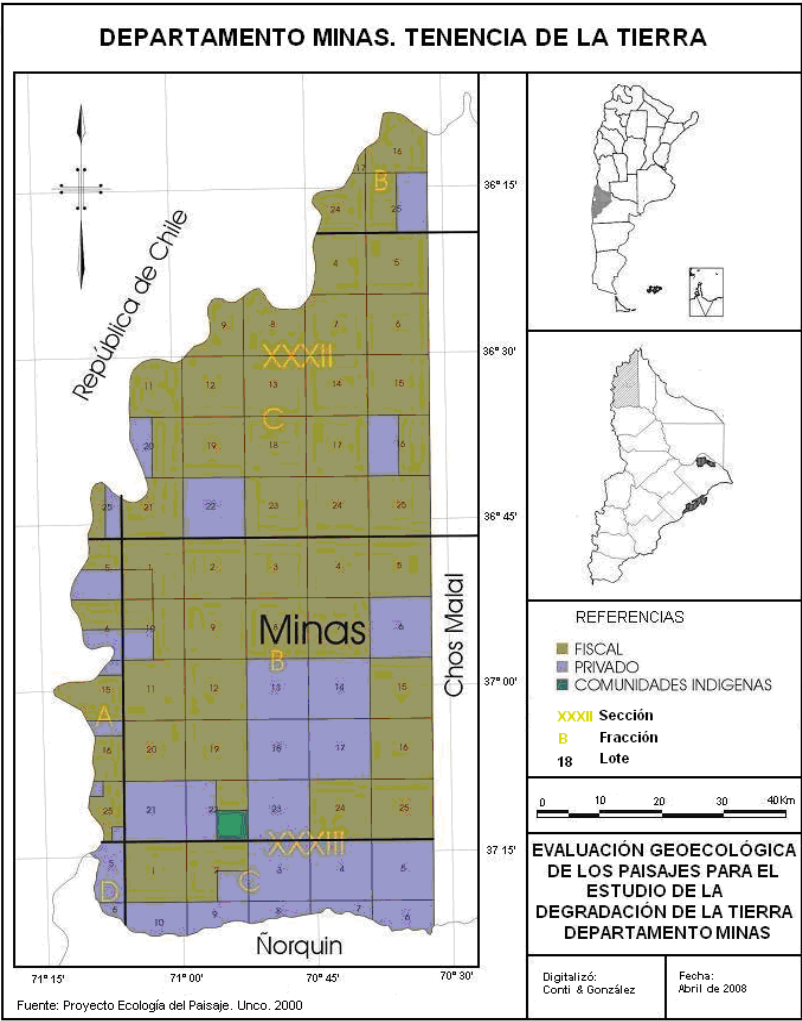
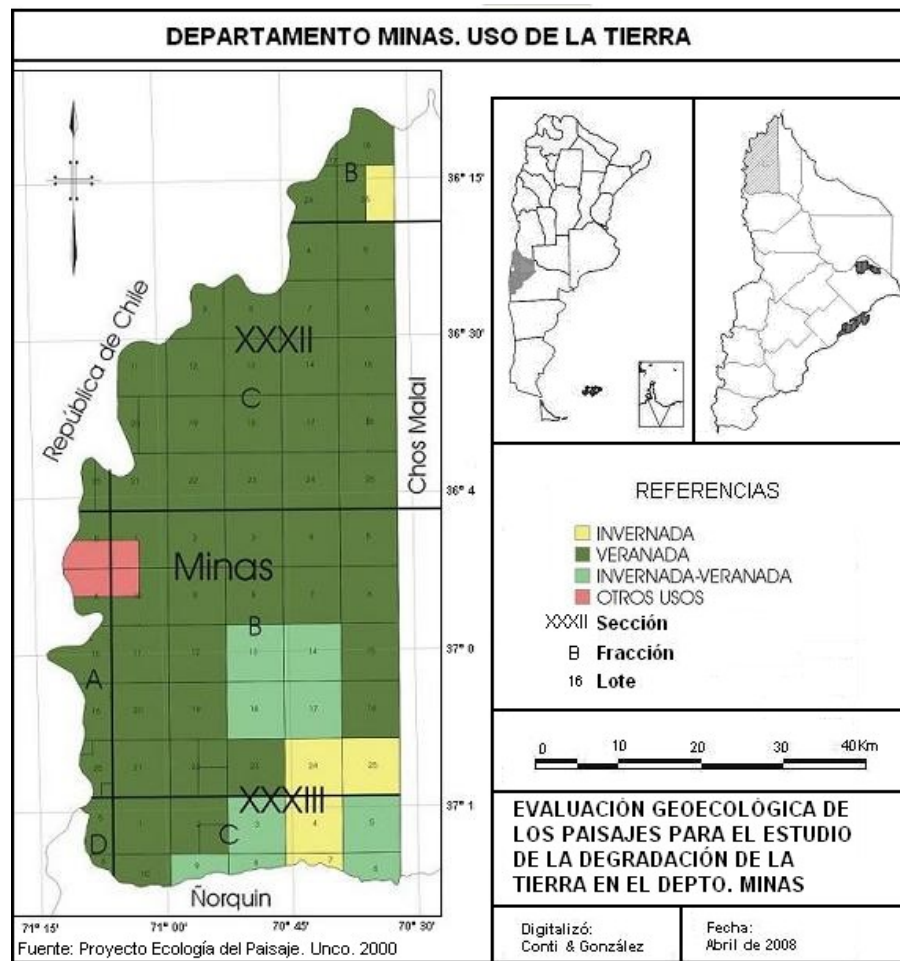
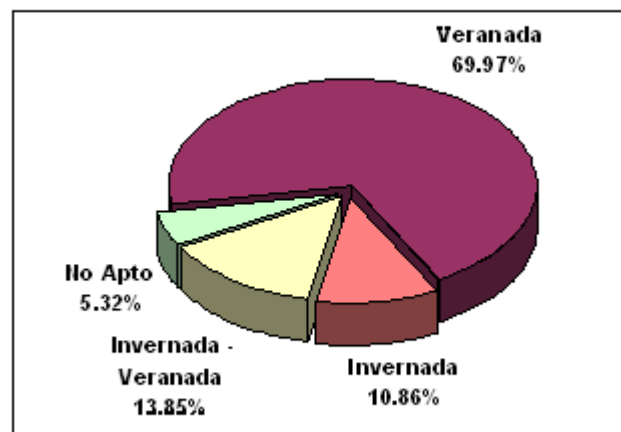


FIGURA Nº 19



**FIGURA N° 20**  
**DEPARTAMENTO MINAS. USO DE LA TIERRA**



Fuente: Proyecto Ecología del Paisaje UNCo (2000)

**Forestación**

La actividad forestal está presente en esta región en tres grandes zonas: 1) Huinganco – Andacollo; 2) Lagunas de Epulafquen – Las Ovejas y 3) Varvarco – Manzano Amargo. Estos emprendimientos, que en algunos casos llevan más de 25 años se han desarrollado en base a distintos planes nacionales, provinciales y municipales aunque la mayoría de los mismos corresponde a la empresa de capitales mixtos (provincial – privado) CORFONE (Corporación Forestal del Neuquén). Si se toma en cuenta la totalidad de esta región, los resultados obtenidos son bastante dispares ya que se han presentado problemas de diversos tipos en relación a la adaptabilidad de las especies, manejo, gestión y comercialización del recurso (Bertani et al. 2004).

De acuerdo con especialistas que han participado en las actividades relacionadas con la forestación en el Departamento (Ing. Agr. Emilio Costas del Municipio de Las Ovejas), se registra un rendimiento promedio de 7 m<sup>3</sup> de madera / Ha. / año en secano). Esta cifra representa valores significativos altos en comparación con otros emprendimientos desarrollados en la Provincia de Neuquén.

Esta actividad ha generado un conflicto con el uso ganadero, pues muchos de los predios que han sido forestados han desplazado a antiguos pobladores rurales que tenían sus campos de cría en esas tierras, cortando además, el paso de los arcos entre las veranadas e invernadas.

Además de la forestación con fines comerciales, este departamento presenta muy buenas aptitudes para la forestación con fines de protección de laderas. En un estudio sobre el Norte neuquino (Frugoni et al., 1999), el Departamento Minas presenta las dos terceras partes de su territorio (66.4 %) con aptitudes “aptas” y “muy aptas”. La protección de las vertientes es de suma importancia ya que además de dar jerarquía al paisaje, contribuye a preservar al suelo desnudo de los impactos por gota de lluvia, retarda el escurrimiento y favorece la infiltración en este caso de las cuencas altas de dos grandes ríos patagónicos: el Neuquén y el Colorado. Los resultados obtenidos para las distintas clases de aptitudes puede verse en el Cuadro N° 16 y en el mapa de la Figura N° 20.

CUADRO N° 16

DPTO. MINAS APTITUDES PARA FORESTACIÓN CON GÉNERO PINUS		
CATEGORÍA	SUPERFICIE (Has.)	%
Muy Apta	165452	27.50
Apta	229363	38.90
Moderadamente Apta	58535	9.70
Marginalmente Apta	47187	7.80
No Apta	96763	16.10
<b>Total</b>	<b>597300</b>	<b>100.00</b>

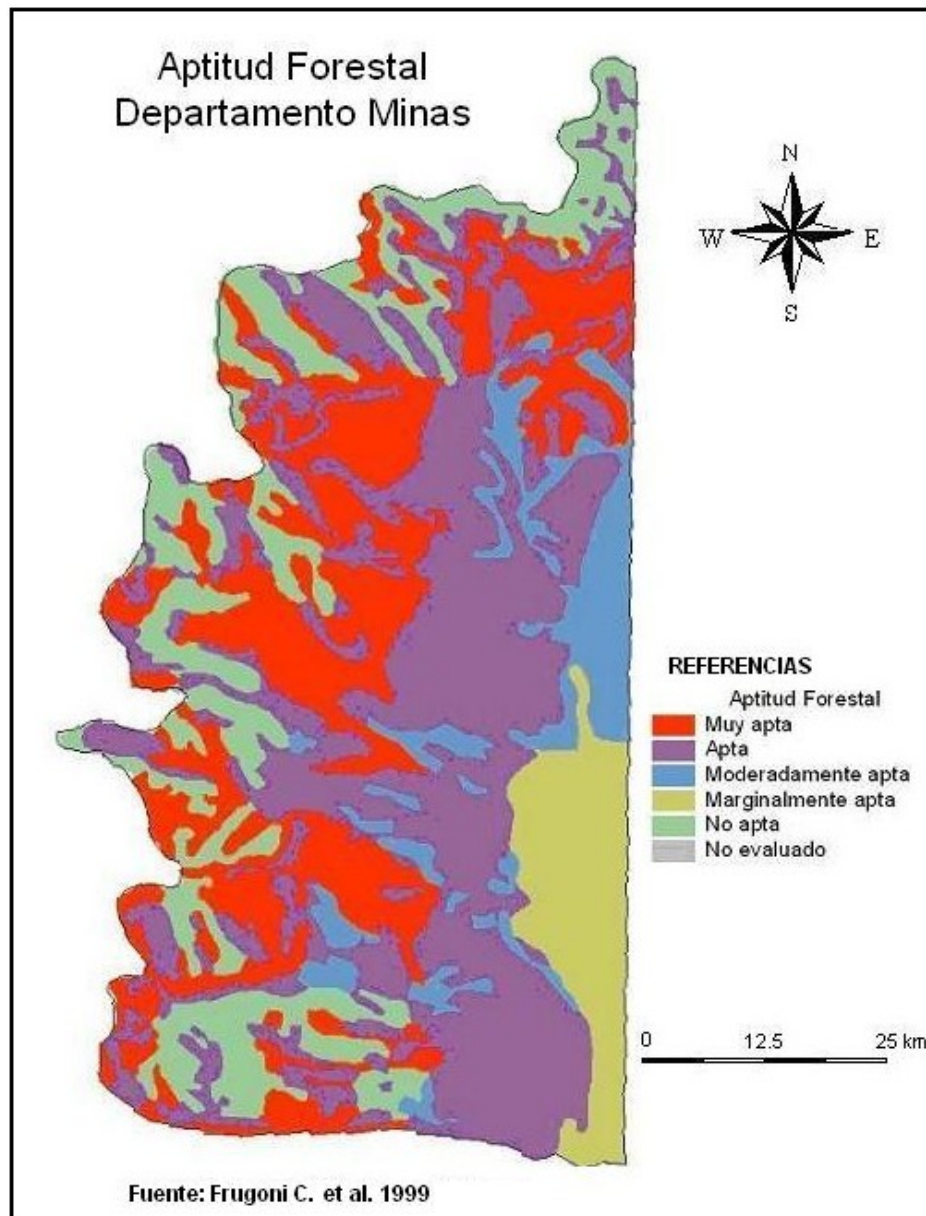
Fuente: elaboración propia en base a Frugoni C. et al. (1999)



Fotografía N° 1. Forestación con género *Pinus* de la Empresa Corfone, en planicie próxima a la localidad de Las Ovejas.

FIGURA N° 21









Fotografía N° 2. Forestación con género *Pinus* en laderas de la Cordillera del Viento al Sur de la localidad de Andacollo.

### **El turismo**

La actividad turística en este Departamento presenta un enorme potencial debido a la gran cantidad y diversidad de recursos paisajísticos, muchos de ellos aún no han sido puestos en valor y ni siquiera debidamente evaluados. A raíz de las condiciones climáticas y a la falta de buena infraestructura, las actividades turísticas están restringidas al período estival más si se tiene en cuenta que la red vial de este territorio es deficitaria y existen sólo unos 25 km. de rutas asfaltadas (Ruta Provincial N° 43). El resto son caminos de ripio con distinto grado de transitabilidad y mantenimiento, lo que desalienta en muchas ocasiones a los visitantes. Esto es una de las causas para que los atractivos tengan aún cierto grado de buena conservación que les permitiría, buenos planes de manejo mediante, aprovecharlos de manera más integral.

En relación al potencial puede agregarse que el relieve montañoso, casi despoblado, y los recursos hídricos, son ideales para el desarrollo de actividades turísticas de bajo impacto, ya que se presentan condiciones ambientales semiáridas que pueden ser agravadas por el uso intensivo de suelo y vegetación, como ha ocurrido con las prácticas ganaderas. Montañismo, trekking de altura, senderismo, cabalgatas, camping, canotaje, rafting, pesca, observación de restos arqueológicos, observación y participación de prácticas agroganaderas tradicionales,

como la trashumancia, son actividades que pueden desarrollarse en esta región, no requieren infraestructura compleja y sólo un adecuado manejo y adecuación a la capacidad de carga de los distintos sitios naturales. Algunos de ellos con arte rupestre, como Colo Michi có (próximo a Varvarco), ya han sido objeto de estudio y adecuación para la visita.

Muchas de las actividades mencionadas pueden ser compatibles y complementarias con la forestación y ganadería. La forestación genera variaciones en el paisaje, nuevas oportunidades recreativas y un ámbito propicio para la educación ambiental, además de dar mayor jerarquía al paisaje. El ecoturismo, de la mano de la interpretación paisajística y la educación ambiental, es una modalidad que propicia la conservación de las áreas naturales a través del contacto directo y la comprensión de los procesos naturales, así como el agroturismo, que brinda la posibilidad de que crianceros y otros productores otorguen un valor agregado a sus tareas.



Fotografía N° 3. Reserva Provincial Lagunas de Epu Lauquen. Bosque de Ñire (*Nothofagus antártica*), Lenga (*Nothofagus pumilio*) y Roble Pellín (*Nothofagus obliqua*).

CUADRO Nº 17

## DEPARTAMENTO MINAS. ÁREAS PROTEGIDAS PROVINCIALES

AREA PROTEGIDA	Sistema Domuyo	Lagunas de Epu Lauquen	Cañada Molina
<b>Categoría</b>	Área Natural Protegida	Reserva Provincial	Monumento Natural Provincial
<b>Localización</b>	NE de Minas	Oeste de Minas	Sureste de Minas
<b>Superficie</b>	No establecida	7450 Has.	50 Has.
<b>Plan de Manejo</b>	Si (2006)	Si (2006)	Plan preliminar 2006
<b>Atractivos</b>	Volcán Domuyo Aguas termales Geisers Fumarolas Sitios arqueológicos e históricos	Bosque subantártico más septentrional Lagunas Petroglifos	Relicto de Ciprés de la Cordillera
<b>Observaciones</b>	Se trata del AP con mayor potencial turístico	Administrado por Municipio de Las Ovejas	Totalmente cercado

Fuente: elaboración propia

Como resultado de la interrelación tanto de las variables físico – geográficas como de las socioeconómicas descritas en el presente capítulo (previstas en el esquema metodológico del Cap. 1), puede señalarse que el Departamento Minas se caracteriza por su relieve montañoso, donde sobresalen dos grandes cordilleras: la de los Andes y la del Viento. Un 70% de su territorio está sobre la cota de 1.500 msnm. factor que condiciona la mayoría de las actividades humanas que se desarrollan en este espacio.

La abundancia de lagos, lagunas y ríos constituye otro rasgo distintivo: existen más de 100 cuerpos de agua entre los que sobresalen la laguna Varvarco Campos (2.400 Has.), las de Epulafquen, Negra, Vaca Lauquén, etc. de diferentes tamaños muchas de las cuales dan origen a ríos y arroyos que forman la cuenca superior de los ríos Neuquén y la del Colorado.

Un rasgo particular, a nivel macroescala, de la dinámica y el funcionamiento de los sistemas naturales de esta región es la relación entre la topografía, el clima, los suelos y la vegetación: como los vientos dominantes y de mayor intensidad provienen del Oeste, entonces es común que a sotavento de los relieves positivos se depositen sedimentos finos y, en ocasiones de grandes erupciones volcánicas (muy comunes en el cuaternario para esta zona), haya ocurrido

lo mismo con la ceniza volcánica. Esto ha dado lugar a que aquellas laderas orientadas al Este se localicen suelos profundos y con mayor desarrollo edáfico. Esto genera perfiles edáficos con mayores disponibilidades de humedad lo que les otorga buenas aptitudes para el desarrollo de la vegetación.

Otro tanto ocurre con las exposiciones hacia el Sur, las laderas de umbría. Por tratarse de laderas con menor exposición, logran conservar mejor la humedad en el perfil del suelo, de ahí que es muy notable la diferencia de vegetación entre las laderas Norte – Sur. Este análisis destaca la importancia que reviste las exposiciones Este y Sur para el desarrollo y conservación de la vegetación.

Pueden establecerse tres grandes momentos en la dinámica del poblamiento departamental: a) el **primero** de ellos, previo a los registros de los Censos Nacionales, es el correspondiente al **poblamiento indígena**; b) el **segundo**, relacionado con un crecimiento de la población por la vinculación de la economía del Norte neuquino con los puertos chilenos y la instalación de la capital del Territorio en Chos Malal; el **tercero**, (desde principio del siglo XX hasta mediados de los 60) corresponde al aislamiento departamental como consecuencia cierre de la frontera con Chile y su despoblamiento; y por último (**cuarto** período) el repunte poblacional a partir de esta última fecha y que continúa en la actualidad, con la particularidad que en los últimos 20 años se han consolidado los centros urbanos existentes, han aparecido otros de menor jerarquía produciéndose un éxodo de las áreas rurales.

Esta dinámica de la población responde a la valoración que tiene y han tenido los distintos recursos naturales del Departamento. Inicialmente la agricultura y la ganadería para abastecer los puertos chilenos, también la minería del oro con sus distintas modalidades de extracción (primero en placeres y luego en minas), forestación iniciada en los 70 y en las últimas décadas el turismo. Sin embargo la actividad por excelencia que ha caracterizado a este Departamento es la ganadería del tipo extensiva, dedicada sobre todo al ganado caprino, con la modalidad del tipo trashumante, muy en relación con el tipo de relieve que posee el Departamento.

Ante la diversidad de formas y procesos tanto naturales como sociales, en el próximo capítulo se analiza de manera integrada estos elementos que dan forma a un sistema de unidades de paisaje con distintos niveles de homogeneidad (clases y tipos), su funcionamiento y la respuesta de los mismos ante el impacto de las actividades humanas.

## **CAPITULO 3**

### **LOS PAISAJES DEL NORTE NEUQUINO**

## LOS PAISAJES DEL NORTE NEUQUINO

A los efectos de alcanzar los objetivos propuestos y teniendo en cuenta la descripción de los elementos del medio natural y la organización espacial, en el presente capítulo se delimitan las **clases** y **tipos** de paisajes del Departamento Minas.

El principio básico para la delimitación físico-geográfica del Departamento Minas es la definición de Unidades Territoriales basadas en la estructura de los componentes, su composición sustancial, tanto cualitativa como cuantitativa, su integridad territorial, su unidad genética relativa, y su irrepetibilidad en el espacio y en el tiempo. Esto significa que se agrupan de acuerdo al principio de contigüidad e inseparabilidad espacial, basada en las relaciones espaciales entre las unidades territoriales componentes y con la comunidad local. Para ello fue necesario contar con la información del Capítulo 2, donde se describen los rasgos físico-geográficos clave para entender cómo es la dinámica y funcionamiento de cada paisaje.

Esta tesis se circunscribe al Departamento Minas pero los límites de las unidades consideradas, en muchos casos, se extienden más allá de este límite administrativo.

Otra aclaración adicional está referida a los límites entre las unidades de paisaje propuestas: por lo general constituyen una franja de transición y no una línea que habitualmente es poco representativa de esta situación, de ahí que muchas de las unidades podrían haber resultado con otra fisonomía respecto de la superficie que ocupan en esta tesis. Sin embargo esto no lesiona el principio metodológico de estudiar una unidad territorial entendiendo que sus elementos constituyentes y la estructura particular que contienen son específicos, lo que las transforman en una unidad de análisis con una identidad propia.

De esta manera para el Departamento Minas se estableció la diferenciación y cartografía de las unidades de tipo local, con un enfoque tipológico, a partir del relevamiento de campo y la información disponible de acuerdo con lo establecido en los objetivos de esta tesis. Los resultados obtenidos podrán ser aplicados para estudios de planificación regional que contemple una perspectiva sostenible, teniendo en cuenta que se analiza la potencialidad de cada uno de los paisajes estudiados para otros usos, como la forestación y el turismo, más allá de su estado en torno a la degradación de las tierras.

Al final del análisis de cada **tipo** de paisaje estudiado se ha incluido un apartado donde se analiza cómo es su situación en relación a la cobertura y variación de la vegetación. Para ello se tomó un área muestra en cada **tipo** de paisaje y se analizó el resultado de la aplicación del algoritmo de teledetección NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Además del informe se ha incluido: a) una imagen composición falso color con cada área seleccionada; b) la imagen NDVI obtenida (con valores entre -1 y 1) y c) el histograma de frecuencia del NDVI. Al final de cada **clase** de paisaje se hace un comentario comparando los resultados de los NDVI de los distintos **tipos** de paisaje.

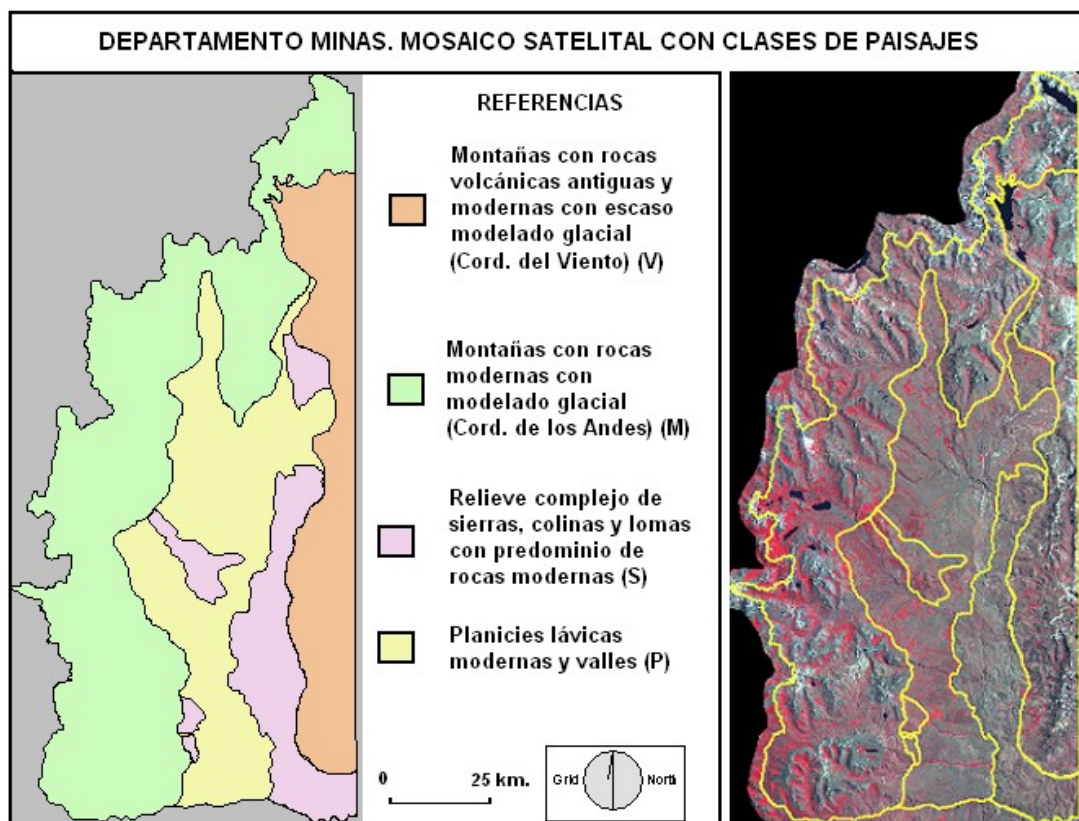
Para la obtención de las **clases** de paisaje del departamento (4 en total), primer nivel jerárquico en la clasificación del territorio, se consideraron aspectos geológico-estructurales y geomorfológicos, que llevaron a la delimitación de unidades paisajísticas con similitud de tipo geólogo-geomorfológico, topográfico y espacial. Estas clases fueron subdivididas en 12 **tipos** de paisajes teniendo en cuenta aspectos climáticos, topográficos y de vegetación. De esta manera se pudieron establecer unidades de paisaje de carácter más homogéneo, lo que sirvió para caracterizar mejor el funcionamiento sistémico de los paisajes.

La información de los mapas de la geología y geomorfología regional a escala 1:250.000 más el modelo digital de elevación del terreno (MDE) constituyó la base para esta delimitación. El mosaico satelital a nivel Departamental, posibilitó el mapeo de los límites de las cuatro **clases** definidas.

Una última aclaración está referida al sistema de coordenadas utilizadas para esta tesis. Las imágenes satelitales fueron georreferenciadas según las coordenadas planas propuestas por la Dirección de Catastro de la Provincia de Neuquén, que procedió a unificar en la FAJA 2 las fajas 1 y 2 que correspondían para este lugar según el Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.). Las clases identificadas fueron las siguientes:



FIGURA N° 22



Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM procesadas con programa Idrisi.

CUADRO N° 18

**DEPARTAMENTO MINAS. CLASES DE PAISAJE**

Clase de Paisaje	Superficie (Km2)	%
1) CORDILLERA DEL VIENTO	1078.19	18.10
2) CORDILLERA DE LOS ANDES	2678.96	44.80
3) SIERRAS, COLINAS Y LOMAS	773.08	24.20
4) PLANICIES	1445.98	12.90
<b>Total</b>	<b>5976.21 *</b>	<b>100.00</b>

Fuente: elaboración propia. Cálculos con módulo área del Programa Idrisi.

\* La superficie establecida por la Provincia de Neuquén para el Departamento Minas es de 6.225 Km.<sup>2</sup>, sin embargo la real es mucho menor. La Dirección General de Tierras de la Provincia ha digitalizado recientemente polígonos para cada Departamento y, para el caso de Minas se ubica ligeramente por debajo de los 6.000 Km<sup>2</sup>, por lo que la cifra obtenida para la totalidad de las unidades de paisaje (medidas con el modulo ÁREA del Programa Idrisi), es bastante similar a la superficie real.



A continuación se analiza la situación de cada una de las **clases** y **tipos** de paisajes identificadas para el Departamento Minas.

**1) Montañas con rocas volcánicas antiguas (Pérmico - Triásico) y modernas (Cenozoico superior) con escaso modelado glacial; (Cordillera del Viento). (V)**

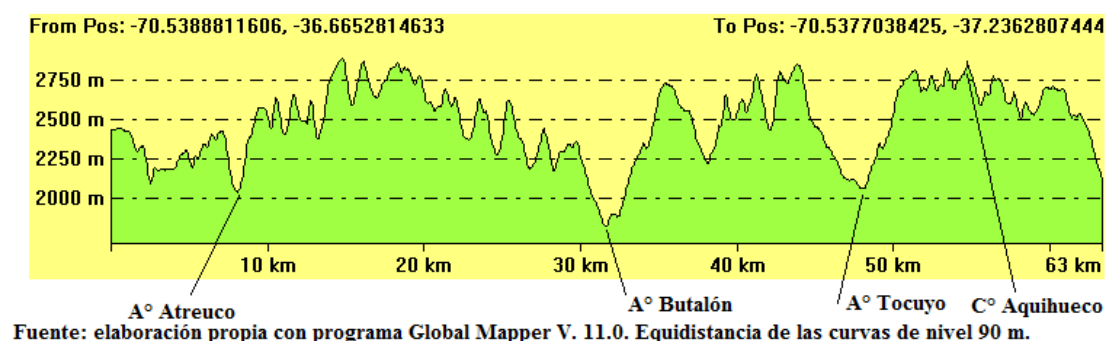
Esta unidad de paisaje presenta, al menos en apariencia una fisonomía uniforme, pero en realidad está constituida por dos tramos con diferencias respecto de su origen geológico: el segmento Sur que se extiende desde el sector Sureste del Departamento (aproximadamente a la latitud de  $37^{\circ} 15' S$ ) hasta un poco más al Norte que la localidad de Varvarco (aprox.  $37^{\circ} 45' S$ ) y el segmento Norte, desde este último punto hasta el Norte del Departamento.

El **tramo Sur** es el que muestra una línea de altas cumbres bastante regular que promedia unos 2.500 – 2.800 m s.n.m., prácticamente sin pasos entre la vertiente oriental y occidental. Está constituido por rocas de origen volcánico muy antiguas (Pérmico – triásico) con escaso modelado glacial.

El **tramo Norte** tiene una morfología algo irregular, es un poco más ancho y presenta alturas que llegan a los 3.500 m s.n.m producto de los depósitos volcánicos acaecidos entre fines del Mioceno superior y Plioceno superior, con manifestaciones efusivas que continuaron a lo largo del Plioceno superior y Pleistoceno medio (ver perfil figura N° 23). La máxima altura de este tramo de la Cordillera es el Cerro Domuyo (4.702 m) aunque está localizado unos 5 km. al Este del límite Departamental, en el Departamento Chos Malal.

FIGURA N° 23

**PERFIL NORTE SUR CORDILLERA DEL VIENTO ENTRE EL PARAJE LOS TACHOS Y A° LA PRIMAVERA**



La Cordillera del Viento se presenta como una segunda gran barrera para los vientos provenientes del Oeste, que luego de descargar su humedad en la Cordillera de los Andes, vuelven a hacerlo (en menor medida) en esta Cordillera (de mayor altura que la de Los Andes). Esto genera precipitaciones que oscilan entre 800 y 2.000 mm/año (mayormente en invierno y en forma de nieve) lo que otorga muy buenas aptitudes para las pasturas en sus faldeos medios y bajos. Además de este tipo de vegetación, perduran algunos remanentes del bosque de Roble Pellín (*Nothofagus oblicua*) y Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*), muy probablemente originados durante un período un poco más frío y húmedo que concluyó hacia mediados del siglo XIX con la llamada “Pequeña Edad del Hielo”. Para ese entonces es probable que hayan ocupado una mayor extensión.

Este gradiente de vegetación, relacionado con las variaciones de temperaturas en altura, culmina en las cotas superiores (por sobre los 2.800 msnm) con un semidesierto de altura, donde las temperaturas medias están por debajo de 0° C y los vientos adquieren gran intensidad. Es aquí donde suelen ser común la morfología de erosión y acumulación glacial (circos, tarn, pequeñas morrenas) (figuras N° 24, N° 26 y fotografía N° 5) producto de las últimas glaciaciones pleistocénicas. Existen dos orientaciones predominantes de los circos de origen glacial: la Sur (por la menor exposición solar) y la Este (por acumulación nívea a sotavento de los sectores altos del paisaje).

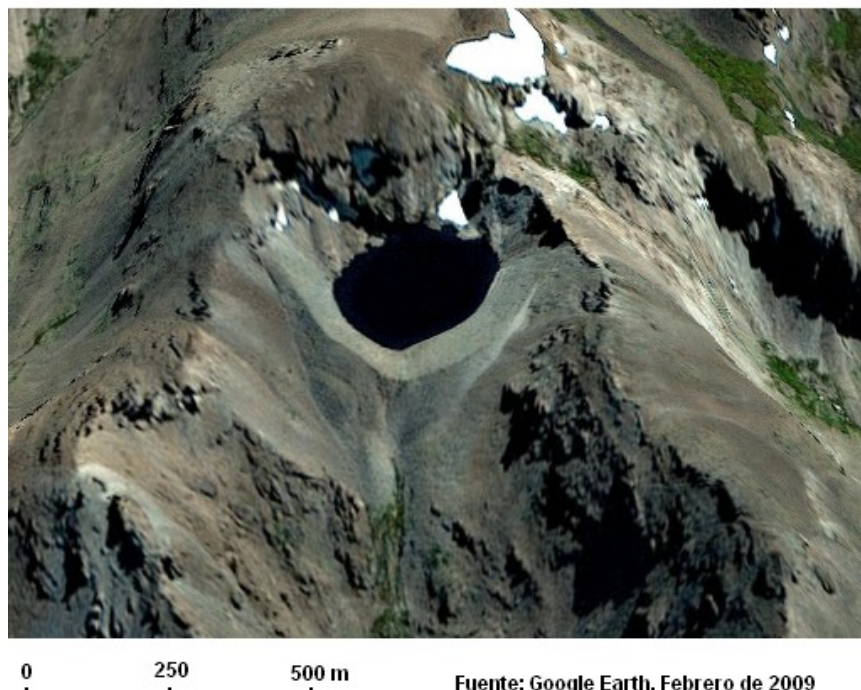


Fotografía N° 4. Vista de la Cordillera del Viento con su altura máxima en ese tramo el C° Corona (2.960 m). Obsérvese la homogeneidad de las altas cumbres en este sector. En la parte inferior

aparece la localidad de Andacollo.

**FIGURA N° 24**

**CIRCO, TARN Y MORRENAS EN LA CORDILLERA DEL VIENTO**  
**Laguna próxima a A° Butalón (36° 56'S; 70° 34' O, 2350 msnm.)**



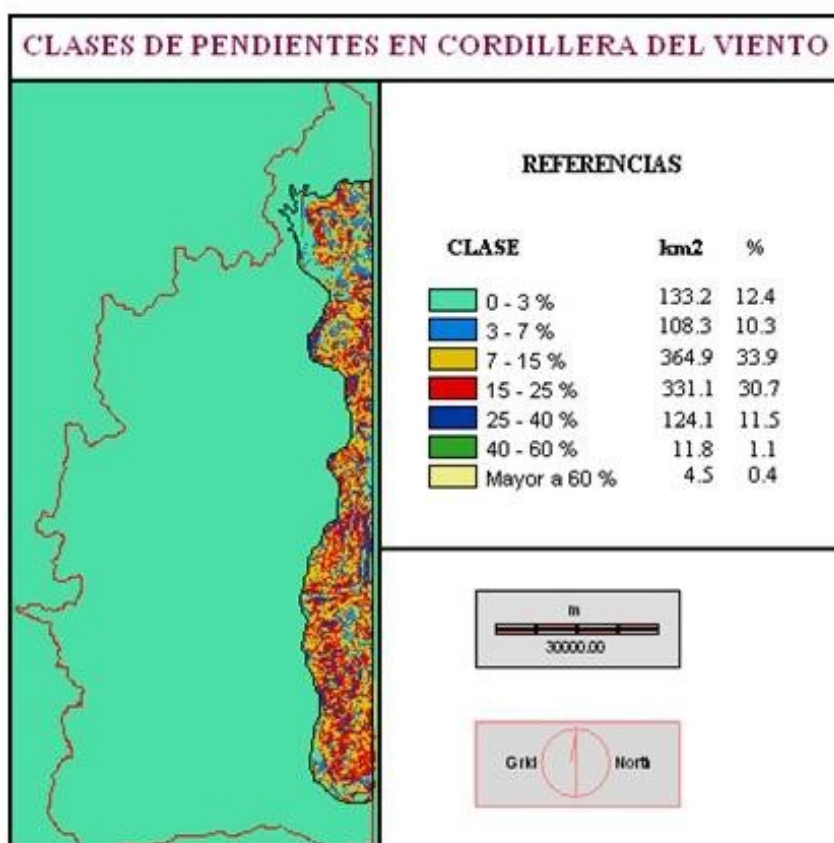
Un rasgo distintivo en todo el ambiente cordillerano es la presencia de ceniza volcánica que constituye el material parental de los suelos de la región. Sin embargo las laderas de esta Cordillera configuran una morfología compleja que condiciona fuertemente la acumulación de espesores de suelo: en las cotas superiores dominan los afloramientos rocosos y la cubierta detrítica, y en sectores protegidos del viento o deprimidos topográficamente aparecen suelos del tipo Vitrixerandes típicos y Haploxeroles énticos (CFI - COPADE, 1991). En las laderas intermedias y bajas aumenta la proporción de suelos aunque está muy condicionada la morfología generada por los cursos de agua que descienden desde los sectores altos formando drenajes paralelos o subparalelos, separados por una morfología irregular donde se combinan afloramientos rocosos, detritos y suelos con predominio del tipo Vitrixerandes mólicos y Haploxeroles vitrándicos, originados en cenizas del Holoceno. En forma subordinada aparecen suelos del tipo Humacueptes típicos y Haplacuoles énticos (CFI - COPADE, 1991).

Esta Cordillera aparece como una gran unidad uniforme, sin embargo un análisis más

exhaustivo de su morfología nos advierte que, producto de la estructura geológica, se han desarrollado pequeños valles de disposición Norte – Sur por donde descienden algunos ríos y arroyos que drenan al Oeste, hacia el río Neuquén. El que presenta mayor desarrollo es uno de unos 18 km. de extensión por donde fluye el Arroyo Butalón (imagen satelital oblicua, figura N° 27).

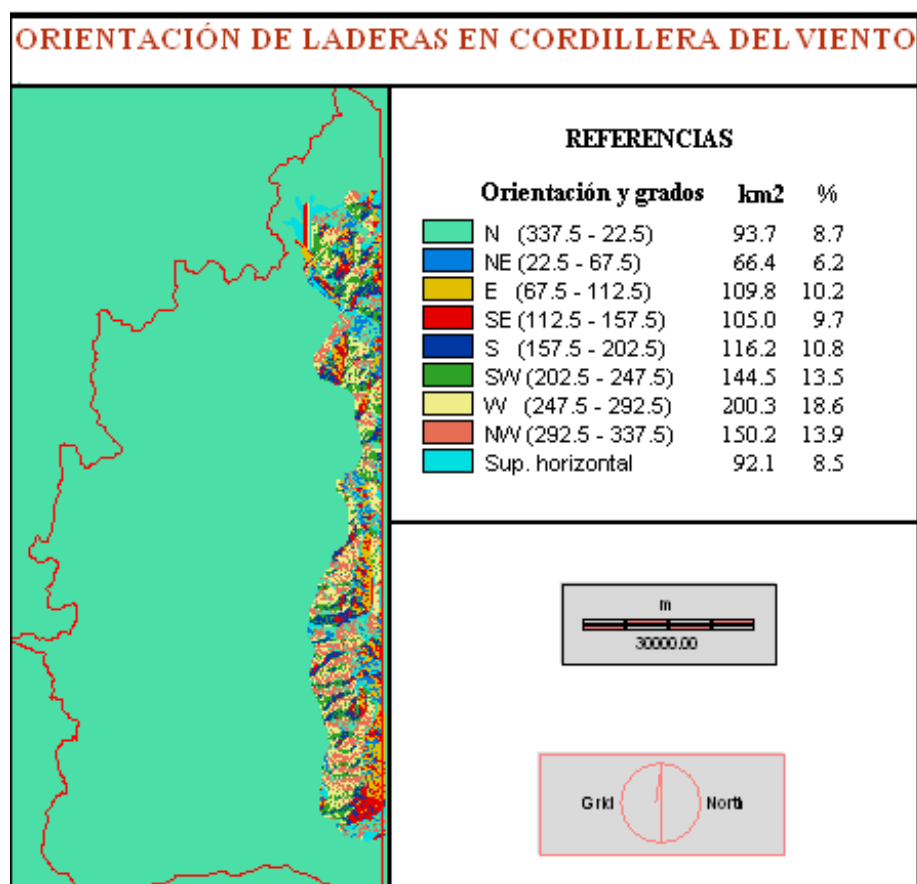
La figura N° 24 muestra como las pendientes fuertes son un rasgo dominante: más del 77 % de su superficie está ocupada por pendientes que superan el 7 %, con orientación predominante hacia el Oeste (Oeste más SE y NO suman 45.9 %) mientras que las que miran hacia el Este, Noreste y Sudeste apenas alcanzan al 26.1 de su superficie (figura N° 25).

FIGURA N° 24



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia procesadas con programa Idrisi

FIGURA N° 25

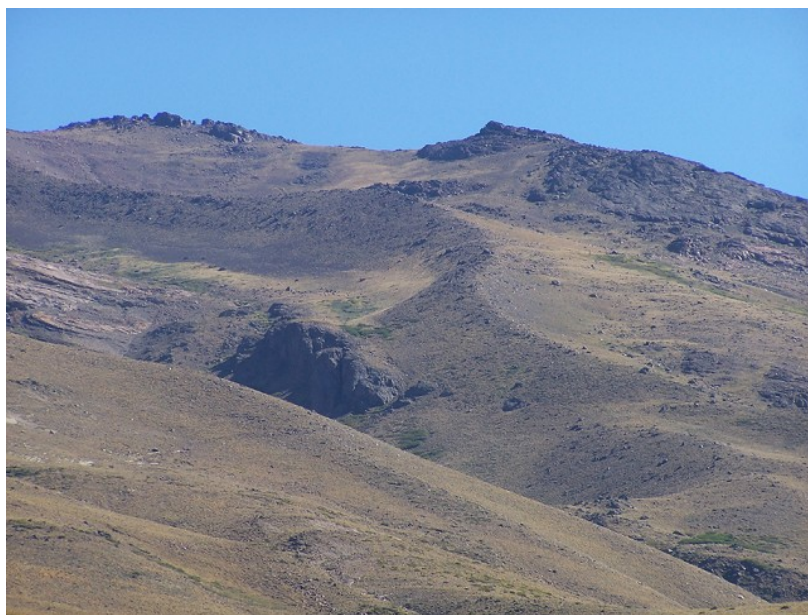
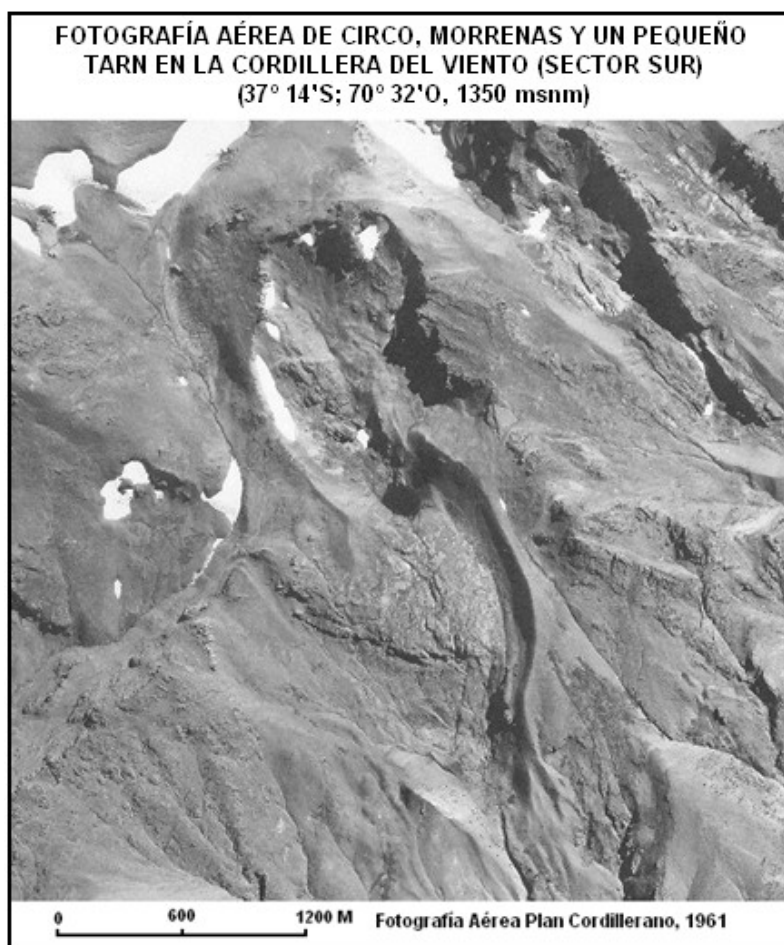


**Fuente:** elaboración propia con imágenes Landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia procesadas con el programa Idrisi.

El uso del suelo de esta cordillera está destinado a la ganadería extensiva: el segmento Norte corresponde casi exclusivamente a tierras de veranada, mientras que desde Varvarco hacia el Sur, los faldeos bajos son ocupados en invernada mientras que los sectores medios y altos se utilizan como veranada. En las proximidades de las localidades de Andacollo – Huiganco, existe un importante desarrollo de la forestación de secano (fotografía N° 2), que otorgan al paisaje una jerarquía paisajística de mayor relevancia.



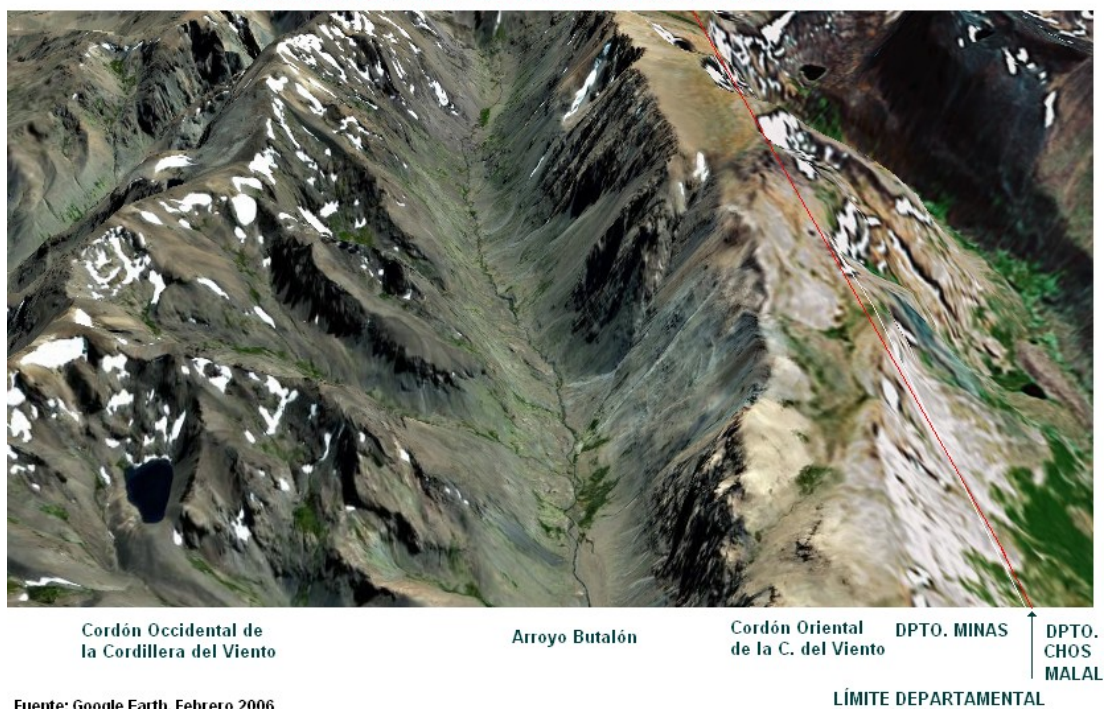
FIGURA N° 26



Fotografía N° 5. El mismo lugar de la Fotografía Aérea visto con una fotografía terrestre. La muy buena conservación de estas morrenas evidencia que son de reciente formación (¿Pequeña edad del hielo?)

FIGURA N° 27

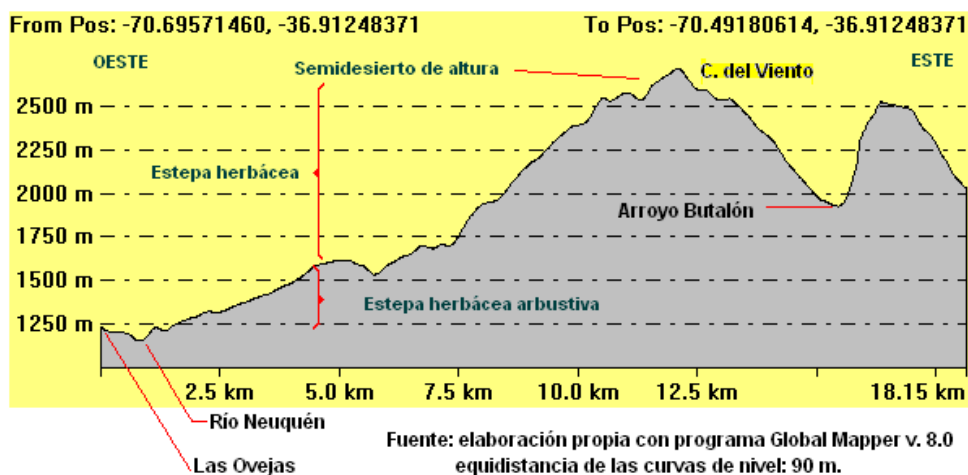
## VISTA INCLINADA SUR - NORTE CORDILLERA DEL VIENTO



Fuente: Google Earth, Febrero 2006

FIGURA N° 28

## PERFIL OESTE – ESTE DEL VALLE DEL RÍO NEUQUÉN Y CORDILLERA DEL VIENTO



Las variaciones altitudinales, el clima y la vegetación han permitido diferenciar esta **clase** “Montañas con rocas volcánicas antiguas (Pérmico - Triásico) y modernas (Cenozoico superior) con escaso modelado glacial” en tres **tipos** de paisaje:

#### V 11. Faldeos altos y divisorias de agua, semiáridos con escasa vegetación (semidesierto

de altura).

**V 12. Faldeos medios y fondos de valles altos semiáridos con vegetación herbácea.**

**V 13. Faldeos bajos y fondos de valle semiáridos con vegetación herbáceo – arbustiva.**

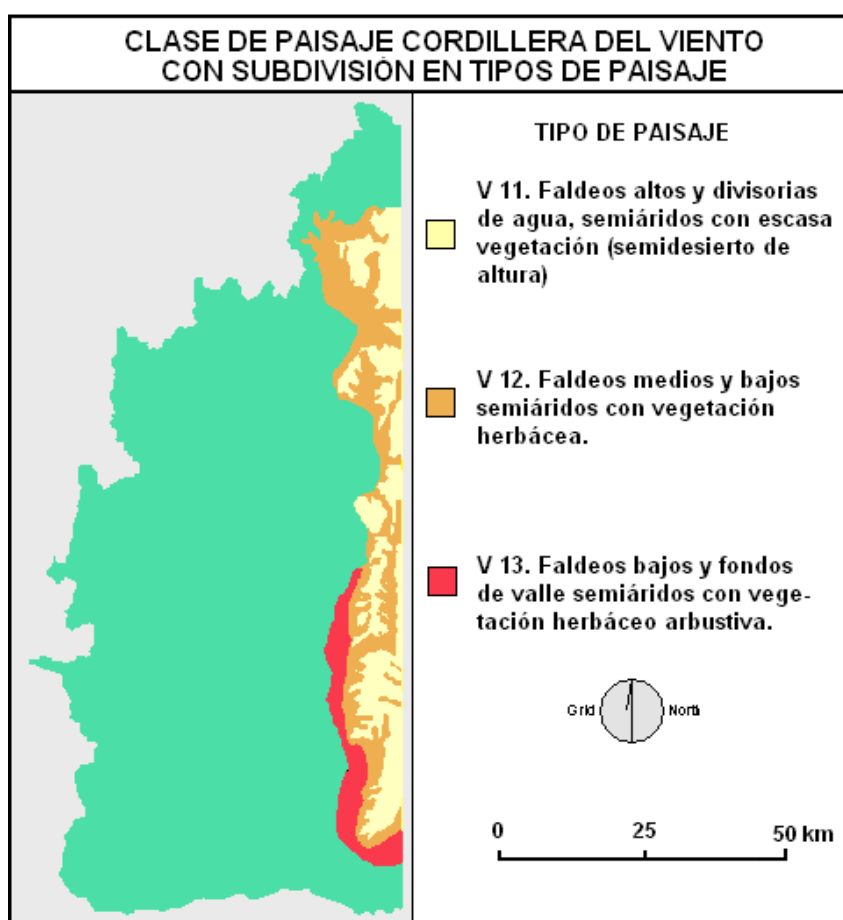
**CUADRO N° 19**

**CORDILLERA DEL VIENTO TIPOS DE PAISAJE**

Tipo de Paisaje	Superficie (Km <sup>2</sup> )	%
1) Faldeos altos y divisorias de aguas	510.74	47.39
2) Faldeos medios	405.12	37.59
3) Faldeos bajos	162.33	15.02
<b>Total</b>	<b>1078.19</b>	<b>100.00</b>

**Fuente:** elaboración propia. Cálculos con módulo área del Programa

**FIGURA N° 29**



**Fuente:** elaboración propia con imágenes Landsat TM procesadas con programa Idrisi



## **V 11. Faldeos altos y divisorias de agua, semiáridos con escasa vegetación (semidesierto de altura).**

Esta unidad ocupa una superficie de 510,74 km<sup>2</sup> (47,39%) y está constituida por los sectores altos de estas montañas por sobre la cota de 2.600 / 2.800 m, donde el promedio de las temperaturas se ubican por debajo de 0° C, expuesta a fuertes vientos.

Prácticamente no hay suelos y la superficie está dominada por afloramientos rocosos y/o detritos, y es común encontrar morfología glacial o periglacial. Las temperaturas extremas dan lugar al crioclastismo en las rocas y debido a las fuertes pendientes son comunes los procesos de remoción en masa. También es posible encontrar superficies con suelos pautados como resultado del congelamiento y descongelamiento de la capa superficial del suelo (permafrost, ver imagen del Google Earth, figura N° 32).

Se trata de tierras de veranada de muy baja intensidad (predomina el semidesierto de altura), que se ocupan entre el período diciembre – marzo. Las pendientes predominantes son las que ubican en el rango de 7 al 25 % que totalizan el 60.2 %. Las orientaciones hacia el Este, Sudeste y Sur, las más aptas en calidad de suelo y desarrollo de la vegetación, totalizan el 35.7 % del total de la superficie (figuras N° 30 y 31).

El uso actual es ganadería extensiva con baja intensidad aunque no tiene mucho sentido evaluar la degradación de tierras ya que se trata de un **tipo** de paisaje que naturalmente carece de vegetación por su altura sobre el nivel del mar. Estos sitios tienen muy buena aptitud para el uso turístico aunque su aprovechamiento aún dista mucho del potencial que presentan. La falta de infraestructura en relación a los servicios ofrecidos (caminos, refugios de montañas, trazado de senderos, etc.) sería uno de los aspectos que debería desarrollarse para la puesta en valor de estos recursos.

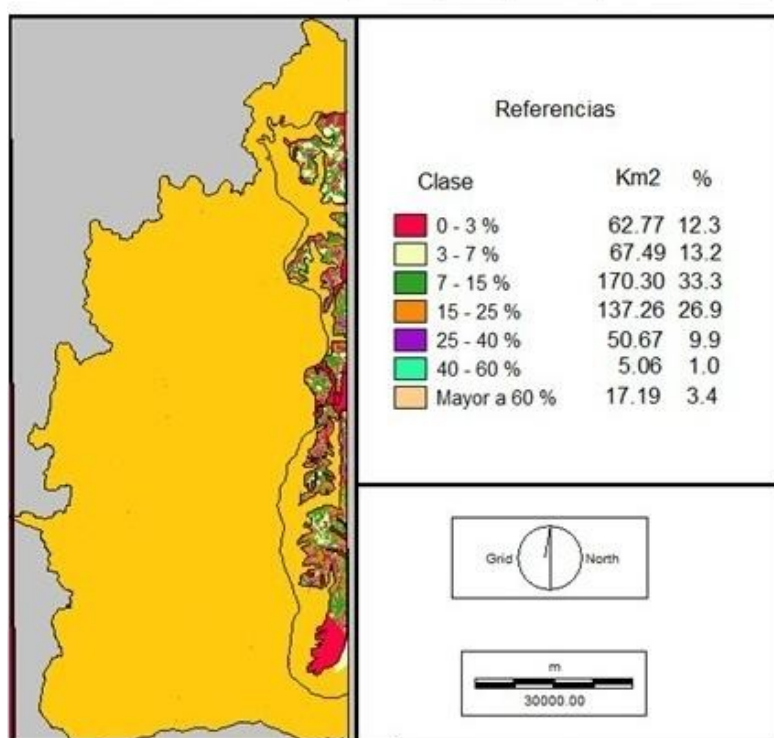
Desde el punto de vista conceptual la degradación de tierras, tal como se concibe por distintos organizaciones (FAO, PNUMA, etc.) y es asumida en esta tesis, es provocada por las acciones humanas. De ahí que considerar estos sectores de alta montaña, dominados por el semidesierto de altura, como desertificados o degradados, por el mero hecho que los índices de teledetección así lo indican, constituye una reducción conceptual que puede conducir a resultados inconsistentes. El mapa publicado en la página 96 del “Diagnóstico Expositivo

para la Gestión Ambiental en la Provincia de Neuquén” de la Dirección General de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la misma Provincia (1997), muestra claramente una zona en torno al Cerro Domuyo como en estado de “Desertización” muy grave (en las referencias como la categoría más comprometida, ver figura N° 33). Es muy probable que antes de la aparición del hombre sobre la faz de la tierra este lugar haya estado tan “desertizado” como en la actualidad.

Los algoritmos utilizados en teledetección constituyen una herramienta metodológica adecuada que permite obtener resultados rápidos con niveles aceptables de confiabilidad, pero si los mismos no son evaluados conceptualmente y no se aplican los pertinentes controles de campo, pueden inducir a conclusiones erróneas como los comentados.

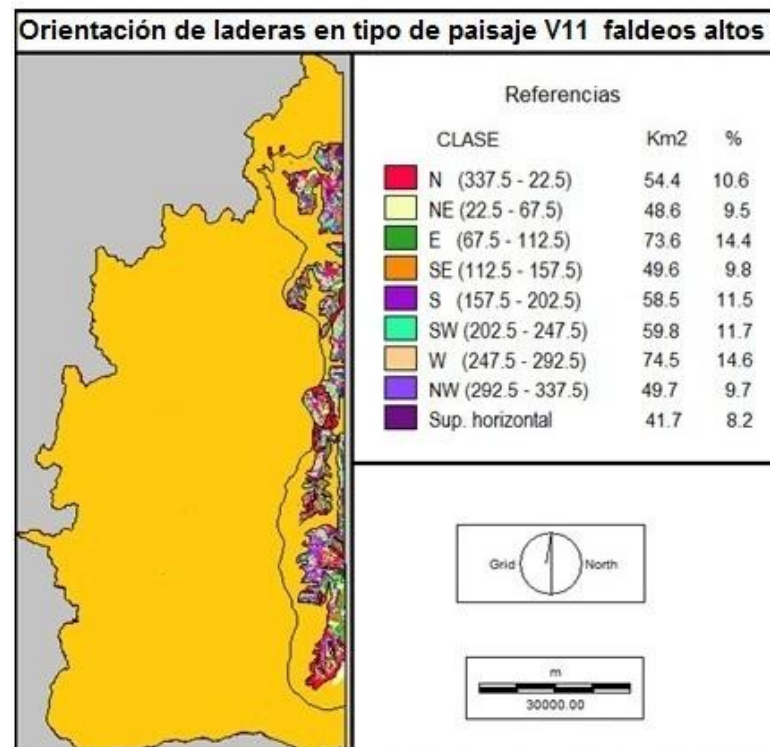
**FIGURA N° 30**

**Pendiente de laderas en tipo de paisaje V 11 (Faldeos altos)**



Fuente: elaboración propia con Imágenes Landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia procesadas con Programa Idrisi

FIGURA N° 31



Fuente: Elaboración propia con Imágenes Landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia, procesadas con Programa Idrisi.

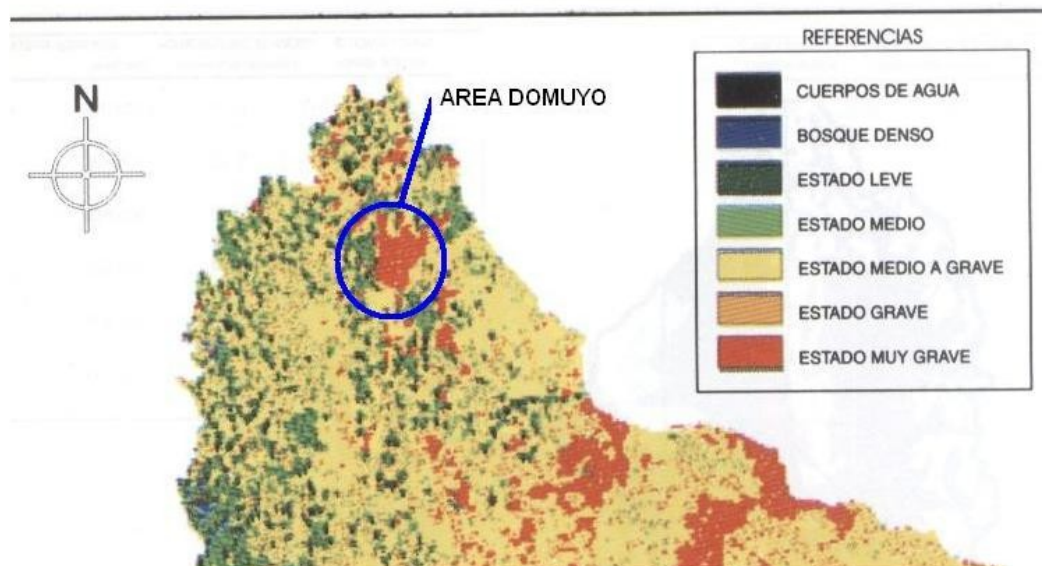
FIGURA N° 32



FIGURA N° 33

MAPA PUBLICADO POR LA DIRECCIÓN PROVINCIAL DE MEDIO AMBIENTE  
DE LA PROVINCIA DE NEUQUEN

### 19- Desertización



#### Cálculo del índice de vegetación en paisaje V 11

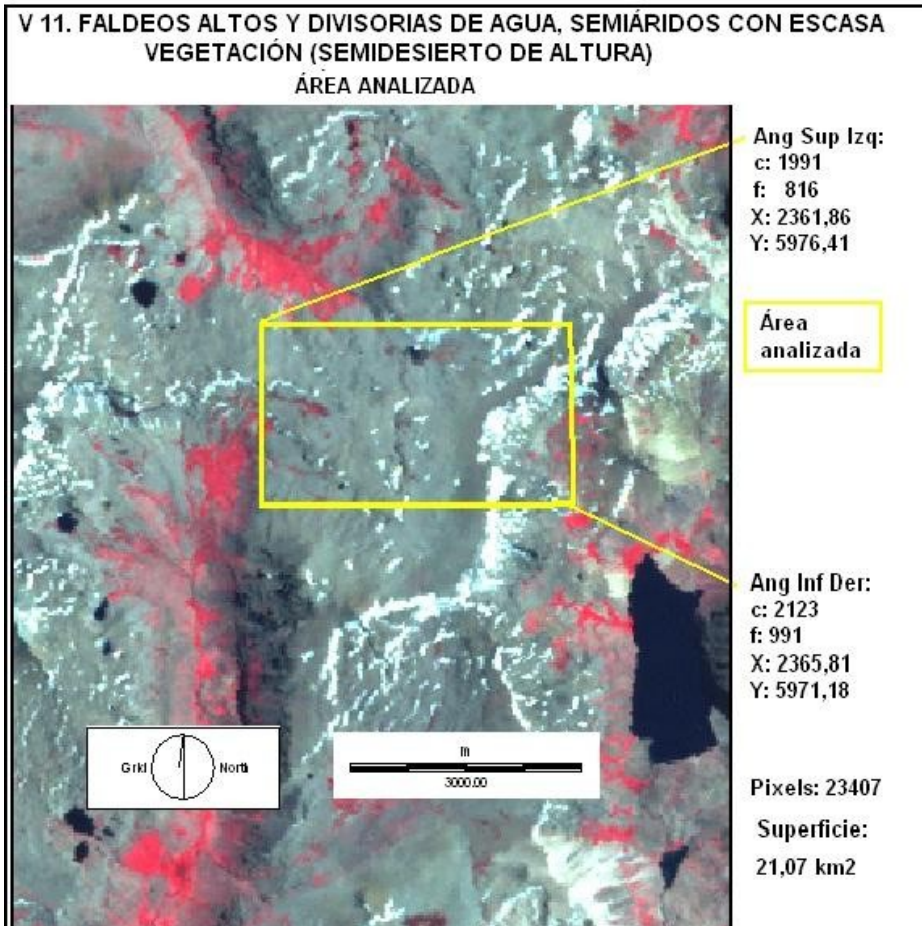
Para el cálculo de la cobertura de vegetación se utilizó el índice de vegetación (NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Con esta finalidad fue seleccionada un área de 21,07 km<sup>2</sup> (4,13 % del total), con alturas que oscilan entre 2.700 (sector Norte) y 3.000 ms.n.m. (Sur). Sus coordenadas planas son las siguientes:

- Ángulo superior izquierdo: X: 2.361,86 ; Y: 5.976,41
- Ángulo inferior derecho: X: 2.365,81 ; Y: 5.971,18

Se trata de un plano inclinado con pendiente Norte – Noroeste que en su sector Sur finaliza abruptamente en un frente rocoso orientado al Sur, Sureste y Este, lugar donde se localizan algunos pequeños neveros. Este sitio, está dominado por el semidesierto de altura, aunque en la base del frente mencionado (desnivel de unos 150 m), están localizados unos pequeños mallines de altura, que se desarrollan al resguardo de este resalto topográfico y que en la imagen pueden observarse con color rojo y en el histograma de frecuencias del NDVI arroja los valores positivos localizados a la derecha del mismo. La media del NDVI de  $-0.3326$  es

la esperada para este tipo de paisaje, pudiendo haber sido más baja aún en caso de no haberse incluido algunas áreas de mallín. El valor obtenido en el desvío estándar (0.0673) evidencia que se trata de un ambiente bastante homogéneo, tal como puede observarse en la imagen.

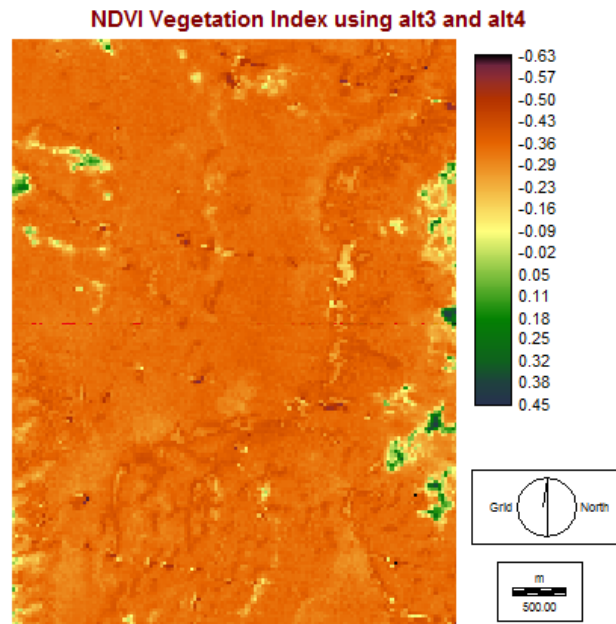
FIGURA N° 34



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM procesadas con Programa Idrisi.

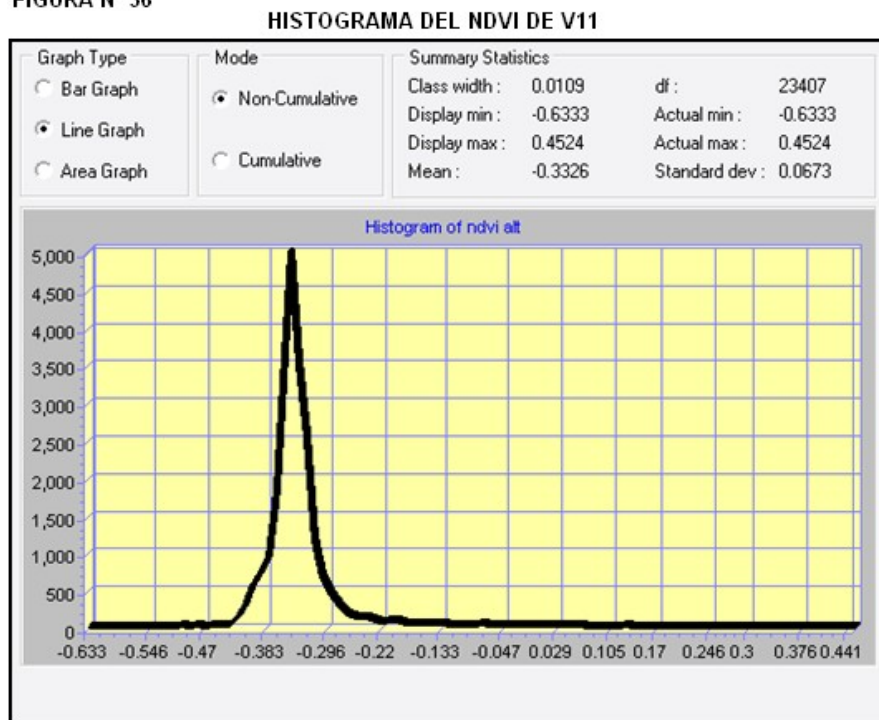


FIGURA N° 35



Fuente: elaboración propia con Imágenes Landsat TM (B 3 Rojo y B 4 IRC) procesadas con programa Idrisi

FIGURA N° 36



## V 12. Faldeos medios y fondos de valles altos semiáridos con vegetación herbácea.

Este **tipo** de paisaje cubre una superficie de 405,12 km<sup>2</sup> lo que representa el 37,57 % de la **clase** de paisaje Cordillera del viento. Se trata de tierras que por lo general son ocupadas

durante la veranada o sea en el período noviembre – abril. Luego de esta fecha, por su altitud, son prácticamente inaccesibles debido a las condiciones climáticas desfavorables, en particular por recibir permanentes nevadas.

Las pendientes guardan relación con el tipo de paisaje: al ser laderas medias de la Cordillera del Viento es común encontrar pendientes fuertes: el 80 % de la superficie está constituida por pendientes que superan el 7 % y la mitad de la superficie supera el 15 % (figura N° 37). Este paisaje tiene asociadas precipitaciones que oscilan los 500 mm./año en el Sur a 1.500 mm./año en el Norte). Esta relación entre la morfología y las precipitaciones constituye un alerta a los efectos de tratar de mantener las relaciones estables entre los componentes del paisaje.

La exposición general de las laderas de este sector de la Cordillera es Oeste. Sumando las orientaciones Oeste, Sudoeste y Noroeste totalizan el 54 % de toda esta superficie (ver mapa N° 38 de orientación de laderas). La exposición Norte y Este son las menos frecuentes (5.4 y 8.8 % respectivamente). Como se mencionó en la descripción general de esta **clase** de paisaje la orientación de las laderas es un aspecto clave. En este sentido hay dos exposiciones que favorecen el desarrollo de la vegetación: las laderas que apuntan hacia el **Sur** y las que lo hacen hacia el **Este**. Las primeras por ser de umbría conservan mejor la humedad y esto beneficia el desarrollo de la vegetación y las segundas (las que miran hacia el Este) por estar a sotavento de algún resalto topográfico, están protegidas del viento y es donde se ha ido depositando la ceniza volcánica de las sucesivas erupciones, generando suelos con muy buenas aptitudes (retienen humedad en su perfil edáfico) para el desarrollo de la vegetación.

Esta unidad de paisaje se localiza por debajo de las altas cumbres por lo que es surcada por numerosos arroyos que tienen su origen en los neveros y mallines de altura. Esta particularidad crea las condiciones propicias para el aprovechamiento de estos recursos hídricos para poder realizar riego complementario en caso de implementar forestación con fines comerciales o de protección de laderas. En el estudio sobre aptitud para forestación con el género *Pinus* con fines de protección de laderas (Frugoni, et al. 1999), esta unidad de paisaje obtuvo la clase de moderadamente apta a muy apta para el tramo Norte y entre marginalmente apta a apta en el sector Sur.

La vegetación de este **tipo** de paisaje es herbácea y está dominada por diversas especies de

*Stipa*, *Poa* y *Festuca* asociadas con *Molinun Spinosum* (neneo). En los sectores inferiores de esta unidad, donde la vegetación herbácea comienza a transformarse en arbustiva, existen algunos remanentes de vegetación boscosa (Ciprés de la Cordillera, *Austrocedrus chilensis*, y Roble Pellín, *Nothofagus obliqua*). Ello ocurre en una franja bastante extensa que se localiza desde la localidad de Varvarco hacia el Sur.

El estado de conservación de la vegetación en esta unidad puede considerarse aceptable debido a que el impacto por uso ganadero está restringido a cinco/seis meses lo que atenúa el impacto sobre estas tierras. Sin embargo es preciso advertir que se trata de una unidad de paisaje donde las fuertes pendientes combinadas con la alta escorrentía y suelos friables, generan una dinámica natural que pueden llegar a generar importantes cambios en la estructura del paisaje, lo que le otorga una alta sensibilidad, muy proclive a degradarse.

Por todas estas condiciones la unidad de paisaje amerita ser regulada por estar sometida a una fuerte presión ganadera, en aumento. Una vez iniciado un proceso erosivo, es difícil volver a reestablecer las relaciones de estabilidad del paisaje.

La unidad presenta muy buenas aptitudes para la ganadería extensiva (con control de majada), forestación comercial y de protección de laderas, turismo y conservación de la biodiversidad.



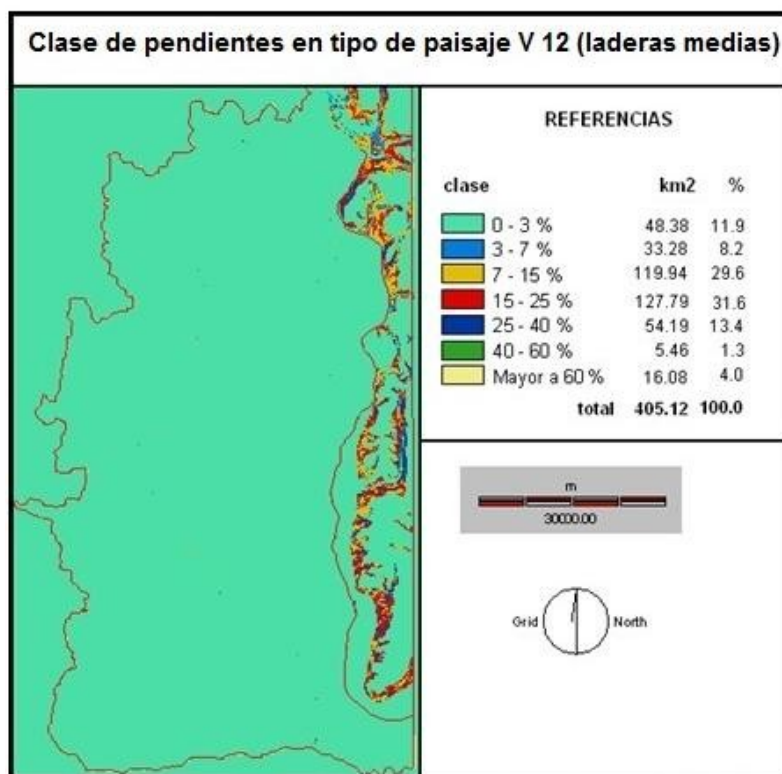
Fotografía N° 6. Estepa herbácea en paisaje tipo V 12. Sector próximo a paraje Los Bolillos, al Norte de Varvarco. Curiosas formas producto de la erosión atraen el interés de los visitantes.





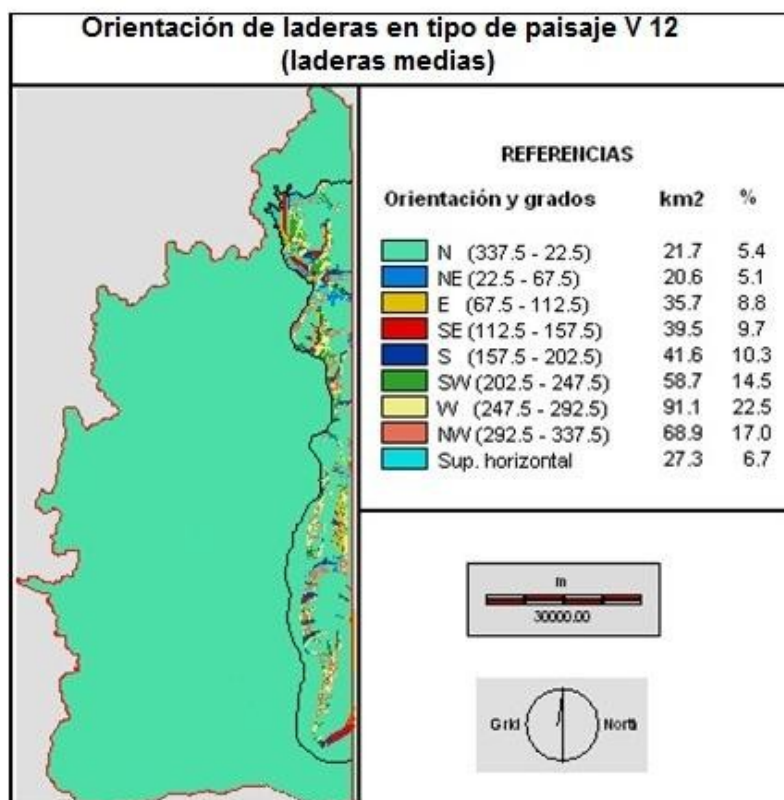
Fotografía N° 7. Ejemplares de Ciprés de la Cordillera en laderas de la Cordillera del Viento con exposición Oeste. Este sector ha sido declarado Área Protegida (Cañada de Molina). Se trataría de los Cipreses más septentrionales del Hemisferio Sur. Alguno de estos ejemplares pueden tener hasta 1500 años.

FIGURA N° 37



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM y curvas de nivel con 50 m de equidistancia, procesadas con Programa Idrisi.

FIGURA N° 38



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia, procesadas con programa Idrisi.

### Cálculo del índice de vegetación en paisaje V 12

El área seleccionada, para la aplicación de los algoritmos de teledetección tiene una superficie de 8,85 km<sup>2</sup> (2,18 % del total) y está localizada sobre el valle del Arroyo Butalón, con alturas que oscilan entre 1.600 (al Oeste) y 2.100 msnm. (Este). Es bastante representativa del sector de laderas intermedias pues presenta una morfología característica de este tipo de ambiente con pendientes medias, laderas con distinta exposición y presencia de vegetación herbácea y algunos arbustos de gran porte como el Chacay, (*chacaya trinervis*).

Sus cordnadas planas son las siguientes:

- Ángulo superior izquierdo: X: 2.360,02 ; Y: 5.909,08
- Ángulo inferior derecho: X: 2.364,69 ; Y: 5.908,01

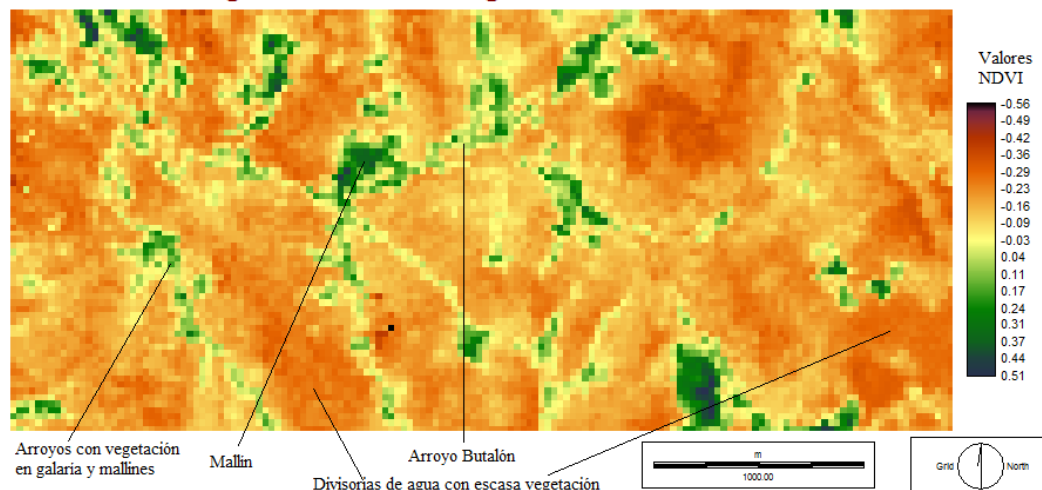
FIGURA N° 39



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM, procesadas con Programa Idrisi

FIGURA N° 40

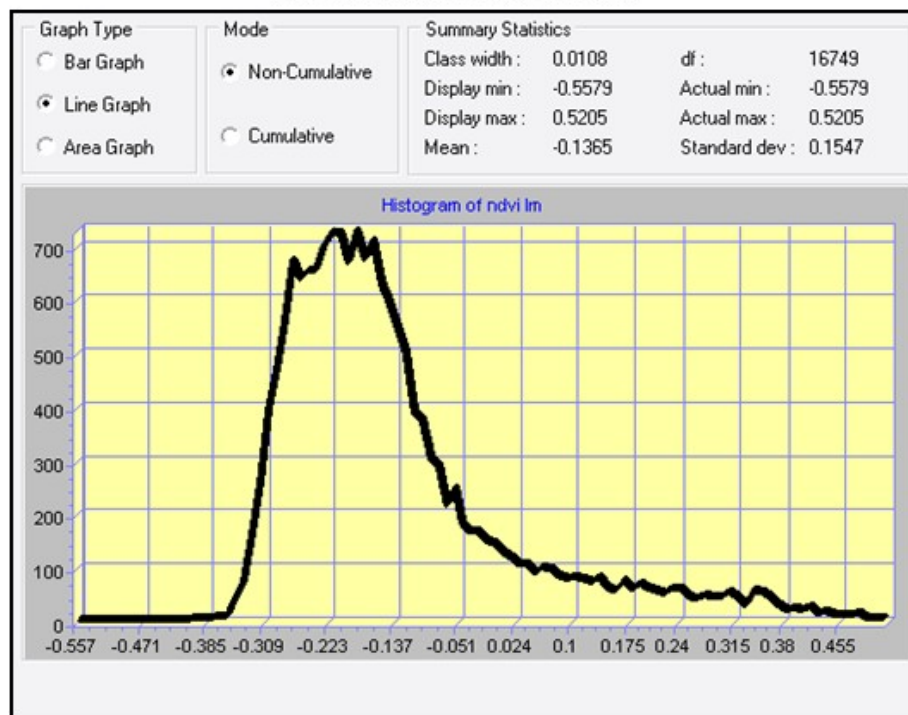
### NDVI Vegetation Index using min 3 v 12 and min 4 v 12



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM (B 3 Rojo y B 4 IRC) procesadas con Programa Idrisi.

FIGURA N° 41

HISTOGRAMA DEL NDVI DE V 12

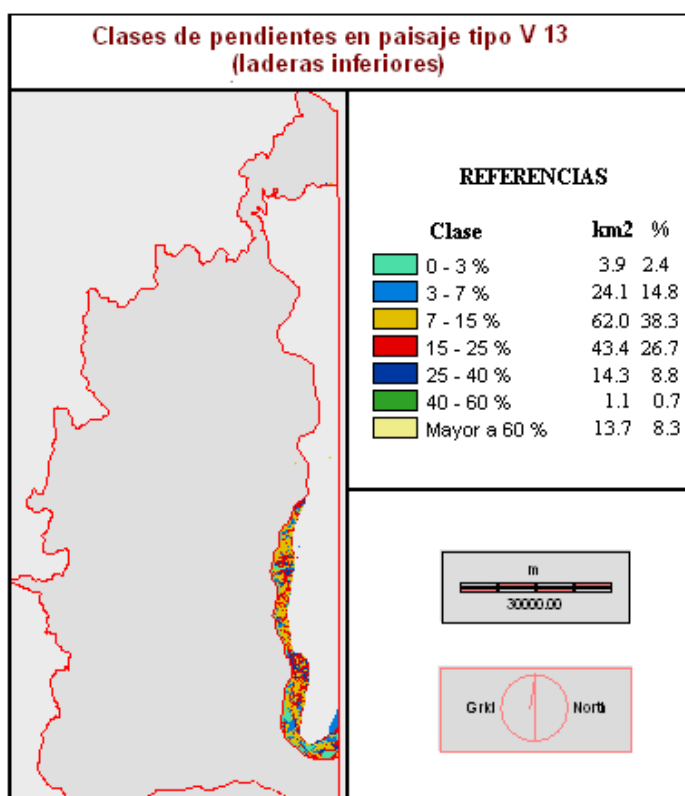


### V 13. Faldeos bajos y fondos de valle semiáridos con vegetación arbustiva - herbácea.

Este **tipo** de paisaje ocupa una superficie de 162,33 km<sup>2</sup> (15,02 % del total) de la **clase** Cordillera del Viento, localizándose al pie de esta Cordillera en su sector Sur. Son tierras que por sus cotas bajas, pueden ser ocupadas para el uso ganadero extensivo durante todo el año. El aumento de las temperaturas medias (debido a las menores cotas) genera una mayor evaporación y ello se refleja en un cambio en el tipo de vegetación que va dejando de ser herbácea tornándose cada vez más **arbustiva**. Las especies dominantes son *Fabiana imbricada* (palo piche) y *Mulinun spinosum* (neneo) que se asocian con varias especies de porte mediano como *Coliguaya intergerrima* (coliguay) *Chuquiraga oppositifolia*, *Schinus montanus* (huingán) con una cobertura media del 30% (Movia, 1982). Este tipo de vegetación posee una receptividad para el pastoreo extensivo que alcanza a 0,23 UGOs por hectárea (COPADE – CFI, 1991).

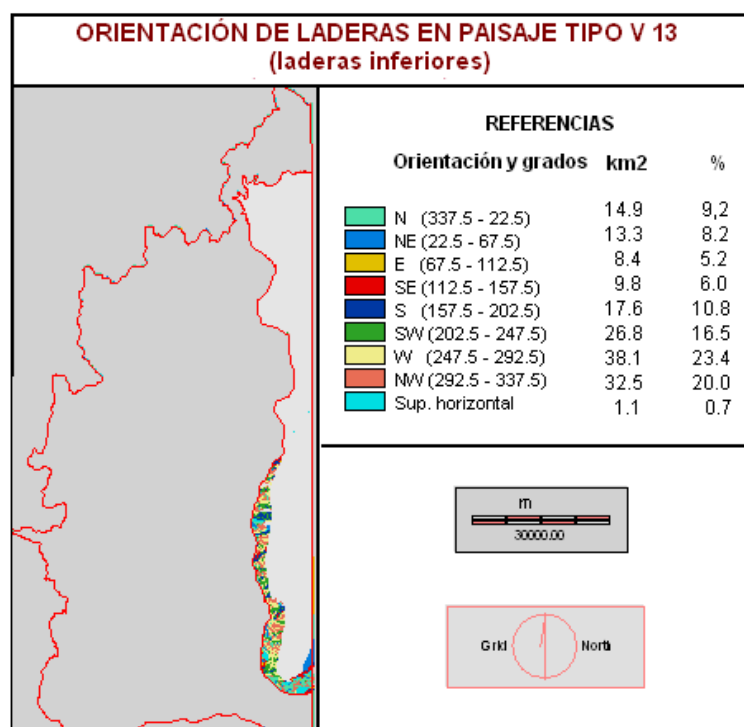


FIGURA N° 42



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia procesadas con programa Idrisi.

FIGURA N° 43



Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM y curvas de nivel de 50 m procesadas con programa Idrisi.

Las laderas orientadas al Oeste, Sudoeste y Noroeste son las dominantes (entre las tres suman 59.9 %), mientras que las lo hacen hacia el Este, Norte y Sudeste son las menos frecuentes (las tres representan el 20.4 %). Esto significa que en este **tipo** de paisaje no dominan las mejores orientaciones para el desarrollo de la vegetación (figura N° 43).

Por tratarse de una unidad donde las pendientes son fuertes (el 80% de la superficie son mayores al 7%), que existe una baja cobertura de la vegetación y que de acuerdo con el análisis sobre las existencias ganaderas (Capítulo 4), existe sobrepastoreo, puede considerarse que se trata de un sector donde se han puesto en riesgo la estabilidad entre los elementos del paisaje.

Los procesos de degradación de la tierra observados en esta unidad se encuentran ligados fundamentalmente a los sectores de mallines o próximos a ellos. También el sobrepastoreo ha generado algunos sectores con presencia de pequeños regueros y cárcavas con acumulación de material fino en forma de pequeños abanicos al pie de las pendientes, como es el caso que se analizará cuando se aborde el área de detalle Varvarco – Invernada Vieja. Por ello se hace necesario un control de las majadas con la finalidad de evitar se potencien estos procesos erosivos que, en una unidad de alta sensibilidad, el paisaje no tendría capacidad de resiliencia para absorber el impacto generado por la actividad ganadera.

Debe tenerse en cuenta que este tipo de paisaje cuenta con un gran potencial para el uso forestal al presentar aptitudes consideradas entre aptas y moderadamente aptas para la forestación con fines de protección de laderas para el género *Pinus* (Frugoni, et al. 1999). Para establecer el cálculo que permitió medir esta condición se consideraron, entre otras variables, las precipitaciones. Pero este lugar reúne una condición que potencia este uso: existen numerosos arroyos que descienden desde las alturas de la cordillera del viento que permitirían realizar riego complementario en muchas de estas laderas. Con esta última consideración se amplía esta aptitud para realizar forestación con fines comerciales.

## Cálculo del índice de índice de vegetación en paisaje V 13

FIGURA N° 44



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM procesadas con programa Idrisi.

El área seleccionada para la aplicación de los algoritmos de teledetección tiene una superficie de 9,98 km<sup>2</sup> (6,15 % del total) y está localizada sobre el valle del Arroyo Colomichicó, con alturas que oscilan entre 1.500 (al Oeste) y 1.800 msnm. (al Este). Se trata de un sector del valle del Arroyo mencionado y hacia el sur, un sector más alto que corresponde a la divisoria de aguas con el Arroyo Butalón. La exposición de las laderas es Norte y Sur y queda incluida en el área el Arroyo Colomichicó. La vegetación es del tipo herbáceo arbustiva con algunos arbustos grandes como el Chacay (*Chacaya trinervis*) que crecen en galería próximos a los pequeños cursos de agua lo que queda bien reflejado en el cálculo del NDVI.

- Ángulo superior izquierdo: X: 2.353,95 ; Y: 5.911,83
- Ángulo inferior derecho: X: 2.356,94 ; Y: 5.908,46

FIGURA N° 45

## V 13. NDVI Vegetation Index using ndvi min3 v13 and ndvi min4 v13

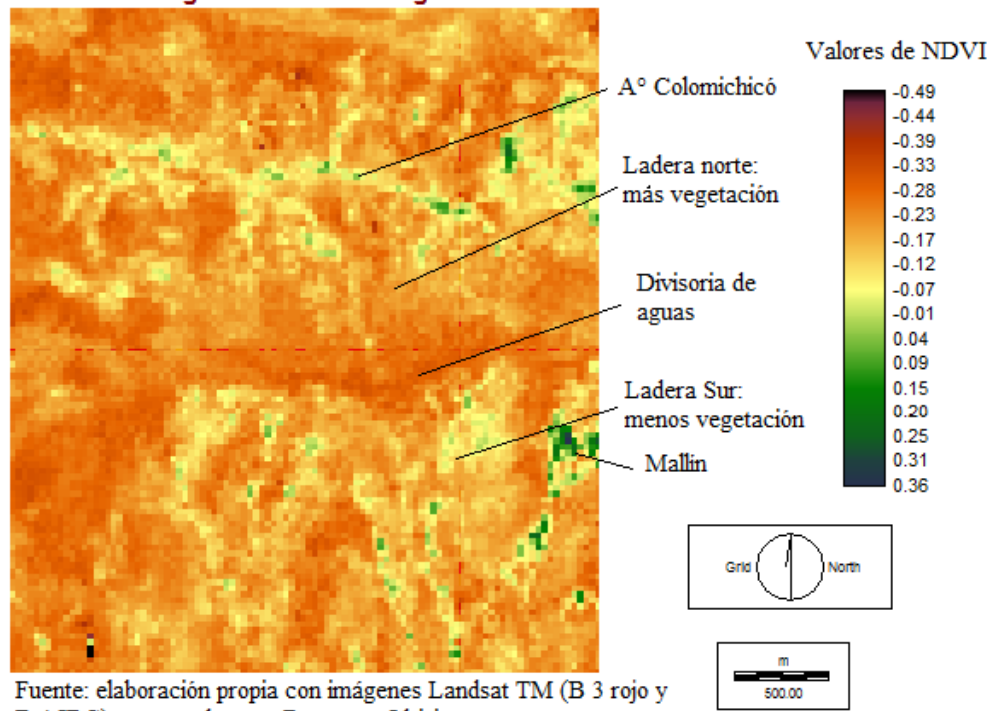
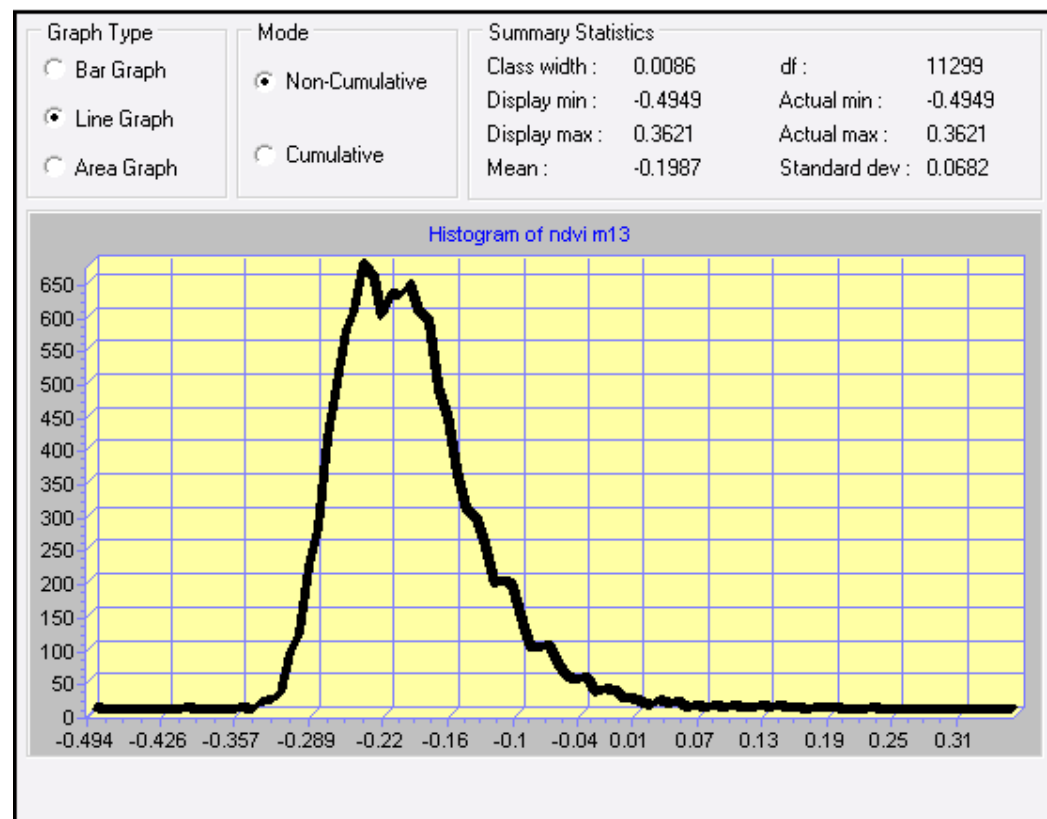


FIGURA N° 46

## V 13. HISTOGRAMA DEL NDVI





### Comentarios sobre la aplicación del NDVI en los distintos tipos de paisaje (V 11, V 12 y V 13) de la clase V 1.

El rango de los valores obtenidos por la aplicación del NDVI en los distintos **tipos** de paisaje de la **clase V 1** se encuentra dentro de los resultados esperados. El menor valor medio, como era de suponer, corresponde a V 11 (semidesierto de altura) con un desvío estandar muy próximo a 0, lo que evidencia bastante homogeneidad de los niveles digitales procesados. Quizás el elemento que originó un poco de “ruido” en los cálculos es la presencia, para los tres casos, de pequeños mallines que llevaron a obtener valores contrastados para cada caso, en particular para el semidesierto de altura.

El NDVI reflejó muy bien un aspecto que ha sido comentado en distintas ocasiones: la diferencia de vegetación entre las laderas Norte y Sur. Donde se manifiesta muy bien esta característica de los paisajes es en el **tipo** de paisaje V 13 con niveles digitales más altos (mayor cobertura de vegetación) para la ladera Sur. De los tres paisajes, el V 12 es el que presenta mayor heterogeneidad relativa lo que queda evidenciado en los niveles que arrojó el desvío estandar (0.1547). Ello se debe a que en el área muestra coexisten mallines y vegetación en galería con sectores de escasa vegetación en las divisorias de agua.

**CUADRO N° 20**

<b>TABLA RESUMEN DE LA APLICACIÓN DEL NDVI EN TIPOS DE PAISAJE DE LA CLASE V 1</b>				
<b>Tipo de Paisaje</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desvio St (S)</b>
V 11	-0.63	0.45	-0.333	0.0673
V 12	-0.56	0.52	-0.137	0.1547
V 13	-0.49	0.36	-0.199	0.0682

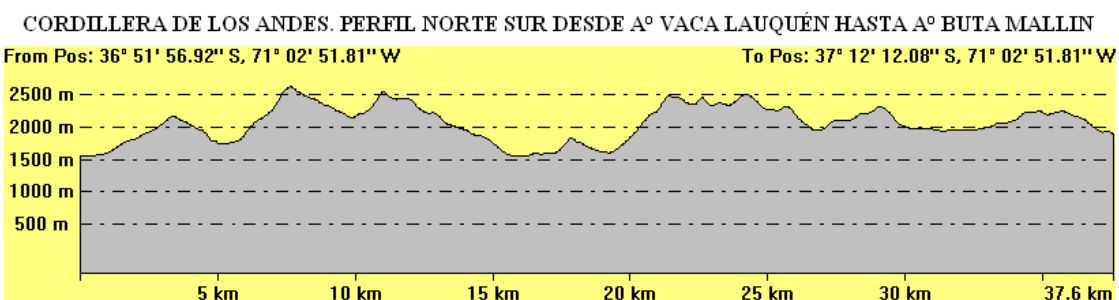
Fuente: Elaboración propia

### **2) Montañas con rocas modernas (Cenozoico superior) con modelado glacial; (Cordillera de los Andes). (M)**

En el tramo correspondiente al Departamento Minas, la Cordillera de los Andes presenta importantes transformaciones debido a que constituye una zona de transición entre la Cordillera de los Andes áridos o del Geosinclinal al Norte, y la Cordillera Patagónica-Fueguina al Sur (Irigoyen, 1979). Esta transición se refleja en sus alturas: en el sector Norte

pueden alcanzar entre 2.500 y 3.000 m, mientras que al Sur no superan los 2.500 m. (perfil figura N° 47). Existen muchas evidencias de actividad glacial del pleistoceno que se manifiesta con la presencia de circos, artesas, horns, aristas y morrenas, sin embargo la dinámica que han tenido estos glaciares a estas latitudes ha sido restringida pues no han logrado profundizar sus valles como más al Sur. Esto queda evidenciado en la prácticamente inexistencia de pasos cordilleranos de baja altura: sólo el Paso Lumabia (1.700 msnm.), al Norte de las lagunas de Epulafquen registra una cota por debajo de los 2.000 m.

FIGURA N° 47



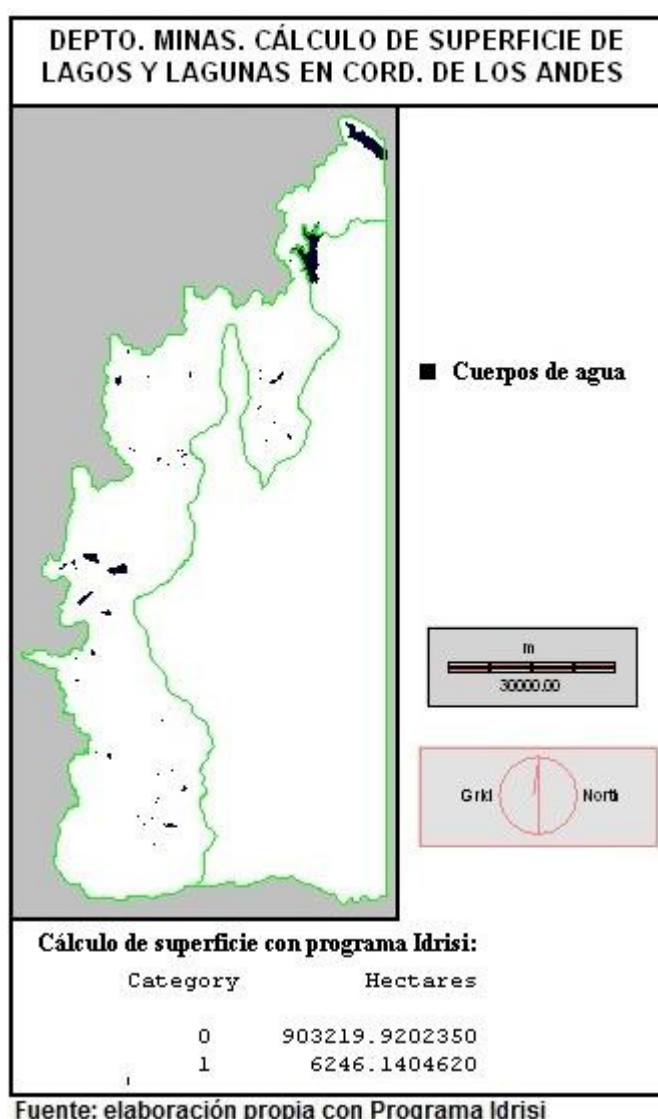
Fuente: elaboración propia con programa Global mapper v. 8.0. Equidistancia de las curvas de nivel 90 m.



Fotografía N° 8. Cordillera de los Andes en el Norte del Departamento Minas. Laguna Varvarco Campos, de origen glacial.

Desde el punto de vista climático, esta **clase** de paisaje posee características subhúmedas a semiáridas: las precipitaciones ocurren mayoritariamente en invierno y gran parte de ellas son en forma nival, con valores entre 3.000 mm. al Oeste a 2.000 hacia el Este. Estas precipitaciones combinadas con las fuertes pendientes han originado una red hidrográfica de alta densidad, que alimenta la cuenca superior del río Neuquén. Existen además numerosas lagunas de distintos tamaños entre las que sobresalen las Lagunas de Epulafquen (inferior y superior), Vaca Lauquén, Navarrete, Fea, Trobunco, etc. Se han contabilizado 139 cuerpos de agua que totalizan una superficie de 6246,14 hectáreas (figura N° 48). Las abundantes precipitaciones en un paisaje con mucho relieve y cotas elevadas (baja evaporación), juega un papel decisivo para que se mantengan esta gran cantidad de lagos y lagunas.

**FIGURA N° 48**



El 58.7 % de la superficie de este paisaje posee pendientes entre 7 y 25 % y el 15 % de la superficie superiores al 25 %, lo que genera una gran dinámica en un paisaje que aún está buscando su punto de equilibrio luego de la retirada de los hielos de la última glaciación. Por ello los procesos de remoción en masa son comunes en estos sectores montañosos y algunos de ellos han sido estudiados en detalle como es el caso de los deslizamiento de tierras ocurridos en el sector de la Laguna de Varvarco Campos y en la zona de Los Miches (González Díaz, et al. 2005).

**FIGURA N° 49**

**CORDILLERA DE LOS ANDES AL SUR DEL DEPARTAMENTO MINAS  
NACIMIENTO DEL A° JUAN ESTEBAN, AFLUENTE DEL REÑILEUVÚ**



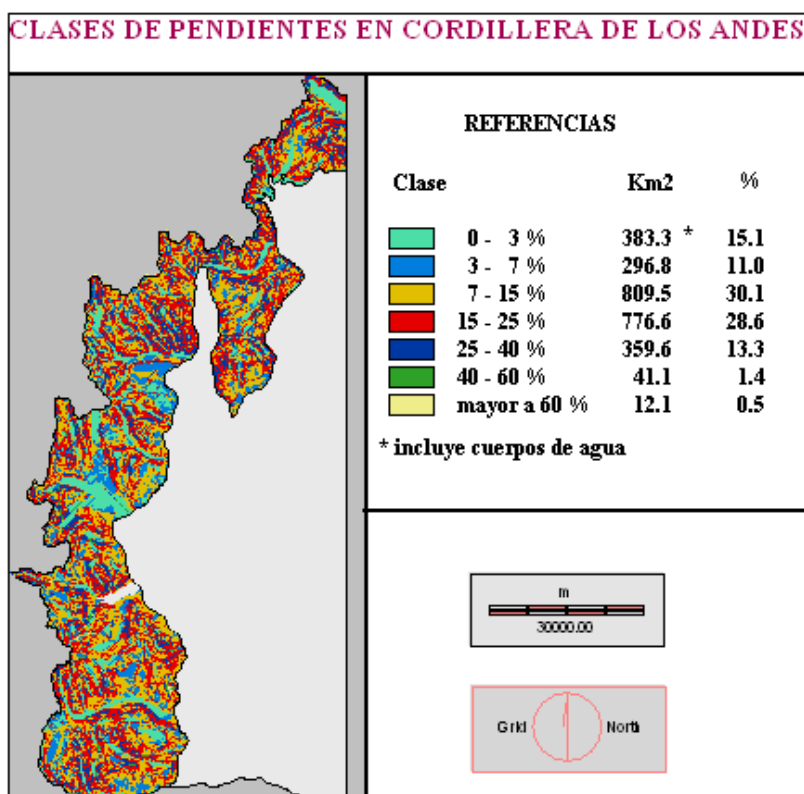
Imagen Google Earth, Febrero de 2008

Figura N° 49. Cordillera de los Andes. La imagen satelital corresponde a dos valles con orientación Norte – Sur donde puede observarse claramente la diferencia de vegetación, la acumulación de nieve y la formación de circos glaciales entre la orientación Este y Oeste. Las laderas orientadas al Oeste, mas pobres en vegetación, desarrollan abanicos aluviales en la base de las pendientes, como el que puede verse en la parte superior de la fotografía.



Teniendo en cuenta esta dinámica, reviste fundamental importancia el mantenimiento de las condiciones de equilibrio entre el suelo y la vegetación, en particular en aquellas pendientes más fuertes (superiores al 25 %), pues existen condiciones de alto riesgo potencial de deslizamientos como el comentado anteriormente, o como el acontecido en el Cerro Los Cardos, próximo a la localidad de Los Miches, donde una gran cicatriz muestra una superficie que se deslizó hacia el cauce del río Lileo (Gonzalez Díaz, et al. 2005). Existen otros lugares con riesgo potencial de deslizamiento, tal como ocurre en la laguna Los Rojos (también próximo a Los Miches) y en la laguna Fea, al Norte del Departamento. En estos dos últimos casos la peligrosidad se potencia ya que al tratarse de dos cuerpos de agua contenidos por aristas delgadas e inestables que, en caso de desplomarse podrían generar un enorme flujo de lodo tipo lahar aguas abajo. La Cordillera de los Andes es una zona sísmica activa lo que potencia aún más la inestabilidad de estos sitios que se encuentran en condiciones de frágil equilibrio.

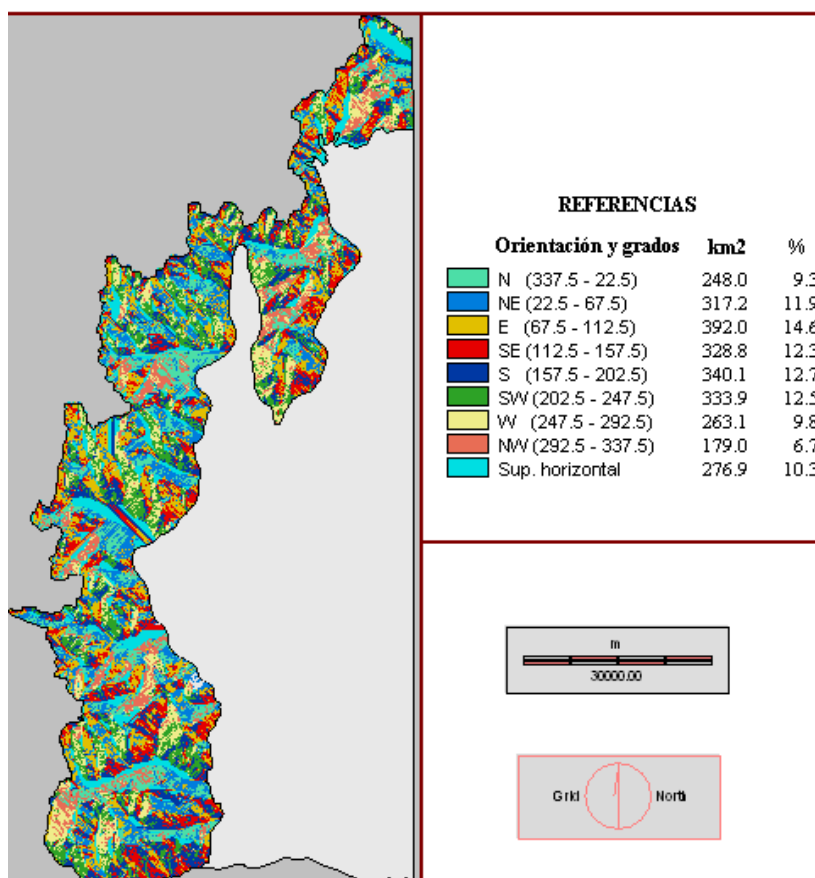
FIGURA Nº 50



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia procesadas con programa Idrisi.

FIGURA N° 51

## ORIENTACIÓN DE LADERAS EN CORDILLERA DE LOS ANDES



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia procesadas con programa Idrisi

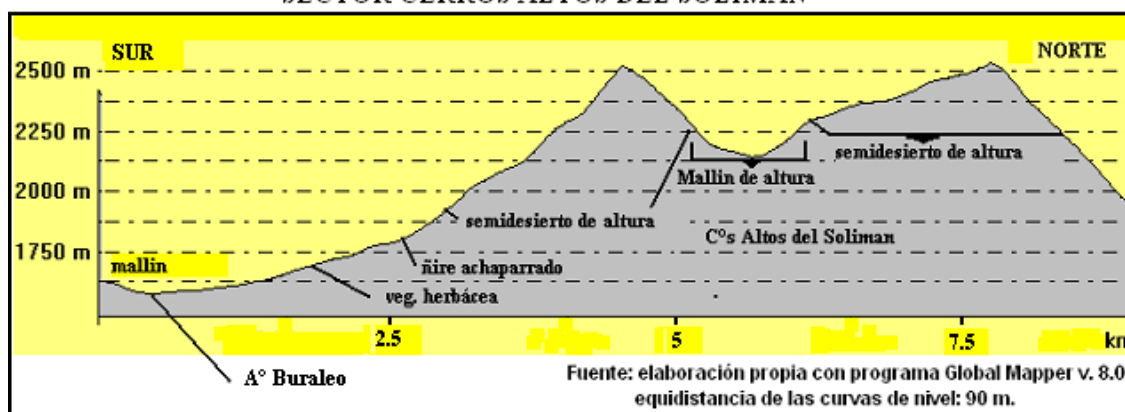
La vegetación está compuesta por arbustos de altura reducida y gramíneas muy resistentes. En los pequeños valles transversales, donde las condiciones de humedad y suelo lo permiten, existen remanentes del bosque subantártico, representados por bosquecillos de Ñire (*Nothofagus antártica*), y Roble Pellín (*Nothofagus obliqua*), tal como ocurre en las Lagunas de Epulafquen y otros valles aledaños. Es notable la oferta de gramíneas por lo que este sector de la cordillera cobra especial interés para la cría del ganado, especialmente durante el verano cuando son utilizados por los crianceros que llevan a pastar sus “piños”.

Tal como ocurre en otros sectores montañosos del Departamento, la exposición Sur y la Este son los que poseen mejor cobertura de vegetación. La primera por ser ladera de umbría y la segunda por la acumulación de sedimentos que dan lugar a perfiles edáficos algo profundos que favorecen el crecimiento de la vegetación. De todas maneras existen otros condicionantes,

como ser el grado y la forma de la pendiente y la posición que ocupan algunos sectores de ladera que reciben el beneficio de los pequeños cursos de agua que descienden de los neveros ubicados en cotas superiores.

FIGURA N° 52

PERFIL NORTE SUR Y TIPOS DE VEGETACIÓN EN CORDILLERA DE LOS ANDES  
SECTOR CERROS ALTOS DEL SOLIMAN



El patrón de organización de la vegetación presenta una distribución altitudinal similar a la Cordillera del Viento: en las cotas superiores (por sobre los 2.000/2.200 m.) la vegetación es muy escasa (semidesierto de altura), prácticamente no hay formación de suelos y la superficie está dominada por afloramientos rocosos o detritos. Sólo en algunos sectores con buena exposición y protegido de los fuertes vientos es posible encontrar algunos mallines de altura o algunas gramíneas de ambiente semiárido. Hacia las cotas inferiores, en las laderas de las montañas, dependiendo del tipo de relieve particular para cada caso, existen condiciones más favorables para el desarrollo de la vegetación debido a que hay menos asomos rocosos y son más frecuentes las pequeñas superficies con suelo incipiente. Además de la vegetación tipo herbácea es aquí donde se suelen encontrar los remanentes del bosque subantártico, particularmente desde el río Pichi Neuquén (36° 38' S) hacia el Sur.

En síntesis, podría caracterizarse a esta unidad de paisaje con una dinámica geomorfológica muy alta en función de la relación entre la topografía, las condiciones climáticas (temperatura y precipitación) y la vegetación.

Con estas condiciones, el uso del suelo en este tramo de la Cordillera está restringido a la época de verano, destinado casi en forma exclusiva a la ganadería extensiva. Este lugar es el

destino de la gran mayoría de los arreos que llegan desde la invernada del Departamento Minas u otros Departamentos. Si bien estas tierras descansan por más de 6 meses, la gran sobrecarga a que son sometidas durante el verano genera la alteración de la relación suelo – vegetación, lo que ha propiciado el desarrollo de procesos de degradación de la tierra, en particular en los mallines próximos a los caminos de arreo (Proyecto Ecología del Paisaje, 2001).

A los efectos de analizar el potencial geoecológico de esta **clase** de paisaje y su situación respecto de la degradación de la tierra se procedió de dividir a esta en tres **tipos** de paisaje:

**M 21. Faldeos altos y divisorias de agua subhúmedos con escasa vegetación (semidesierto de altura).**

**M 22. Faldeos medios y fondos de valles altos subhúmedos con vegetación herbácea.**

**M 23. Faldeos bajos y fondos de valle semiáridos con vegetación herbácea.**

**CUADRO N° 21**

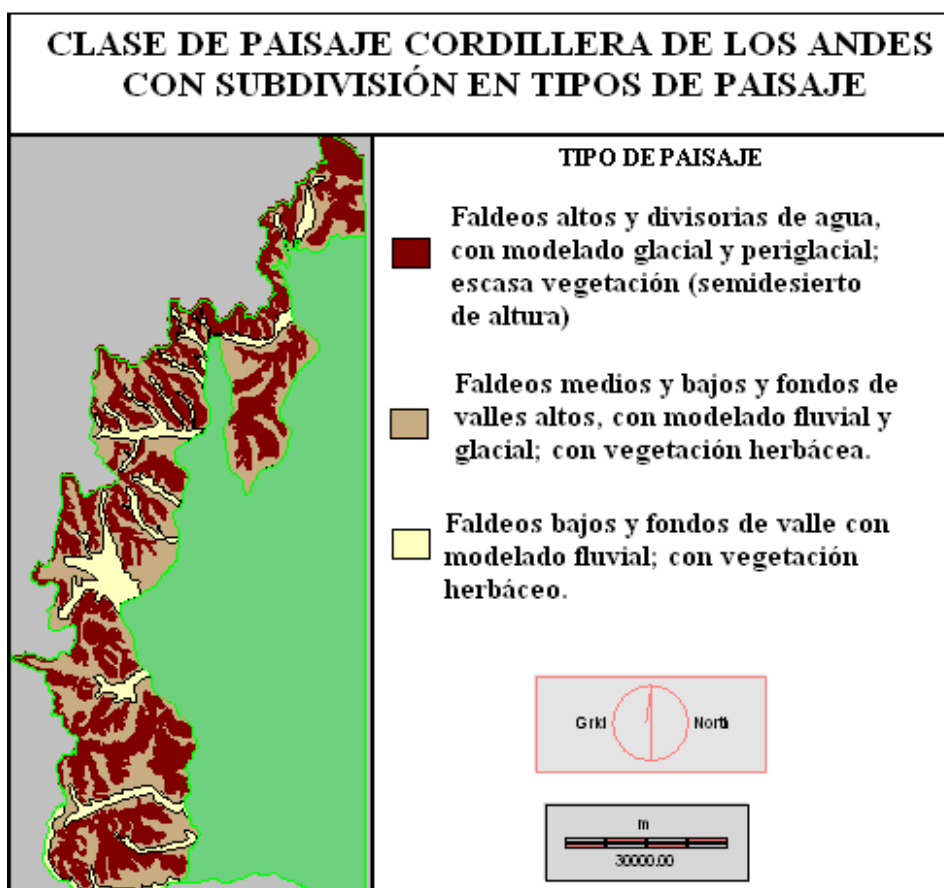
**CORDILLERA DE LOS ANDES. SUPERFICIE DE TIPOS DE PAISAJE**

<b>Tipo de Paisaje</b>	<b>Superficie (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
1) Faldeos altos y divisorias de aguas <b>(M 21)</b>	1066.34	39.80
2) Faldeos medios <b>(M 22)</b>	1224.28	45.70
3) Faldeos bajos <b>(M 23)</b>	388.45	14.50
<b>TOTAL</b>	<b>2678.96</b>	<b>100.00</b>

**Fuente:** elaboración propia. Cálculos con módulo área del Programa Irsi.



FIGURA N° 53



Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM procesadas con programa Idrisi.

**M 21. Faldeos altos y divisorias de agua subhúmedos con escasa vegetación (semidesierto de altura).**

Este **tipo** de paisaje ocupa una superficie de 1.066,34 km<sup>2</sup> (39.8%) de la unidad que lo contiene. Comprende aquellas superficies por sobre los 2.000 / 2.200 msnm. Por lo general se trata de altas cumbres con divisorias de agua, aunque han quedado incluidas algunas planicies altas como la localizada al Norte del A° Quebrada Honda, definida por González Díaz (1998) como “Planicie Estructural con morrenas y bloques residuales vinculados a la degradación del drift glaciario” con presencia de lagunas y algunos mallines de altura. La diferencia de unos 200 m entre el límite establecido con la unidad que se localiza inmediatamente por debajo, comprende una franja de transición en donde el límite entre unidades se situará a mayor o menor cota dependiendo de la exposición, la pendiente y su localización (monto de las precipitaciones).

Esta unidad de paisaje presenta similares características a las descriptas para las altas cumbres

de la Cordillera del Viento, sin embargo desde el punto de vista morfológico posee algunas particularidades: sus máximas alturas son de menores cotas y presentan mayor modelado glacial, las precipitaciones son más abundantes y en general, el ancho de esta Cordillera es mayor, pudiendo alcanzar en algunos sectores hasta unos 25 km. o más en sentido Oeste – Este.

Se trata de tierras de veranada con baja intensidad de uso, por estar ubicadas en cotas por sobre los 2.000/2.200 m se encuentran inhibidas de ser utilizadas durante los meses de invierno. Las pendientes dominantes son entre el 7 y 25 % (figura N° 55), que totalizan el 62.1 % del total de las pendientes (valores similares a los de la Cordillera del Viento) mientras que las orientaciones Este, Sudeste y Sur alcanzan al 45.4 % (figura N° 56). Se hace mención a estas orientaciones por poseer buenas aptitudes para el desarrollo de la vegetación y los suelos.

Un rasgo característico de este ambiente, no debidamente estudiado aún, es la presencia de morfología glacial: circos, aristas, horns, artesas, morrenas y campos de erráticos que están presentes en todo el ambiente cordillerano y en particular esta unidad de paisaje, donde predominan las formas de erosión glacial. Esta morfología marca una diferencia importante respecto de la Cordillera del Viento donde estas formas existen pero mucho más atenuadas.

Como en toda esta región, las laderas Este y Sur son las más proclives para la acumulación de nieve y, como consecuencia de ello, es la orientación hacia donde se han desarrollado los circos glaciales y posteriormente las artesas de ese origen, hoy ocupadas por cursos fluviales.

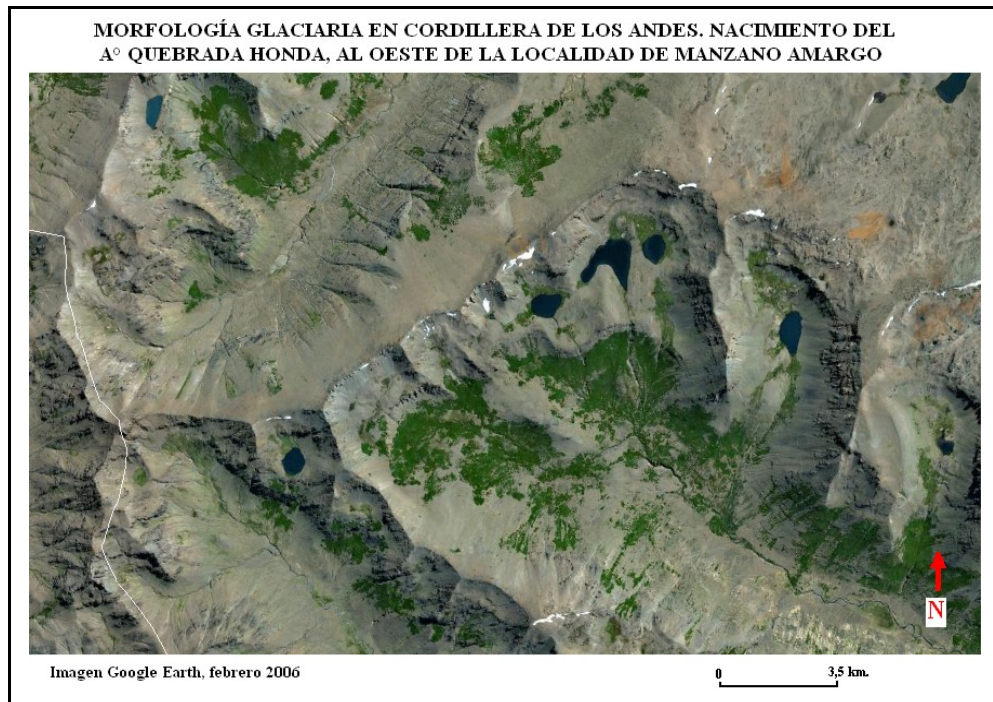
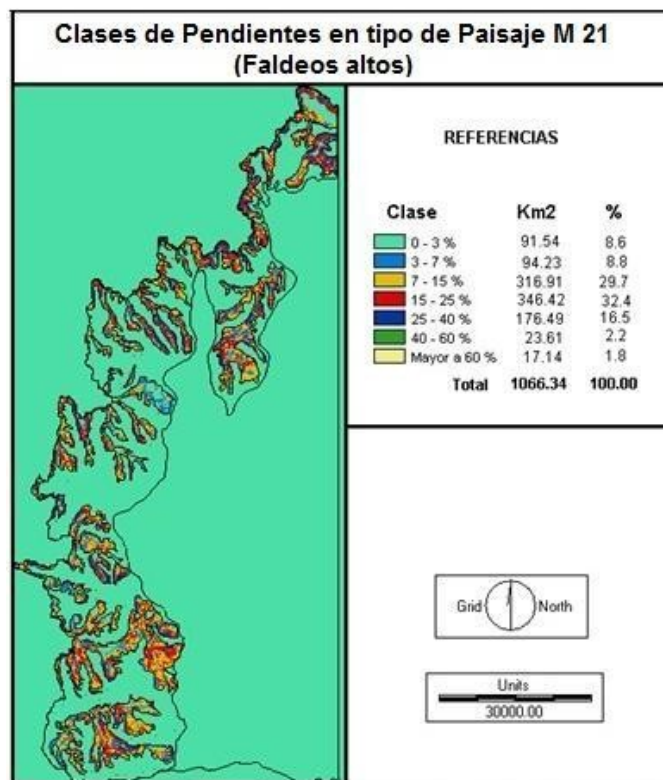


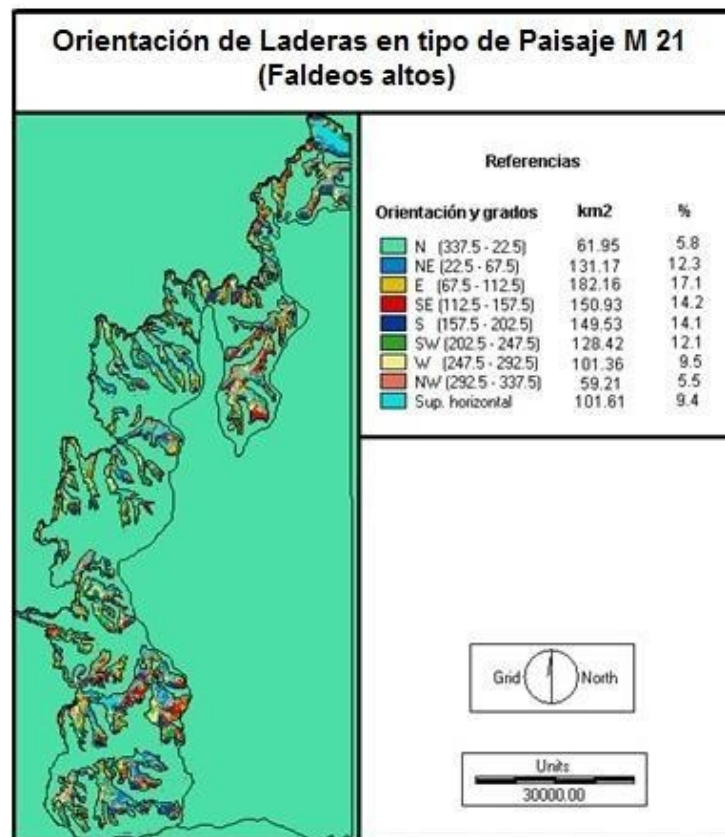
Figura N° 54. Circos glaciarios desarrollados hacia el Sur y el Este. Obsérvese la arista con orientación sudoeste – noreste del centro de la fotografía con presencia de circos hacia el sudeste, y como la escasa acumulación nívica que aún permanece en el mes de febrero, se localiza en laderas con esa orientación. En la imagen pueden distinguirse además: Horns, morrenas, tarns y artesas.

FIGURA N° 55



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM y curvas de nivel con 50 m de equidistancia, procesadas con programa Idrisi.

FIGURA N° 56



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia, procesadas con programa Idrisi.

Prácticamente no hay suelos ya que predominan los afloramientos rocosos y la cubierta detrítica, pero en aquellos lugares protegidos por los asomos rocosos es posible encontrar del tipo vitraxerandes típicos (originados en ceniza volcánica) y Haploxeroles énticos. En estas cotas la vegetación es muy rala o dispersa y sólo aparecen algunos ejemplares de gramíneas, plantas en cojín y pequeñas áreas de mallines en relación con los ojos de agua provenientes de mallines, manchones de nieve o pequeños glaciares.

En síntesis puede señalarse que este **tipo** de paisaje de altas cumbres y divisorias se caracteriza por una dinámica promovida por las fuertes pendientes, las bajas temperaturas y la muy pobre cobertura de vegetación, salvo los lugares con mallines de altura. Los procesos dominantes están relacionados con la remoción en masa y en las mayores alturas con la acción del permafrost. Su uso para la ganadería es de baja intensidad por lo que presenta aceptables condiciones respecto de la degradación de la tierra.

Puede considerarse que las relaciones entre los elementos del paisaje se hallan dentro de un

marco de estabilidad y que las mayores alteraciones del funcionamiento entre los elementos del sistema provienen del sistema natural que aún están buscando un nuevo punto de equilibrio después de la retirada de los hielos de la última glaciación y los actuales efectos del calentamiento global. El lento proceso de estos cambios garantiza, para este caso, la resiliencia del paisaje para absorber este impacto.

El potencial uso de estos sitios se relaciona con el turismo de aventura y un posible aprovechamiento para utilización como parque de nieve en algunos cerros como el Centinela (2.929 m), localizado al Noroeste de la localidad de Los Miches.

### **Cálculo del índice de vegetación en paisaje M 21**

La cobertura de vegetación en un sector de este paisaje M 21 fue realizado en un sector de alta montaña (denominado “Cordillera Pincheira”) localizado al Noroeste de la Laguna de Epulafquen; el área tiene las siguientes coordenadas:

- Ángulo superior izquierdo: X: 2.311,46 ; Y: 5.928,21
- Ángulo inferior derecho: X: 2.313,93 ; Y: 5.926,17

Este sector de 5,02 km<sup>2</sup> (0.5 % del total) se ubica en la ladera suroeste de la mencionada cordillera, entre las cotas de 2.100 y 2.280 m s.n.m. Se trata de ambiente de alta montaña con modelado glacial, dominado por el semidesierto de altura, con asomos rocosos y cobertura regolítica proveniente de dichos afloramientos. Esta característica queda muy bien reflejada por el índice de vegetación con colores marrón oscuro y valores negativos. En los sectores altos de la montaña se conservan algunos neveros que proveen agua a algunos pequeños mallines de altura desarrollados en sectores protegidos, que aparecen bien representados en el cálculo del NDVI con colores verdes y valores positivos y que se ubican en el sector derecho del histograma de frecuencias. La coexistencia de dos sectores tan distintos (afloramientos rocosos y mallines) dieron resultados muy contrapuestos en el NDVI que se manifiestan con un valor un poco elevado para el desvío estándar (0,0974).



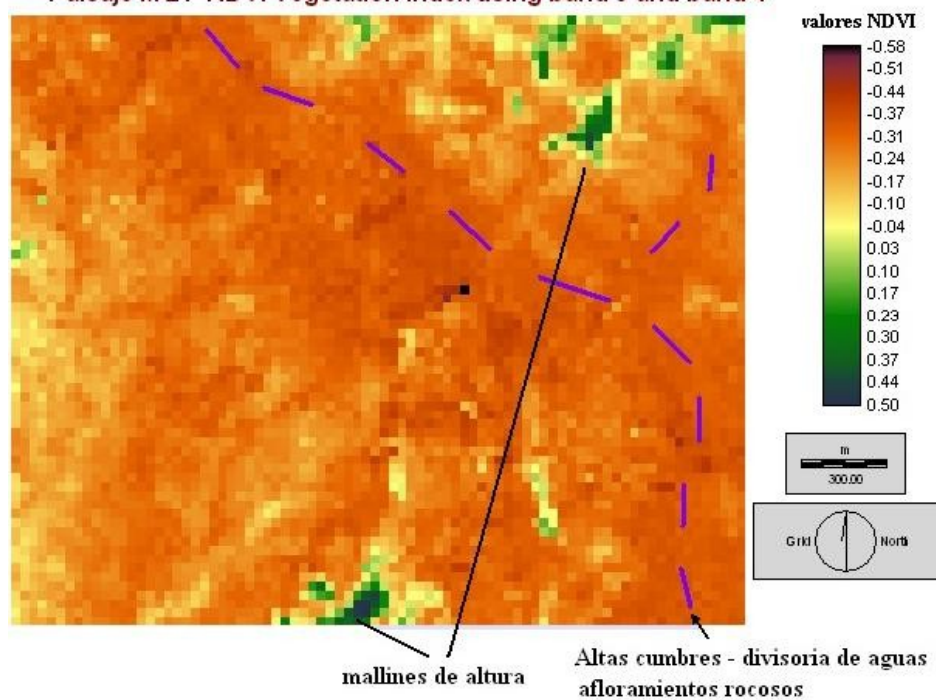
FIGURA N° 57



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM procesadas con programa Idrisi

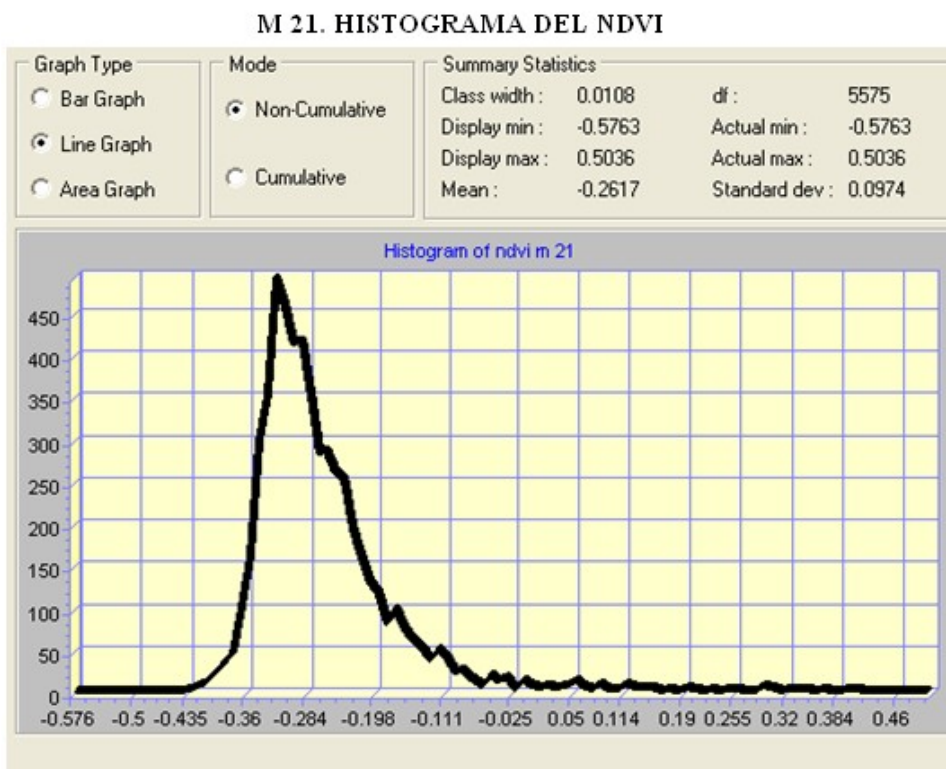
FIGURA N° 58

**Paisaje M 21 NDVI Vegetation Index using band 3 and band 4**



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM (B 3 Rojo y B 4 IRC) procesadas con programa Idrisi

FIGURA N° 59



## **M 22. Faldeos medios y fondos de valles altos subhúmedos con vegetación herbácea.**

Esta unidad ocupa una superficie de unos 1.224,28 km<sup>2</sup>, 45,7 % de la clase de paisaje Cordillera de los Andes. El uso del suelo está destinado a la ganadería extensiva a partir del mes de noviembre, una vez que las condiciones del clima local permiten su utilización para la instalación humana y del ganado. La Permanencia es hasta los meses de marzo – abril, dependiendo de la cota del puesto de la veranada y de la distancia que deben recorrer hasta llegar al lugar de invernada. Además, la fecha de llegada o de partida está condicionada a las particularidades climáticas y a la existencia de pasturas que permitan prolongar por más tiempo la permanencia en la veranada o en la invernada.

Existe una relación directa entre el tipo de paisaje montañoso y los fuertes valores de las pendientes: los valores ubicados entre el 7 y el 25 % representan el 69.3 del total; las del rango 25 – 40 % el 13.6 y las mayores al 60 % el 11.8 % (figura N° 61). Estas pendientes dan una idea de la importancia de conservar la cobertura vegetal en niveles aceptables, pues con precipitaciones que superan los 1.500 mm., se pueden crear condiciones que favorezcan la erosión hídrica.

Por su localización por debajo de las altas cumbres, esta unidad está atravesada por numerosos arroyos provenientes de los neveros y mallines localizados en las cotas más altas. Ello constituye un potencial para generar nuevos mallines en costas inferiores o para el desarrollo de planes de forestación con riego complementario. En el estudio que figura en el Capítulo 2 sobre las aptitudes para la forestación con fines de protección de laderas con el género *Pinus*, esta unidad de paisaje ha quedado incluida en las categorías de moderadamente apta, apta y muy apta.

De acuerdo con el cálculo efectuado con el programa Idrisi las exposiciones Este, Sureste y Sur, las más interesantes para el desarrollo de suelos y vegetación, totalizan el 42.5 % del total (figura N° 62). Estas son las orientaciones que deberían tener prioridad en caso de que se decida establecer un plan de forestación de protección de laderas para ayudar a conservar la alta cuenca del Río Neuquén.

Los suelos de esta unidad de paisaje son de color gris muy oscuro a pardo amarillento, originados en ceniza volcánica, dominantes en un 40% por Andosoles húmicos y de manera subordinadas se encuentran Andosoles ócricos y vítricos (Irisarri et. al, 1979).

La vegetación de estas pendientes está muy condicionada por las precipitaciones y su exposición. En los sectores más húmedos, con buenos suelos (Andosoles húmicos) se desarrolla vegetación boscosa asociado con especies perennifolias, tal como ocurre en las Lagunas de Epulafquen y Vaca Lauquen. Un poco más al Este y hacia el Norte, con menores montos de precipitación, la vegetación está compuesta por diversas especies de *Stipa*, *Poa*, y *Festuca* con *Mulinum spinosum* (neneo). Además es muy común la presencia de vegas y mallines de diversa morfología y tamaño.

Sobre este tipo de paisaje puede señalarse que, salvo situaciones puntuales, su estado en relación a la degradación de tierras es aceptable por su uso restringido a la época del verano. Esto permite una buena recuperación durante el período invernal lo que contribuye a mantener las condiciones de estabilidad del paisaje. Pero como ya se advirtió para la misma unidad en la Cordillera del Viento, las fuertes pendientes más los registros importantes de precipitación (pluvial y nívea) generan las condiciones potenciales para que haya una alta escorrentía con alta capacidad erosiva. Esta situación pudo observarse en el sector aledaño a las lagunas de Epulafquen y Vaca Lauquén donde en la actualidad existen evidencias de sobrepastoreo.



Se trata de una unidad con alta sensibilidad del paisaje por lo que se deben extremar los controles y la regulación de las cargas ganaderas en particular en las áreas de mallines con la idea de mantener las actuales condiciones de equilibrio del paisaje.

La potencialidad de esta unidad de paisaje, además de la ganadería extensiva, es el turismo, la forestación y la protección de la biodiversidad, en particular los bosques de *Nothofagus*.

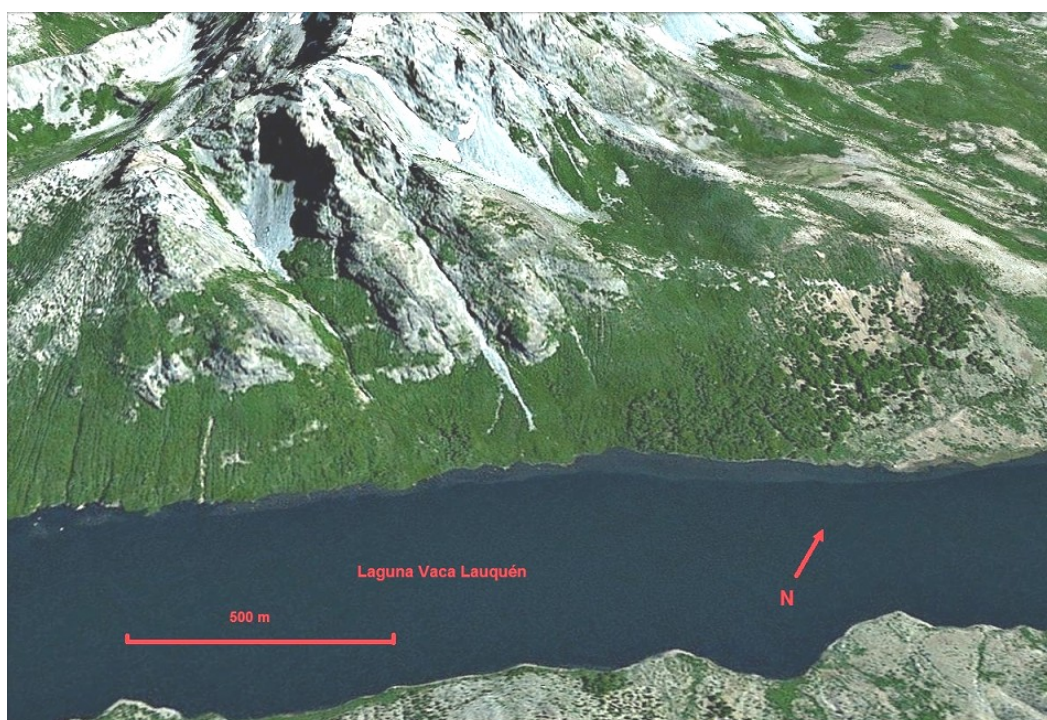
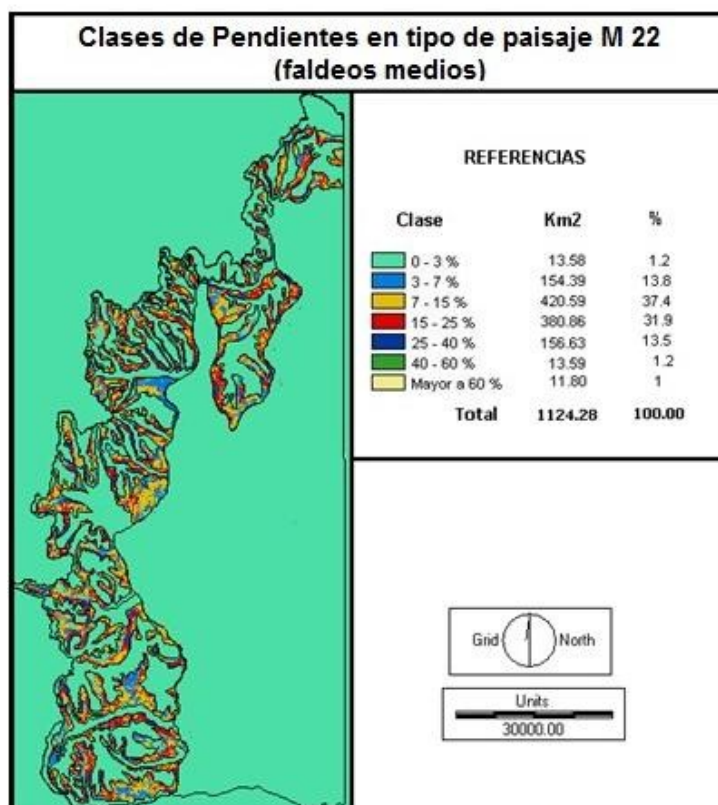


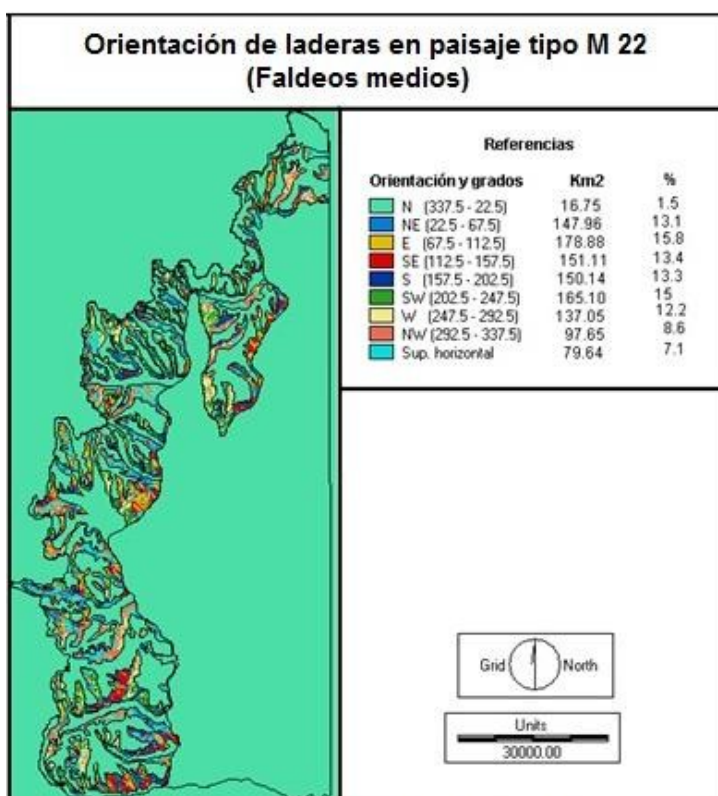
Figura N° 60. Los faldeos medios en el sector más occidental de la Cordillera son los que reciben las mayores precipitaciones. Esto queda reflejado en la vegetación boscosa como en este sector de la Laguna de Vaca Lauquén. Imagen del Google Earth del 25/02/08

FIGURA N° 61



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia, procesadas con programa Idrisi.

FIGURA N° 62



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia, procesadas con programa Idrisi.



Fotografía N° 9. Una vista del paisaje tipo M 22 en el sector próximo a la localidad de Los Miches (Cerro Centinela 2.929 m). Estas laderas durante la época invernal se cubren de nieve y resultan inaccesibles. Como se trata del sector más oriental de la Cordillera, con menos precipitaciones, la vegetación está compuesta por diversas especies de *Stipa*, *Poa*, y *Festuca*.

### **Cálculo del índice de vegetación en paisaje M 22**

El cálculo del índice de vegetación (NDVI) se realizó sobre un área que tiene una superficie de 7,82 km<sup>2</sup> localizada sobre ambas márgenes del arroyo Palao, unos 14 km. al Oeste de la localidad de Los Miches. Las cotas de este sitio oscilan entre 1.650 m y 1.850 m. Se trata de un sector con precipitaciones de unos 1.500 mm./año lo que genera una vegetación herbácea asociada a algunas leñosas y la presencia de algunos mallines como los que aparecen en el NDVI con valores positivos. En todo este sector son comunes los afloramientos rocosos, en este caso de rocas de origen volcánico (andesitas, basaltos y tobas) de la formación trapa trapa (Plioceno inferior) que aportan los valores negativos del NDVI y se localizan en el sector derecho del histograma de frecuencia.

Un aspecto que llama la atención del lugar es la diferencia de valores de NDVI entre ambas márgenes del curso del A° Palao. Este lugar refleja muy bien cómo incide la topografía en la generación de mejores condiciones de suelos y por ende de vegetación. Las laderas con orientación Este, a sombra de algún resalto topográfico, han recibido los depósitos de ceniza volcánica de los volcanes localizados al Oeste y ello se refleja normalmente en una



mejor cobertura de vegetación como es en este caso. El valor del desvío estándar de 0,0991, bastante elevado para un sector de poca superficie, indica el contraste entre los afloramientos rocosos (valores negativos) con los mallines (valores positivos).

Las coordenadas planas de este lugar son las siguientes:

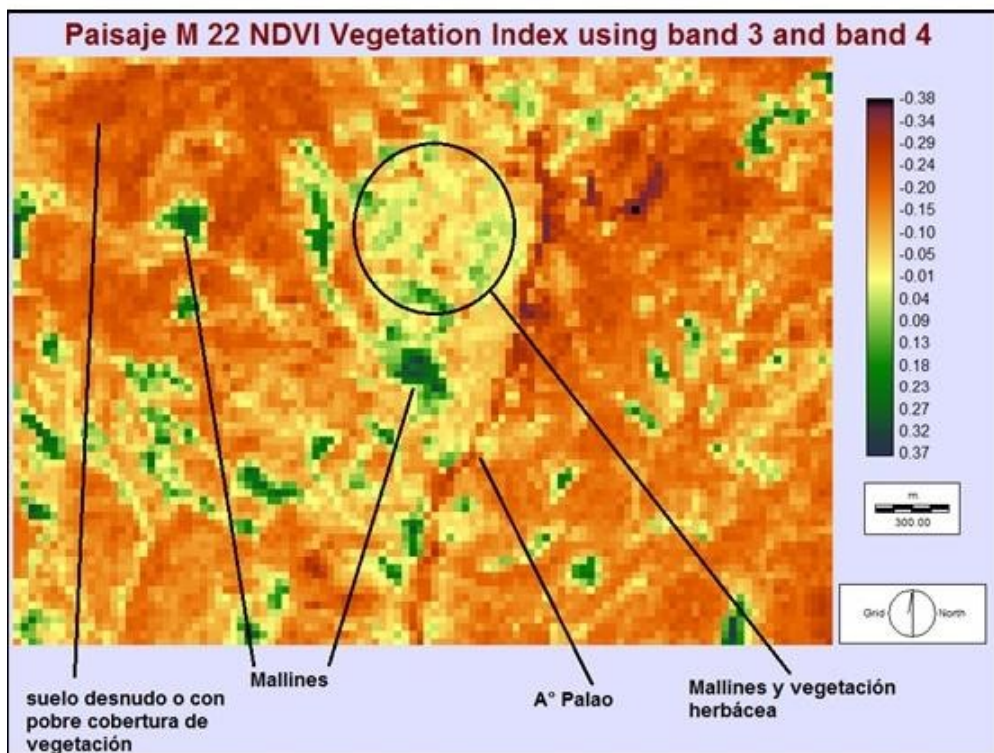
- Ángulo superior izquierdo: X: 2.323,7 ; Y: 5.885,7
- Ángulo inferior derecho: X: 2.326,9 ; Y: 5.883,3

FIGURA N° 63



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM, procesadas con Programa Idrisi

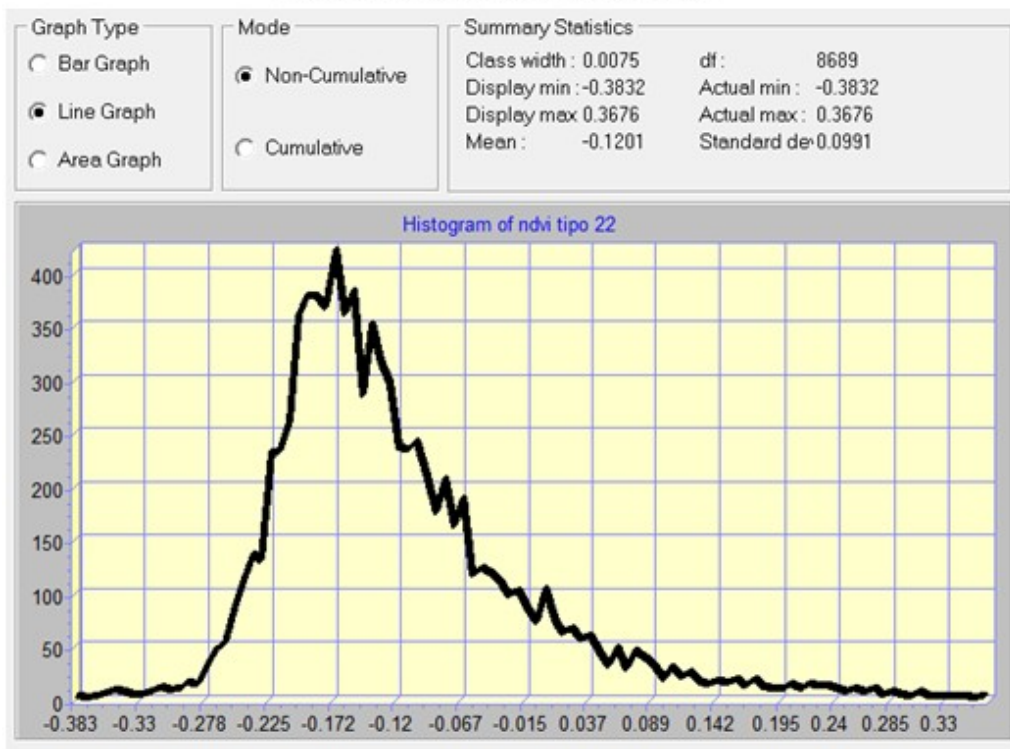
FIGURA N° 64



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM (B 3 Roja y B 4 IRC) procesadas con programa Idrisi

FIGURA N° 65

### M 22. HISTOGRAMA DEL NDVI



### **M 23. Faldeos bajos y fondos de valle semiáridos con vegetación herbácea.**

Este tipo de paisaje tiene una superficie de 388,45 km<sup>2</sup>, 14,5 % del total de la clase de paisaje Cordillera de los Andes. Forma parte de esta unidad los fondos de valle y algunos faldeos bajos que normalmente no tienen ocupación durante el invierno, o sea que se trata de tierras de veranada. Pero por tratarse de sectores de transición, algunos de ellos permanecen ocupados esporádicamente durante el invierno, a pesar de las condiciones climatológicas adversas. A partir de los meses de noviembre / diciembre estos lugares son ocupados para el uso ganadero extensivo con los crianceros que llegan con sus majadas. A esto debe sumársele que por estos valles transita el ganado cuando va como cuando vuelve de la veranada, tal como ocurre en el valle del río Nahueve (foto N° 10).

Al tratarse de un tipo de paisaje de fondos de valle y sectores bajos de montañas, las pendientes no son tan pronunciadas como en las unidades anteriores: el 43.8 % de la superficie tiene una pendiente de hasta el 7 % y el 24.8 % no supera el 15 % (mapa figura N° 66). Las orientaciones hacia el Sur, Sudeste y Este suman el 29 % de la superficie total (mapa figura N° 67), lo que suma unos 116 km<sup>2</sup>. Estas tierras constituyen sectores prioritarios para llevar adelante planes de forestación tanto con fines comerciales o de protección de laderas, por poseer condiciones edáficas favorables.

Si bien los rangos de pendientes obtenidos para este tipo de paisaje son inferiores respecto de los dos tipos anteriores, sus valores indican que es fundamental mantener el equilibrio suelo – vegetación a los efectos de evitar la formación de regueros y cárcavas, más aún con los valores de precipitación registrados en estos lugares, que pueden superar los 1.000 mm. anuales y con suelos muy friables originados a partir de ceniza volcánica: vitraxerandes mólicos y típicos ; Haploxeroles vitrándicos y Humacueptes típicos.

Teniendo en cuenta estas condiciones de topografía, suelos y humedad, la vegetación resultante presenta algunas variaciones. Sin embargo puede señalarse como típico a la estepa herbácea dominada por diversas especies de *Stipa*, *Poa* y *Festuca* asociadas con *Mulinum spinosum* (neneo). En sectores más reparados, con condiciones de humedad favorables, las especies de poa están asociadas a *Senecio microcephalus* con bosquecillos y presencia de mallines (Movia et al. 1982). En donde la humedad disminuye la estepa arbustiva se asocia con matorrales de especies arbustivas.

Esta unidad de paisaje presenta muy buena aptitud para la forestación. En el estudio incluido en el Capítulo 2 (figura N° 21), ha sido evaluada como apta y muy apta para la forestación de protección de laderas con el género *Pinus*.

La conservación de este tipo de paisaje es en general buena. Sin embargo, a partir de los recorridos realizados durante las salidas de campo, pudo observarse que algunos sectores han sido afectados por sobrecarga ganadera y es notable la disminución de la cobertura vegetal, tal como ocurre en el valle del Nahueve. Esto genera condiciones para alterar las actuales relaciones entre los elementos del paisaje y crear las condiciones para desatar procesos de degradación de la tierra. Otro aspecto que también debería prestarse atención es la situación de los mallines: muchos de ellos no están debidamente protegidos ni tienen el manejo requerido para garantizar sus condiciones de proveedor de forrajes y preservación del sistema hídrico.

Por tratarse de un sector con uso intensivo para la ganadería trashumante durante el verano y de tránsito para los sectores de mayores cotas, las autoridades deberían ejercer controles estrictos sobre las majadas a los efectos de garantizar el mantenimiento de las condiciones de equilibrio del paisaje.

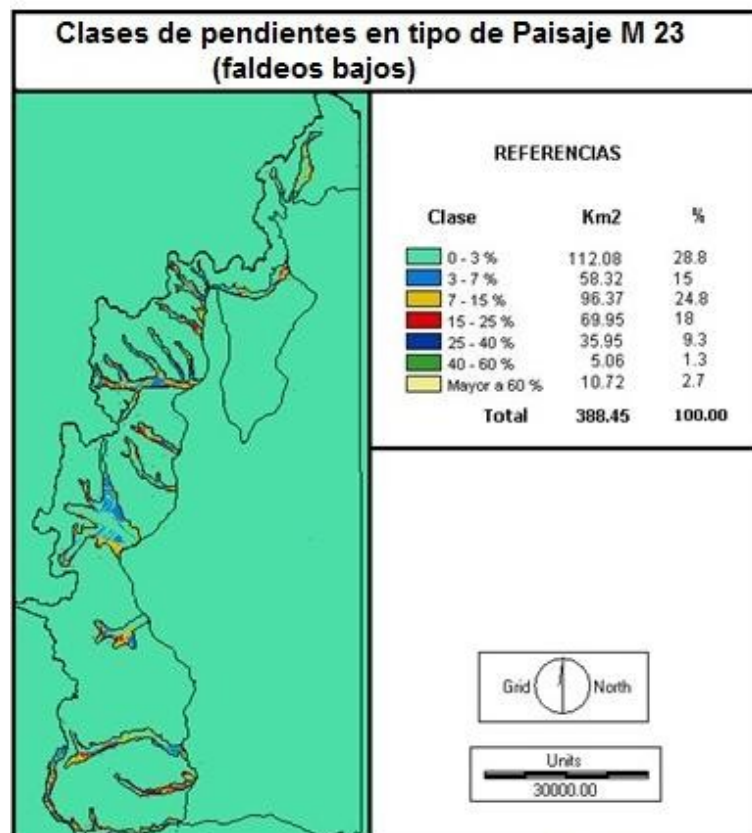
Esta unidad de paisaje, tal como ocurre con M 22, presenta buena aptitud para la ganadería extensiva (con control de majada), forestación, turismo y protección de la biodiversidad.





Fotografía N° 10. Valle del río Nahueve. Próximo a Lagunas de Epulafquen. Durante el mes de noviembre los crianceros llevan sus majadas hacia la veranada. Muchas veces, como en este caso, el traslado lo realiza la totalidad del grupo familiar.

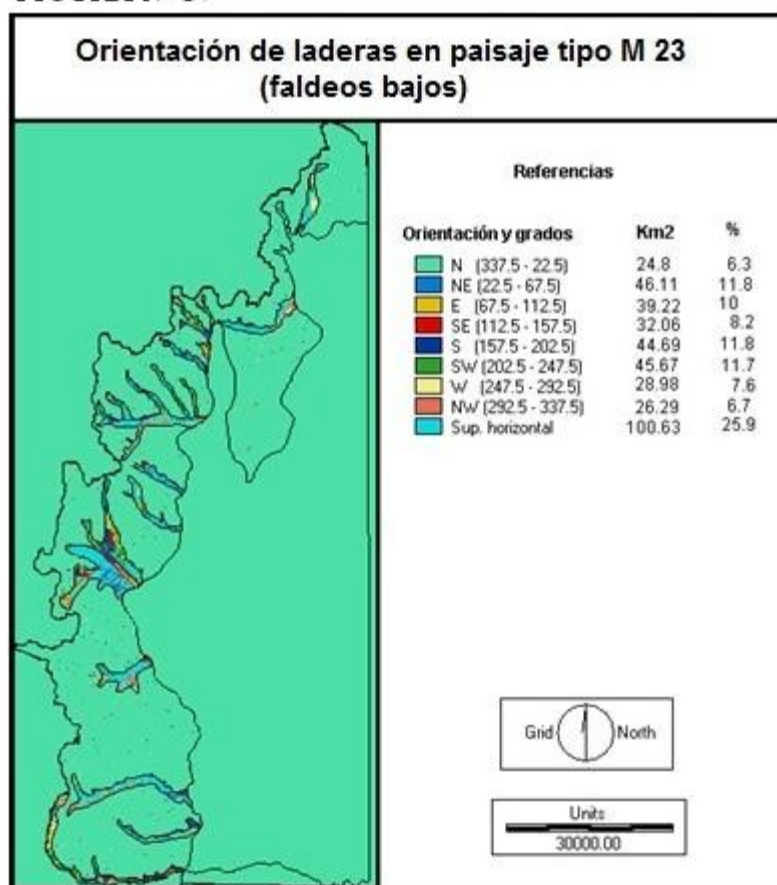
FIGURA N° 66



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia, procesadas con programa Idrisi.



FIGURA N° 67



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia, procesadas con programa Idrisi.

### Cálculo del índice de vegetación en paisaje M 23

Como lugar representativo para realizar el NDVI de este tipo de paisaje se seleccionó un sector del valle del río Nahueve, próximo a la Laguna de Epulafquen inferior, la que parcialmente quedó incluida (en el ángulo superior derecho). El cálculo del NDVI ocupa una superficie de 25,82 Km<sup>2</sup> lo que representa 15.9 % de la superficie total de este tipo de paisaje. Sus cotas oscilan entre 1.470 y 1.590 msnm. Las coordenadas de sus ángulos (superior izquierdo e inferior derecho) son los siguientes:

- Ángulo superior izquierdo: X: 2.317,8 ; Y: 5.920,6
- Ángulo inferior derecho: X: 2.324,4 ; Y: 5.916,3

Este lugar es uno de los que registra mayores precipitaciones en todo el Departamento Minas, aproximadamente unos 3000 mm. anuales, gran parte de ellos en forma nívea. La parte

analizada con el índice de vegetación corresponde a un sector de la ladera Sur del valle del río Nahueve, que es en realidad una artesa de origen glacial. En el piso del valle hay varias morrenas de la última glaciación las que, son longitudinales (las de mayor tamaño). De ahí que los cursos de agua presentes en este sector deban sortear dicha morfología, propia de ambientes glaciarios. Otra particularidad es la presencia de mallines, muy comunes en este tipo de ambientes, que han dado los mayores valores de NDVI (histograma, figura N° 70). Los valores más negativos se han registrado en el sector correspondiente a la laguna de Epulafquen y en aquellos lugares planos o con muy escasa pendiente (al Norte del río Nahueve) donde prácticamente no existe vegetación por la alta capacidad de drenaje que tienen los suelos originados en el drift glacial y por estar próximos al callejón de arreo de las majadas que se dirigen a la veranada (en la imagen falso color puede verse la ruta).

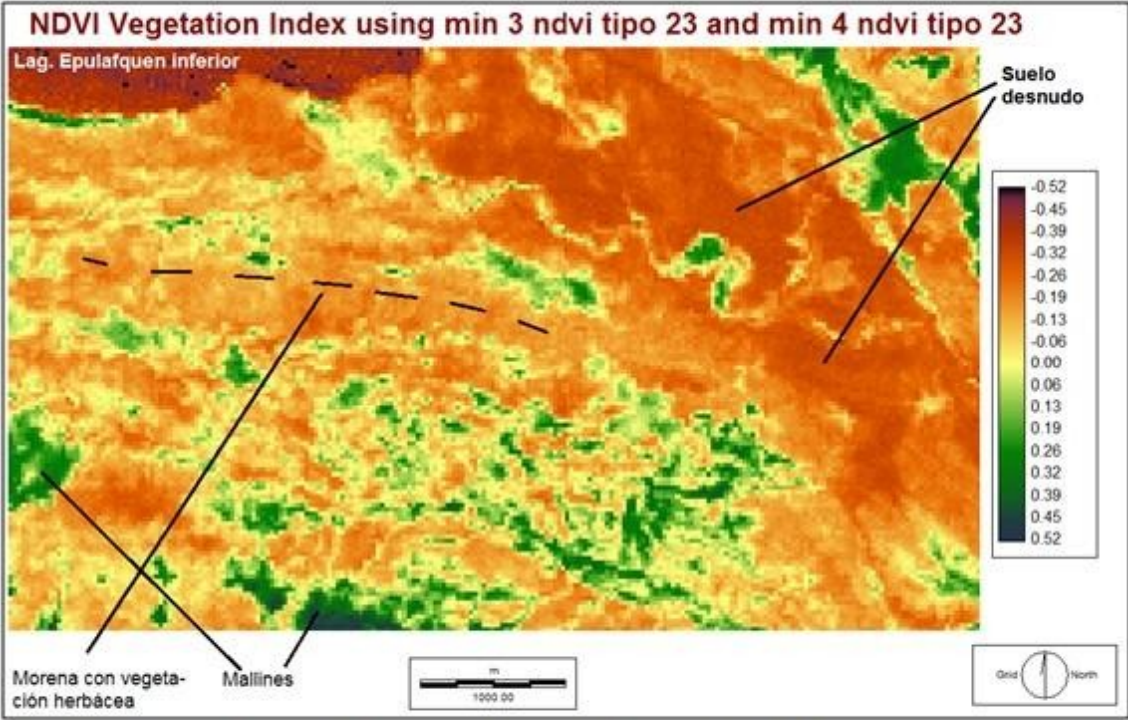
El marcado contraste de los valores obtenidos en el NDVI es el resultado de la coexistencia entre las zonas carentes de vegetación y el cuerpo de agua (valores negativos) con el correspondiente a los mallines. Por ello el desvío estándar del histograma de frecuencia es bastante alejado de cero (0.16).

**FIGURA N° 68**



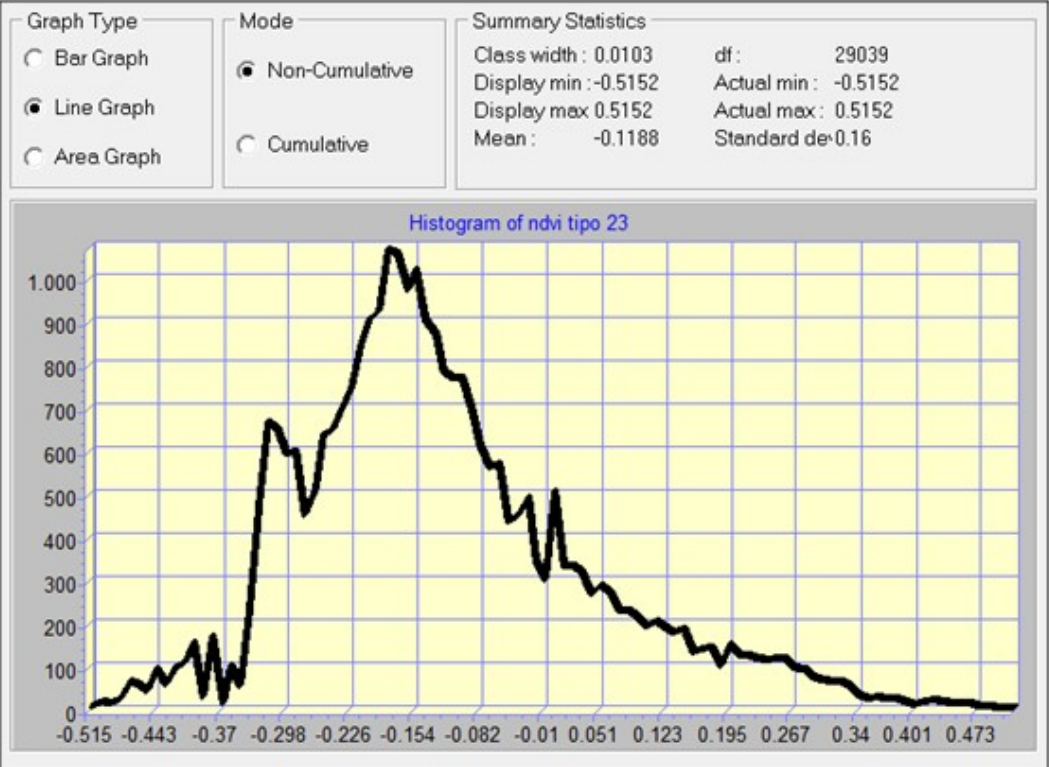
Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM procesadas con programa Idrisi.

FIGURA N° 69



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM (B 3 rojo y B 4 IRC) procesadas con programa Idrisi

FIGURA N° 70 M 23. HISTOGRAMA DEL NDVI



**Comentarios sobre la aplicación del NDVI en los distintos tipos de paisaje (M 21, M 22 y M 23) de la clase M 2**

Los valores obtenidos de NDVI para los tres tipos de paisaje están dentro de los rangos esperados aunque con algunas particularidades. Los valores más bajos se registraron en las altas cumbres (semidesierto de altura) por el predominio de afloramientos rocosos y la ausencia de vegetación. La presencia de pequeños mallines de altura alimentados por pequeños neveros de las altas cumbres llevó a los máximos a valores bastante altos para este tipo de paisaje. Por esto mismo la media obtenida del NDVI no ha sido tan baja como se podría esperar y el desvío estándar se haya alejado un poco del cero (0.10).

Para el paisaje tipo M 22 el NDVI registró bastante bien como inciden las exposiciones de las laderas para el desarrollo de la vegetación. Esto quedó evidenciado en la diferencia entre los valores que arrojó el índice de vegetación a ambas márgenes del A° Palao. La margen orientada hacia el Este es donde se desarrolla mejor la vegetación por la existencia de mejores condiciones de suelos. El sector tiene varios mallines pero ninguno de ellos logra alcanzar los valores encontrados en otros casos que habitualmente llegan a 0.5. En este caso sólo alcanzó 0.36, lo que evidencia que son mallines con menos vegetación.

El área seleccionada para el tipo de paisaje M 23 es la más heterogénea con diversidad de coberturas, por ello se obtuvo un valor alto de desvío estándar (0.16). La presencia de varios mallines otorgaron al histograma de frecuencias del NDVI un estiramiento hacia los valores positivos y el suelo desnudo y los cuerpos de agua otorgaron al histograma dos pequeñas campanas en los valores negativos. Los mallines tienen muy buena cobertura de vegetación lo que ha dado resultados bastante altos en el NDVI (máximo: 0.52).

**CUADRO Nº 22**

<b>TABLA RESUMEN DE LA APLICACIÓN DEL NDVI EN TIPOS DE PAISAJE DE LA CLASE M 2</b>				
<b>Tipo de Paisaje</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desvio St (S)</b>
M 21	-0.58	0.50	-0.26	0.10
M 22	-0.38	0.37	-0.12	0.10
M23	-0.52	0.52	-0.12	0.16

Fuente: Elaboración propia



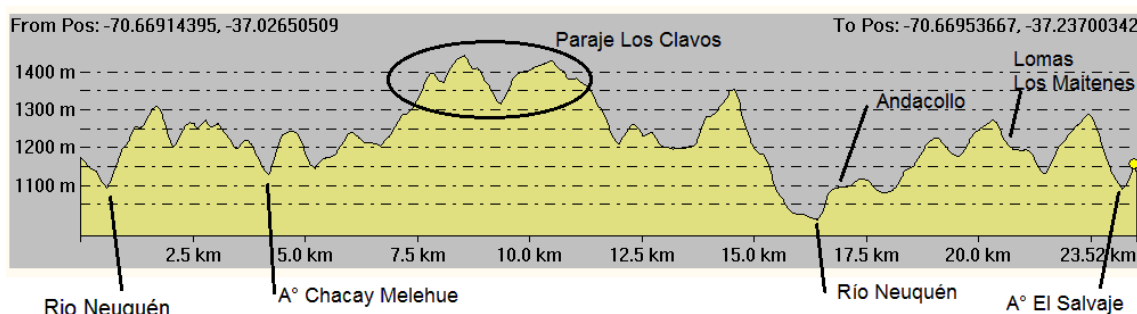
### 3) Relieve complejo de Sierras, colinas y lomas con predominio de rocas volcánicas modernas (Cenozoico inferior). (S)

Esta clase de paisaje es la que presenta mayor heterogeneidad en el Departamento Minas. Su morfología está caracterizada por un conjunto de serranías y lomadas en rocas efusivas aunque en el Sur también en rocas sedimentarias plegadas de la cuenca neuquina (tobas, areniscas y yeso de edad jurásica y cretácica). Esta gran variedad ha condicionado su modelado posterior, el sistema de drenaje y la formación de suelos. El término “rocas efusivas” incluye una variedad de rocas con distinta resistencia a la erosión: lavas andesíticas, basandesíticas, riolíticas; tobas, aglomerados, etc. Estas variaciones litológicas aumentan la heterogeneidad comentada.

A este panorama debe sumarse que en algunos valles de ríos como el Neuquén, existen depósitos modernos aterrazados de origen fluvial o glaciofluvial, como la terraza donde se localiza Andacollo (perfil, figura N° 71). Un aspecto que comparten estas serranías y lomadas es la presencia de un manto superficial de ceniza volcánica holocénica muy delgado que cubre a la totalidad de la unidad.

FIGURA N° 71

#### PERFIL NORTE - SUR PAISAJE DE SIERRAS, COLINAS Y LOMAS



Fuente: elaboración propia con programa Global Mapper v. 8.0. Equidistancia de las curvas de nivel: 90 m.

Respecto de la humedad disponible y su altura con respecto al nivel del mar también existen diferencias que dan como resultado variaciones en el tipo de vegetación, que es en definitiva uno de los aspectos centrales teniendo en cuenta los objetivos de esta tesis. Aquellos lugares localizados más al Oeste y de mayor cota (menor evapotranspiración), poseen vegetación del tipo herbácea mientras que las que se ubican más al Este y en cotas más bajas predomina la vegetación de tipo arbustiva. Pero en un paisaje tan heterogéneo existen otros condicionantes

que llevan a situaciones intermedias: el tipo de suelo, la exposición y la disponibilidad de humedad general variaciones muy marcadas en espacios cortos y que resultan en mosaicos de herbáceas con arbustivas o viceversa, dependiendo de cómo se combinen estos factores.

Puede decirse entonces que el aspecto común en esta unidad es la diversidad dentro de las características de suelo y vegetación comentadas. El tratamiento por **tipo** de paisaje, que continúa a este apartado, permitirá conocer con más detalle las particularidades de los suelos y la vegetación y las potencialidades que tienen cada uno de los tipos de paisaje.

FIGURA N° 72

VISTA AÉREA OBLICUA DE UN SECTOR DEL PAISAJE DE SIERRAS, COLINAS Y LOMAS SEMIÁRIDAS



Imagen google Earth 21 feb 2006

Escala primer plano:

500 m

N

Más de la mitad de la superficie (54.8 %) posee pendientes entre el 7 y el 25 % (figura N° 74) que combinados con las precipitaciones (entre 500 y 1000 mm/año) generan las condiciones para el desarrollo de procesos de degradación en aquellos sectores donde la vegetación natural ha sufrido los efectos del sobrepastoreo. Las orientaciones de las laderas hacia el Este, Sureste y Sur, con mejores suelos y vegetación, totalizan el 31,3 % de esta clase de paisaje (figura N° 75).

Un aspecto que sí es común a toda esta unidad de paisaje es el uso del suelo. Se trata de tierras de dominio fiscal destinadas al uso ganadero extensivo durante todo el año. En el capítulo “sobrecarga ganadera” incluido en esta tesis, se pone en evidencia la situación de falta de control de las majadas y que los distintos **tipos** de paisajes de esta **clase** poseen una carga ganadera que supera en un 90 % la capacidad de de esta unidad, lo que pone en serio compromiso el funcionamiento de la actual estructura del paisaje.

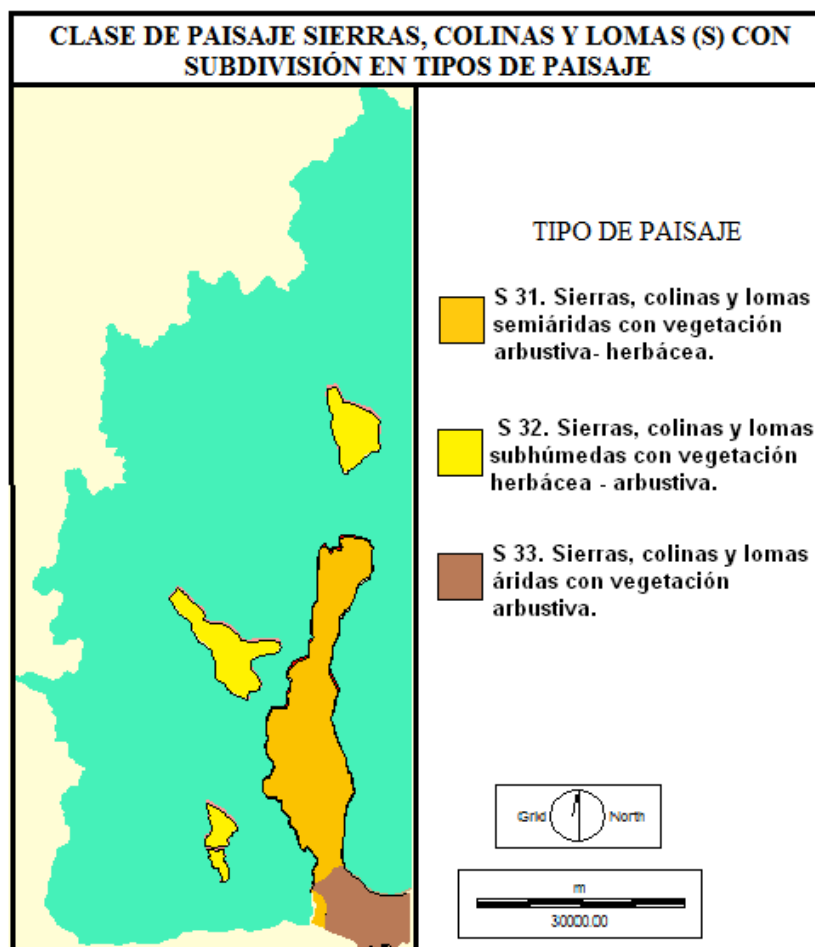
El tratamiento en **tipos** de paisaje permitirá analizar con más detalle el funcionamiento sistémico en cada una de estas unidades. Para ello, atendiendo a sus condiciones particulares se ha subdividido a esta **clase** de paisaje en los siguientes **tipos**:

**S 31. Sierras, colinas y lomas semiáridas con vegetación arbustiva - herbácea.**

**S 32. Sierras, colinas y lomas subhúmedas con vegetación herbácea - arbustiva.**

**S 33. Sierras, colinas y lomas áridas con vegetación arbustiva.**

FIGURA N° 73



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM procesadas con programa Idrisi.

CUADRO N° 23

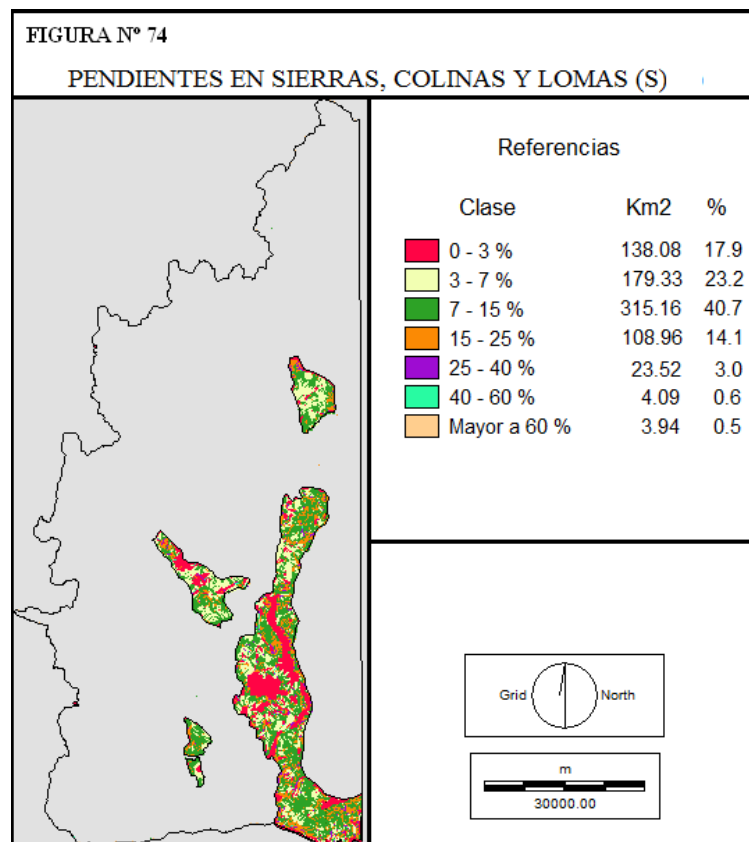
CLASE DE PAISAJE DE SIERRAS, COLINAS Y LOMAS SUPERFICIE DE TIPOS DE PAISAJES		
Tipo de Paisaje	Superficie (km <sup>2</sup> )	%
Tipo S 31	444.15	57.47
Tipo S 32	197.01	25.46
Tipo S 33	131.92	17.07
Total	773.08	100.00

Fuente: Elaboración propia. Cálculos efectuados con el módulo área del Programa Idrisi.

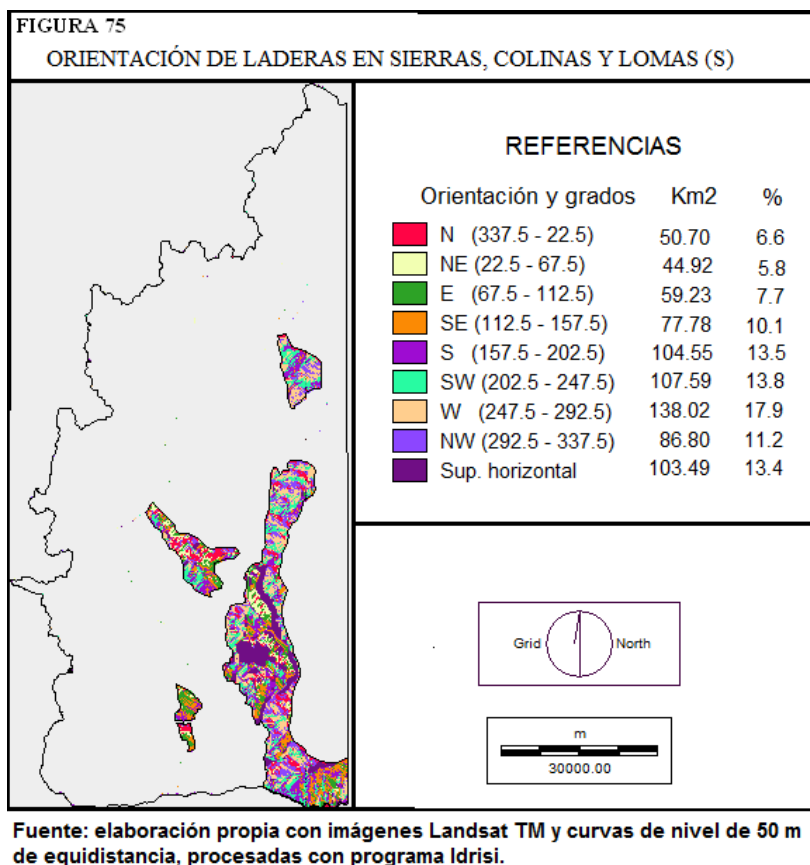




Fotografía N° 11. Puesto de internada en proximidades del Paraje Chapala, unos 6 km. al sudoeste de Andacollo. En este sector existen afloramientos de andesitas (de edad Oligoceno, Zollner y Amos, 1973). Esta ladera está orientada al Este por lo que normalmente existe una buena cobertura de vegetación, en este caso una asociación herbácea arbustiva. La presencia del puesto, genera condiciones de degradación de la vegetación por sobrepastoreo.



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia, procesadas con programa Idrisi.



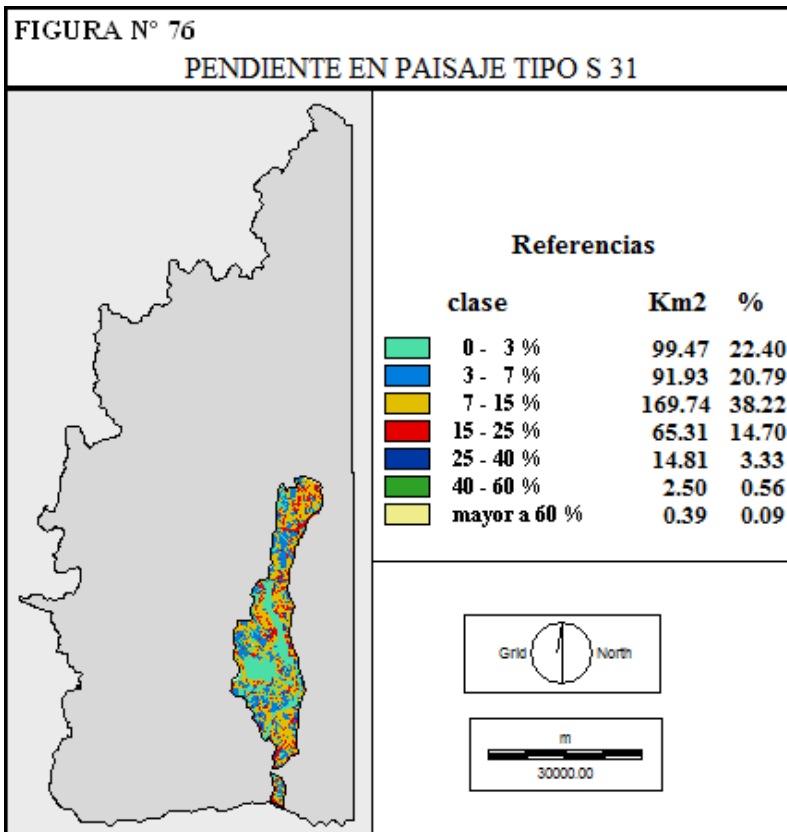
### S 31 Sierras, colinas y lomas de origen volcánico semiáridas.

Este tipo de paisaje es el más representativo de la **clase** Sierras, colinas y lomas debido a su extensión: 444,15 km<sup>2</sup> que ocupa el 57,47 % de esta unidad. Predomina la diversidad de su constitución geológica y las geoformas resultantes: los conjuntos serranos, las colinas y lomas caracterizan el rasgo dominante, aunque no están ausentes otras formas como pequeñas planicies (como donde se localiza Andacollo) y valles, que si bien pequeños, presentan condiciones favorables de habitabilidad, y es donde se localiza la población.

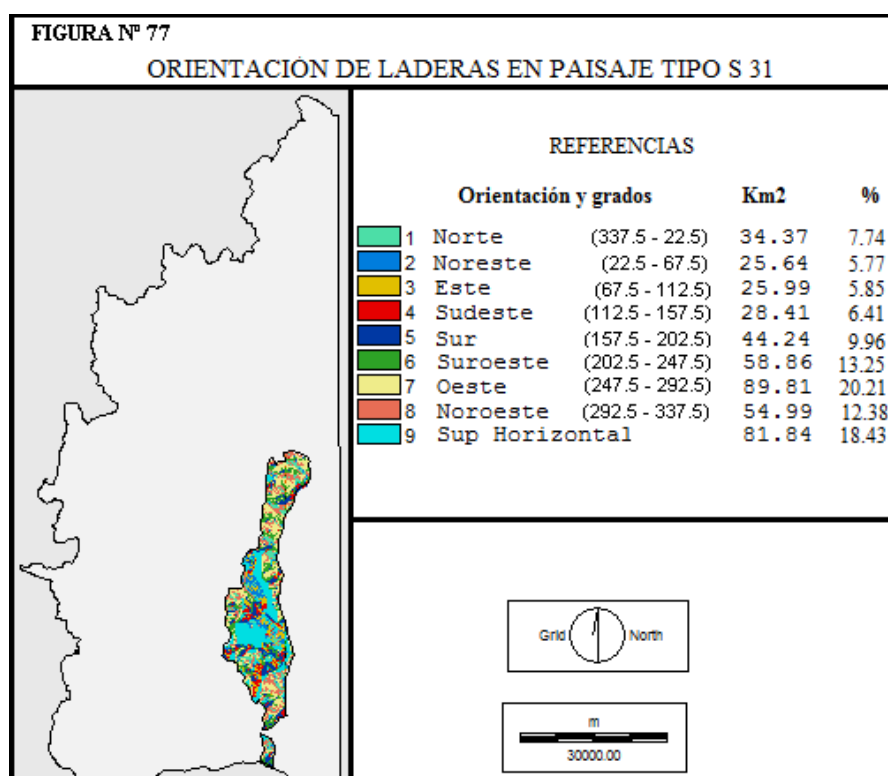
En el extremo Sur y en el Norte de esta unidad la litología está compuesta por conglomerados, tobas, andesitas y riolitas del Grupo Choiyoi (Triásico) mientras que en la parte central lo que domina son andesitas, basaltos y dioritas del Grupo Molle (Cenozoico inferior) pero están presentes, en menor medida, granitos (Triásico medio) y algunos depósitos glaciofluviales de antiguas glaciaciones (pleistoceno medio – inferior), más otras formaciones de origen volcánico.

Un rasgo común a esta unidad es que se trata de paisajes con un marcado déficit hídrico estival con precipitaciones que oscilan entre 500 mm en el Sur y 1.000 mm en el sector Norte. Estas precipitaciones ocurren predominantemente durante el invierno (Capítulo 2). Las alturas oscilan entre 950 y 2.100 msnm lo que produce una primera diferenciación en la vegetación: en aquellos sectores más bajos (con más evapotranspiración) el déficit hídrico es mayor y será predominante arbustiva sobre la herbácea. El caso contrario ocurre en los sectores más altos donde predomina la vegetación herbácea aunque siempre asociada a lo arbustivo. En esto también juega un papel fundamental la topografía y la morfología: aquellos sectores más bajos pero que son colectores de la humedad se favorecerán y tendrán mejores perfiles edáficos y un mejor desarrollo de la vegetación. También como ocurre en todos estos paisajes, las laderas orientadas al Sur y al Este (98,64 km<sup>2</sup>, 22,22 %) van a estar más favorecidas por umbría y por mejores suelos, para el crecimiento de la vegetación (figura N° 77).

Las pendientes dominantes son (figura N° 76) las que se ubican en el rango del 7 al 15 % (169,74 km<sup>2</sup>, 38,22 %) pero también son significativas las que se ubican entre 15 y 25 % (65,31 km<sup>2</sup>, 20,79 %). En total las de rangos superiores al 7 % totalizan 252,70 km<sup>2</sup>, (56.90 % del tipo de paisaje). Estos datos evidencian la importancia que tiene factor relieve en este ambiente. Esto tiene una relación directa con las características de la vegetación ya que se trata de ambientes donde predomina escorrentía sobre la infiltración lo que trae como consecuencia el empobrecimiento del desarrollo de la vegetación y los suelos.



Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia, procesadas con programa Idrisi.



Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia, procesadas con programa Idrisi.

Como consecuencia de las variaciones litológicas aludidas, la dinámica geomorfológica, y los depósitos de cenizas volcánicas cuaternarias, existe una gran diversidad de los suelos en esta unidad de paisaje. Según CFI - COPADE (1991) los suelos dominantes y subordinados son los siguientes:

- |    |      |  |
|----|------|--|
| 1) | 55 % | Xerortentes típicos (dominante);<br>Argixeroles cálcicos y arídicos (subordinados) |
| 2) | 20 % | Argixeroles vérticos (dominante);<br>Haploxeroles énticos y típicos (subordinados) |
| 3) | 15 % | Haploxerentes típicos (dominante);<br>Argixeroles vérticos (subordinados)          |
| 4) | 5%   | Asomos rocosos y vitrixerandes típicos   |

La cobertura promedio de la vegetación es de un 30% más un 5 % de especies anuales (Movia, C. et al. 1982). Se trata de una estepa arbustiva cuya altura media no supera al metro, compuesta principalmente por *Fabiana imbricata* (palo piche) y *Mulinum spinosum* (neneo) con otras especies presentes como *Colliguaya integerrimia* (coliguay), *Chuquiraga oppositifolia*, *Schinus montanus* (huingán), *Trevoa patagónica* (malaspina), etc. Por encima de la cota de 1.500 m, como consecuencia de la menor evapotranspiración, aparecen pastizales de diversas especies de *stipa*, *poa* y *festuca* siempre asociadas al neneo con un porcentaje de cobertura de entre 20 y 30%.

La heterogeneidad respecto de las formas, la litología y los suelos es el rasgo dominante de esta unidad de paisaje. Un aspecto en común es el déficit de humedad durante el verano lo que trae como consecuencia la presencia de especies arbustivas que no son las más palatables para el pastoreo del ganado, que es el uso del suelo dominante de esta unidad. La baja cobertura de la vegetación asociado a la sobrecarga ganadera que se analiza en el Capítulo 4 explica, en parte, los signos de deterioro del suelo y la vegetación que son comunes en estos paisajes.

Como puede observarse en el mapa de aptitud para la forestación del Capítulo 2 (figura N° 20) esta unidad de paisaje ha quedado incluida en la categoría de apto (85%) y moderadamente apto (15%) para la forestación con fines de protección de ladera, actividad que debería promoverse con la finalidad de desarrollar acciones de prevención de la erosión.

Esto podría complementarse con agricultura en valles y pequeñas terrazas donde existe la posibilidad de realizar riego complementario si se aprovecharan los numerosos cursos de agua existentes. También debería proponerse la conservación de la flora y la fauna silvestre autóctona muy degradada en la actualidad.

### **Calculo del índice de vegetación en paisaje S 31**

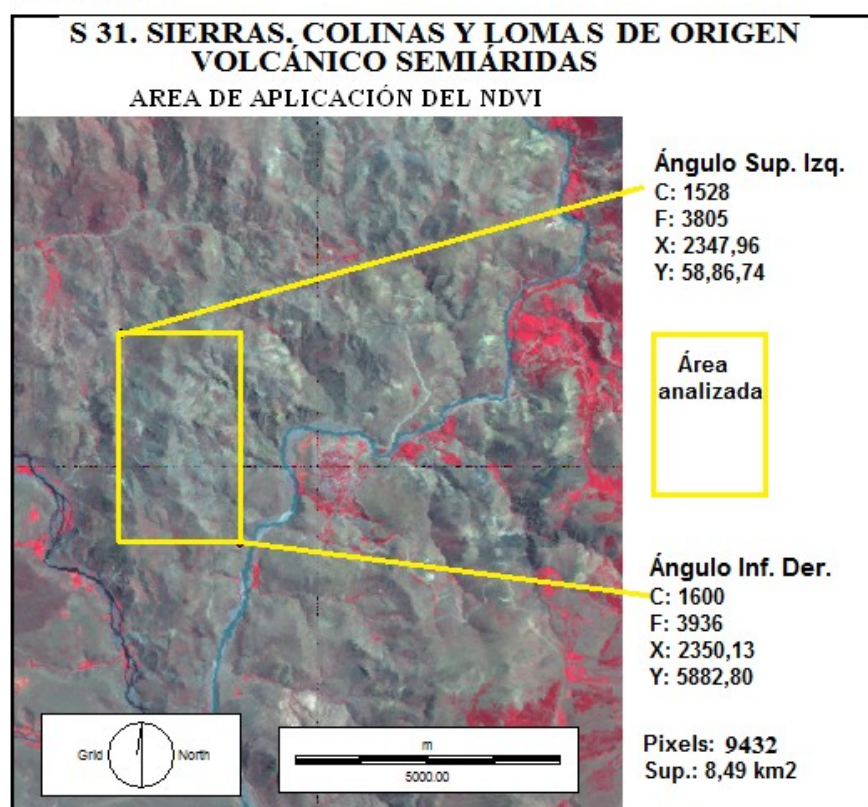
Para analizar la cobertura de vegetación del paisaje tipo S 31 “Sierras, colinas y lomas de origen volcánico semiáridas” se consideró una superficie de unos 8,49 km<sup>2</sup> localizada unos 3 km. al Oeste de la localidad de Andacollo cuyas coordenadas planas son las siguientes:

- ÁnguloSuperiorIzquierdo: X: 2.347,96; Y: 5.886,74
- ÁnguloInferiorDerecho: X: 2.350,13; Y: 5.882,80

Se trata de un sector con que representa bastante bien la totalidad de este tipo de paisaje ya que posee la fisonomía típica de un conjunto de lomas, colinas y pequeños valles en materiales de origen volcánico (paleoceno, basaltos y dioritas de edad cenozoica inferior), de alturas que oscilan entre 1.050 y 1.400 m s.n.m. Aproximadamente la mitad Oeste del sector drena hacia el río Nahueve, mientras que la parte Este lo hace hacia el río Neuquén. Estos ríos tienen su confluencia unos 4 km. al Sur. La vegetación está compuesta por una estepa arbustiva con cobertura de entre un 20 a 30% dominada por *Fabiana imbricata* (palo piche) y *Mulinum spinosum* (neneo), este último sumamente degradado. En los pequeños cursos de agua se alcanzan a formar pequeños mallines y aparece algo de vegetación característica de estos ambientes como el junco.

Esta zona está destinada a la ganadería extensiva de invernada, aunque el ganado permanece prácticamente todo el año. Existen numerosos puestos, y como se analizará en el Capítulo 4, existe una sobrecarga ganadera que se refleja muy bien en las condiciones de degradación del suelo y la vegetación. Los valores obtenidos con el NDVI muestran esta situación: el 95 % de los pixels analizados presentan valores negativos. Solamente el fondo de algún pequeño valle con vegetación de mallín arrojó valor positivo que llegó apenas al máximo de 0.021. Este NDVI refleja muy bien la situación de lo que ocurre en estas sierras y lomadas: poca oferta de pasturas naturales y sobrecarga ganadera. El desvío estándar próximo a 0 (0.0371) evidencia que se trata de un ambiente bastante homogéneo.

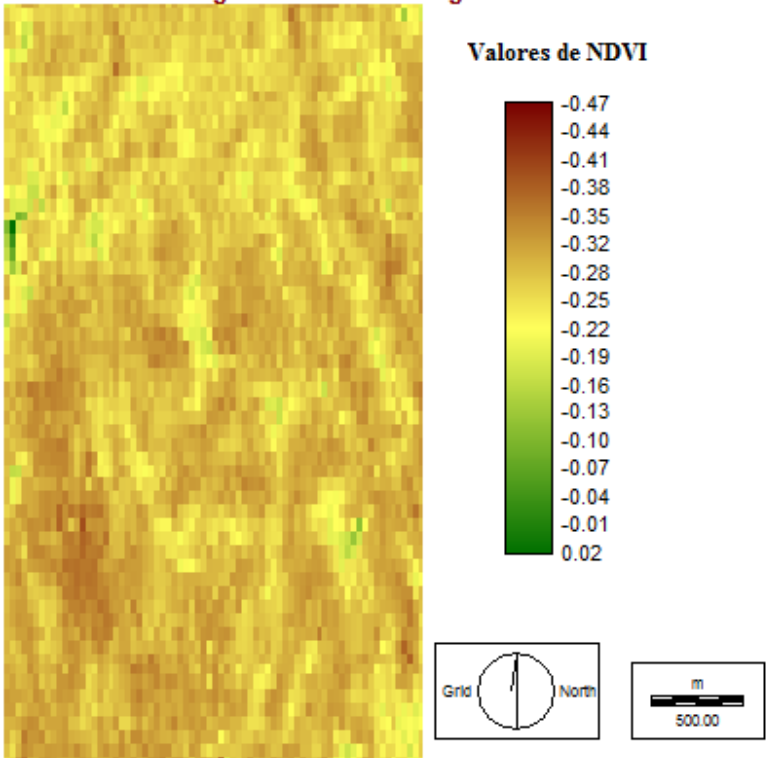
FIGURA N° 78



Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM procesadas con el programa Idrisi

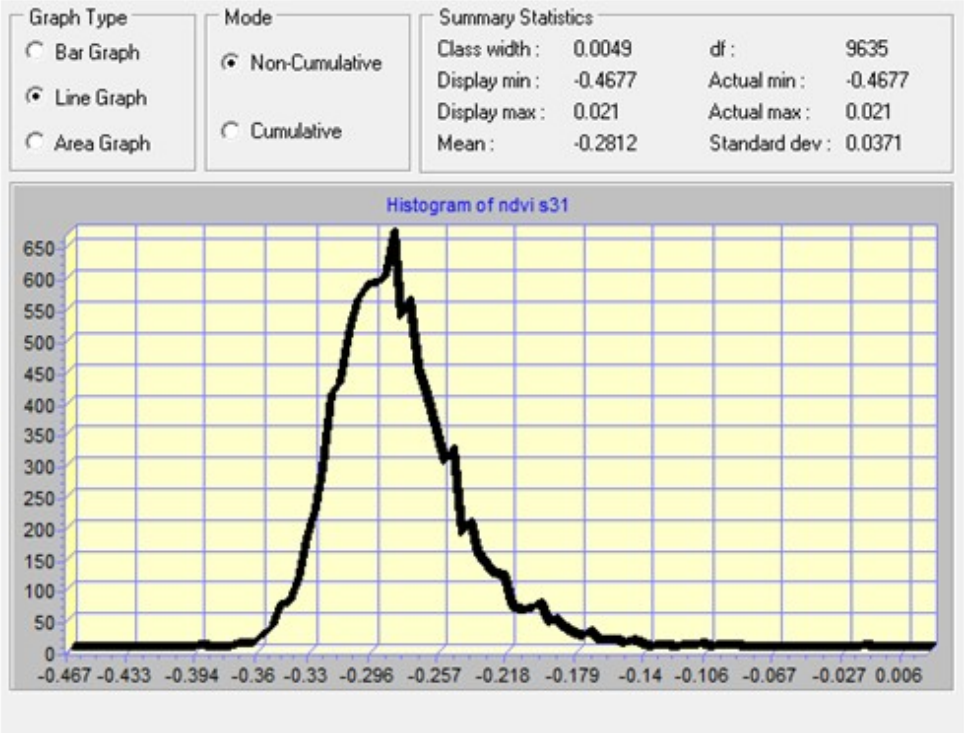


FIGURA N° 79  
NDVI Vegetation Index using min 3 and min 4



Fuente: elaboración propia, utilizando banda 3 (rojo) y banda 4 (IRC) procesadas con programa Idrisi.

FIGURA N° 80      § 31. HISTOGRAMA DEL NDVI





### S 32 Sierras, colinas y lomas de origen volcánico subhúmedas

El área que corresponde a este **tipo** de paisaje ocupa una superficie de 197,01 km<sup>2</sup>, un 25, 46 % de la **clase** de paisaje que forma parte. Constituye una unidad discontinua en cuatro sectores distintos localizados al Oeste y al Norte de esta **clase** de paisaje. Se trata de un conjunto caracterizado por la presencia de sierras, colinas y lomadas cuyas alturas máximas no superan los 1.850 m. También existen algunos pequeños valles y zonas deprimidas donde se localizan algunos puestos destinados a la ganadería extensiva, que aprovechan las mejores condiciones naturales respecto al clima, las pasturas y la disponibilidad de agua.

El rasgo común de estos lugares es su litología de rocas volcánicas de la formación Centinela (Plio – pleistoceno): andesitas, andesitas basálticas, tobas, aglomerados y necks dacíticos, y en el sector Norte de la unidad se le suman tobas y aglomerados andesíticos de la Formación Invernada Vieja (Mioceno Medio).

Por la disposición que presentan las isoyetas dentro del Departamento (en diagonal suroeste – noreste) este sector de sierras, colinas y lomadas es la que recibe las mayores precipitaciones del conjunto serrano, que sumado a sus mayores alturas dan como resultado que la vegetación dominantes esté constituida por una asociación formada por *Stipas speciosa* (coirón duro o amargo), *Poa* (coirón poa) y *Festuca* (Huecú) asociadas a *Mulinum Spinosum* (neneo). En aquellos sectores con condiciones edáficas más pobres y de afloramientos rocosos es común encontrar matorrales e isletas de leñosas. En los sectores más profundos de pequeños valles o proximidades de los cursos de agua se encuentran algunos mallines con su vegetación típica de estos ambientes húmedos. Como en los demás ambientes de todo el Departamento, aquellas laderas orientadas hacia el sur (por umbría) y hacia el Este (por mejor calidad de suelos) presentan las mejores condiciones para el desarrollo de la vegetación.

Una particularidad de este ambiente se presenta en las proximidades de la localidad de Las Ovejas, principalmente en aquellas laderas orientadas hacia el Este: se ha desarrollado un bosque bajo de Ñire (*Nothofagus antártica*) que en sectores se presenta muy denso. Este constituye un muy claro ejemplo de cómo las condiciones comentadas de exposición al Este y al Sur permiten desarrollar vegetación típica de ambientes más húmedos como aparece en la figura N° 81.

**SECTOR DE COLINAS Y LOMAS PRÓXIMO A LA LOCALIDAD  
DE LAS OVEJAS**



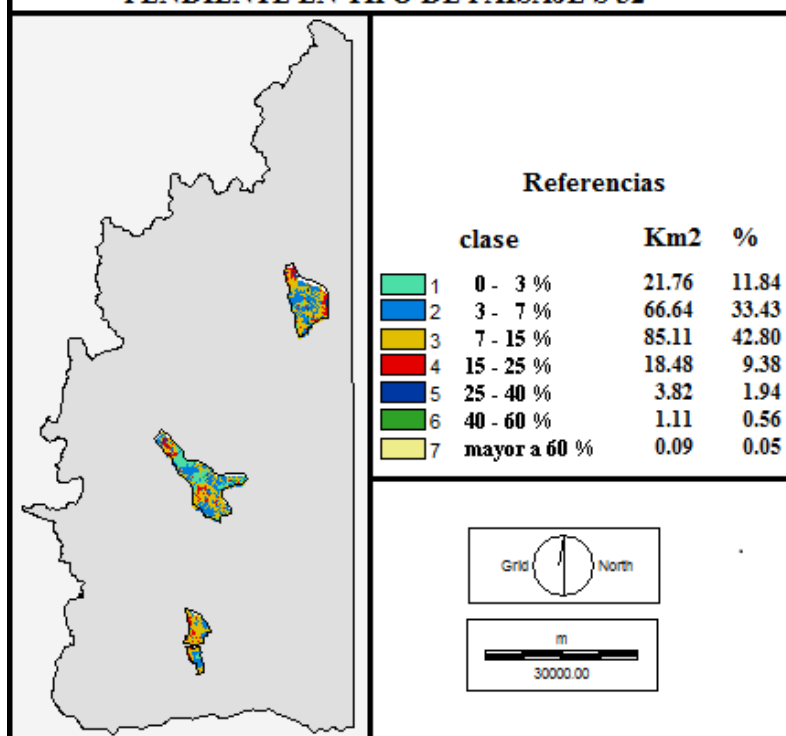
FIGURA N° 81. Vegetación boscosa (Ñire) próxima a la localidad de Las Ovejas. En la imagen puede observarse cómo las laderas orientadas al Sur y al Este permiten un mejor crecimiento de este tipo de vegetación.

Sumando las laderas orientadas al Este, Sureste y Sur, totalizan 76,25 km<sup>2</sup> (38,32 % de la unidad, figura N° 83). Estos sitios presentan las condiciones más aptas para el desarrollo de la vegetación y por ende, son aquellas de deberán priorizarse en caso de una propuesta para forestar con fines comerciales o de protección de laderas. Teniendo en cuenta el mapa de aptitud forestal (fig. N° 20, capítulo 2) este tipo de paisaje presenta una aptitud entre apta y muy apta para la forestación de protección de laderas. Las pendientes dominantes en este tipo de paisaje se ubican en el rango de 3 a 15 %, que en total ocupan una superficie de 151,75 km<sup>2</sup> (76,23 % del tipo de paisaje, figura N° 82).

La litología de origen volcánico, más las cenizas del Holoceno han servido de roca madre para la formación de los suelos de este lugar. En los sectores de colinas y

FIGURA N° 82

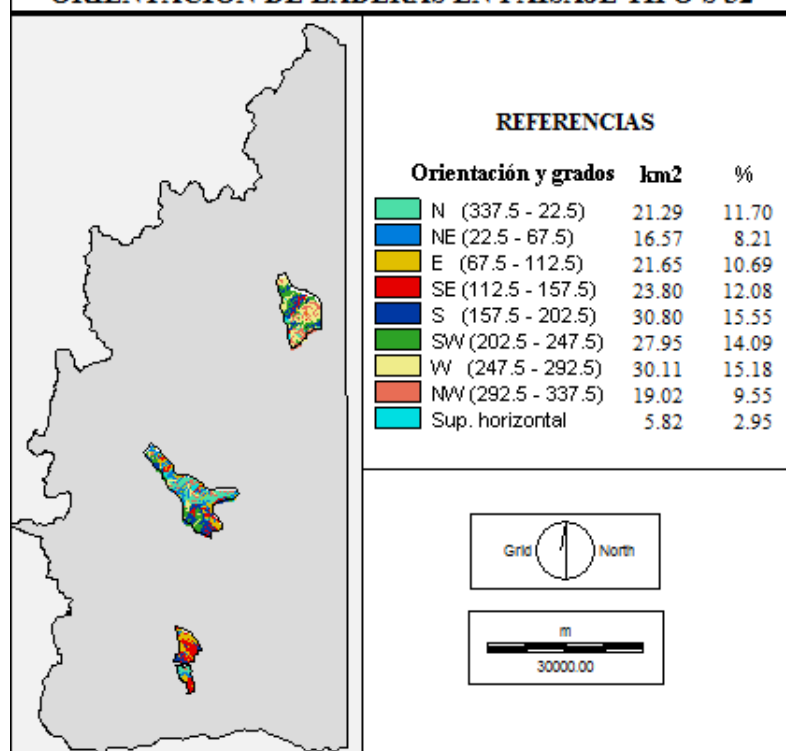
## PENDIENTE EN TIPO DE PAISAJE S 32



Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia, procesadas con programa Idrisi.

FIGURA N° 83

## ORIENTACIÓN DE LADERAS EN PAISAJE TIPO S 32



Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia, procesadas con programa Idrisi.

lomadas más occidentales (próximas a la Cordillera de los Andes), los suelos dominantes (Ferrer et al., 1982) son Vitrixerandes mólicos y típicos y, de manera subordinada, Haplacuoles énticos y Haploxeroles énticos. Más al Este, con menos influencia de las cenizas volcánicas, predominan los subgrupos Argixeroles vérticos y Haploxeroles énticos y subordinados Haploxerertes típicos y Haplacuoles énticos (CFI – COPADE, 1991).

La cobertura de la vegetación puede alcanzar hasta un 50 – 60 % pero en sectores muy degradados no llega al 20 % dominando especies anuales tales como *B. tectorum*, *E. Vulgare* y distintas malezas (Movia et al., 1982). La estepa herbácea mencionada anteriormente puede aparecer acompañada con especies arbustivas alguna de las cuales sobresalen en altura tales como *Fabiana imbricata* (palo piche), *Chuquiraga opossittifolia*, etc.

De la **clase** de paisaje S 3 este **tipo** (S 32) es el que presenta mayor cobertura vegetal por mejores condiciones de humedad y buenos suelos. Esto ha transformado a esta unidad en un sector muy utilizado para el desarrollo de la ganadería extensiva durante la invernada y parte del verano con una sobrecarga ganadera que llega casi al 100 %. Esta situación acontece desde hace muchos años y el deterioro de la vegetación y los suelos es tal que en Movia et al. (1982) se destaca (pág. 65) “en vastos sectores ha llegado a tal grado el sobrepastoreo que sólo es posible advertir la presencia de varias especies anuales o perennes invasoras como: *Centaurea solstitialis* (abrepuño amarillo), *Centaurea calcitrapa* (abrepuño morado), *Xanthium spinosum* (abrojos)”, etc.

Este tipo de paisaje presente muy buena aptitud para la ganadería extensiva pero desarrollada bajo una perspectiva de manejo sustentable, evitando el deterioro del recurso suelo y la vegetación. Para ello el estado debe regular la actividad y promover otras actividades con buenas posibilidades tales como la forestación y el turismo. De esta forma se podrá revertir la situación actual de deterioro de los recursos.

### **Calculo del índice de vegetación en paisaje S 32**

La cobertura de vegetación del paisaje tipo S 32 “Sierras, colinas y lomas de origen volcánico subhúmedas” fue calculada en una superficie de 35,72 km<sup>2</sup> localizada a unos 7 km. al Noroeste de la localidad de Las Ovejas. Sus coordenadas planas son las siguientes:

- ÁnguloSuperiorIzquierdo:X: 2.335,10;Y: 5.912,06
- ÁnguloInferiorDerecho:X: 2.340,41;Y: 5.905,39

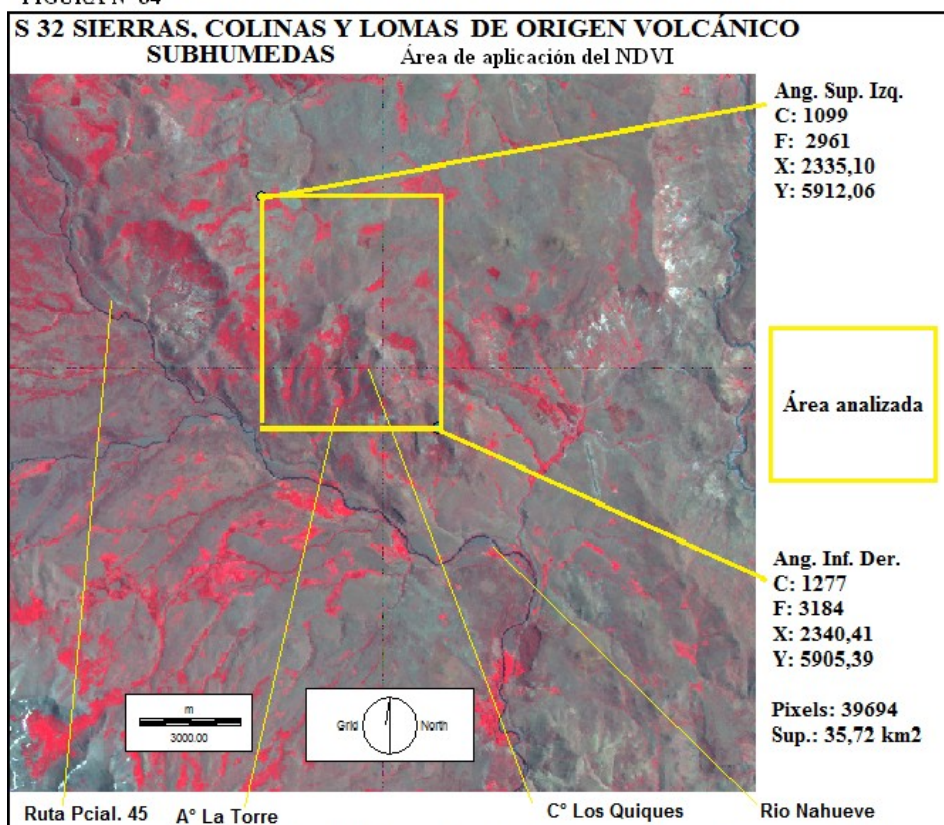
Es un sector ubicado inmediatamente al Norte del valle del río Nahueve y a la Ruta Provincial N° 45 que incluye al Cerro Los Quiques (2.041 m), la altura máxima de este lugar. Se trata de un paisaje de colinas y lomadas cuya litología está formada por lavas andesíticas y basandesíticas y aglomerados de edad plio – pleistoceno. Desde el Cerro Los Quiques nace con dirección hacia el Sur el A° La Torre, que desemboca en el río Nahueve, lo que puede observarse en la imagen de la figura N° 84.

La vegetación de este sector presenta muchas variaciones: en algunos sectores está constituida por *Stipas speciosa*, *Poa* y *Festuca* asociadas a *Mulinum Spinosum* (neneo), en otros aparecen asomos rocosos (con máximos valores negativos del NDVI) y otros con cobertura de Ñire (*Nothofagus antártica*) en particular próximas a los cursos de agua, en laderas más favorecidas por su exposición o en zonas protegidas. También han quedado incluidos en la imagen algunos mallines que, junto a los Ñires, son los que arrojan los valores positivos de NDVI.

Este lugar es utilizado para la ganadería extensiva y existen sectores muy degradados por el sobrepastoreo. Al Sur, la ruta provincial N° 45, forma parte de un callejón por donde transitan, al principio y hacia el fin del verano, los arrees que van y vienen de la zona de veranada en la Cordillera de los Andes.

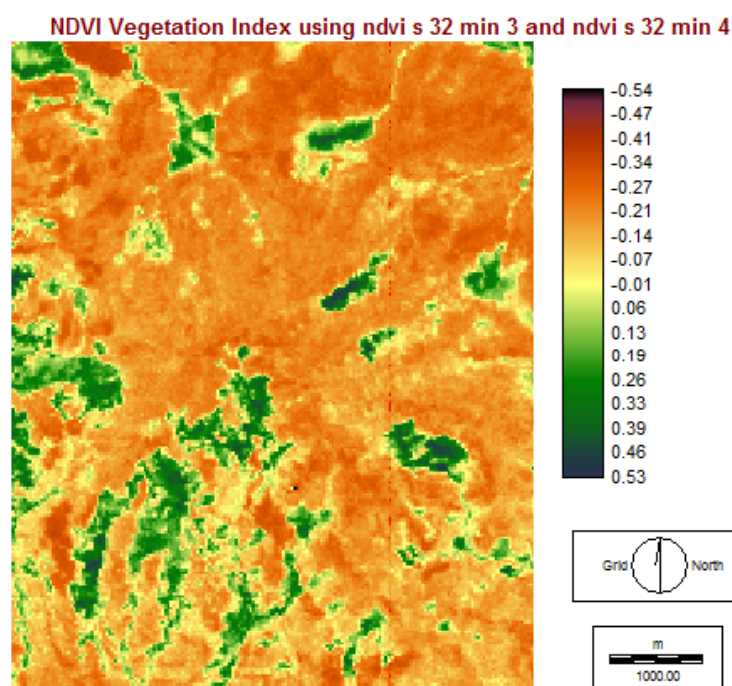
Los valores obtenidos con el NDVI muestran un sector de pequeñas lomadas y vegetación herbáceo – arbustiva con baja cobertura (aprox. 30 %) que ha dado resultados negativos en el NDVI (en la imagen obtenida con colores marrones y rojos). Esto es debido a que los ND de la imagen reflejan más el suelo que la vegetación. Con colores verdes y valores positivos, aparecen los mallines y los bosquecillos de ñire. Comparando el valor medio obtenido en este histograma de frecuencias (-0,1213) con el anterior (S 31) (-0,2812), queda en evidencia que se trata de un ambiente con más humedad y mejor cobertura de vegetación. Si bien la campana que forman las máximas frecuencias del histograma se ubica en los valores negativos, hay una muy buena porción del mismo con valores positivos, a raíz de esta mayor cobertura.

FIGURA N° 84



Fuente: elaboración propia utilizando imágenes Landsat TM procesadas con el programa Idrisi.

FIGURA N° 85

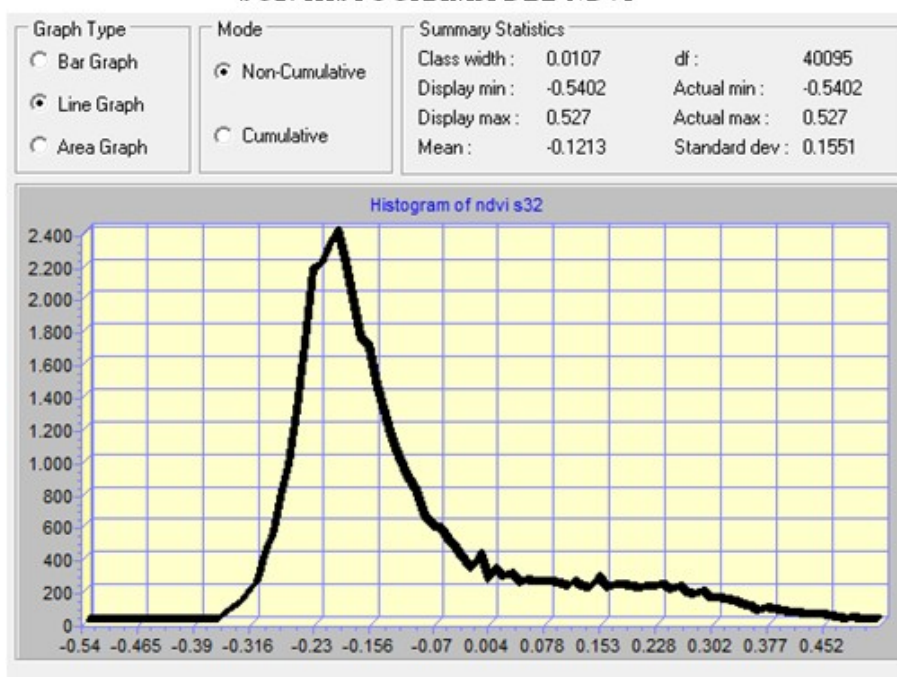


Fuente: elaboración propia utilizando banda 3 (rojo) y banda 4 (IRC) del sensor Landsat TM procesadas con el Programa Idrisi.



FIGURA N° 86

## S 32. HISTOGRAMA DEL NDVI

**S 33 Sierras, colinas y lomas de origen sedimentario áridas**

Esta unidad ocupa una superficie de 131,92 km<sup>2</sup> lo que representa un 17,07 % de la **clase** de paisaje S 3. Se presenta en forma continua en el Sureste del Departamento Minas con la particularidad de poseer las menores precipitaciones del Departamento (Aprox. 500 mm./anuales). Las alturas promedio se ubican en 1.300/1.400 m, con una cota mínima de 890 m (en el río Neuquén) y una máxima de 2.078 m en el cordón serrano de Paila Leche, al Sur de la ruta provincial N° 43. Esta altura mínima es a su vez la cota más baja de todo el Departamento Minas.

Este paisaje está caracterizado por presentar mucho relieve, pequeños valles, en su mayoría angostos y, debido al escaso monto de las precipitaciones anuales, domina la vegetación arbustiva, salvo en aquellos lugares favorecidos por recibir los aportes de algún curso de agua o por la presencia de mallines donde se pueden encontrar islas de vegetación herbácea o la vegetación típica de mallín. Estos lugares, destinados a la ganadería extensiva, son donde se asientan los puestos de invernada dentro de esta unidad, al disponer de buenas pasturas, agua y mejores condiciones de habitabilidad respecto de las condiciones climáticas.

La diversidad de litología y formas resultantes también es un rasgo común en este **tipo** de

paisaje: se hallan presentes las siguientes unidades geológicas ordenadas cronológicamente:

N°	Unidad Geológica	Edad	Tipo de rocas	%*
1	Fn. La Primavera	Jurásico Inferior	Tobas, basaltos y areniscas	10
2	Fn. Los Molles	Jurásico inf/medio	Lutitas, limolitas y areniscas	30
3	Fn. Tábanos	Jurásico Medio	Calizas, pelitas y yeso	5
4	Fn. Lotena	Jurásico Medio	Conglomerados, areniscas y arcillitas	10
5	Fn. Tordillo	Jurásico Superior	Conglomerados, areniscas y fangolitas	40
6	Depósitos actuales	Cuaternario	Arena, gravas y bloques	5

\* Porcentaje estimado

Elaboración propia con datos de la Carta geológica 3772 – IV Escala 1:250.000 del Segemar “Andacollo”

La estructura que presenta el área es compleja pues ha sufrido los efectos del plegamiento terciario, que ha dado como resultado corrimientos y fallas de distinta magnitud que muchos casos pueden verse a simple vista.



Fotografía N° 12. Lutitas plegadas de la Formación Los Molles (Jurásico inferior/medio). Este lugar se encuentra junto a la Ruta provincial N° 43. La vegetación presenta baja cobertura y está dominada por una estepa arbustiva.

Los suelos descriptos para esta unidad corresponden a una fase escarpada de Xerortentes típicos y Argixeroles cálcicos arídicos (dominantes) y como subordinados Argialboles xéricos (CFI – COPADE, 1991).

El escaso valor de las precipitaciones y su concentración en época invernal, el tipo de relieve y la gran cantidad de afloramientos rocosos dan lugar a una vegetación de tipo arbustiva, con una cobertura del 30 % con varios estratos: en el superior, con una altura promedio de 0,75 –



0,80 cm. es común encontrar *Fabiana imbricata* (palo piche), *Mulinum spinosum* (neneo), *Colliguaya integerrima* (coliguay), *Trevoa patagónica* (malaspina), etc. Existe un segundo estrato de unos 0,30 cm. de altura donde pueden hallarse, entre otras: *Polygonum atrypticum*, *Oxalis valdiviensis*, *Verbena glauca*, *Senecio divaricoides* y *filaginoides*, etc. Existe un estrato inferior donde se encuentran gramíneas y especies anuales como *Madia sativa* (Movia et al., 1982).

Esta vegetación varía no sólo por las condiciones de humedad y suelo aludidas sino por la exposición y la altura de las laderas y por la proximidad o no a los puestos de invernada. En estos lugares y como resultado del sobrepastoreo la cobertura no supera al 5 %. Aquí es común encontrar especies que son indicadores de degradación como la *Centaurea calcitrapa* y/o *Centaurea solstitialis* (abrepuño amarillo, foto N° 13).

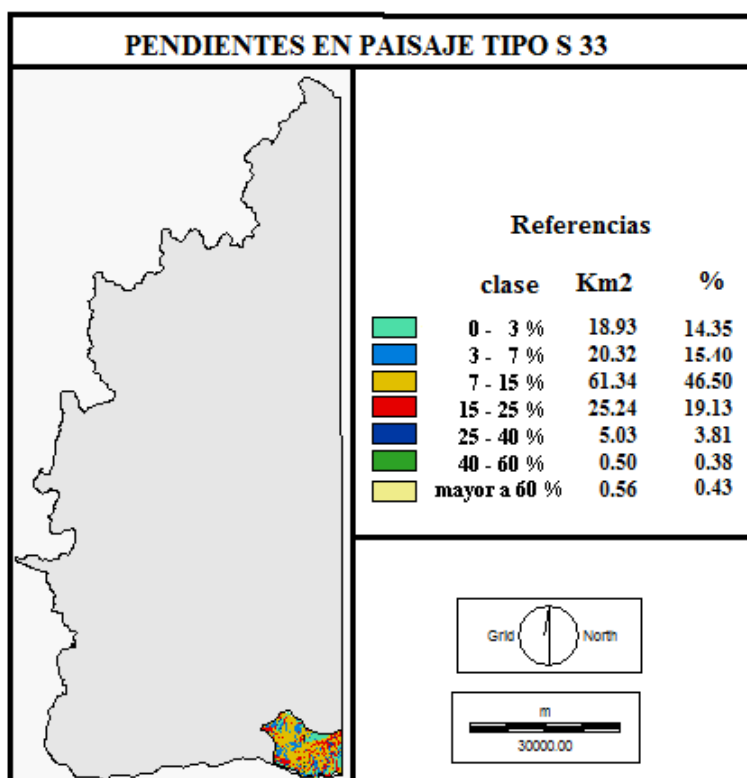


Fotografía N° 13. *Centaurea solstitialis* (abrepuño amarillo), muy abundante en zonas degradadas.

Las laderas orientadas al Este, Sureste y Sur totalizan un 62,47 km<sup>2</sup> (47,37 % del **tipo** de paisaje, figura N° 88). Estos sitios son los más favorecidos para el desarrollo de la vegetación y por ende deberán ser considerados prioritarios en caso de un programa de forestación con fines comerciales o de protección de laderas. Quizás sea esta una de las unidades que presenta más limitaciones para este tipo de emprendimiento, pues ha sido considerada sólo como **marginalmente apta** para la forestación con fines de protección de laderas (fig. N° 21,

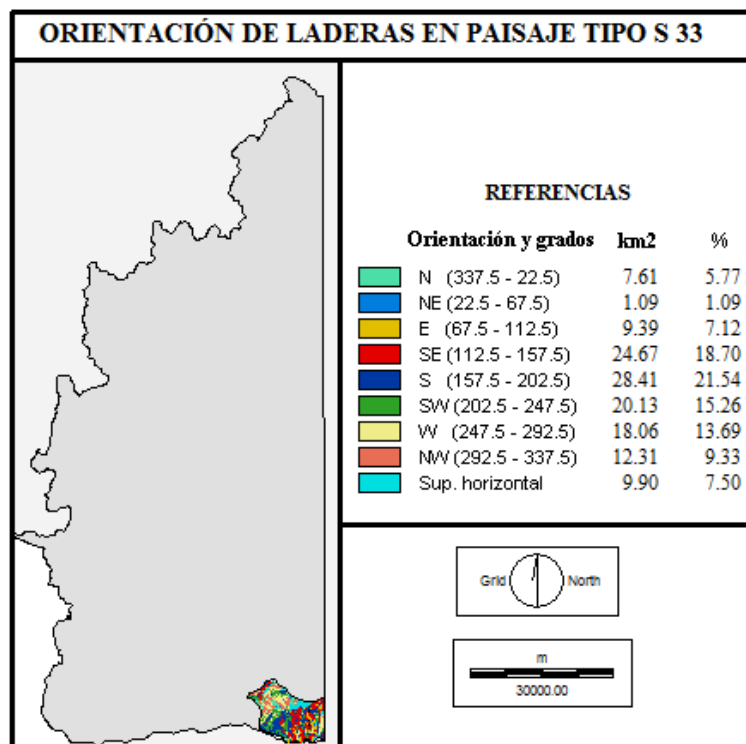
Capítulo 2). Las pendientes (figura N° 87) entre el 7 y 15 % son las dominantes en esta unidad totalizando 61,34 km<sup>2</sup>, un 46,50 % del total de la clase. Les siguen las ubicadas en el rango entre el 15 y 25 % (25,24 km<sup>2</sup>, 19,13 %).

FIGURA N° 87



Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia, procesadas con programa Idrisi.

FIGURA N° 88



Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia, procesadas con programa Idrisi.

De la **clase** de paisaje S 3 el **tipo** (S 33) es el que aparece como más limitado para el uso ganadero extensivo, debido a la baja oferta de especies con valor forrajero (vegetación arbustiva con 30 % de cobertura). Pero dado que coincide con un sector de fácil acceso a la principal vía de comunicación del Departamento (Ruta Pcial. N° 43), existe una alta densidad (relativa) de población rural. Estas condiciones han dado como resultado que esta unidad de paisaje haya sufrido un intenso sobrepastoreo y la consecuente erosión hídrica y/o eólica, que se expresa en la formación de áreas de deflación y la presencia de regueros y cárcavas. Dada la situación planteada se hace necesario promover por parte del Estado otro tipo de actividades, como la forestación y el turismo y la regulación de la carga ganadera teniendo en cuenta las aptitudes naturales que presentan estos sitios.

### Cálculo del índice de vegetación en paisaje S 33

Para analizar la cobertura de vegetación del paisaje **tipo** S 33 “Sierras, colinas y lomas de origen sedimentario áridas” fue seleccionada una superficie de 17,32 km<sup>2</sup> localizada entre la Ruta N° 43 y el río Neuquén. Las coordenadas que las delimitan son las siguientes:

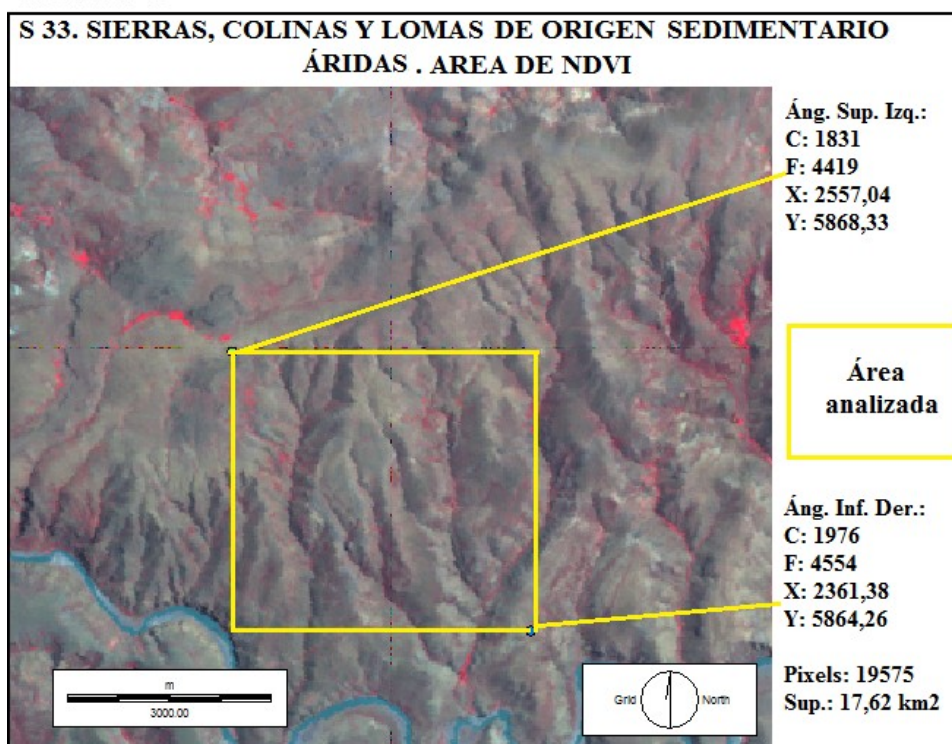
- ÁnguloSuperiorIzquierdo:X: 2.557,04;Y: 5.868,33
- ÁnguloInferiorDerecho:X: 2.361,38;Y: 5.864,26

Corresponde a una antigua planicie pedemontana muy disectada con fuertes pendientes y con una alta densidad de drenaje. Los cursos de agua drenan hacia el río Neuquén, localizado al Sur. La cota máxima de este sitio es de unos 1.600 m mientras que la mínima es de 1.050 m (en las proximidades del río Neuquén) con una pendiente media de un 14 %. El tipo de roca, de tipo sedimentaria con este rango de pendientes y con una cobertura de vegetación que no supera el 30 % generan las condiciones para que la erosión hídrica sea muy activa.

El resultado del NDVI se corresponde con el tipo de paisaje analizado: existe una preponderancia de los valores negativos y sólo se reflejan en positivo aquellos sectores próximos a los cursos de agua, con mejores condiciones de humedad, y por ende de cobertura de vegetación. La baja cobertura de vegetación, los afloramientos rocosos y los suelos desnudos han dado como resultado un valor medio del histograma de frecuencias de -0,2219 con valores negativos que llegan a -0,3467 en los sectores con suelo desnudo o afloramientos rocosos. Los valores positivos, correspondientes a buena cobertura de vegetación, son sumamente escasos tal como queda reflejado en el sector derecho del histograma de frecuencia.

Ha quedado muy bien reflejado las diferencias de la cobertura de vegetación entre las laderas orientadas al Este (mayor cobertura) y las orientadas al Oeste (cobertura más pobre y en el NDVI con valores más negativos). Dicho aspecto fue resaltado en la representación del NDVI con varios círculos en azul donde puede verse la diferencia entre ambas orientaciones.

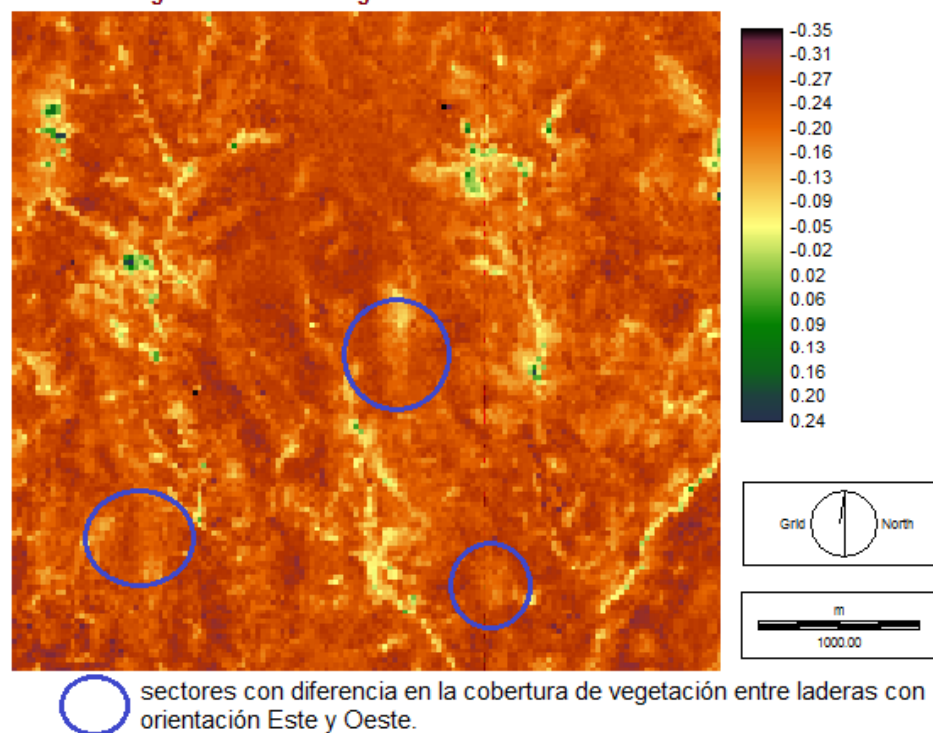
FIGURA N° 89



Fuente: elaboración propia utilizando imágenes TM procesadas con el Programa Idrisi

FIGURA N° 90

NDVI Vegetation Index using ndvi s 33 min 3 and ndvi s 33 min 4

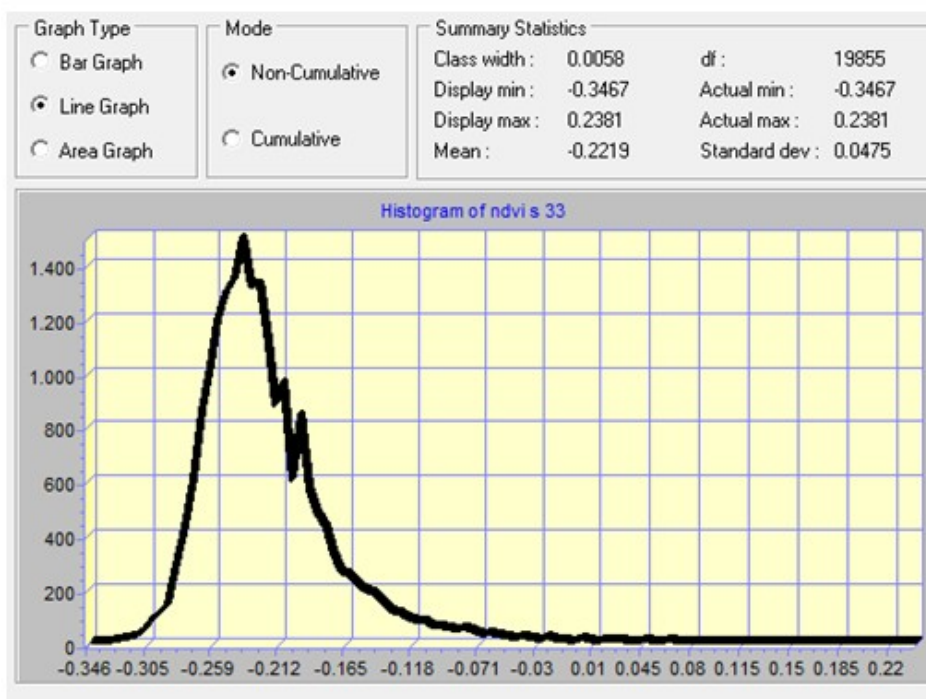


Fuente: elaboración propia utilizando imágenes landsat TM (B 3 Rojo y B 4 IRC) procesadas con programa Idrisi.



FIGURA N° 91

## S 33. HISTOGRAMA DEL NDVI



### Comentarios sobre la aplicación del NDVI en los distintos tipos de paisaje (S 31, S 32 y S 33) de la clase S 3

La aplicación del índice de vegetación NDVI para los tres **tipos** de paisaje de esta **clase** arrojó valores con preponderancia negativa tal como era de esperar para estos ambientes, donde la cobertura de vegetación rara vez supera el 50/60 %. Sin embargo un aspecto destacable es que en la zona con mayor déficit hídrico (S 33), el promedio de los valores está por encima de los obtenidos para la zona semiárida (S 31) cuando debería ser a la inversa.

Para el tipo de paisaje S 32 (subhúmedo) se registró el máximo valor medio que estuvo dado por los mallines y algunos sectores con vegetación arbórea y/o con buena cobertura de vegetación. Sin embargo el desvío estándar alto (0.155) refleja que se trata de un paisaje heterogéneo donde conviven zonas de buena cobertura de vegetación con otras de suelo esquelético y/o afloramientos rocosos. La proximidad a una ruta de trashumancia en las inmediaciones del área muestra estaría evidenciando que algunos valores negativos corresponden a sectores degradados.

Para el tipo de paisaje S 31 (semiárido) como se comentó más arriba se obtuvo un valor medio del NDVI de -0.28, con un desvío estándar muy próximo a 0 lo que indica que se trata de un paisaje bastante homogéneo. La proximidad a la localidad de Andacollo es la explicación de la obtención de un valor más bajo de lo esperado para el NDVI. Como ya se comentó en este capítulo, aquellos sectores próximos a los centros poblados, parajes y puestos de invernada, están expuestos a un alto sobrepastoreo y ello queda reflejado muy bien en este resultado.

En el paisaje S 33 (árido) se obtuvieron valores en los rangos esperados con una media para el NDVI de -0.22 con un desvío estándar de 0.048, lo que indica que se trata también de un paisaje homogéneo. La lejanía a los centros poblados y la inaccesibilidad del sitio muestreado, indican un buen estado de conservación de la vegetación del lugar.

CUADRO N° 24

TABLA RESUMEN DE LA APLICACIÓN DEL NDVI EN TIPOS DE PAISAJE DE LA CLASE S 3				
Tipo de Paisaje	Mínimo	Máximo	Media	Desvío St (S)
S 31	-0.47	0.02	-0.28	0.037
S 32	-0.54	0.53	-0.12	0.155
S 33	-0.35	0.24	-0.22	0.048

Fuente: Elaboración propia

#### 4) Planicies lávicas modernas (Cenozoico medio y superior) y valles (P).

El tipo de paisaje identificado como P 4 ocupa la parte central del Departamento e incluye a muchos de los valles de los ríos principales como el Neuquén, Guañacos, Lileo, Varvarco, etc. Se trata de una unidad que ha sido delimitada en forma continua y que corresponde a planicies de origen volcánico, en parte disectadas o muy disectadas, o formando pequeñas lomadas o colinas bajas.

La litología de estas planicies está constituida por andesitas, basaltos, andesitas- basálticas, tobas, aglomerados andesíticos, brechas correspondientes a distintas formaciones geológicas de edades que se ubican entre el Terciario Superior y Cuaternario Inferior. En las proximidades de los valles de los ríos Guañacos y Neuquén, existen afloramientos de tobas,

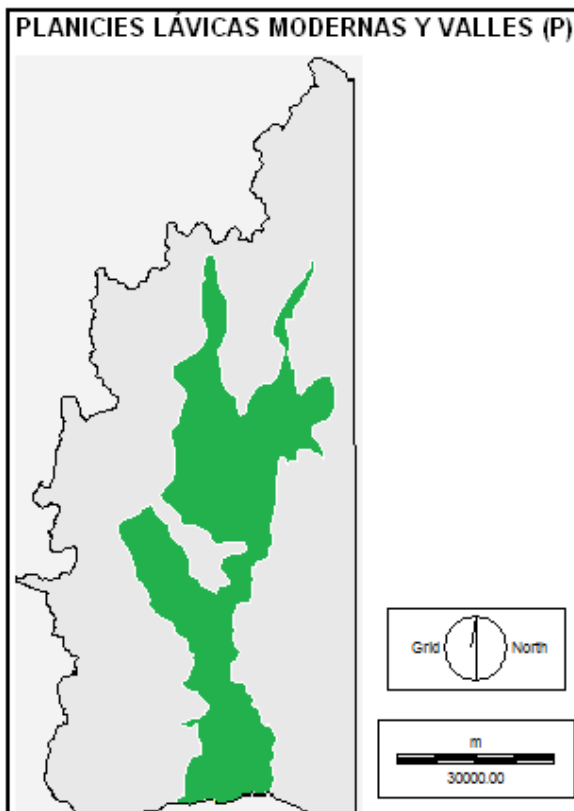


pelitas, areniscas y calizas un poco más antiguas (Oligoceno – Eoceno) y de otra litología que las mencionadas anteriormente. Sobre muchas de estas superficies, se encuentran depósitos modernos de distinto origen, pero fundamentalmente glacial o glaciofluvial (probablemente correspondan a más de un episodio de glaciación). El espesor y la distribución de los mismos es muy variable como resultado de la acción de los procesos actuales: la acción hídrica, eólica y la remoción en masa.



Fotografía N° 14 Y 15. Bloques erráticos sobre la planicie localizada entre los ríos Lileo y Guañacos (paraje Quilmahue). A la derecha, en detalle varias estrías de origen glacial en uno de los erráticos.

**FIGURA N° 92**



Fuente: elaboración propia con imágenes Landsat procesadas con programa Idrisi.

Los ríos de mayor caudal del Departamento han incisado estas planicies seccionándolas como es el caso de los ríos Reñileuvú, Guañaco, Lileo, Nahueve, etc. De esta forma se generaron una serie de valles por lo general angostos y profundos. En cambio los arroyos menos caudalosos, con menor competencia erosiva, han generado un paisaje ondulado como resultado de un proceso de profundización y ensanchamiento más simultáneo.

Casi un 65 % de la superficie de este tipo de paisaje (935,29 km<sup>2</sup>) tiene pendientes menores al 7 %, y de esta superficie la mitad presenta una pendiente menor al 3 % (Figura N° 93). Esta particular forma del relieve le imprime una característica especial a los sistemas hídricos: las bajas pendientes favorecen la infiltración hasta encontrar un sustrato impermeable (hidroapoyo) y drenar luego hasta aflorar como vertiente natural en los sectores más bajos o en las laderas de los valles que rodean estas planicies. De esta forma se originan los llamados **vegas** o **mallines** tanto en las zonas planas o ligeramente deprimidas de las planicies, o también pueden estar en forma “colgante” en las laderas de los valles.

Los mallines son verdaderos “oasis” dentro del ambiente de estepa. Se trata de pequeñas superficies, con abundancia de humedad, donde suele encontrarse buena producción de pasturas. Los suelos son hidromórficos con abundante materia orgánica, alta densidad de raíces, y la capa freática por sobre o a escasa profundidad de la superficie.



Fotografía N° 16. Mallín al pie de una de las planicies en las proximidades del paraje Los Guañacos. Infrayaciendo el nivel de andesitas basálticas de la Fn. Centinela (sector superior del perfil), aparecen las tobas de la Fn. Lileo, que actúa de hidroapoyo del agua que se infiltra en la parte superior de la

meseta y aflora, como en este caso, en las laderas del valle.

Las precipitaciones en las planicies oscilan entre 1.000 y 1.500 mm./año en forma de agua y nieve, concentradas en el invierno. Los suelos de estas planicies tienen como material parental a las sucesivas cenizas volcánicas provenientes de la Cordillera de los Andes. Están dominados por Vitrixerandes mólicos y típicos y como subordinados Haplacuoles énticos y Haploxeroles énticos.

Con este nivel de precipitaciones y la altura de estas planicies, entre 1.400 y 1.800 m s.n.m. la vegetación está compuesta por una estepa herbácea de diversas especies de *Stipa*, *Poa* y *Festuca* asociadas con *Mulinum Spinosum* (neneo). Existen sectores donde es acompañada por un estrato más alto de arbustivas tales como *Fabiana inbricata* (palo piche) y un estrato inferior que no supera los 10 cm., con especies como *Acaena splendens* (cepa caballo), *Acaena pinnatífida*, etc. La cobertura vegetal, considerando solamente las especies perennes es de un 60% (Movia et al., 1982). Sin embargo este porcentaje de cobertura no supera el 10% en muchos sectores degradados como la pampa de Pillan Cura, el paraje Quilmahue o los sectores altos de Invernada Vieja. Este último lugar se analizará en detalle en el próximo Capítulo.

El uso del suelo predominante es la ganadería extensiva, como sector destinado a invernada, con bajas inversiones en infraestructura, en particular en lo que hace delimitación de potreros y mejoras genéticas del ganado.

Respecto al tipo de tenencia, otro de los aspectos clave para entender la degradación de tierras, la mayoría de las tierras son de dominio fiscal, con incertidumbre respecto de su carácter de dominio e indefinición sobre los límites de las propiedades. En el capítulo 4, destinado a analizar el ganado en el área de invernada, se calculó que en estas planicies existe una sobrecarga ganadera de más del 90 %, lo que compromete muy seriamente el actual funcionamiento sistémico del paisaje. Otro de los usos de estas planicies, con muy buenos rendimientos, es la forestación con fines comerciales.





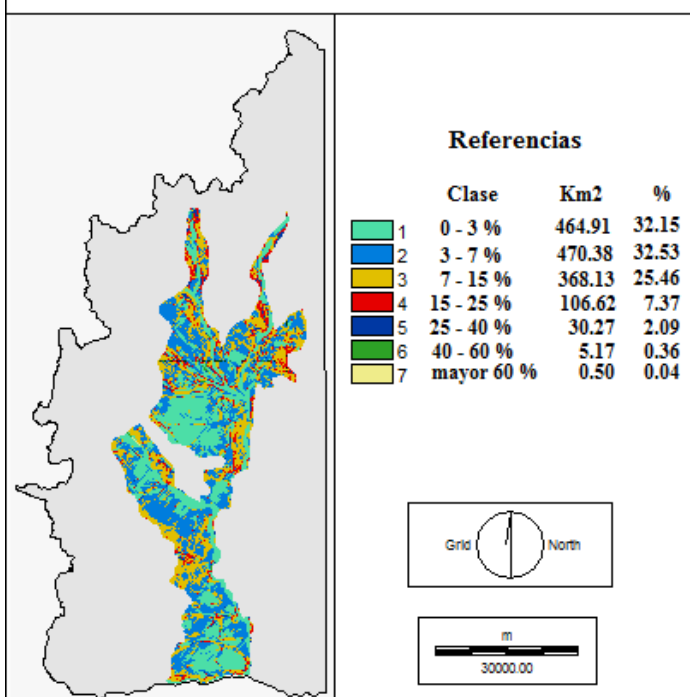
Fotografía N° 17. Planicie localizada al Sur del río Guañaco en un área con clausura y manejo de la majada. La cobertura de las pasturas es superior al 60 %.



Fotografía N° 19. Un sector de similares características a la fotografía N° 18 localizado unos 5 km. al Norte en el paraje Quilmahue. Corresponde a un sector que no posee alambrados que delimiten potreros. Se evidencia el sobrepastoreo pues han desaparecido prácticamente las *Stipas* y hay evidencia de pavimento de desierto por voladura de la fracción fina del suelo.

FIGURA N° 93

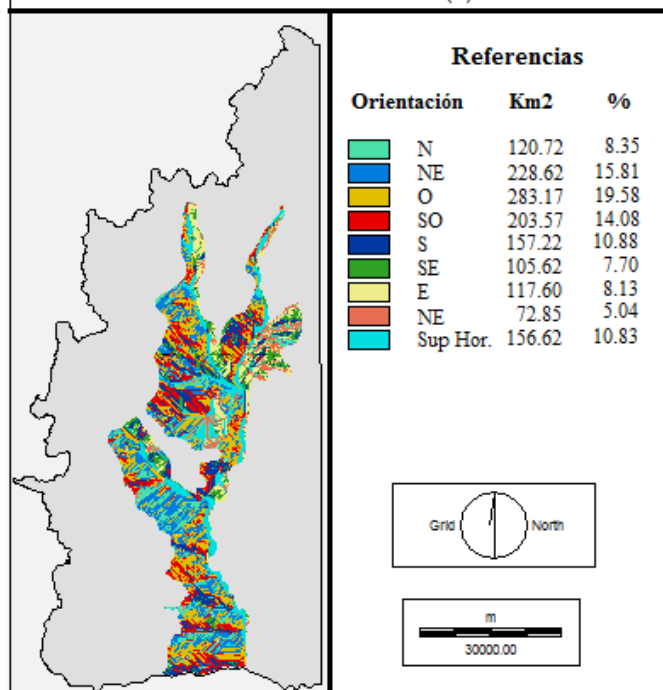
## PENDIENTES EN PLANICIES LÁVICAS MODERNAS Y VALLES (P)



Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia, procesadas con programa Idrisi.

FIGURA N° 94

## ORIENTACIÓN EN PLANICIES LÁVICAS MODERNAS Y VALLES (P)



Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM y curvas de nivel de 50 m de equidistancia, procesadas con programa Idrisi.

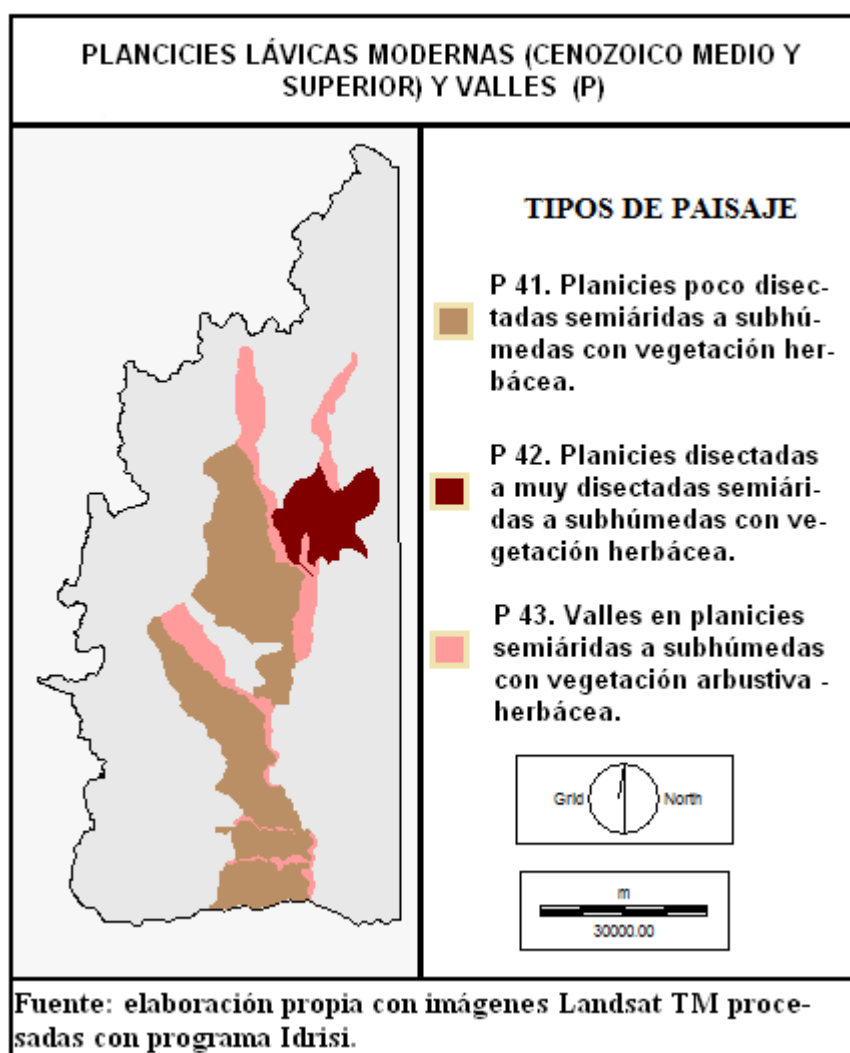
Atendiendo a las características particulares de esta unidad de paisaje, se ha subdividido a esta **clase**, en unidades más homogéneas (**tipos**), con la finalidad de analizar su funcionamiento sistémico:

**P 41. Planicies poco disectadas semiáridas a subhúmedas con vegetación herbácea.**

**P 42. Planicies disectadas o muy disectadas semiáridas a subhúmedas con vegetación herbácea.**

**P 43. Valles en planicies semiáridas a subhúmedas con vegetación arbustiva - herbácea.**

FIGURA N° 95



CUADRO N° 25

PLANICIES LAVICAS MODERNAS (CENOZICO MEDIO Y SUPERIOR) Y VALLES (P)		
Superficie de tipos de paisaje		
Tipo de Paisaje	Superficie (Km <sup>2</sup> )	%
4.1 Poco disectadas	897.81	62.09
4.2 Disectadas a muy disectadas	214.44	14.83
4.3 Valles	333.73	23.08
<b>Total</b>	<b>1445.98</b>	<b>100.00</b>

Fuente: elaboración propia. Cálculos con módulo área del Programa Idrisi

#### **P 41. Planicies poco disectadas semiáridas a subhúmedas con vegetación herbácea.**

Este **tipo** de paisaje representa más del 60 % de la superficie de esta **clase** (897,81 km<sup>2</sup>) y si bien domina la geoforma planicie, no están ausentes otras como valles, colinas y lomadas. El estadio inicial de esta unidad lo constituye una “planicie estructural” (González Díaz, 1998) de rocas efusivas de edad Plio – pleistoceno, a partir del cual han operado otros episodios, endógenos y exógenos, que le han dado su actual fisonomía. Nuevos episodios efusivos (pleistoceno medio), la acción hídrica y los eventos glaciales y glaciofluviales han desdibujado la planicie original, la que por tramos se presenta con lomadas y ondulaciones. Un análisis con mayor detalle ameritaría separar a estas formas en **grupos y especies** de paisaje, dos categorías destinadas a unidades más homogéneas y de mayor escala.

Otra particularidad que diferencia a estas planicies es su altura media: en el Sur las cotas oscilan entre 1.200 y 1.500 m s.n.m. mientras que hacia el Norte del Departamento las cotas van en aumento pudiendo alcanzar entre 1.400 y 1.900 m s.n.m. Con estas alturas en el sector Norte son comunes los depósitos de origen glacial (morrenas y campo de bloques vinculados a la degradación del drift) pertenecientes a la última glaciación.

La litología de estas planicies está compuesta (Rovere, 2000), por las siguientes unidades, ordenadas cronológicamente:



N°	Unidad Geológica	Edad	Litología
1	Fn. Lileo	Eoceno - Oligoceno	Tobas, pelitas, areniscas y calizas
2	Fn. Centinela	Plio - pleistoceno	Andesitas, andesitas basálticas y tobas
3	Basalto Guañacos	Pleistoceno	Basaltos, brechas andesítica y basálticas
4	Dep. Glacifluviales antiguos	Pleistoceno	Bloques y rodados
5	Dep. Glacifluviales modernos	Pleistoceno superior	Bloques y rodados
6	Dep. aterrazados	Holoceno	Conglomerados gravas y arenas
7	Dep. de remoción en masa	Holoceno	Conglomerados gravas y arenas
8	Dep. pedemontanos	Holoceno	Conglomerados gravas y arenas

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de las Hojas 3772 - II y 3772 - IV del SEGEMAR

A esta estratigrafía habría que agregar un manto indefinido de ceniza volcánica que por sectores puede alcanzar una potencia de entre 10 y 30 cm. La línea gruesa del cuadro estratigráfico indica que en la parte superior de la columna se ubican aquellas rocas que forman la estructura de este paisaje que se presenta de manera bien definida: en los sectores topográficamente positivos se encuentran afloramientos rocosos y en las planicies y piedemontes suele aparecer una cobertura sedimentaria compuesta por los últimos cinco elementos del cuadro estratigráfico más la ceniza volcánica. Completan este panorama un rasgo distintivo de este paisaje: la presencia de mallines, localizados en los sectores deprimidos del paisaje o “colgados” en las laderas de los bordes de las planicies.

Los suelos, originados en las arenas y limos provenientes de los depósitos glaciales y glaciofluviales más la ceniza volcánica presentan una buena profundidad efectiva en relación a otros paisajes analizados. Su clasificación en la taxonomía USDA corresponde a los subgrupos Vitrixerandes mólicos y típicos y como subordinados Haplacuoles énticos y Haploxeroles énticos.

Con estos suelos, más el monto anual de precipitaciones (1.000/1.500 mm./año), y su altura han dado lugar a la formación de una **estepa herbácea** como la comentada en el apartado anterior (descripción de las planicies en general) que constituyen, con una carga ganadera adecuada, las mejores pasturas naturales de todo el Departamento. A ello debe sumársele la oferta de forrajes provenientes de los mallines que potencian aún más esta oferta natural de pasturas.

FIGURA N° 96

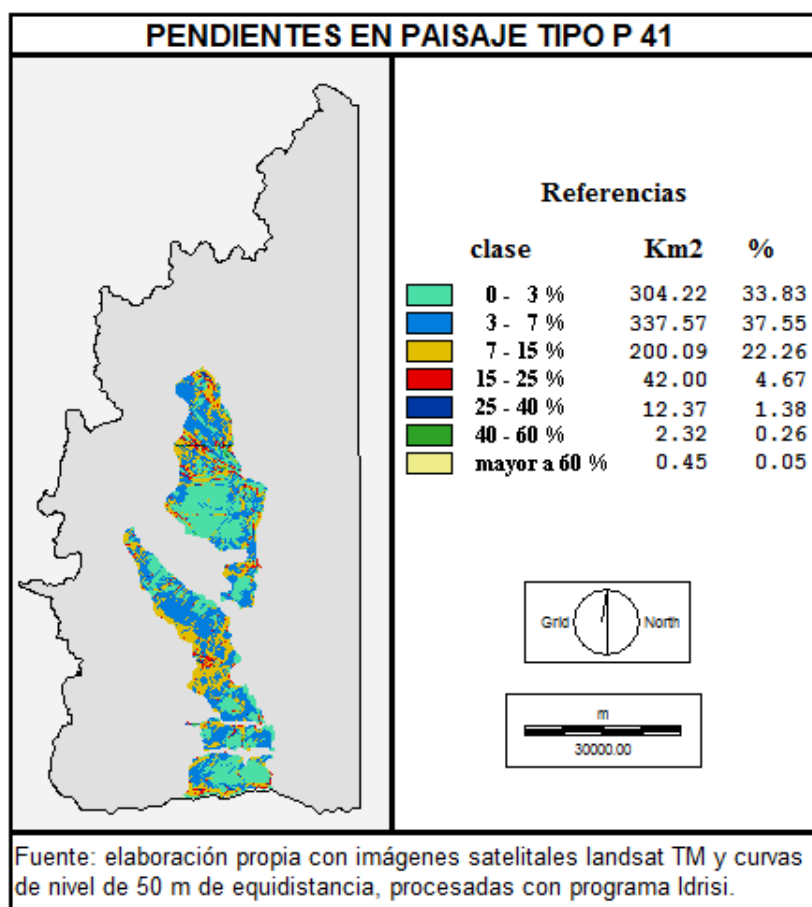
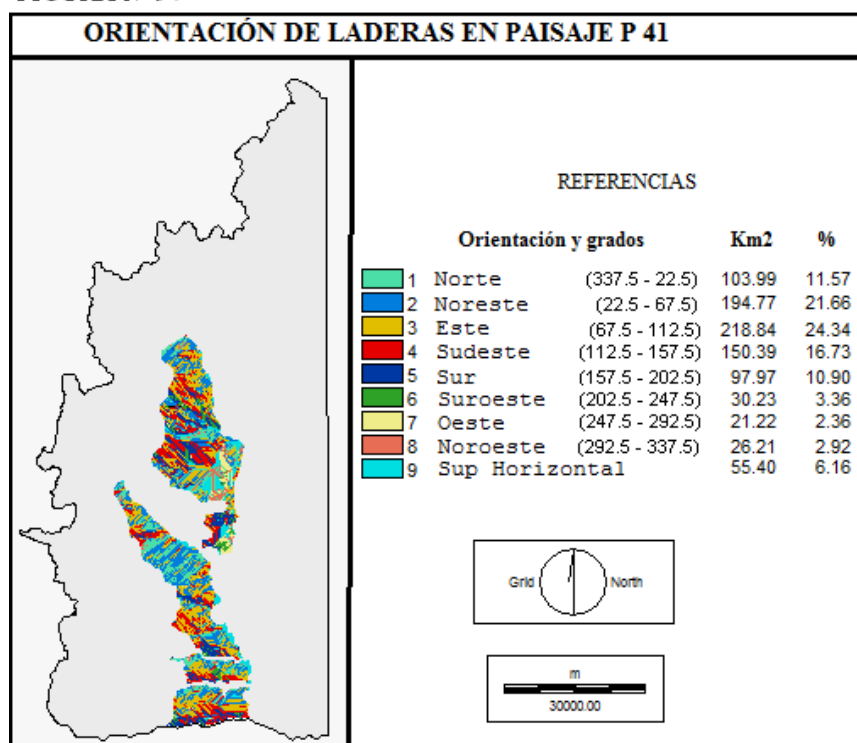


FIGURA N° 97



Tal como se viene comentando en los distintos tipos de paisaje, aquellas laderas orientadas al Este, Sureste y Sur, que este caso totalizan 467,20 km<sup>2</sup> (50,97 % de este **tipo** de paisaje), son los lugares donde la vegetación natural se desarrolla en mejores condiciones y son los sectores a priorizar en caso de proponerse un plan para forestar estas planicies. Del mapa obtenido de pendientes puede verse que las dos primeras clases juntas (entre el 0 y 7%) ocupan 641,79 km<sup>2</sup> (71,38 % del total) lo que indica el dominio de las formas planas o de bajas pendientes (Figuras N° 96 y 97).



Fotografía N° 19. Planicie y pequeño neck, El automóvil está sobre la ruta Pcial. N° 57, al Sur de la localidad de Los Guañacos. En primer plano aparece la planicie con su vegetación típica, en este caso dominada por *mulinum spinosum* (neneo) y *stipas*. El pequeño volcán (C° Pillán Cura, 1.358 m) irrumpe en la planicie y en su entorno hay dominancia de especies leñosas. En el último plano aparece el sector más oriental de la Cordillera de los Andes.

En el mapa de aptitud para la forestación incluido en el Capítulo 2 (fig. N° 21), estas planicies han sido evaluadas como uno de los mejores sitios para la forestación de protección de laderas (muy aptas y aptas). Esta actividad se viene desarrollando por parte de CORFONE (Corporación Forestal del Neuquén). Según datos aportados por especialistas (Ing. Emilio Costas del Municipio de Las Ovejas, febrero de 2009), el rendimiento promedio en secano para el Departamento Minas es de 7 m<sup>3</sup> de madera / Ha. / año, aunque en algunos sectores de

las planicies se han registrado valores de hasta 15 m<sup>3</sup> de madera / Ha. / año. Estas tasas de crecimiento muestran el gran potencial forestal de estas planicies.



Fotografía N° 20. Forestación de pinos (*Pinus ponderosa*) de la Empresa Corfone en las planicies del paraje Pampa de Coya Muelo, al Este de las Lagunas de Epulafquen.

La potencialidad que presenta este **tipo** de paisaje las hace propicias para el desarrollo de planes forestales (de protección de laderas y con fines comerciales), el turismo y para la conservación de la biodiversidad. Estas actividades, que ya se vienen desarrollando (fundamentalmente la forestación) deben complementarse e ir reemplazando en parte a la actividad ganadera tradicional en un proceso que contemple la **inclusión** de la población que actualmente se dedica a la ganadería. El estado de degradación de estas planicies (incluido sus mallines), hace necesario que el Estado planifique y regule de manera integral estas tierras con el objeto de promover su desarrollo de manera sustentable.

### **Cálculo del índice de vegetación en paisaje P 41**

El análisis de la cobertura de vegetación de la unidad de paisaje P 41 “Planicies semiáridas a subhúmedas con precipitaciones en invierno poco disectadas” fue realizado en un sector de 11,63 km<sup>2</sup> correspondiente a un sector de planicie ubicado al sur del río Guañacos. Las coordenadas de sus puntos superior izquierdo e inferior derecho que lo delimitan son las

siguientes:

- ÁnguloSuperiorIzquierdo:X: 2.339,69;Y: 5.871,83
- ÁnguloInferiorDerecho:X: 2.343,85;Y: 5.869,04

El área analizada corresponde a una planicie poco disectada con ligeras pendientes hacia el Este (río Neuquén), con cotas entre 1.250 y 1.300 m s.n.m. aunque sobresale la presencia de un neck volcánico, el Cerro Pillán Cura de 1.358 m. que aparece en el ángulo superior izquierdo de la imagen recortada para este análisis.

Las bajas pendientes se reflejan en la ausencia de cursos de agua sobre la superficie de la planicie. Por su morfología estas planicies tienden a favorecer que el agua de las precipitaciones se infiltre a través de las diaclasas del basalto. También en ocasiones puede llegar a permanecer un tiempo en la superficie formando pequeños mallines como los que aparecen en este sector de la imagen.

El NDVI ha dado como resultado valores más negativos de los esperados. Ello se debe a que existen sectores muy degradados que generan valores muy negativos que no alcanzan a ser compensados con el sector de buena cobertura que aparece a la izquierda de la imagen.

La cifra obtenida de desvío estándar un poco alejado del 0 (0,0635) está indicando que existe algo de heterogeneidad entre los valores del área estudiada: en el extremo positivo (a la derecha del histograma) se ubican los mallines mientras que la zona degradada y el sector del pequeño volcán son los que registran los valores más negativos ubicados a la izquierda del histograma de frecuencias.

Un aspecto que merece ser comentado son los valores positivos encontrados en el sector izquierdo de la imagen. Ellos corresponden a un sector de vegetación arbustiva que se ha desarrollado junto al pequeño volcán y no a la vegetación representativa de estos ambientes: diversas especies de *stipas* y *mulinum spinosum* (neneo). Estas últimas tienen valor forrajero, las anteriores no. Por ello cuando se emplea la utilización del NDVI para evaluar el potencial de las pasturas, debe hacerse el correspondiente control de campo para evitar cálculos erróneos sobre su potencial forrajero.



FIGURA N° 98

**P 41. PLANICIES POCO DISECTADAS SEMIÁRIDAS A SUBHÚMEDAS CON VEGETACIÓN HERBÁCEA. ÁREA DE APLICACIÓN DEL NDVI**

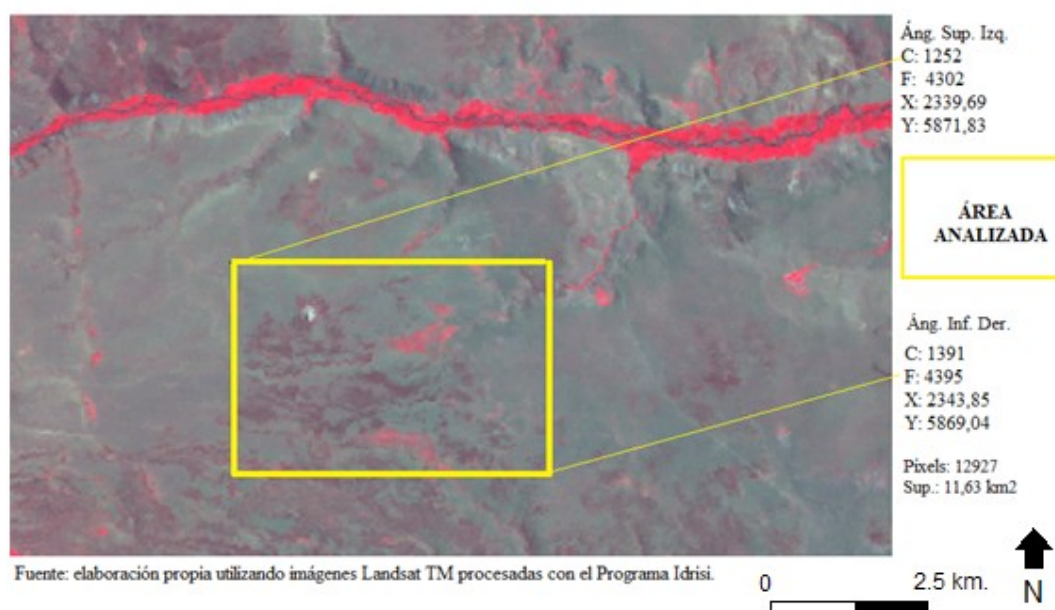
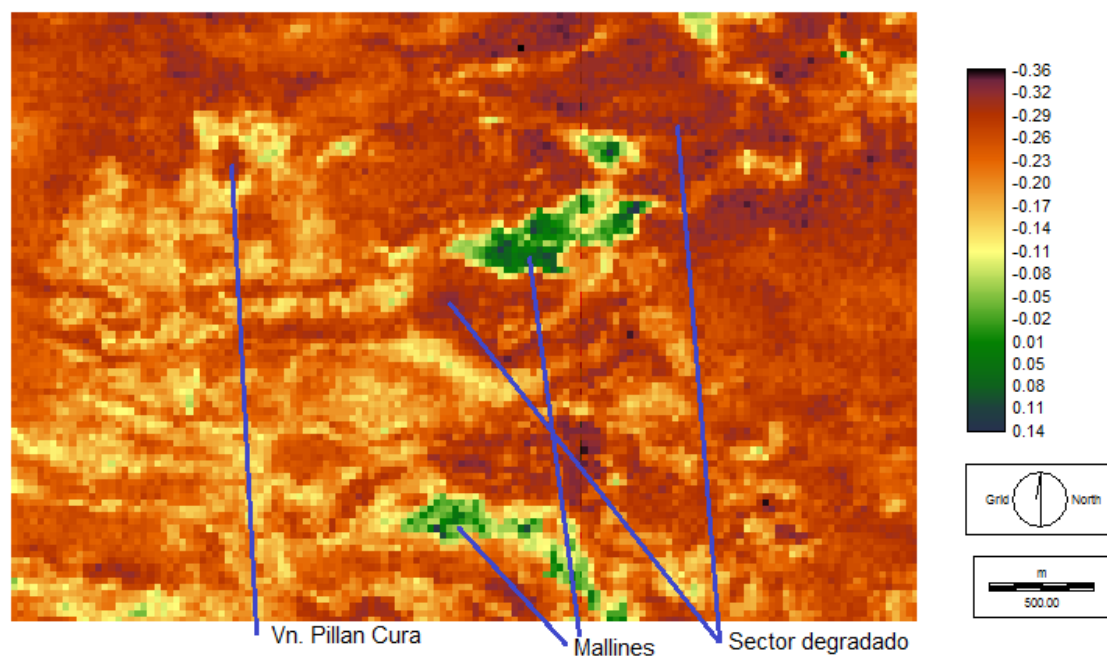


FIGURA N° 99

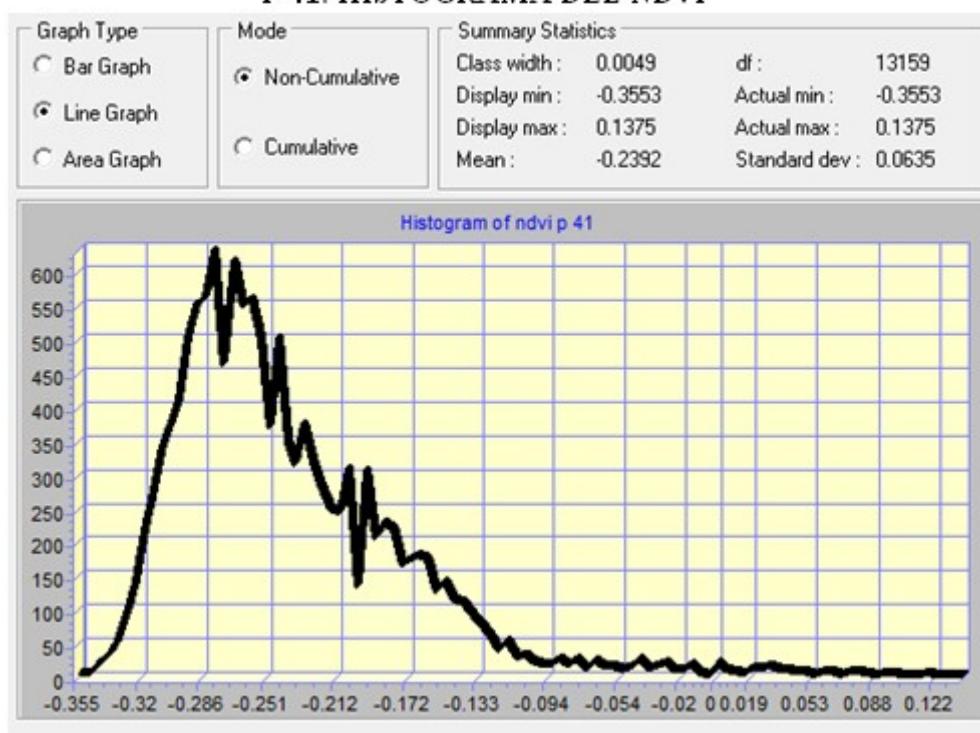
**NDVI Vegetation Index using min 3 p 41 and min 4 p 41**



Fuente: elaboración propia utilizando banda 3 (rojo) y banda 4 (IRC) del sensor Landsat TM procesadas con el programa Idrisi

FIGURA N° 100

## P 41. HISTOGRAMA DEL NDVI



**P 42. Planicies disectadas a muy disectadas semiáridas a subhúmedas con vegetación herbácea.**

Este **tipo** de paisaje se localiza al noreste del sector de planicies, próximo al piedemonte de la Cordillera del Viento. Ocupa una superficie de 214 km<sup>2</sup> lo que representa un 14,83 % de la **clase** de paisaje que integra. Se trata del **tipo** de paisaje más heterogéneo como resultado de la disección de las planicies originales por la alta densidad de cursos de agua. La altura media es de unos 1.500 m s.n.m. con mínimo de 1.250 m en los valles del Neuquén y el Varvarco y un máximo de 1.850 m en las planicies más elevadas.

Esta unidad de paisaje ha sido descripta como una “planicie lávica pedemontana” (sectores más altos) y como “planicie ignibítica” (Rovere et al., 2000) en las proximidades de los ríos Neuquén y Varvarco. De acuerdo a la hoja 3772 – II del SEGEMAR (2000), se encuentran presentes las siguientes unidades litológicas:



N°	Unidad Geológica	Edad	Litología
1	Fn. Irwemada Vieja	Mioceno medio	Tobas y aglomerados andesíticos
2	Andesita Quebrada Honda	Plioceno inferior	Lavas andesíticas y basandesíticas
3	Andesita Tilhue	Plio - pleistoceno	Lavas andesíticas y basandesíticas, tobas, aglomerados, necks dacíticos
4	Basalto Chapua	Pleistoceno inferior	Lavas basálticas
5	Depósitos glacifluviales	Pleistoceno superior	Conglomerados, gravas y arenas
6	Depósitos aterrazados	Holoceno	Conglomerados, gravas y arenas
7	Dep. de remoción en masa	Holoceno	Conglomerados, gravas y arenas

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de las Hojas 3772 - II del SEGEMAR

Tal como se describió para el tipo de paisaje anterior, muchos sectores de esta unidad presentan una cobertura de un delgado manto de ceniza volcánica que, en sectores deprimidos y a sotavento de los relieves positivos puede alcanzar profundidades de hasta 30 cm. o más. Otra característica semejante al **tipo** de paisaje M 41 es la presencia de afloramientos rocosos en los sectores topográficos positivos y cobertura de bloques en las laderas.

Como se comentó anteriormente esta unidad de paisaje está atravesada por numerosos ríos y arroyos: el río Neuquén que procede del noroeste, el Varvarco que lo hace del noreste. Ambos confluyen en el sector sur de esta unidad con un marcado contraste respecto a su transparencia: el Neuquén posee aguas claras (57,3 m<sup>3</sup>/seg.) mientras que el Varvarco (45,8 m<sup>3</sup>/seg.) es turbio. Esta característica puede apreciarse claramente en la fotografía N° 21. Entre los arroyos se pueden mencionar al Pichiñire (procede del Cordón de Flores) y Manzano Norte, Chacay, Auque, El Suero, La Ramadilla y La Matancilla, todos procedentes de la Cordillera del Viento. La presencia de una alta densidad de cursos de agua otorga a estas planicies una potencialidad especial ya que existen condiciones para su aprovechamiento hídrico con la finalidad de generar mallines artificiales, forestación o simplemente para un incipiente desarrollo agrícola.



Fotografía N° 21. Confluencia de los ríos Neuquén (izquierda, aguas claras) con el Varvarco (derecha, aguas turbias). La fotografía fue tomada desde la terraza glaciofluvial donde se asienta la localidad de Varvarco, al Sur de la unidad de paisaje P 42.

Este paisaje, muy dinámico desde el punto de vista geomorfológico, presenta importantes variaciones topográficas como resultado de la disección de las planicies originales que le confieren una relación particular entre los elementos constituyentes del mismo. Los remanentes de las planicies se transforman en zonas de captación de agua que luego discurre en forma subterránea hasta aflorar en las laderas en forma de mallines colgantes. De ahí la importancia de conservar la vegetación original en condiciones ecológicas sustentables para que pueda cumplir con las funciones geoecológicas.

Como resultado de la heterogeneidad geólogo/geomorfológica existe una gran diversidad de suelos. De acuerdo al CFI – COPADE (1991), los suelos de esta unidad corresponden (según la taxonomía USDA) a los siguientes:

- Vitrixerandesmólicos y típicos (dominantes); Haplacuoless y Haploxerolesénticos (subordinados), en el sector Oeste de esta unidad.
- Haploxerertes típicos y Argixerolesvérticos (dominantes); Haploxerolesénticos (subordinados), en el sureste.
- Argixerolesvérticos y Haploxerolesénticos (dominantes); Haploxerertes típicos (subordinados) en el sector noreste.

Estos suelos, más el monto anual de las precipitaciones (1.000/1.500 mm./año), y su altura media de unos 1.500 m s.n.m. se combinan para formar una **estepa herbácea** como la descrita para las planicies en general, que dan lugar a una de las mejores pasturas naturales del Departamento. En este caso habría que agregar la oferta forrajera originada en los abundantes mallines presentes en esta unidad.

FIGURA N° 101

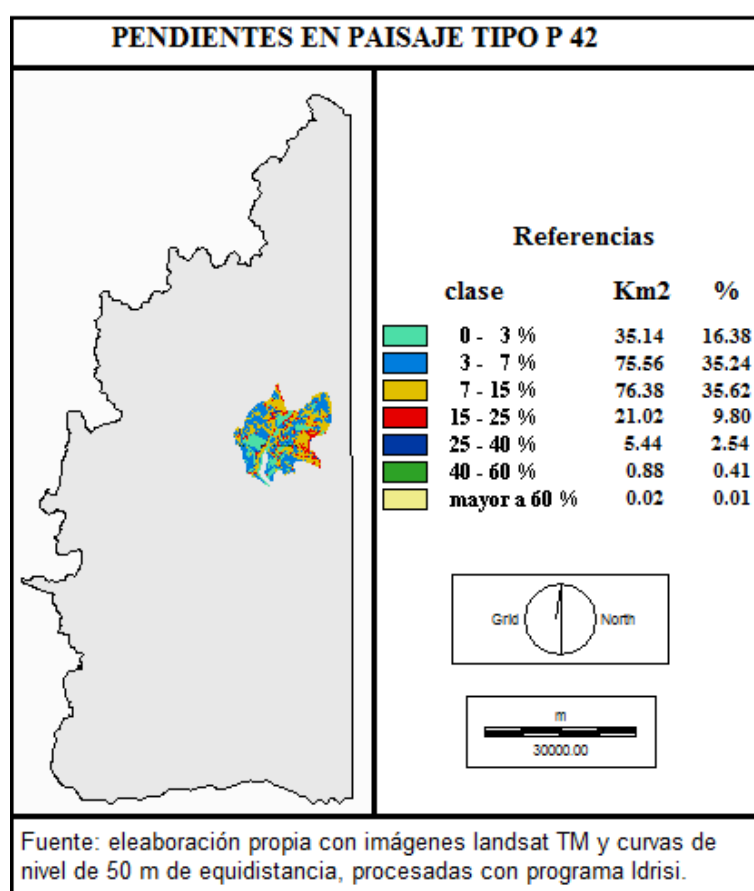
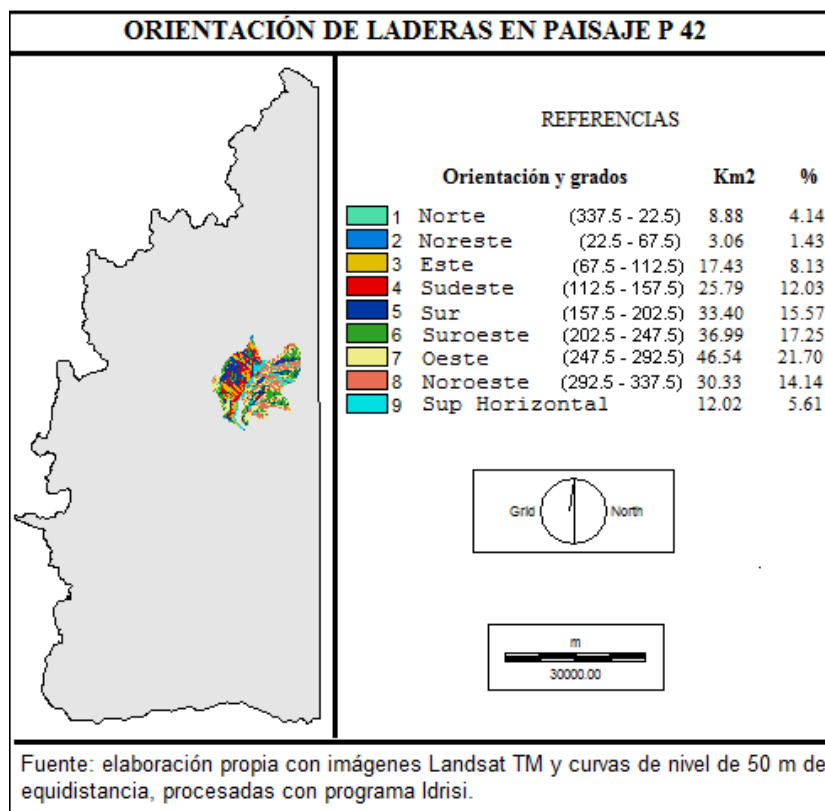


FIGURA N° 102



Las laderas orientadas al Este, Sureste y Sur, que en este caso totalizan 76,62 km<sup>2</sup> (35,73 % de este **tipo** de paisaje), son las que presentan mejor aptitud para el desarrollo de la vegetación natural. Las pendientes predominantes se ubican en el rango entre el 0 y 15 % que totalizan 187,08 km<sup>2</sup> (87,24% de la superficie) dato que coincide con el tipo de paisaje que se describe (figuras N° 101 y 102). Estas bajas pendientes, junto con las orientaciones favorables (Este, Sureste y Sur) sumado al monto de precipitaciones (1.000 / 1.500 mm./año) otorgan condiciones favorables para el desarrollo forestal. A ello debería sumarse la posibilidad de aprovechamiento de riego complementario por la gran cantidad de ríos y arroyos presentes. En el mapa de aptitud para la forestación de protección de laderas incluido en el Capítulo 2, estas planicies han sido evaluadas como aptas a moderadamente aptas.

Este tipo de paisaje presenta muy buena aptitud para el uso ganadero extensivo (con control de majada), el desarrollo de planes forestales (de protección de laderas y con fines comerciales), el turismo y para la conservación de la biodiversidad. En la actualidad coexisten las tres actividades con predominio de la primera, con una fuerte sobrecarga (ver capítulo de degradación de tierras) que ha afectado las relaciones funcionales del paisaje. Esta situación ha transformado en paisaje degradado a algunos sectores de esta unidad.

### **Cálculo del índice de vegetación en paisaje P 42**

El análisis de la cobertura de vegetación en la unidad de paisaje P 42 “Planicies disectadas a muy disectadas semiáridas a subhúmedas con vegetación herbácea”, fue realizado en un sector de planicies atravesado por los arroyos La Matancilla y su afluente el A° La Ramadilla, unos 10 km. al Norte de la localidad de Varvarco. La superficie es de 8,62 km<sup>2</sup> y las coordenadas (planas) de sus puntos superior izquierdo e inferior derecho que las delimitan son las siguientes:

- ÁnguloSuperiorIzquierdo:X: 2.350,45;Y: 5.930,23
- ÁnguloInferiorDerecho:X: 2.353,86;Y: 5.927,73

La aplicación del NDVI en el área seleccionada muestra la diversidad de elementos presentes en esta superficie: por un lado los mallines con altos valores de NDVI (máximo de 0,5) y en el extremo opuesto superficies muy degradadas por sobrepastoreo, que han arrojado valores negativos. Existen superficies donde el suelo ha desaparecido y ha quedado expuesta la roca subyacente (en color blanco en la imagen satelital dentro del recuadro amarillo). El valor alto del desvío estándar (0,1318) está corroborando esta heterogeneidad comentada por la coexistencia de mallines con zonas con escasa o nula cobertura de vegetación. A pesar de la diversidad se destacan en este sector la abundancia de mallines que arrojan valores medio al área seleccionada de -0.1918, superiores a los hallados en el sector de planicies P 41.

En este lugar puede observarse muy bien como la provechosa relación entre las zonas planas, cotas altas y un buen monto de precipitaciones pueden generar mallines que proveen agua y forraje para el desarrollo del ganado. La conservación de la vegetación y los suelos son fundamentales para mantener estas relaciones funcionales del paisaje que se han perdido en parte de estas planicies (ver capítulo de análisis de la degradación de tierras).

FIGURA N° 103

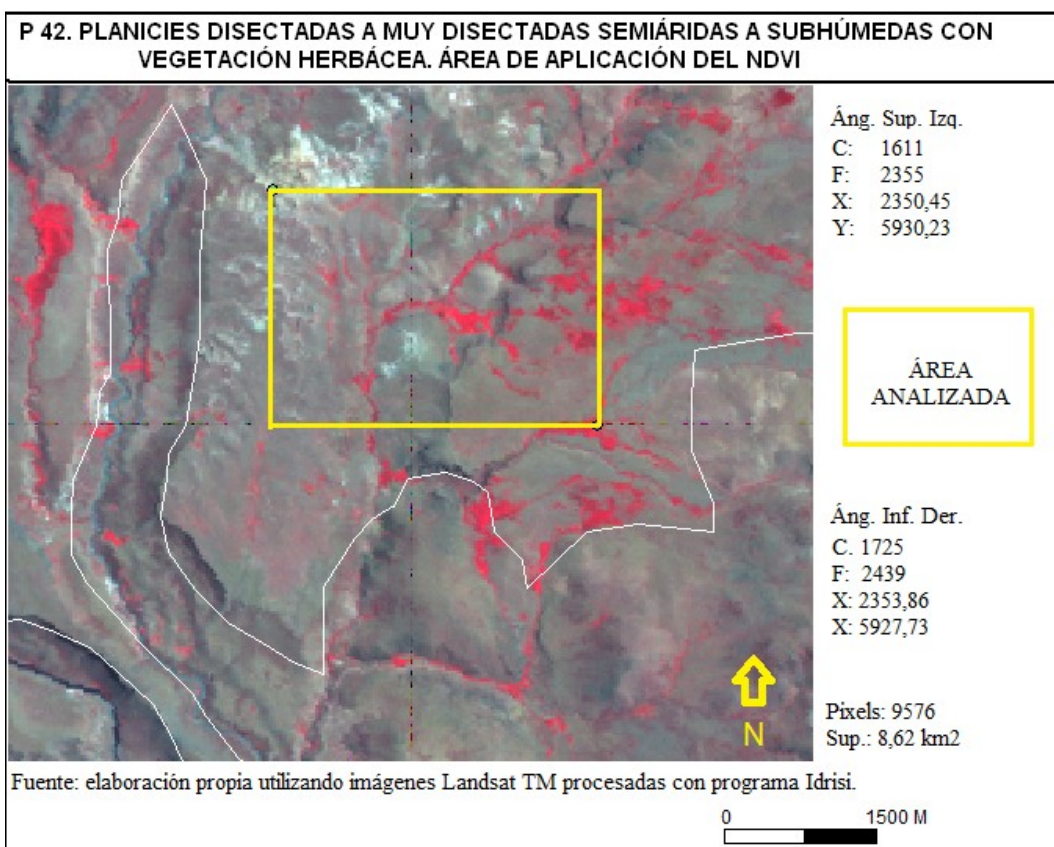


FIGURA N° 104

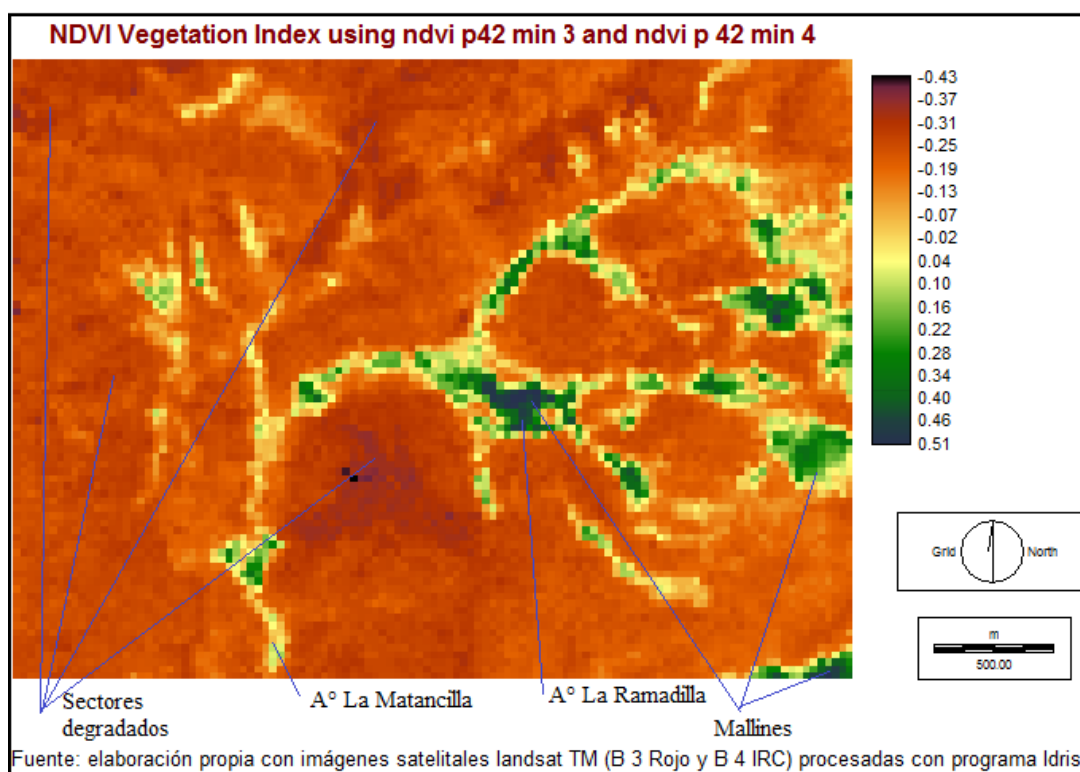
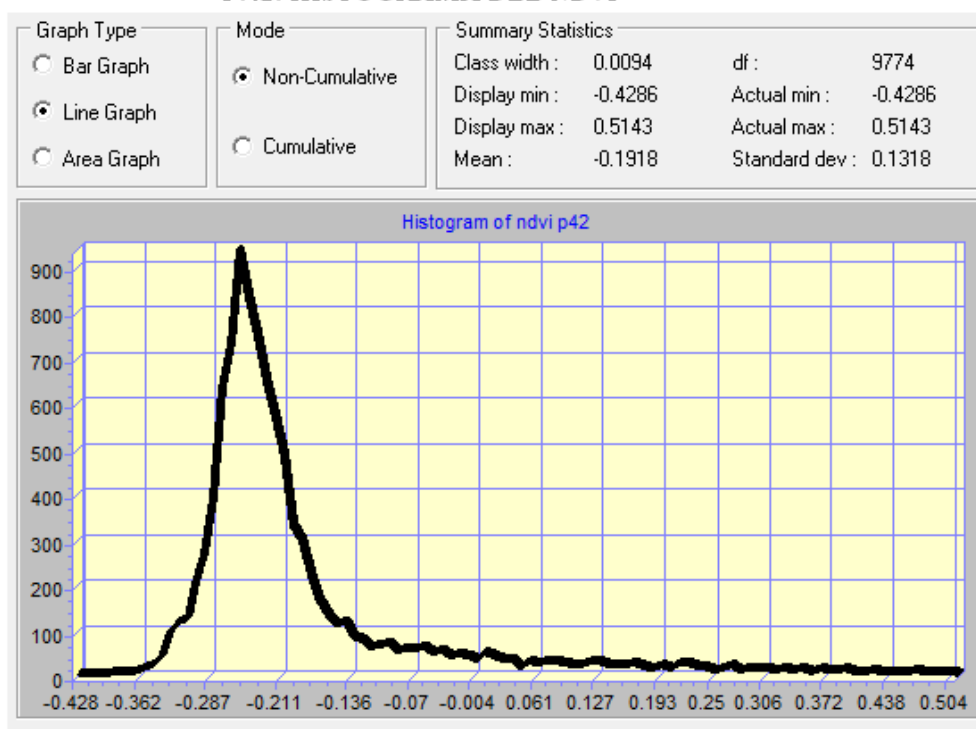




FIGURA N° 105

## P.42. HISTOGRAMA DEL NDVI

**P 43. Valles en planicies semiáridas a subhúmedas con vegetación arbustiva - herbácea.**

Esta unidad de paisaje ocupa una superficie de 333,73 km<sup>2</sup> lo que representa un 23,08 % de esta **clase** de paisaje. Por la tipología de sus elementos y su organización geosistémica es el **tipo** de paisaje que más se diferencia de las otras unidades analizadas dentro de la **clase** “Planicies semiáridas a subhúmedas con precipitaciones en invierno”.

Esta unidad presenta un patrón morfológico común pero con algunas diferencias de acuerdo a su génesis (¿glacial?, glaciofluvial o fluvial), el sustrato rocoso y el caudal de los ríos y arroyos de cada lugar. Así los elementos del paisaje se relacionan o se han relacionado de distinta manera dando lugar a estructuras paisajísticas con particularidades diferentes. A ello debe agregársele el uso actual, vinculado a la ganadería extensiva, que ha impactado muy fuertemente sobre sus laderas sobrepastoreadas, como es el caso del valle del río Guañacos, alterando la relación suelo – vegetación. Esta situación se refleja en la casi ausencia de la vegetación originaria, la degradación de los mallines y la formación de abanicos aluviales al pie de las laderas del valle.



El conjunto de estos valles podría diferenciarse de acuerdo a su amplitud, la presencia de terrazas fluviales y su aptitud para el uso agrícola o ganadero extensivo y para el desarrollo de asentamientos humanos. En estos valles es donde se localiza la mayoría de la población departamental, tanto urbana como rural. La disponibilidad de agua y pasturas y de mejores condiciones respecto a las condiciones climáticas son aspectos clave en ese sentido.

Las pendientes suaves y moderadas (entre 0 y 15 %) son las predominantes y totalizan 275,08 km<sup>2</sup> (82,43 % del tipo de paisaje); mientras que las orientaciones favorables para el desarrollo de los suelos y la vegetación (E, SE y S) cubren una superficie de 113,94 km<sup>2</sup> (34,14 %) (figuras N° 106 y 107).

La estructura de los elementos del paisaje ha dado como resultado una asociación muy particular entre este tipo de paisaje y sus planicies circundantes: estas últimas constituyen zonas de captación de humedad y en las laderas de los valles aflora el agua que forman los mallines colgantes que aportan buenas pasturas para el ganado además del agua para el ganado y el consumo humano.

Existen valles que por sus aptitud natural (poseen terrazas amplias) se destacan por su uso agrícola ganadero y forestal: uno de ellos es el valle del río Nahueve en las proximidades de Villa Nahueve (parajes Bella Vista y Los Carrizos), el valle del río Lileo, el del río Guañacos y el del Neuquén.

En el primero de estos valles, además del uso ganadero, existe aprovechamiento para la producción de forrajes. En las proximidades de la localidad de Manzano Amargo, en el valle del río Neuquén, las terrazas se utilizan para la forestación con muy buenos rendimientos. El valle del río Guañacos, es donde se ha logrado un mejor desarrollo de la ganadería vacuna del Departamento, gracias a una buena organización de los pobladores que participan en la Asociación de Fomento Rural. En este último lugar el uso intensivo del valle destinado a la cría de ganado bovino, ha provocado que se destinen las laderas de este valle y las planicies aledañas a la cría del ganado caprino y ovino prácticamente sin controles de majada. El resultado de ello es la extrema degradación de estas laderas y planicies vecinas a este valle.

Este tipo de paisaje presenta una gran potencialidad para el desarrollo de asentamientos humanos, la agricultura, la ganadería (intensiva y extensiva), la forestación y el turismo. Sin

embargo a causa del sobrepastoreo, el paisaje no ha sido capaz de absorber el impacto producido por degradación de la vegetación y ya es imposible volver a su estado pre-alterado. Esto ocurre por ejemplo en el valle del río Guañacos y las planicies circundantes.

FIGURA N° 106

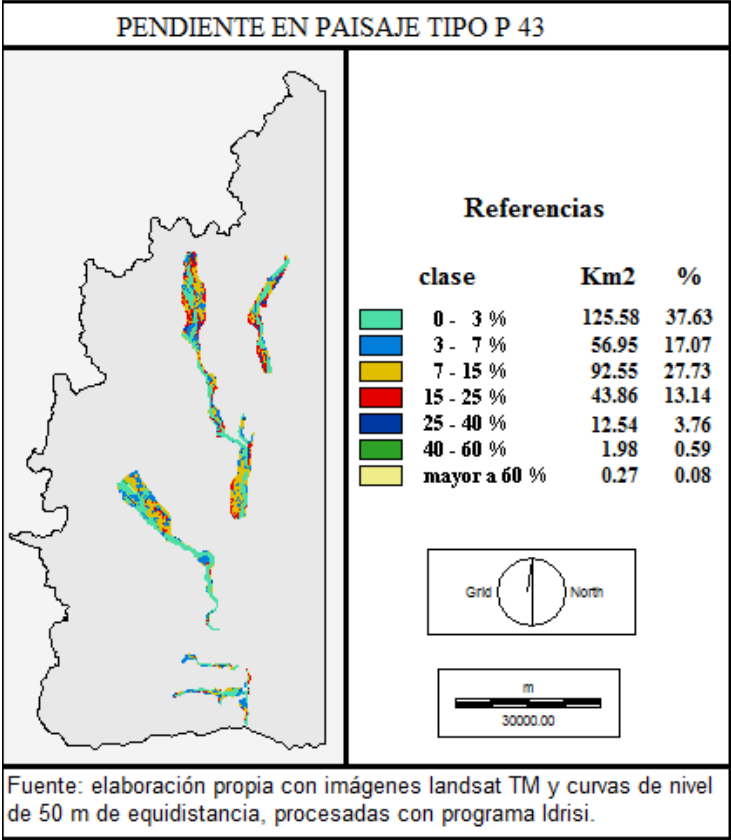
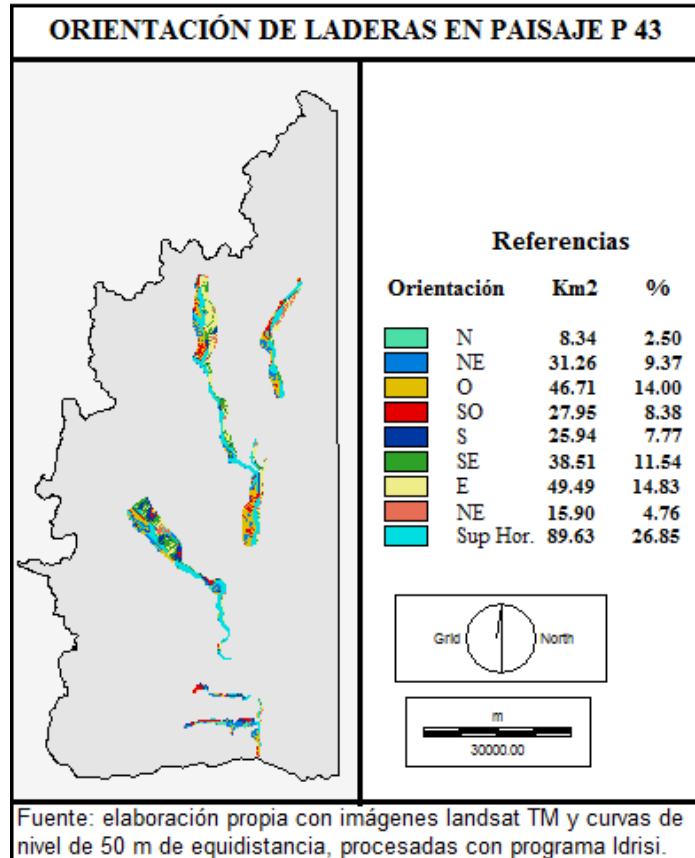


FIGURA N° 107



Fotografía N° 22. Valle del Río Guañacos. Las terrazas de este valle son utilizadas para la cría del ganado bovino y para el cultivo de especies forrajeras. El ganado caprino y ovino ocupa las laderas del valle y las planicies circundantes.



Fotografía N° 23. El sobrepastoreo en las laderas del valle del río Guañacos ha alterado la relación entre la cobertura de vegetación y los suelos. En la parte inferior de la fotografía puede observarse el material proveniente de las laderas formando un abanico aluvial sobre una de las terrazas del valle (cubriendo parte de la ruta Pcial. 57).



Fotografía N° 24. Valle del río Neuquén, al Sur de Manzano Amargo. Sobre una de las terrazas del río un sector destinado a forestación. En la parte inferior de la fotografía compárese a un lado y otro del alambrado: en primer plano puede verse uno de los callejones de arreo prácticamente sin vegetación.



### **Cálculo del índice de vegetación en paisaje P 43**

La cobertura de vegetación de la unidad de paisaje P 43 se realizó en un sector del valle del río Guañacos próximo a la confluencia con el Neuquén. La superficie analizada es de 3,09 km<sup>2</sup> y las coordenadas planas de los ángulos superior izquierdo e inferior derecho son las siguientes:

- ÁnguloSuperiorIzquierdo:X: 2.346,19;Y: 5.874,46
- ÁnguloInferiorDerecho:X: 2.349,16;Y: 5.873,43

Del análisis de los resultados obtenidos de la aplicación del NDVI surge muy claramente el contraste comentado anteriormente entre las laderas del valle muy degradadas (con valores próximos a -0,5) y el piso del valle con coberturas de pasturas implantadas que arrojaron valores máximos próximos a 0,5. Esta gran diferencia entre un ambiente y otro puede corroborarse con el alto valor obtenido para el desvío estándar (0,2643) que está mostrando que dominan los extremos por sobre los valores medios en los pixels analizados.

El histograma de frecuencias también muestra esta tendencia: una campana con valores negativos (con pico en -0,247) representa la realidad de las laderas del valle degradadas mientras que otra cuasi campana (entre 0,382 y 0,498) muestra la vegetación implantada del piso del valle.

Los colores más oscuros del NDVI (próximos al mínimo absoluto en el histograma) muestran, además de laderas degradadas, algunos afloramientos rocosos que son muy comunes tanto en la ladera norte como en la sur.

FIGURA N° 108

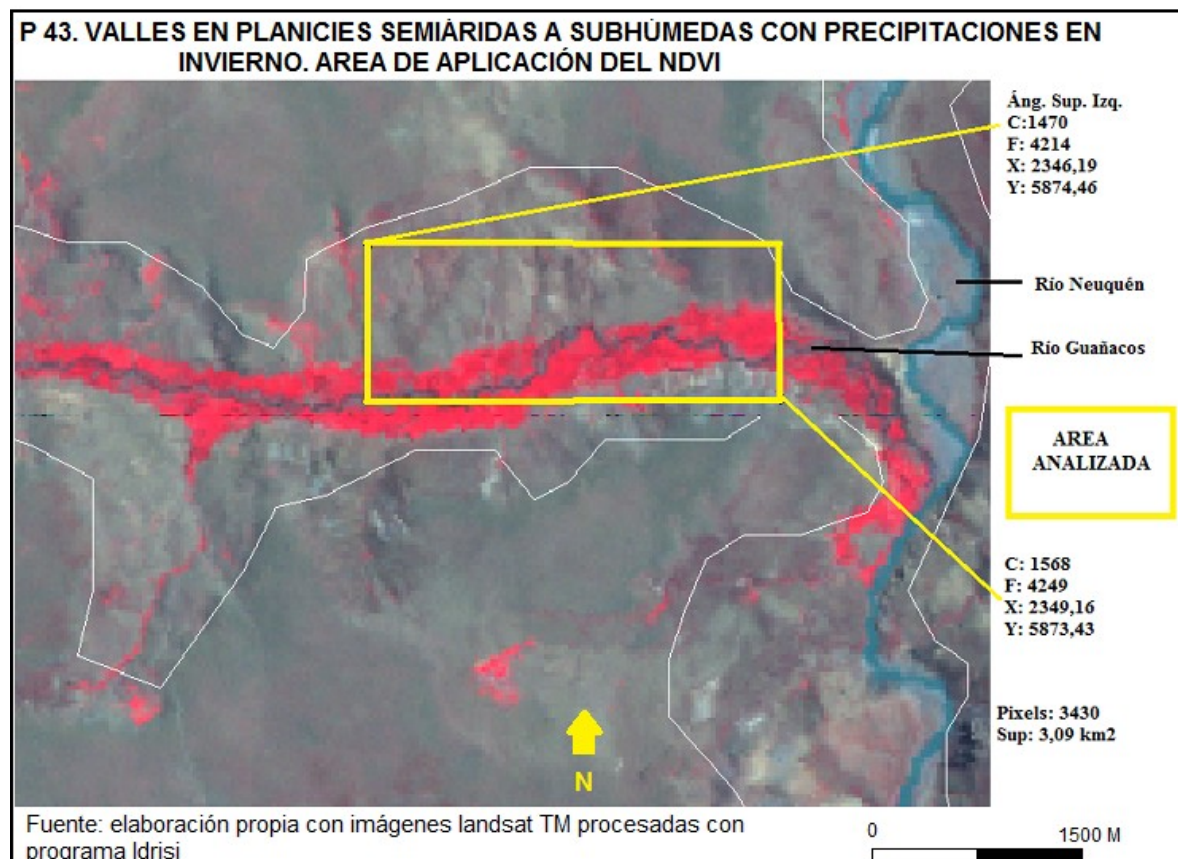


FIGURA N° 109

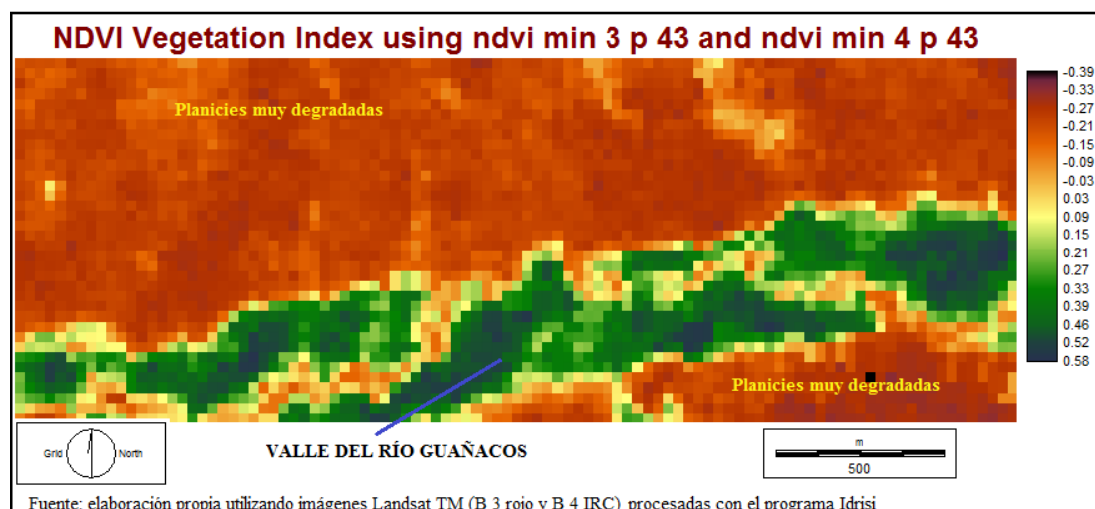
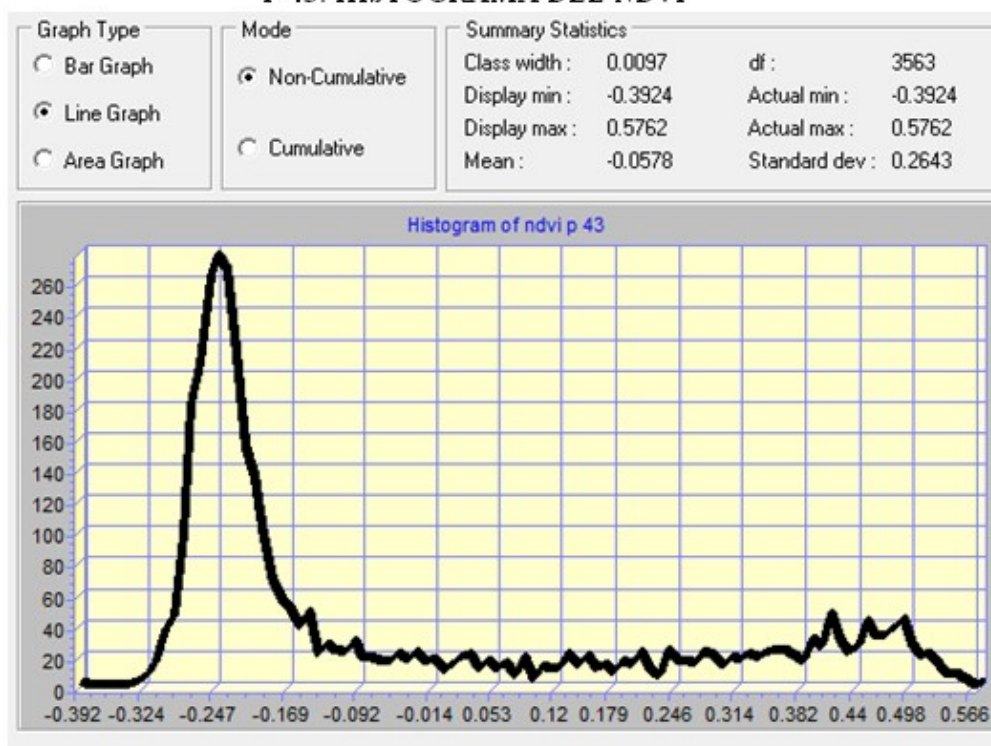


FIGURA N° 110

## P 43. HISTOGRAMA DEL NDVI



### Comentarios sobre la aplicación del NDVI en los distintos tipos de paisaje (P 41, P 42 y P 43) de la clase P 4

Los tres **tipos** de paisaje que fueron analizados con el NDVI mostraron variaciones importantes entre las áreas muestreadas donde se obtuvieron valores negativos para el promedio en todos los casos. Estos datos coinciden con el tipo de vegetación de estepa donde la cobertura rara vez supera el 60%. El restante porcentaje corresponde al suelo desnudo, de ahí que en promedio obtenido pese más este último que la propia vegetación. Los valores positivos de los mallines ayudaron para que en los tres casos el promedio no sea más negativo aún.

El **tipo** de paisaje P 41 es el que arrojó los valores medios más negativos (-0.36). Esto coincide con el estado de degradación en que se encuentra este espacio donde han desaparecido las *stipas* y parte del neneo por sobrepastoreo. Los mallines también están muy degradados al punto que el máximo obtenido apenas llega a 0.14 cuando este valor en otros casos se aproxima a 0.50. El valor obtenido para el desvío estándar (0.064) refleja que se trata del ambiente más homogéneo de los tres **tipos** evaluados.



El paisaje P 42 muestra un ambiente un poco más heterogéneo que en el caso anterior. Su desvío estándar alcanzó a 0.132 como resultado de la coexistencia de ambientes con muy buena cobertura (mallines y vegetación en galería) con sectores muy sobrepastoreados, prácticamente sin cobertura de vegetación. En estos últimos lugares los mínimos alcanzaron a -0.43 (mínimo absoluto para los tres paisajes) y en los mallines se obtuvieron valores bastante altos (máximo 0.51).

El área muestreada para P 43 es el más heterogéneo de los tres, obteniéndose un desvío estándar de 0.264. Este resultado, esperable, muestra las superficies muy degradadas de las laderas del valle del río Guañacos y planicies circundantes (con mínimos de -0.39) junto con la abundante vegetación del piso del valle que arrojó los valores máximos obtenidos para todas las áreas muestreadas en todo el Departamento (0.58).

CUADRO Nº 26

TABLA RESUMEN DE LA APLICACIÓN DEL NDVI EN TIPOS DE PAISAJE DE LA CLASE P 4				
Tipo de Paisaje	Mínimo	Máximo	Media	Desvio St (S)
P 41	-0.36	0.14	-0.24	0.064
P 42	-0.43	0.51	-0.19	0.132
P 43	-0.39	0.58	-0.06	0.264

Fuente: Elaboración propia

El presente capítulo ha servido para entender el funcionamiento sistémico de los distintos paisajes delimitados, así como sus aptitudes para distintos usos y su situación en torno a la degradación de la tierra. En el cuadro siguiente (cuadro Nº 27) se sintetiza esta situación a través de un indicador cuantitativo de lo observado en cada clase y tipo de paisaje analizado.

## SÍNTESIS DE LA SITUACIÓN EN RELACIÓN A LA DEGRADACIÓN DE TIERRAS Y APTITUDES DE LAS DISTINTAS CLASES Y TIPOS DE PAISAJES

### CLASES DE APTITUD Y PUNTAJE

Clase	Puntaje
Muy apta	1
Apta	2
Moderadamente apta	3
Marginalmente apta	4
No apta	5

CUADRO Nº 27

PAISAJE		DEGRADACION DE TIERRAS	APTITUD	Promedio	
CLASE	TIPO			Parcial	Unidad
V	11	No corresponde (*)	Ganadería extensiva: 4 a 5	4.5	
			Ganadería intensiva: 5	5	
			Turismo: 1 a 3	2	
			Forestación de protección de laderas: 5	5	
			Forestación comercial: 5	5	
			Agricultura: 5	5	4.42
V	12	baja a media	Ganadería extensiva: 2 a 4	3	
			Ganadería intensiva: 5	5	
			Turismo: 1 a 3	2	
			Forestación de protección de laderas: 1 a 3	2	
			Forestación comercial: 3 a 4	3.5	
			Agricultura: 5	5	3.42
V	13	media	Ganadería extensiva: 2 a 3	2.5	
			Ganadería intensiva: 5	5	
			Turismo: 1 a 3	2	
			Forestación de protección de laderas: 2 a 3	2.5	
			Forestación comercial: 3 a 4	3.5	
			Agricultura: 5	5	3.42
A	21	No corresponde (*)	Ganadería extensiva: 4 a 5	4.5	
			Ganadería intensiva: 5	5	
			Turismo: 2 a 3	2.5	
			Forestación de protección de laderas: 5	5	
			Forestación comercial: 5	5	
			Agricultura: 5	5	4.5
A	22	baja a media	Ganadería extensiva: 2 a 4	3	
			Ganadería intensiva: 5	5	
			Turismo: 2 a 4	3	
			Forestación de protección de laderas: 2 a 3	2.5	
			Forestación comercial: 4 a 5	4.5	
			Agricultura: 5	5	3.83
A	23	media	Ganadería extensiva: 2 a 3	2.5	
			Ganadería intensiva: 5	5	
			Turismo: 1 a 3	2	
			Forestación de protección de laderas: 1 y 2	1.5	
			Forestación comercial: 3 y 4	3.5	
			Agricultura: 5	5	3.25

			Ganadería extensiva: 3	3	
			Ganadería intensiva: 5	5	
S	31	muy alta	Turismo: 3 a 5	4	
			Forestación de protección de laderas: 2 a 3	2.5	
			Forestación comercial: 4 a 5	4.5	
			Agricultura: 2 a 4	3	3.66
			Ganadería extensiva: 2 a 3	2.5	
			Ganadería intensiva: 5	5	
S	32	muy alta	Turismo: 3 a 5	4	
			Forestación de protección de laderas: 1 a 2	1.5	
			Forestación comercial: 4 a 5	4.5	
			Agricultura: 2 a 4	3	3.41
			Ganadería extensiva: 3 a 4	3.5	
			Ganadería intensiva: 5	5	
S	33	media a muy alta	Turismo: 3 a 5	4	
			Forestación de protección de laderas: 4	4	
			Forestación comercial: 4 a 5	4.5	
			Agricultura: 3 a 4	3.5	4.08
			Ganadería extensiva: 1	1	
			Ganadería intensiva: 5	5	
P	41	muy alta	Turismo: 3 a 5	4	
			Forestación de protección de laderas: 1 a 2	1.5	
			Forestación comercial: 1 a 2	1.5	
			Agricultura: 4 a 5	4.5	2.92
			Ganadería extensiva: 1	1	
			Ganadería intensiva: 5	5	
P	42	media a muy alta	Turismo: 3 a 5	4	
			Forestación de protección de laderas: 1 a 2	1.5	
			Forestación comercial: 2 a 3	2.5	
			Agricultura: 5	5	3.17
			Ganadería extensiva: 5	5	
			Ganadería intensiva: 1	1	
P	43	baja a muy alta	Turismo: 2 a 4	3	
			Forestación de protección de laderas: 1 a 2	1.5	
			Forestación comercial: 1 a 3	2	
			Agricultura: 2 a 3	2.5	2.5

(\*) Por tratarse de tierras con muy baja ocupación para el uso ganadero y con semidesierto de altura se considera que no es pertinente analizar la degradación de tierras. Más detalles en el apartado V.11. del presente capítulo.

## **CAPITULO 4**

### **La degradación de tierras en el Departamento Minas**

## **INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se estudia la degradación de las tierras del Departamento. Para ello se analiza en primer lugar, cómo es la relación ganado – aptitud de carga ganadera a nivel Departamento y luego en el sector de invernada, lugar donde se evidencia con mayor severidad la degradación. En la segunda parte del capítulo, se estudia el estado que presentan las tierras de sectores seleccionados (planicies) con el objetivo de analizar la capacidad de resiliencia de los paisajes, por el impacto de la ganadería. Para ello se realizaron estudios de campo y se utilizaron imágenes del sensor Landsat TM procesadas con el programa Idrisi, que permitió la aplicación de distintos algoritmos de teledetección.

## **ESTIMACIONES DE LA SOBRECARGA GANADERA**

El cálculo de la sobrecarga ganadera en el Departamento Minas es un aspecto clave para entender el estado de degradación de parte de los paisajes en la actualidad. Debe tenerse presente que estas tierras llevan más de un siglo y medio de utilización en forma pastoril y que gran parte de los problemas ambientales derivados del mal uso de estas tierras durante este tiempo tienen su reflejo en la situación actual.

Debido a esto se sabe que muchos de los procesos naturales que hoy son visibles en este espacio comenzaron en algún momento particular del pasado, y en la actualidad continúan con distintos grados de intensidad. La naturaleza tiene sus ciclos, no siempre con la misma duración e intensidad, inclusive algunos superpuestos, que influyen de distinta manera en la oferta de recursos naturales, en este caso en particular forrajes para el pastoreo. Otro aspecto no del todo conocido es cómo el calentamiento global ha afectado los recursos del lugar. Un ejemplo de esta situación lo constituyen los pequeños glaciares de la Cordillera de los Andes o del Viento. Ellos proveían agua durante todo el año a la invernada desde las zonas altas y hoy muchos de estos cuerpos de hielo, han desaparecido. El testimonio de las pequeñas morrenas, aún intactas nos hace imaginar un escenario distinto hace unos pocos años. En el mismo sentido podría analizarse cómo el fenómeno del calentamiento ha afectado a la dinámica de los mallines, otro ecosistema clave en la provisión de forrajes y como regulador de los sistemas hídricos de las altas cuencas.

Por ello cuando se analiza la oferta natural de forrajes debe considerarse que si bien se establece una posible relación de la carga ganadera para cada lugar, este cálculo no considera por lo general todas las variaciones naturales a las que está sujeta cada lugar. De ahí que cuando se establece una cifra, debe ser considerada sólo una aproximación de su verdadera capacidad de carga.

Algo de esto ha quedado reflejado en las sucesivas entrevistas realizadas a los crianceros y a los técnicos que trabajan en la zona. Es común que hagan referencia a si se trata de un año húmedo o no para referirse a la mayor o menor disponibilidad de forraje. Pero existen variaciones más sutiles, de más largo plazo, que no son fáciles de advertir de las cuales se tienen indicios pero que se carece de certeza.

Para poder analizar cuál es la relación existencias ganaderas – capacidad de carga del territorio debería contabilizarse la cantidad de ganado de las EAPs departamentales más el que ingresa para realizar la veranada desde otros Departamentos. Considerando que este último permanece unos 5 – 6 meses (entre noviembre y abril), implica que habría que contabilizar sólo una parte del mismo, entre un tercio y un medio, aunque es bastante incierta la cifra que realmente debería utilizarse debido a que ello depende de múltiples factores, entre los que sobresale el tiempo real de permanencia en la veranada, que normalmente es menor a seis meses. Otro factor a tener en cuenta, y que otorga bastante peso a la ponderación del número definitivo, es que habría que considerar que este ganado se traslada a las veranadas durante el período con mayor disponibilidad de pasturas naturales.

Por esto último, por el tiempo de permanencia en estas tierras altas, para realizar el cálculo de la carga ganadera, sólo se considerará una **tercera parte** de estos arreos, dejando claro que sólo se trata de una cifra estimativa que trata de no exagerar la influencia que tienen estos arreos en los sistemas pastoriles del Departamento.

Con estas consideraciones el cálculo de los stocks ganaderos del Departamento serían, según los cuadros N° 7 y N° 9 del Capítulo 2, los siguientes:

CUADRO N° 28

## DEPARTAMENTO MINAS. EXISTENCIAS GANADERAS

	Lanares	Caprinos	Vacunos	Equinos	Mulares
<b>Stocks Dpto. *</b>	21217	131525	9542	3560	667
<b>Arreos / 3 **</b>	1883	19464	2337	640	174
<b>Totales</b>	<b>23100</b>	<b>150989</b>	<b>11879</b>	<b>4200</b>	<b>841</b>

**Fuente:** elaboración propia con datos proporcionado por (\*) Senasa (2008) y

(\*\*) Dirección Provincial de Tierras, Delegación Chos Malal (2007)

Ahora bien, a los efectos de poder evaluar la sobrecarga ganadera que existe en el Departamento, se aplica un sistema de equivalencias de consumo forrajero de las distintas especies animales propuestas por el INTA (2002), donde se considera las equivalencias siguientes:

CUADRO N° 29

EQUIVALENCIAS DE DISTINTOS TIPOS DE GANADOS EN UNIDADES GANADERAS OVINAS (UGO)	
1 OVINO	1 UGO
1 CAPRINO	1 UGO
1 VACUNO	7 UGO
1 EQUINO	10 UGO

Fuente: INTA (2002)

Con estas equivalencias la carga ganadera en UGOs, sería la siguiente:

CUADRO N° 30

DEPARTAMENTO MINAS. CANTIDAD DE UGOs RESULTANTES (Suma de stocks de invernada mas arreos/3)		
Lanares	23100 x 1	23100
Caprinos	150989 x 1	150989
Vacunos	11879 x 7	83153
Equinos	4200 x 10	42000
Mulares	841 x 10	8410
<b>Total UGOs</b>		<b>307652</b>

**Fuente:** elaboración propia en base a equivalencias en UGOs propuesta por el INTA (2002)



¿Esta cifra (307.652 UGOs) implica sobrecarga ganadera en el Departamento? Considerando el estudio sobre la densidad ganadera óptima del Departamento Minas que realizó CFI – COPADE (1991), las distintas unidades presentes podrían albergar a 217.423. Esto implicaría una sobrecarga ganadera de 90.229 UGOs lo que significa un **41.5%** de sobrecarga para la totalidad del Departamento. Esto representa un valor considerado **alto** según las categorías aplicadas en el mismo estudio.

Sin embargo analizando en detalle lo que ocurre en el **área de invernada**, las evidencias muestran que existe una situación diferente y más preocupante con respecto a la capacidad de uso ganadero - existencias. Por ello se centrará ahora el análisis de lo que ocurre en este sector del Departamento. Para ello se considerará solamente el ganado registrados en las EAPs del Departamento (cuadro N° 8 del Capítulo 2, último renglón) y se los convertirá a UGOs.

**CUADRO N° 31**

DEPARTAMENTO MINAS. CANTIDAD DE GANADO DE LAS EAPs Convertidos a UGOs		
Lanares:	21217 x 1	21217
Caprinos:	131525 x 1	131525
Vacunos:	9542 x 7	66794
Equinos:	3560 x 10	35600
Mulares:	667 x 10	6670
<b>Total UGOs</b>		<b>261806</b>

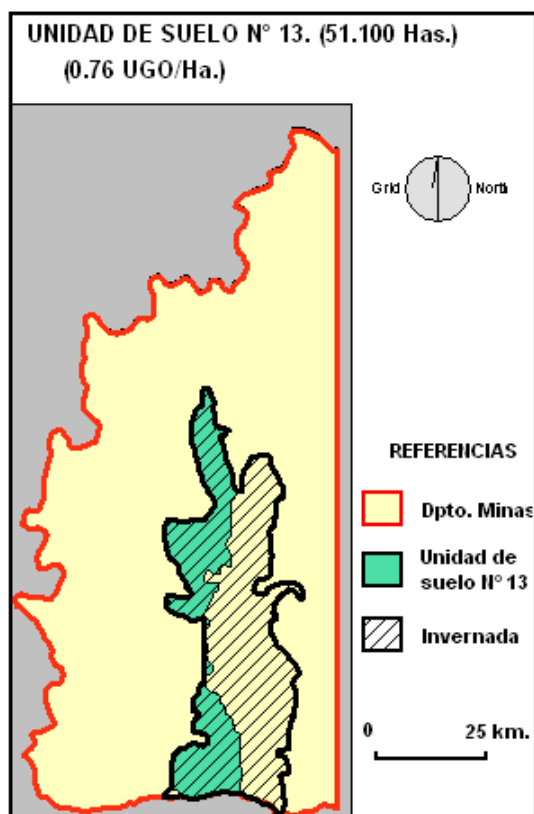
Fuente: elaboración propia en base a equivalencias a UGOs propuesta por el INTA (2002)

De este número de cabezas sólo se considerará para este análisis el 50% debido a que se trata de tierras donde el ganado permanece entre abril/mayo a noviembre/diciembre. De esta manera se obtiene la cifra de **130.903** UGOs ( $261.806 / 2$ ) que permanecen en la invernada.

Podrían considerarse los 261.806 UGOs y no la mitad, pero ello también sería objetable pero es probable que una cifra intermedia fuera la más adecuada. Pero para este cálculo se decidió tomar solamente el 50% para no exagerar el cálculo final. Otro aspecto que podría objetarse es que no todo el ganado se traslada a los campos de veranada, lo que arrojaría valores finales más comprometidos para el medio ambiente.

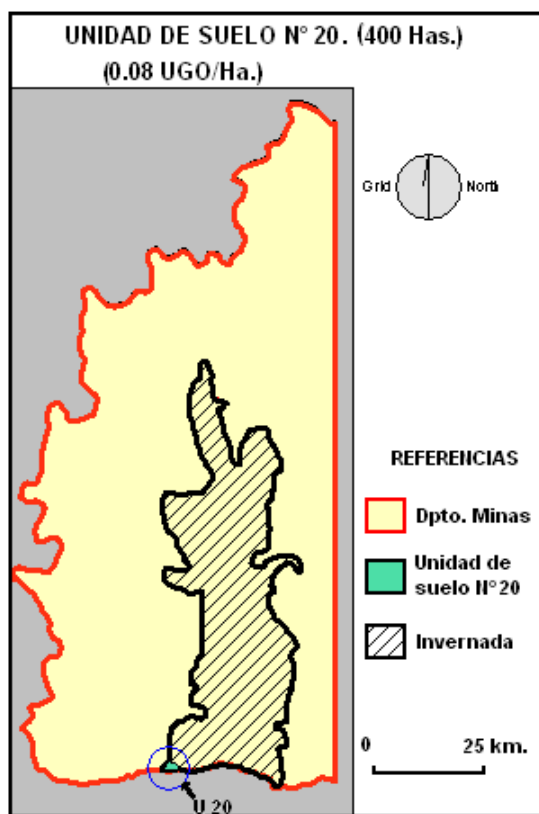
Para conocer los valores de la densidad ganadera óptima de las distintas unidades de suelo presentes en tierras de invernada se procedió a digitalizar con el Programa Idrisi, el área de invernada y de cada una de las unidades de suelo, obteniéndose los mapas siguientes:

FIGURA N° 111



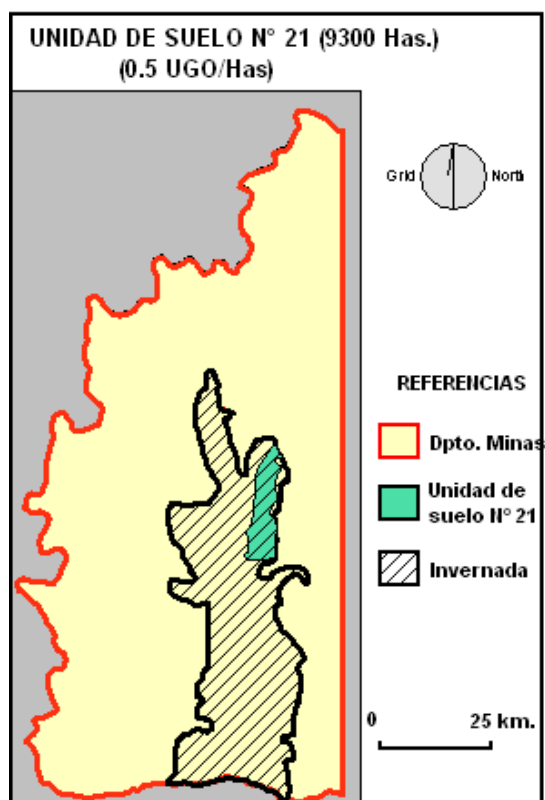
Fuente: elaboración propia con programa Idrisi y datos de CFI - COPADE (1991)

FIGURA N° 112



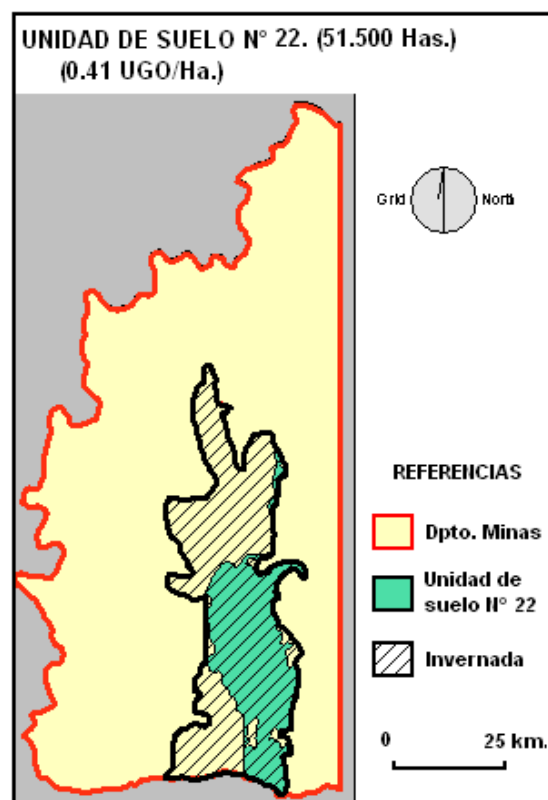
Fuente: elaboración propia con programa Idrisi y datos de CFI - COPADE (1991)

FIGURA N° 113



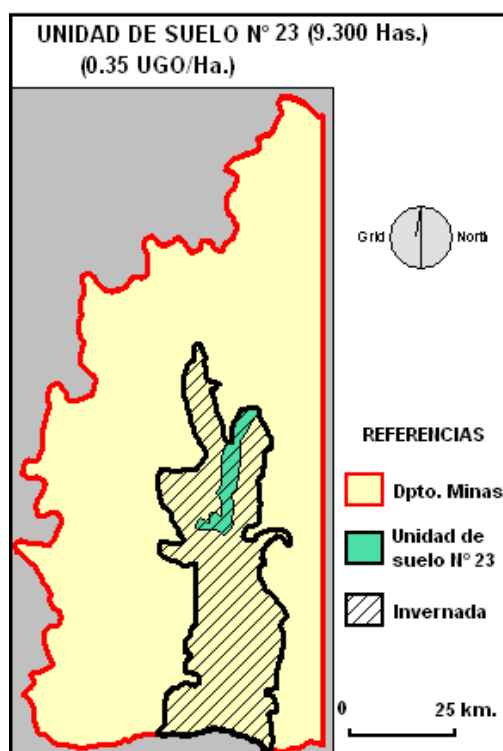
Fuente: elaboración propia con programa Idrisi y datos de CFI - COPADE (1991)

FIGURA N° 114



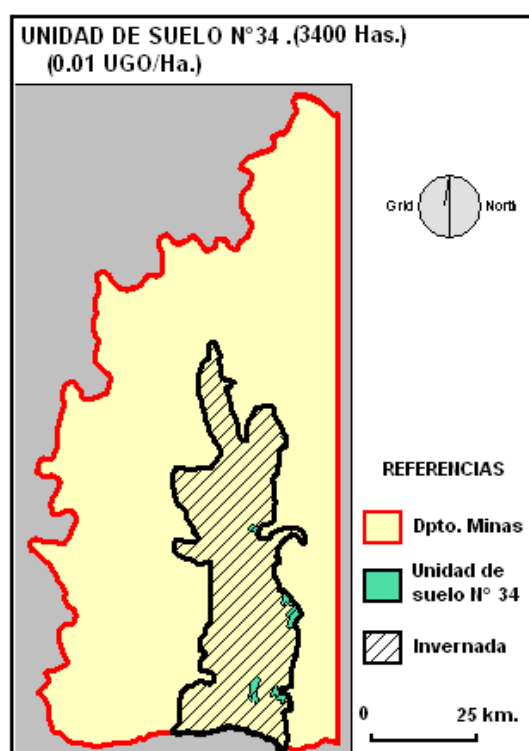
Fuente: elaboración propia con programa Idrisi y datos de CFI - COPADE (1991)

FIGURA N° 115



Fuente: elaboración propia con programa Idrisi y datos de CFI - COPADE (1991)

FIGURA N° 116



Fuente: elaboración propia con programa Idrisi y datos de CFI - COPADE (1991)

Posteriormente se calculó la densidad ganadera óptima para cada una de estas unidades (figuras N° 111 a 116), la que multiplicada por la superficie (calculada con el programa Idrisi, módulo área) permitió conocer cuál es la cantidad de ganado en UGOs que soporta cada unidad de suelo de la invernada tratando de conservar los sistemas pastoriles. De esta manera se obtuvo la cifra de 67.922 UGOs que podría sostener la totalidad del área de invernada, sin deteriorar el recurso vegetación (cuadro N° 31).

CUADRO N° 32

**DEPTO. MINAS. Densidad Ganadera Óptima en Área de Invernada**

Unidad de Suelo	Superficie (Has.)	DGO/Ha.*	UGOs.
Unidad N° 13	51 100	0.76	38836
Unidad N° 20	400	0.08	32
Unidad N° 21	9 300	0.5	4650
Unidad N° 22	51 500	0.41	21115
Unidad N° 23	9 300	0.35	3255
Unidad N° 34	3 400	0.01	34
Total			67922

\* Densidad Ganadera Óptima en UGOs. por Hectárea.

**Fuente:** Elaboración propia con datos del CFI (1991) procesados en el programa Idrisi.

Entonces sólo resta comparar la cantidad de ganado que puede soportar el área de invernada sin deteriorar el recurso, 67.922 cabezas, con la que realmente tiene, 130.903 (el 50% del cuadro 31), lo que arroja una sobrecarga **de 62.981 UGOs. (92.7 %)**. Este cálculo podría variar según las consideraciones siguientes:

- Se ha estimado sólo el 50% del ganado existente en la invernada cuando: a) en realidad parte del mismo suele quedar en la misma área durante el verano, y b) el ganado que se traslada a la veranada suele permanecer en la invernada más de 6 meses. Con esta consideración habría que dividir la totalidad de los stocks ganaderos del Departamento por un número más próximo a 0.4 y no por 0.5, lo que agravaría más el resultado final de sobrecarga del área de invernada.

- El hecho de contabilizar los stocks ganaderos registrados oficialmente agrega algo de incertidumbre al resultado final obtenido. De acuerdo con las entrevistas realizadas a informantes clave, se sabe que existe un subregistro de cabezas de ganado, que en caso de poder contabilizarse, arrojaría valores finales que comprometería aun más la sobrecarga ganadera.
- Un aspecto que debería considerarse como tendiente a minimizar la cifra final es que para todos los cálculos se han considerado los aportes de materia seca que producen las distintas unidades de suelo presentes en la invernada. Sin embargo se sabe que una parte del ganado es alimentada con forrajes producidos en áreas de siembra.
- La estimación de la carga ganadera por unidad de superficie fue realizada hace más de 20 años por los distintos especialistas, en base a las condiciones existentes en aquel momento (COPADE – CFI, 1991 basado en estudios de vegetación realizados por Movia, 1982). Es muy probable que la aptitud de estas unidades de tierras haya disminuido teniendo en cuenta el avanzado estado de degradación que presenta la vegetación natural en casi todo el ámbito de la invernada. Una disminución de la capacidad de pastoreo daría como resultado valores de sobrecarga ganadera mayores a los obtenidos.
- Los **cálculos de la capacidad de carga** ganadera se realizan de acuerdo con datos estadísticos que consideran la precipitación media. Pero normalmente ese promedio es el resultado de una sucesión de años por debajo de la media y otros por encima. En los años secos, donde la disponibilidad de pasturas disminuye notablemente, esta sobrecarga ganadera puede alcanzar porcentajes mayores desencadenando procesos erosivos irreversibles.
- Una última consideración de este cálculo es que se tuvo en cuenta solamente el ganado presente en la invernada. Pero se sabe que existe un tránsito dos veces al año de unos 100.000 animales, que van y vienen de las veranadas produciendo un impacto sobre los callejones destinados a los arreos localizados en área de invernada.

En resumen, la estimación de una sobrecarga del **92.7 %** para el área de invernada podría arrojar valores más altos o bajos según estas consideraciones. Por lo tanto la cifra final obtenida debe ser tomada como una muestra aproximada de lo que ocurre en el área de invernada del Departamento. El estado de los paisajes refleja que este porcentaje no está muy lejos de la realidad.

## **EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE TIERRAS EN VARVARCO – INVERNADA VIEJA**

El análisis de la situación de sobrecarga ganadera en el área de invernada, ha sido el motivo para seleccionar un área de estudio con mayor detalle a nivel de **grupo** de paisaje. Con esa finalidad se seleccionó un sector de la **clase** de paisaje “Planicies semiáridas a subhúmedas con precipitaciones en invierno (P)”, en los parajes Varvarco – Invernada Vieja y sus planicies aledañas, que posee una superficie aproximada de 130 km<sup>2</sup>. Este sector del Departamento, destinado a la ganadería extensiva, se ha seleccionado con el propósito de analizar el impacto de la ganadería extensiva y otros usos sobre el funcionamiento sistémico de los paisajes en sectores con vegetación de estepa arbustiva y/o herbácea y la de sus mallines.

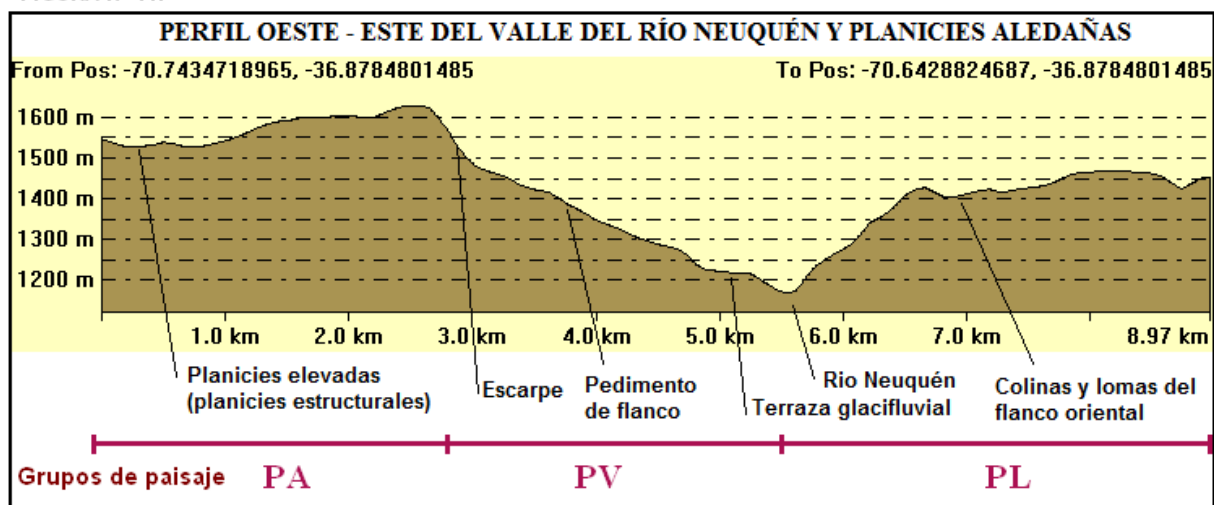
Con esta finalidad se han realizado distintas salidas al terreno para evaluar el estado de las tierras mediante el uso de indicadores de campo y luego analizar dicha situación a través de los siguientes índices de vegetación empleados:

- NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)
- SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)
- PVI (Perpendicular Vegetation Index)
- Transformation Tasseled Cap (Verdor)

En el apartado “Teledetección y paisajes” del capítulo I se detallan los alcances, las particularidades y diferencias que presentan estos índices, aplicados para evaluar la cobertura de vegetación.

El área seleccionada está conformada por: a) un sector de planicies altas que González Díaz (1998) definió como “Planicies Estructurales” (**PA**); b) la ladera occidental del valle del río Neuquén que posee (desde la parte superior), un frente rocoso o escarpe, el sector de pedimentos de flanco muy degradado, un conjunto de terrazas glaciofluviales y fluviales y la planicie de inundación del río Neuquén (**PV**); y c) un conjunto de terrazas (fluviales y glaciofluviales) colinas y lomas que conforman el flanco oriental del valle del Neuquén (**PL**). En el perfil adjunto puede verse un detalle de cada una de estas geoformas.

FIGURA N° 117



Elaboración propia con programa Global Mapper V 11.0

La geología de este lugar presenta una gran diversidad litológica donde se superponen rocas muy antiguas (metamórficas, volcánicas e ígneas intrusivas) con otras más modernas de origen volcánico, más los sedimentos del Pleistoceno superior y del Holoceno. El detalle del cuadro estratigráfico es el siguiente, discriminado en 1) flanco oriental (PL) y 2) flanco occidental y planicies altas (PA y PV):

CUADRO N° 33 a

## FLANCO ORIENTAL. CUADRO ESTRATIGRÁFICO

N°	Unidad Geológica	Edad	Litología
1	Ectinita Guaraco Norte	Paleozoico inferior	Metamorfitas de bajo grado
2	Grupo Choiyoi	Paleozoico superior	Lavas andesíticas y riolíticas; tobas
3	Granito Radales	Triásico medio	Granitos
4	Andesita Colipilli	Eoceno inferior y medio	Pórfido andesítico
5	Andesita Cayanta	Eoceno superior - Oligoceno	Lavas andesíticas y basandesíticas, tobas y aglomerados andesíticos
6	Depósitos glacifluviales	Pleistoceno superior	Conglomerados, gravas y arenas
7	Depósitos aterrazados	Holoceno	Conglomerados, gravas y arenas

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de las Hojas 37 72 - II del SEGEMAR



CUADRO Nº 33 b

## FLANCO OCCIDENTAL Y PLANICIES. CUADRO ESTRATIGRÁFICO

Nº	Unidad Geológica	Edad	Litología
1	Andesita Cayanta	Eoceno superior - Oligoceno	Lavas andesíticas y basandesíticas, tobas
2	Fn. Arroyo Palao	Mioceno inferior	Arcillitas, arcillitas calcáreas y areniscas.
3	Fn. Invernada Vieja	Triásico medio	Tobas y aglomerados andesíticos
4	Fn. Cajón Negro	Plioceno inferior	Aglomerados volcánicos andesíticos
5	Andesita Quebrada Honda	Plioceno inferior	Lavas andesíticas y basandesíticas
6	Basalto Coyocho	Plioceno superior	Lavas y aglomerados basálticos, tobas dacíticas y basálticas.
7	Depósitos aterrazados	Holoceno	Conglomerados, gravas y arenas
8	Aluvios, coluvios y depósitos pedemontanos	Holoceno	Conglomerados, gravas y arenas

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de las Hojas 3772 - II del SEGEMAR

Las diferencias litológicas han generado una evolución distinta de estos paisajes en ambas márgenes del valle del Neuquén, que han dado como resultado una organización sistémica particular para cada caso.

El monto anual de las precipitaciones varía entre 800 mm. al Este y 1.000 mm. al Oeste. Este ligero incremento para el sector de **planicies** más su mayor cota (1.500 / 1.600 m s.n.m.) produce que su cobertura vegetal esté dominada por una estepa predominantemente herbácea compuesta por Diversas especies de *Stipa*, *Poa* y *Festuca* con *Mulinum Spinosum* (neneo), asociadas por sectores con algunas arbustivas como *Fabiana imbricata* (palo piche) y *Chuquiraga Opositifolia*, entre otras. En cambio en ambas márgenes del valle, con menor altura, la cobertura vegetal es más arbustiva siendo común la asociación del palo piche (*Fabiana imbricata*) con el neneo (*Mulinum spinosum*) aunque no faltan otras especies herbáceas (muy degradadas) y arbustivas.

Otra diferenciación entre estos paisajes es el tipo de relieve que presentan. En el cuadro que sigue se muestra los distintos grados de pendientes para cada uno de ellos.

CUADRO N° 34

## CLASES DE PENDIENTES EN GRUPOS DE PAISAJE PA, PV y PL

Pend (%)	PA (Km2)	PA (%)	PV (Km2)	PV (%)	PL (Km2)	PL (%)
0 a 3	26.36	38.9	5.84	23.5	10.54	16.5
3 a 7	23.25	34.4	2.71	10.9	17.38	27.1
7 a 15	13.07	19.3	12.84	51.8	28.47	44.5
15 a 25	3.24	4.8	3.22	13.0	6.72	10.5
25 a 40	1.25	1.8	0.19	0.8	0.77	1.2
40 a 60	0.51	0.8	0	0	0.13	0.2
Mas de 60	0	0	0	0	0.01	0
Totales	67.68	100.0	24.8	100.0	64.02	100.0

Fuente: elaboración propia, calculado con el módulo Area del programa Idrisi

Las pendientes dominantes en el **grupo PA** son las del rango 0 – 3 % (38,9 %) y prácticamente son insignificantes las de porcentaje superiores al 15 %. En cambio para el grupo PV y PL (ambas márgenes del valle) las pendientes que dominan son las del rango de 7 – 15 % (51,8 y 44,5 respectivamente).

En relación al **uso y tenencia de la tierra** predominante en estos paisajes es la ganadería extensiva con escasa utilización de infraestructura, en particular alambrados. No existe protección de mallines, rotación de campos y la autoridad que debe ejercer el control prácticamente está ausente. A esto debe sumársele problemas con respecto a la tenencia de la tierra y la delimitación de las parcelas, que generan numerosos inconvenientes entre la población rural e impiden establecer políticas para planificar el uso de estos espacios (Bertani y Ambrosio, 2005). Además de la ganadería existen sectores con **forestación de protección** de laderas que, de acuerdo al mapa del Capítulo 2, estas tierras han sido evaluadas como aptas y muy aptas.

Atendiendo a estas condiciones particulares, pero sobre todo a la organización sistémica que regula el funcionamiento de los paisajes en el área de Varvarco – Invernada Vieja se lo ha subdividido en tres **grupos** de paisajes con el propósito de estudiar la degradación de tierras. El carácter individual de cada uno de ellos ha dado como resultado estados diferentes al momento de analizar de qué manera han impactado la ganadería extensiva y el diseño de

algunas obras de infraestructura construidas en estos lugares. Los tres grupos de paisajes delimitados en el sector de Varvarco – Invernada Vieja son los siguientes:

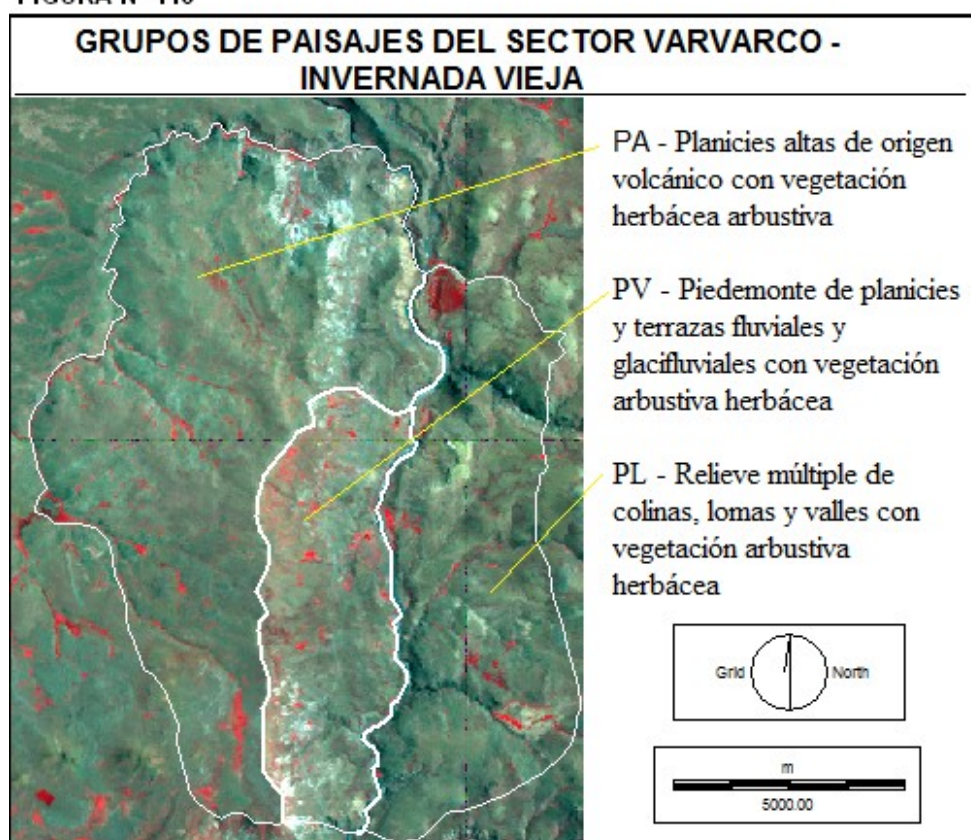
- Planicies altas de origen volcánico con vegetación herbácea (PA)
- Piedemonte de planicies y terrazas fluviales y glaciófluviales con vegetación arbustiva - herbácea (PV)
- Relieve múltiple de colinas, lomas y valles con vegetación arbustiva - herbácea (PL)

**CUADRO N° 35**

VARVARCO - INVERNADA VIEJA SUPERFICIE DE LOS GRUPOS DE PAISAJES		
Grupo Pje.	km <sup>2</sup>	%
PA	67,69	51,4
PV	24,80	18,8
PL	39,25	29,8

Fuente: elaboración propia

**FIGURA N° 118**



Fuente: elaboración propia con imágenes landsat procesadas con programa Idrisi.

## **Planicies altas de origen volcánico con vegetación herbácea (PA)**

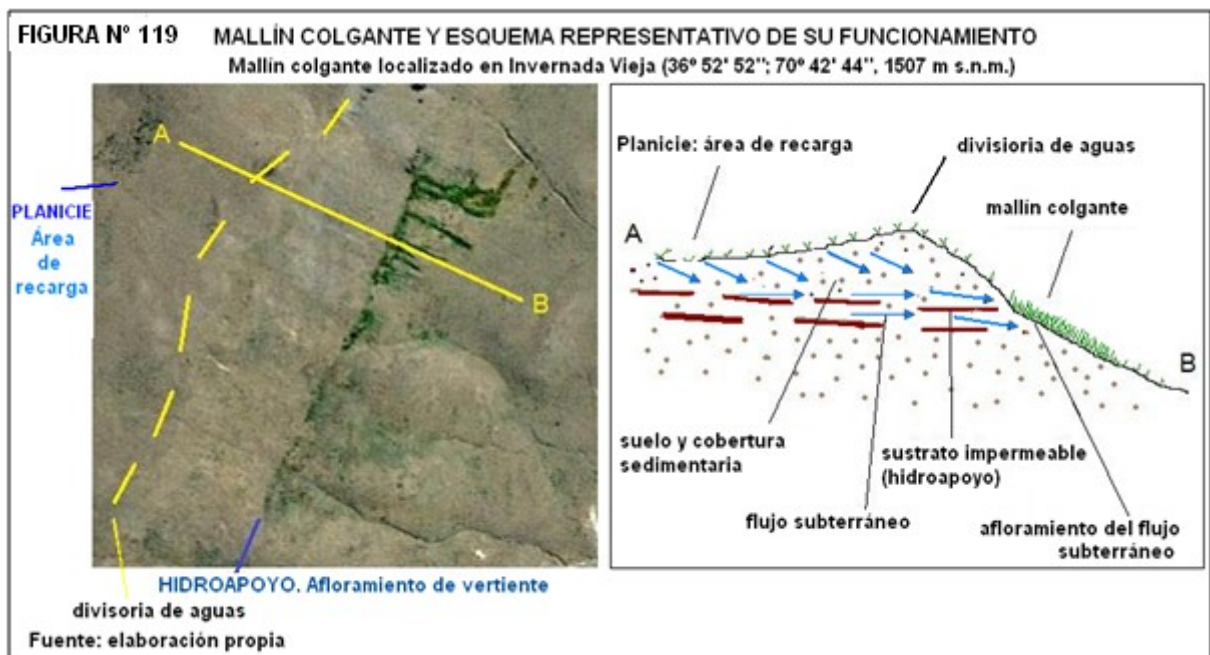
Como se analizó en el Capítulo 3 estas planicies constituyen las mejores ofertas de pasturas de todo el Departamento, que alcanza a 0,76 Unidades Ganaderas Ovinas (UGOs) por Hectárea (CFI – COPADE, 1991). Ello se debe a que naturalmente poseen una buena cobertura de vegetación herbácea, próxima al 60 % lo que le confiere una buena capacidad forrajera. A esto debe sumársele la presencia de mallines que le otorgan un mayor aporte de materia seca y agua para el ganado. Sin embargo el pastoreo sin prácticas de manejo durante más de un siglo y la actual sobrecarga superior al 90 % han provocado un deterioro de los sistemas pastoriles que ha afectado el funcionamiento sistémico de estos paisajes.

La forma en que se relacionan los elementos del paisaje en estas planicies está asociada a las características topográficas: las bajas pendientes dan lugar a que predomine la infiltración sobre el escurrimiento. Para ello contribuyen de distinta manera las relaciones entre los siguientes elementos del medio natural:

- A través de las diaclasas del sustrato rocoso, de origen volcánico, se produce la recarga de los acuíferos.
- La cobertura vegetal que en situación normal oscila entre el 40 y 60 %. Esto también favorece la infiltración sobre el escurrimiento.
- Los suelos originados en ceniza volcánica que poseen buena capacidad para retener la humedad.
- El manto de sedimentos gruesos (drift glacial) que cubre en parte estas planicies también contribuye a una mayor infiltración.
- Un alto porcentaje de la precipitación es de tipo nívea. Esto también ayuda a la infiltración.
- La altura media de estas planicies (1.500 m s.n.m.) ayuda a que el estrés hídrico de los meses de verano no sea tan alto como en cotas inferiores.

La interrelación de estos elementos y su dinámica tienen una consecuencia que está presente en estas planicies: los mallines. Dependiendo de las características del sustrato rocoso y la forma y grado de la pendiente, estos pueden localizarse en laderas, en planicies junto a los

arroyos o simplemente en pequeñas depresiones en las zonas planas. En ocasiones las planicies constituyen áreas de recarga de agua la que posteriormente aflora en las laderas de los valles formando mallines “colgantes”, tal como ocurre entre la meseta aledaña y el valle del Neuquén. La forma de movilizarse del agua subterránea hace que si existe una modificación en la zona de captación de agua tenga consecuencias en un paisaje que puede llegar a estar bastante distante. Esto es lo que ocurre aquí con la relación planicies – valle tal como se muestra en la figura N° 119.



Estas planicies llevan más de un siglo con carga ganadera prácticamente sin manejo ni controles de majadas. La permanente sobrecarga ha alterado el funcionamiento sistémico del paisaje al punto que en la actualidad muchas de estas funciones han sufrido un fuerte impacto y es evidente y que dadas las actuales condiciones entre los elementos del paisaje, éste está buscando un **nuevo sistema de relaciones**.

### Evaluación de campo en PA

Durante la salida de campo al área de Planicies altas se realizaron observaciones en diferentes puntos con el objetivo de analizar las evidencias sobre la degradación de tierras, y evaluar cómo afecta esta al funcionamiento de los paisajes. Esto sirve además para confrontarlos con los resultados de los algoritmos de teledetección aplicados en estos sitios:

**Punto PA 1** GPS 834: lat: 36° 52.171 ; Long : 70° 43.538 (Planicie Alta)

**Geoforma:** planicie cóncava (orientada al NO), topografía: fuertemente ondulada 8-16%, Orientación Oeste – Este.

**Suelo:** arena – limo con abundante pedregosidad, afloramiento rocoso: 2-10% (brecha volcánica), salinidad: no, Uso del suelo: pastoreo extensivo.

**Erosión:** hídrica laminar (moderada) y por cárcavas; pendiente: 25% aproximadamente. Datos de la cárcava: ancho borde superior: 6,10m; Ancho en la base: 2,3m; profundidad 0,75m.

**Vegetación:** herbáceo arbustiva *Stipa speciosa* (coirón amargo), *mulinum spinosum* (neneo), diversas *Poas* y *Festucas*. Cobertura 20%, altura máxima: 0,30-0,40 m especies arbustivas: *Fabiana imbricata* (palo piche), *Chuquiraga oppositifolia* (monte chirriador) entre otras. También se aparecen juncos (*juncus balticus*) como evidencia que en alguna época del año existe disponibilidad de humedad.

**Indicadores:**

**Erosión Hídrica:** pedestales y cárcavas: moderado

**Erosión eólica:** montículos: alta; deflación: alta; capa acorazada: alta

**Degradación de la cobertura vegetal:** invasoras: baja; ramoneo: alta; ausencia de forrajeras: alta

**Punto PA 2** GPS 835. Medición de una cárcava en ladera.

Ancho borde superior: 3 m; ancho en la base: 1,2m; profundidad 0,46m

**Punto PA 3** GPS 836. Centro mallín degradado.

Medida de la cárcava: ancho borde superior: 11,5 m; Ancho en la base: 4,6m; profundidad 1,10 m.

**Punto PA 4** GPS 837. Medición de cárcava en mallín seco, aprox. al NO del punto anterior.

En este sitio (al haberse degradado el mallín) se mezclan especies de típicas de mallín (junco) con los de la estepa (neneo). Medida de la cárcava: ancho borde Superior: 2,1 m; ancho en la base: 0,8 m; profundidad: 0,9m.





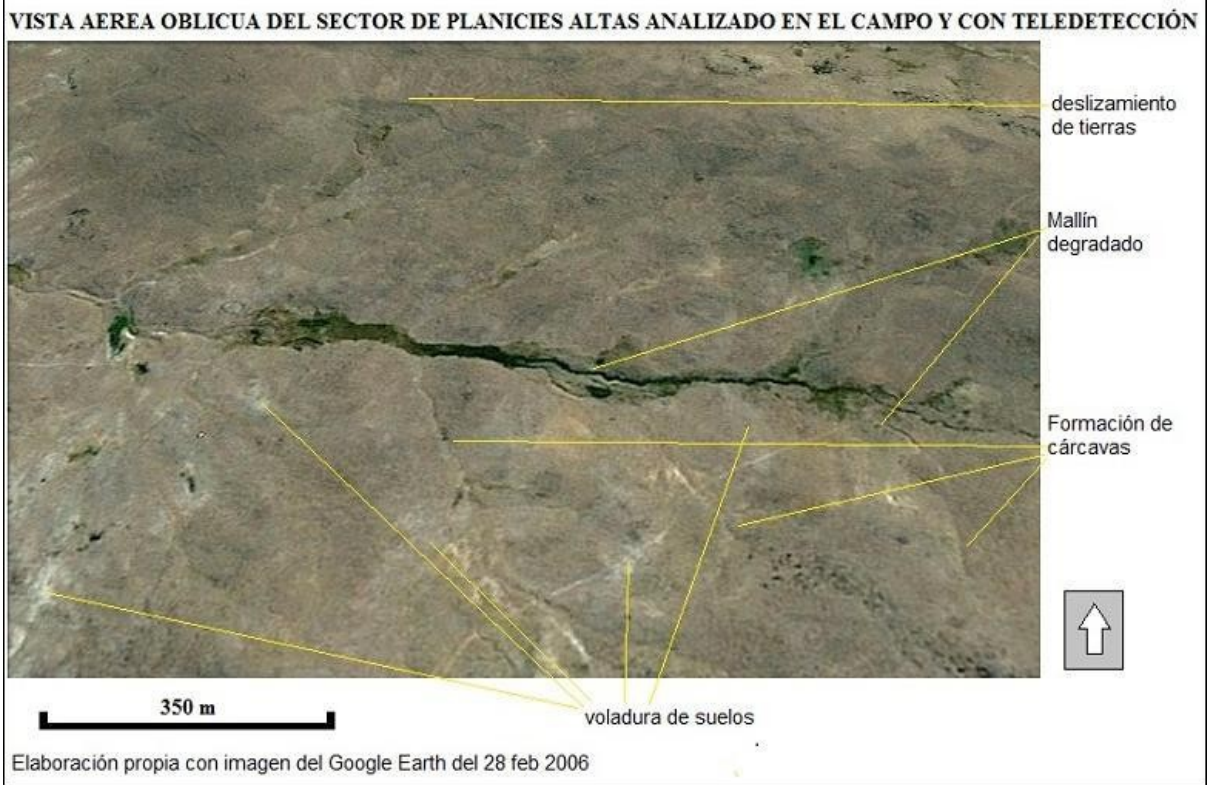
Fotografía N° 25. Un detalle de la superficie en las Planicies altas. Puede observarse, en el centro, una planta de neneo (*Mulinum spinosum*) con material fino a su alrededor (acumulación por efecto del viento) y una alta pedregosidad (capa acorazada o pavimento del desierto) producida por voladura de la fracción fina. Es notable la ausencia de especies con buena capacidad forrajera (*Poa* y *Festuca*).



Fotografía N° 26. Mallín degradado en sector de planicies altas (Punto PA 3 GPS 837). Puede verse la vegetación típica de estepa (neneo) conviviendo con otras como el junco, de ambiente más húmedo (mallín). Este proceso se observa cuando el mallín se degrada por perder su capacidad de retener la humedad por el descenso de la napa freática. El pisoteo de animales en la parte sin cobertura evidencia el permanente sobrepastoreo en estas superficies.



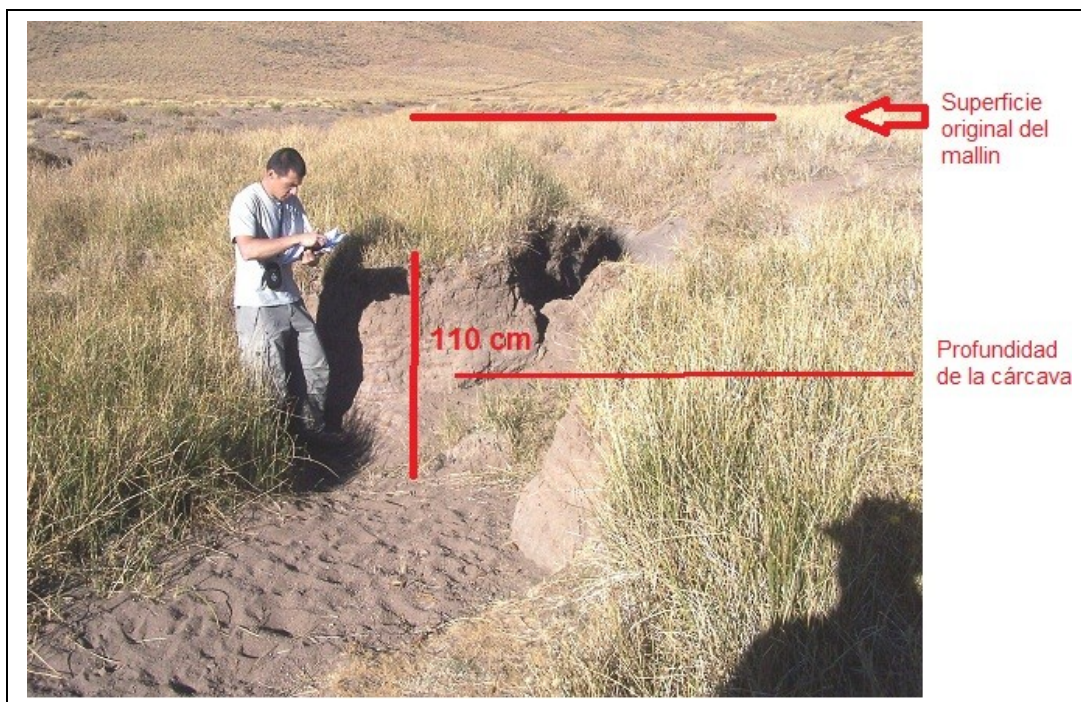
FIGURA N° 120



**Punto PA 5** GPS 839. Centro escorrentía mallín seco con erosión remontante. Se trata de un sitio donde en el pasado reciente se originaba un mallín. En la actualidad, dada la vegetación existente (de estepa) este mallín ha desaparecido.

Las evidencias recogidas durante la salida al terreno en estas planicies muestran que estas planicies se encuentran sometidas a un intenso sobrepastoreo. La **cobertura vegetal** original en estas planicies es de aproximadamente el 60% considerando las especies perennes (Movia et al., 1982). Este porcentaje puede variar dependiendo de la orientación, tipo de suelo, proximidad a algún curso de agua, la forma de la pendiente, etc. Sin embargo durante el recorrido por estas planicies pudo observarse que rara vez se llega a ese porcentaje de cobertura. Lo dominante es un 20 %, considerando incluido en el mismo a las especies anuales tales como *Bromus tectorum* (cebadilla), y otras.

Además de esto existe un cambio cualitativo de la vegetación por aumento de aquellas especies no palatables para el ganado y la aparición de varias anuales o invasoras como *Centaurea solstitialis*, *Centaurea calcitrapa* (abrepunños), *Xanthium spinosum* (abrojos), etc.



Fotografía N° 27. Mallín correspondiente al PA 836. El mallín a pesar que está muy degradado aun conserva parte de su vegetación típica (juncos) gracias a que en época invernal puede conservar algo de humedad en algunos sectores.

### **Piedemonte de planicies y terrazas fluviales y glaciofluviales con vegetación arbustivo herbácea (PV)**

Este grupo de paisajes ocupa una superficie de 24,80 km<sup>2</sup> lo que representa el 18.8 % del área analizada Varvarco – Invernada Vieja. Este paisaje está atravesado en sentido Norte – Sur por la Ruta Provincial N° 43 desde la que se accede a los distintos puestos localizados al Este (hacia el río Neuquén) y el Oeste de esta ruta. Ésta es la principal vía de comunicación del Departamento Minas.

Más de la mitad de la superficie de esta unidad de paisaje (51.8 %), está dominada por pendientes del rango entre el 7 y 15 %, las que se localizan mayormente en el sector Oeste de la unidad, en el frente rocoso o escarpe y la parte superior y media del pedimento de flanco. Las pendientes entre 0 y 3 % le siguen en importancia (23.5 %) las que se localizan principalmente en el sector Oeste de esta unidad y forman parte de las terrazas glaciofluviales y fluviales del valle del río Neuquén.

El sector superior de esta unidad, al Oeste de la ruta 43, forma parte de una antigua zona de deslizamientos rotacionales (González Díaz, 1998) que dieron lugar a la formación del actual frente rocoso, que constituye el límite Oeste de esta unidad con el de planicies altas.

En el frente rocoso y en las cotas superiores de la zona de pedimentos afloran numerosas vertientes que provienen de la planicie superior y que originan los mallines que luego drenan hacia el Este, hacia el río Neuquén (perfil A – B en imagen del Google Earth y esquema, figura N° 119). Donde existe pendiente estos mallines tienden a ser alargados o lineales y cuando el pequeño curso de agua llega a cotas inferiores en el sector de terrazas, adquiere una forma más irregular. La gran cantidad de mallines han aportado agua para el consumo humano y buenas pasturas para el ganado lo que ha dado condiciones ventajosas para los asentamientos humanos que se localizan a ambos márgenes de la ruta 43.

La capacidad de pastoreo de esta unidad es de 0,35 Unidades Ganaderas Ovinas (UGOs) por hectárea (CFI – COPADE, 1991), algo menos de la mitad respecto de las planicies altas. Esta notable disminución de la capacidad de pastoreo se debe a que existe una predominancia de la vegetación arbustiva sobre la herbácea. El cambio en el tipo y cantidad de cobertura vegetal respecto de las planicies altas es el resultado de: a) existe predominancia de mayores grados de pendiente, lo que favorece el escurrimiento superficial sobre la infiltración (menor humedad en el perfil edáfico); y b) las menores cotas respecto de las planicies aledañas (250 – 350 m) contribuyen al aumento de la temperatura y a una mayor evapotranspiración. Esta situación genera mayor estrés hídrico y como consecuencia de ello mejores condiciones para la vegetación arbustiva.

Las especies dominantes son *Fabiana imbricata* (palo piche) asociada con *Mulinum spinosum* (neneo) y *Colliguaya intergerrima* (coliguay) con una cobertura que originalmente era de 30 % más un 5 % correspondiente a especies anuales (Movia et al., 1982). Pero este tipo de vegetación, al estar tan sobrepastoreada durante más de un siglo, se ha visto reducida a coberturas que, en algunos sectores no llega siquiera al 10 %. Existen laderas y planicies donde las especies naturales han sido reemplazadas por *Centaurea calcitrapa* (abrepuño morado) y/o *Centaurea solstitialis* (abrepuño amarillo) como muestra la fotografía N° 28.



Originalmente las laderas y planicies que forman parte de esta unidad de paisaje estaban cubiertas por un manto de ceniza volcánica que prácticamente ha desaparecido por completo. Su exposición Este hace que se encuentre a sotavento de las planicies altas del Oeste y haya recibido las cenizas de los distintos volcanes localizados en la Cordillera y en Chile. Esta cubierta de ceniza que constituyó el material parental que formaron los suelos de esta unidad, en la actualidad ha desaparecido por completo, lo que significa una pérdida de los atributos del paisaje a partir del empobrecimiento del perfil edáfico.

La mayoría de los **mallines** de esta unidad han perdido su capacidad para retener la humedad a causa de la profundización de su napa freática. Esto significa, tal como se describió para las planicies altas, menor capacidad de retención de humedad y la disminución de su potencial forrajero por invasión de especies más xerofíticas.



Fotografía N° 28. En un sector del piedemonte puede verse como la vegetación originaria ha sido reemplazada por *Centaurea solstitialis* (abrepuño amarillo). El escalón de unos 80 cm. se debe al deslizamiento de estas tierras por descalce a raíz de la construcción de la ruta 43.

La imposibilidad para retener el agua proveniente de las vertientes superiores (o de lluvia y/o nieve) trajo como consecuencia un cambio en la estructura de los componentes del geosistema: al aumentar el aporte hídrico al mallín, también aumenta el caudal del cauce por donde éste drena. Esta nueva dinámica, combinada con las fuertes pendientes y la

disminución de la cobertura vegetal, trae como consecuencia una erosión hídrica muy activa, y la formación de una sucesión de cárcavas que están convirtiendo a algunas áreas en verdaderas superficies tipo **badlands** (fotografía N° 29). Esta situación se repite prácticamente en todos aquellos sectores donde la pendiente es superior al 3 – 5%.



Fotografía N° 29. En la parte superior de la fotografía puede observarse el borde de las planicies altas de donde procede el agua que proviene de la meseta. Los mallines prácticamente han desaparecido y el canal por donde drenan ha formado profundas cárcavas y dejado al descubierto la roca de base.

### **Evaluación de campo en PV**

A los efectos de evaluar el estado de la degradación en el campo con los indicadores propuestos por Stocking y Murnaghan (2003, detalles en capítulo I), se realizó una transecta en un sector de la zona de piedemonte y terrazas.

#### **Parada 1: Punto GPS 831 y 832 (terrazas altas del Río Neuquén)**

Pendiente de la planicie 7-8 %

Presencia de 2-3 niveles de terrazas muy antiguas (Río Neuquén) que podrían tener origen glaciofluvial. Esto explicaría la presencia de bloques de hasta 2 m de longitud entremezclados con cantos rodados más pequeños, todos con evidencia de modelado fluvial.

La vegetación predominante es del tipo arbustiva (palo piche) con algo de vegetación herbácea (muy ramoneada). La cobertura general es de un 10 % a lo que hay que sumar un 15 % de invasoras (*Centaurea solstitialis*). La vegetación se encuentra extremadamente degradada.

La superficie del suelo está dominada por bloques de hasta 30-40 cm. También se observan gravas, gravillas, arenas y limos. Tanto las arenas como los limos se localizan (por acción del viento) a sotavento de los bloques mayores o en los montículos alrededor de las pequeñas matas o pedestales.

**Medición de un perfil** transversal en sector con varias cárcavas paralelas o subparalelas. La orientación del perfil es Norte – Sur. La de las cárcavas Oeste – Este (aproximadamente)

Esta zona de cárcavas corresponde a un mallín muy degradado por erosión fluvial. Cárcavas paralelas o subparalelas han profundizado la superficie original.

El perfil comienza en punto GPS 833 (A): se miden 6,8 m hasta el borde superior de una cárcava (B) (pendiente -1 %). Hay juncos en distintos sectores (indica presencia de humedad en el perfil edáfico).

Desde el punto anterior (B) a la base de la cárcava (C): 4,8 m, pendiente -30%.

Desde el punto (C) hasta el otro extremo de la base de la cárcava (D): 9 m. En la base hay presencia de bloques y rodados con modelado fluvial. La base es plana.

Desde este último punto (D) a la parte superior (antigua superficie original del mallín) 2,1 m. (pendiente 100 %) (E).

Desde este último punto (E) prosigue un plano de 18,8 m hasta el comienzo de otra cárcava (F) (pendiente -3 %)

Desde el punto F se miden 1,9 m con una pendiente de -10% (G) hasta la base de esta nueva cárcava que aparentemente no es tan activa. Hay presencia de rodados de hasta 10 / 15 cm de diámetro y arena.

Desde (G) hasta el plano superior de la superficie original (H) se mide 4 m con una pendiente de 5%. En la parte superior se observan grietas de hasta 30 cm. de profundidad por contracción expansión de las arcillas de los suelos.

Desde (H) hasta el comienzo de una nueva cárcava (I) 1,5 m.

Desde (I) hasta la base de la nueva cárcava 2,1 m con -25 % de pendiente (J).

La base de la cárcava tiene un ancho de 0,5 m con rodados y arena. El extremo Sur de la base es el punto (K).

Desde (K) hasta la parte superior 2,5 m con pendiente de 25% (L). En el borde hay presencia de juncos.

Próximo a este punto, unos 5 m al Este, ha quedado como testigo un remanente de la antigua superficie de este mallín (fotografía N° 30).





Fotografía N° 30. Remanente de erosión que muestra la antigua superficie del mallín, hoy muy disectado por la presencia de varias cárcavas.

Prácticamente en el mismo lugar de L comienza una nueva cárcava. Se miden 2,2 m con una pendiente de 45%. Se llega al punto (M). La base de la nueva cárcava tiene unos 2 m, es plana y se la ve muy activa. Hay bloques y rodados “lavados” y presencia de arena. El otro extremo de la base de la cárcava es el punto (N).

Desde (N) se mide 5,5 m con una pendiente del 30% hasta la parte superior. Se llega al punto GPS 834 (Latitud: 36° 52,762'; Longitud: 70° 41,553') con pendiente prácticamente nula.

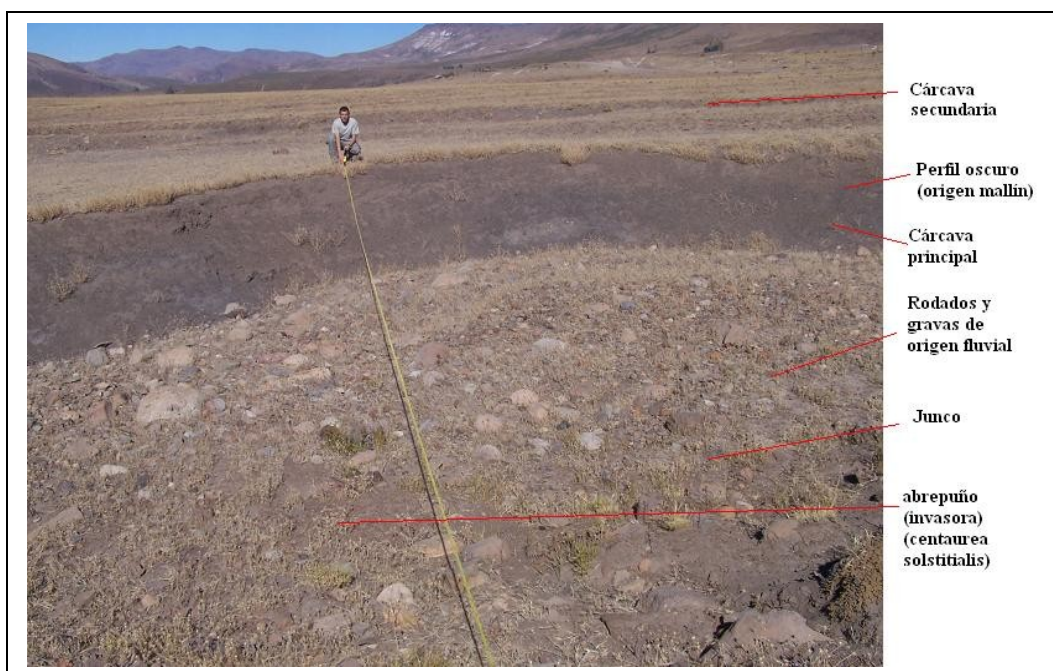
Al finalizar la transecta continúan algunas cárcavas incipientes, anchas y poco profundas, por donde corre el agua eventualmente. También hay pequeños regueros.





Fotografías N° 31 y 32. Bloques de la planicie próxima al sector donde se realizó la transecta con marcas del antiguo nivel de suelo. La pérdida por deflación en este sector es entre 20 y 35 cm.

Además de las observaciones realizadas en la transecta, durante varios recorridos por distintos sectores de este **grupo** de paisajes se observaron y analizaron la presencia de distintos indicadores de erosión como son: pavimentos del desierto (capa acorazada), rocas con marcas de antiguos niveles de suelo (rocas expuestas), acumulación en montículos alrededor de matas y acumulación de gravillas y arena a sotavento de la vegetación. Se completó la observación con estimaciones de la disminución de la cobertura vegetal, el reemplazo de las especies originales por otras invasoras, las áreas expuestas a deflación, y la remoción de del suelo por el tránsito del ganado (fotografías N° 34 a 39).



Fotografía N° 33. Medición para la realización de un perfil en sector con sucesivas cárcavas.

La ausencia de la capa superficial del suelo en estos sitios implica cambios en su composición que llevan a su empobrecimiento:

- Desaparece el horizonte “O” que es la capa que contiene la escasa materia orgánica que luego pasa a enriquecer los horizontes “A” y “B”.
- De estos dos últimos horizontes sólo queda parte del “A” reduciéndose a un perfil tipo A/C.

- Desaparece también por completo el manto de ceniza volcánica que favorece la fertilidad de estos suelos (aumenta la capacidad de intercambio catiónico) y retiene humedad.

Si se considera la relación sistémica de los elementos del paisaje **pre degradación** podría entenderse el funcionamiento inicial de este paisaje en los términos siguientes: un buen porcentaje de cobertura de vegetación, alrededor del 30 – 40 % o algo más, garantizaría una mayor infiltración y riqueza de las napas. Esto redundaría en una mejor calidad de los mallines que harían sus aportes de agua a través de un drenaje regulado hasta bien avanzado el verano o todo el año. Esta regulación era posible debido a que en su estado pre degradación no poseían el canal de drenaje que **acelera** el ingreso y egreso del agua al “sistema” mallín. Esta nueva dinámica, que no es otra cosa que una **nueva** relación sistémica, es lo que ha desatado la profundización de los cauces provenientes de las cotas superiores en su tránsito a su nivel de base local, las terrazas o el mismo río Neuquén.

La disminución de la cobertura vegetal original más el pisoteo, compactación y permanente tránsito del ganado han generado la desaparición de parte del suelo, precisamente la más rica en nutrientes. Podría decirse que de esta manera la erosión se potencia pues con mayor pobreza edáfica, es menor la cantidad y calidad de las especies que se desarrollan con estas nuevas condiciones. La figura N° 121 esquematiza de qué manera funcionaba el geosistema en estado pre-degradación y cómo lo hace en la actualidad.





Fotografías N° 34 a 39. Distintas evidencias de la degradación de tierras en el sector del grupo de paisaje PV. Foto 34: el alambrado divide un sector sin vegetación (callejón de arreo, a la izquierda) con otro con pasturas. Foto 35: detalle del suelo en callejón de arreo. Foto 36: el pisoteo del ganado remueve la capa superior del suelo y lo deja expuesto a los vientos. Foto 37: los fuertes vientos acumulan la fracción fina a sotavento de las matas de neneo. Foto 38: acumulación de material fino en torno a las matas. Foto 39: rocas en pedestal, otra evidencia de la antigua posición del suelo.

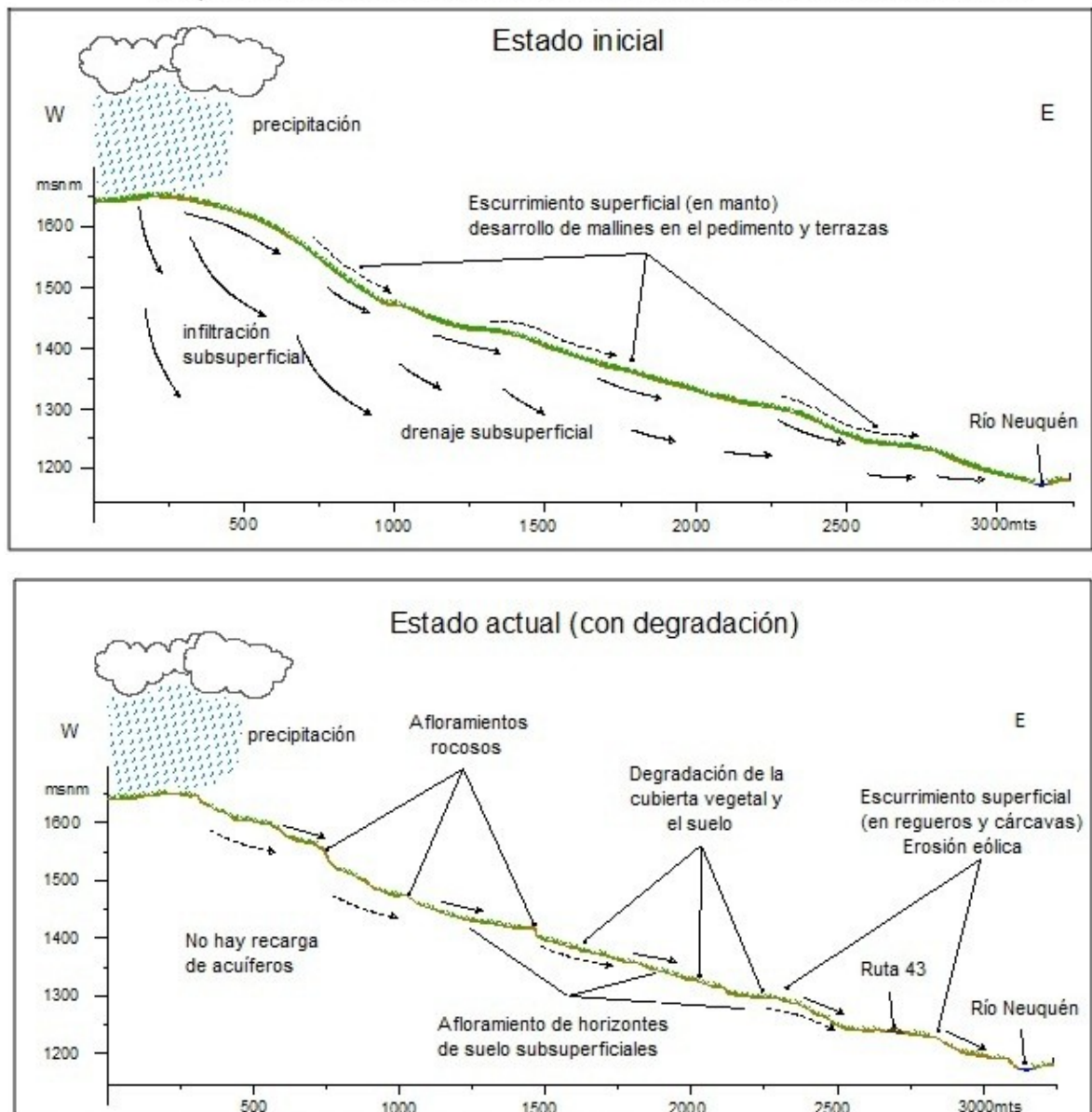
Ante esta situación parece más que obvio que habría que replantear el uso del suelo en este sitio. Ya se analizó al principio de este capítulo que para el área de invernada existe una sobre carga ganadera de un 92.7 %. Un cálculo aproximado de lo que ocurre en este grupo de paisajes nos da una idea que esta situación es similar o más compleja aún: de acuerdo con el plano catastral en esta unidad de paisaje se localizan unos 16 pobladores lo que arroja una superficie promedio de unas 155 hectáreas para cada uno. Si se tiene en cuenta que la capacidad de pastoreo de esta unidad es de 0,35 UGOs por Hectárea (CFI – COPADE, 1991), cada poblador estaría en condiciones de tener tan solo unas 55 Unidades Ganaderas Ovinas (UGOs). Debe recordarse que 1 caballo o mula equivale a 10 UGOs y un vacuno a 7 UGOs. Estas cifras son ampliamente superadas por lo que podría considerarse que al menos hay hasta 3 ó 4 veces más la cantidad de animales que esta unidad de paisaje puede admitir. El estado del paisaje es la mejor confirmación de esta hipótesis.

Una observación final sobre la degradación generada por el diseño de la ruta 43. Esta ruta atraviesa los pequeños cauces por donde drenan los mallines que provienen de las zonas altas. El diseño del alcantarillado ha contemplado unificar varios de estos cauces mediante la construcción de un canal paralelo a la ruta. Este diseño ha resultado incompatible con el ambiente pues lo que ha logrado es potenciar la capacidad erosiva del cauce aguas abajo de la alcantarilla. De esta forma se ha generado la reactivación de todas aquellas cárcavas a las que se ha incrementado artificialmente la superficie de su cuenca. Otro de los problemas está relacionado con los deslizamientos de tierras por descalce a raíz de la construcción de la ruta en zona de mallines, tal como puede verse en la fotografía N° 28.



FIGURA N° 121

ESQUEMA DE LAS TIERRAS DE INVERNADA VIEJA CON Y SIN DEGRADACIÓN



Fuente: elaboración propia. Adaptado de Ortiz Solorio M. et al. (1994). Digitalizó: P. Vettori.

**Relieve múltiple de colinas, lomas y valles con vegetación arbustivo herbácea (PL)**

Este paisaje se extiende sobre la margen izquierda del valle del río Neuquén y tiene una superficie de 39,25 km<sup>2</sup> (29,8 % de la superficie total del área Varvarco – Invernada Vieja). En este espacio se agrupa un conjunto de geoformas donde se destacan colinas, lomas, terrazas (de origen fluvial y glaciofluvial) y pequeños valles de arroyos que descienden desde la Cordillera del Viento y que son afluentes del Neuquén. También existen numerosos mallines originados en las vertientes y los cursos de agua que provienen desde los sectores

más altos. Aquí también atraviesa con dirección Norte – Sur la ruta N° 39 desde donde se accede a los numerosos puestos que se localizan a un lado y otro de esta ruta, mucho menos transitada que la 43.

Las pendientes predominantes (cuadro N° 34) son las del rango 7 – 15 % (28,47 km<sup>2</sup>, 44,5 % de la superficie del grupo de paisajes) mientras que las del rango 0 y 7 % suman el 43.6 % de la superficie (27,92 km<sup>2</sup>). Por lo general las pendientes más fuertes se localizan al Este de esta unidad y en el sector Oeste, más próximo al río Neuquén se encuentran las pendientes más suaves coincidiendo con la zona de terrazas.

La génesis geólogo-geomorfológica tan heterogénea de esta unidad (ver cuadro estratigráfico, “flanco oriental”, cuadro N° 32) ha promovido una diversidad de suelos donde aparecen como predominantes los Argixeroles vérticos y Haploxeroles énticos y como subordinados Pelloxerertes crómicos. Se estima como densidad de ocupación óptima para estas tierras la de 0,4 UGOs por Ha. (CFI – COPADE, 1991).

La vegetación es del tipo arbustivo – herbácea en los faldeos más bajos. Pero a medida que aumenta la cota se vuelve menos arbustiva y más herbácea. Está compuesta por una asociación de palo piche (*Fabiana imbricata*), *Mulinum spinosum* (neneo), Coliguay (*Colliguaya integerrima*), huingán (*Schinus montanus*), Malaspina (*Trevoa patagónica*) con manchones de *Chuquiraga oppositifolia*. Próximo a los arroyos Guaraco Norte, Manchana – Co y Colomichico, es común encontrar *Berberis buxifolia*, *Maytenus boaria*, *Chacaya trinervis* y *Buddleja globosa*. Entre las anuales abunda *Madia sativa* (madi), *Erodium cicutarium* (alfilerillo), etc. “Abundan faldeos extremadamente pastoreados, donde sólo pueden verse densas poblaciones de *Centaurea calcitrapa* y/o *Centaurea solstitialis*” (Movia et al., 1982 pág. 21).

Durante los recorridos para evaluar el estado de la degradación de las tierras pudieron verse algunas laderas con el color amarillento que le otorga la primera de estas Centaureas. En los sectores muy sobrepastoreados la cobertura de la vegetación no llega al 5% dejando al suelo totalmente desprotegido de la acción del agua y el viento.

Estas tierras están destinadas casi en forma exclusiva a la ganadería extensiva. De acuerdo al plano de catastro unos 15 pobladores tienen sus puestos en esta unidad de paisaje. Un cálculo promedio arroja un valor de unas 262 hectáreas para cada predio; entonces si se considera el valor de capacidad de carga ganadera de este lugar (0,4 UGOs/Ha.), resulta que a cada parcela le correspondería solamente unos 105 UGOs. Según los datos de los sucesivos relevamientos de campo realizados (y la información de informantes clave) esta cifra es ampliamente superada.



Fotografía N° 40. Un sector con deflación en la zona de terrazas en Relieve múltiple de colinas, lomas y valles con vegetación arbustiva herbácea. Puede verse la concentración de gravas (capa acorazada) como resultado de la voladura de la fracción fina.

### **Evaluación de campo en PL**

Punto GPS 841 (**PL 1**) Latitud: 36° 54.219 ; Longitud: 70° 40.582

Invernada Vieja al E del río Neuquén (frente a la antena), sitio elegido: al lado del camino secundario, terraza media del río Neuquén.

Cobertura de la vegetación: 5 % especie predominante: neneo. Corresponde a un área con deflación. La superficie del suelo presenta capa acorazada.

Geoforma: terraza fluvial, topografía: plana – 0-2%, Orientación Oeste.

Suelo (textura): arcillo-limoso, pedregosidad: 3-15% (muy pedregoso), salinidad : no, Uso del suelo: pastoreo extensivo



Vegetación: herbáceo arbustiva, cobertura 5-10%, Altura máxima: 1,5m, especies: palo piche, neneo, bromus y efímeras.

Indicadores:

**Erosión hídrica:** pedestales: alta; regueros: baja, cárcavas: baja

**Erosión eólica:** montículos: alta; deflación: alta; capa acorazada: alta

**Degradación de la cobertura vegetal:** invasoras: alta; ramoneo: alta; forrajeras Baja

Punto GPS 842 (**PL 2**) Latitud: 36° 54.079 ; Longitud: 70° 39.391

Geoforma: ladera de valle Manchanaco; pendiente: 15%; Orientación Norte.

**Suelo (textura):** areno – limoso; afloramientos rocosos: muy rocoso (30%); uso suelo: pastoreo extensivo.

**Erosión:** en cárcavas. Se midieron dos cárcavas de 80 cm. de ancho x 30 cm. de profundidad y 40 cm. en la base distancia entre cárcavas: 6.6 m

**Vegetación:** herbáceo – arbustiva, cobertura 40 %; alt. 1,2 m; Especies: palo piche, efedra (yaqui); neneo; efímeras; bromus. Predomina lo arbustivo, lo herbáceo ha sido degradado por el ganado. Quedan algunas especies muy ramoneadas.

Indicadores:

**Erosión Hídrica:** Baja en cárcavas, regueros y pedestales.

**Erosión eólica:** montículos y deflación (media) y capa acorazada alta

**Degradación de la cobertura vegetal:** presencia de invasoras y forrajeras baja; ramoneo: alta.

Punto GPS 843 (**PL 3**) Latitud: 36° 54.133; Longitud: 70° 39.395

Geoforma: parte superior de una colina (divisoria de aguas); pendiente: 2-8 %; orientación: Oeste.

Suelo (textura): areno – limoso; muy rocoso (25 – 50 %); uso del suelo: pastoreo extensivo

Erosión: erosión hídrica, laminar y en cárcavas. Se midieron dos cárcavas con los siguientes datos:

Caso 1: ancho superficial: 1,7 m; base: 0,6 m; profundidad: 0,4 m.

Caso 2: ancho superficial: 2,4 m; base: 1,4 m; profundidad: 0,3 m.

Vegetación: herbáceo – arbustiva con 10 – 15 % de cobertura; altura: 0,8 m. Especies: palo piche, neneo, yaqui.

Indicadores

**Erosión hídrica:** cárcavas (alta); regueros (baja); pedestales: (media)

**Erosión eólica:** alta para montículos, deflación y capa acorazada

**Degradación de la cobertura vegetal:** presencia de invasoras y cobertura de forrajeras: baja; ramoneo de plantas: alto.

Punto GPS 844 (**PL 4**) lat: 36° 54.183 ; Long : 70° 39.400

Geoforma: ladera de colina de tipo convexa; pendiente: 20 – 25%. Orientación: Sur

Suelo (textura): limo – arenoso. 10 – 25 %, rocosidad en superficie. Uso suelo: pastoreo extensivo.

Erosión: regueros y pequeños surcos.

Regueros:

Caso 1: ancho: 260 mm; Profundidad: 60 mm.

Caso 2: ancho: 150 mm; Profundidad: 60 mm.

Caso 3: ancho: 350 mm; Profundidad: 120 mm.

Vegetación: herbáceo – arbustiva, cobertura 60 % Altura: 1,5 m. Especies: palo piche (dominante) Neneo, yaqui (esporádica). Evidencia de extracción de leña.

A 150 m al sureste (en fondo de un pequeño valle) mallín muy degradado.

Indicadores:

**Erosión hídrica:** cárcavas y pedestales (bajo) y regueros: alto

**Erosión eólica:** montículos y deflación: bajo; capa acorazada, alto

**Degradación de la cobertura vegetal:** invasoras y ramoneo: medio; cobertura de forrajeras: bajo.



Fotografía N° 41 y N° 42. La fotografía de la izquierda corresponde a un sector de divisoria de agua (punto PL 3). Puede verse muy baja cobertura de vegetación (10 – 15 %), pedregosidad por deflación y la formación de una incipiente cárcava. En la fotografía de la derecha una cárcava muy activa como resultado del aumento de la pendiente en el punto (PA 4).

La disminución de la cobertura vegetal por sobrepastoreo desencadenó el equilibrio existente entre los componentes del geosistema. Del porcentaje original de alrededor del 40 – 50 % se ha pasado a uno que oscila entre 5 y 25 %. Este cambio en la relación entre dos componentes del geosistema, vegetación – suelo, ha afectado al funcionamiento de la totalidad del sistema que está buscando un nuevo equilibrio a partir del resultado de otra forma de relación geosistémica, más empobrecida, ante la pérdida de los atributos originales de sus componentes.

La disminución de la cobertura crea las condiciones para que haya menos infiltración, deja al suelo expuesto a los vientos y a la erosión hídrica. Las evidencias observadas en este sector de planicies muestran muy claramente esta situación: sectores de acumulación de material fino junto a las matas, voladura de la fracción fina entre mata y mata (pavimento del desierto), formación de regueros y cárcavas. Durante la transecta entre los puntos PL 1 a PL 4 también se observaron en estado de muy degradadas a las especies palatables por el ganado (*poas* y *festucas*) y la presencia de especies invasoras (*Centaurea calcitrapa* y/o *Centaurea solstitialis*).

Otro aspecto común a los dos grupos de paisajes anteriores (PA y PV) es el estado de degradación de los mallines producto de la formación del clásico cauce en su sector medio que produce el descenso de la napa freática y como consecuencia de esto, la pérdida de capacidad para retener humedad. Sin embargo una mirada de conjunto a toda esta unidad

otorga la impresión de que el estado de degradación respecto a las otras unidades (PA y PV) no sería tan grave.



Fotografías N° 43 y 44. En la fotografía de la izquierda puede verse la acumulación de material fino en torno a las matas. En algunos casos se ha medido hasta 30 cm. de acumulación por sobre el nivel del suelo. A la derecha, (al centro) una pequeña mata de neneo, muy degradada, con la acumulación de material fino a su alrededor que se extiende hacia la parte inferior de la fotografía donde puede observarse una especie arbustiva seca.

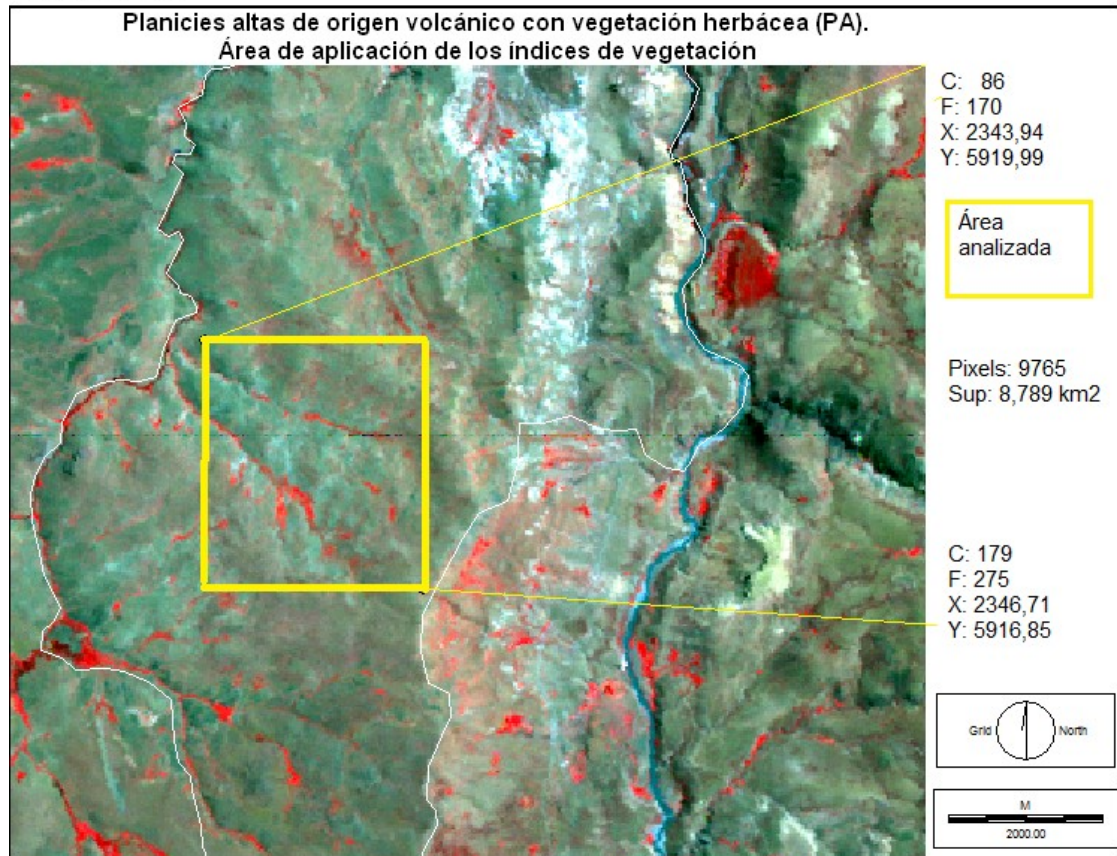
### **Resultados de la aplicación de algoritmos de teledetección en los distintos grupos de paisajes.**

Para analizar los resultados de la aplicación de los índices de vegetación se tomaron como referencia al NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) por tratarse de uno de los algoritmos más usados universalmente y cuyos resultados en general, son bastante conocidos. Se han utilizado además el SAVI, el PVI y el Transformation Tasseled Cap (Verdor), cuyas particularidades, alcances y forma de calcularse se han comentado en el Capítulo I.

Para llevar cabo esta tarea en primer lugar se seleccionó un sector que coincide con el área donde se realizaron las observaciones de campo en cada uno de los grupos de paisaje. En las imágenes siguientes se detalla en un recuadro cada uno de los sitios para la aplicación de los índices de vegetación con los datos referidos a sus coordenadas planas y las filas y columnas de la imagen original.

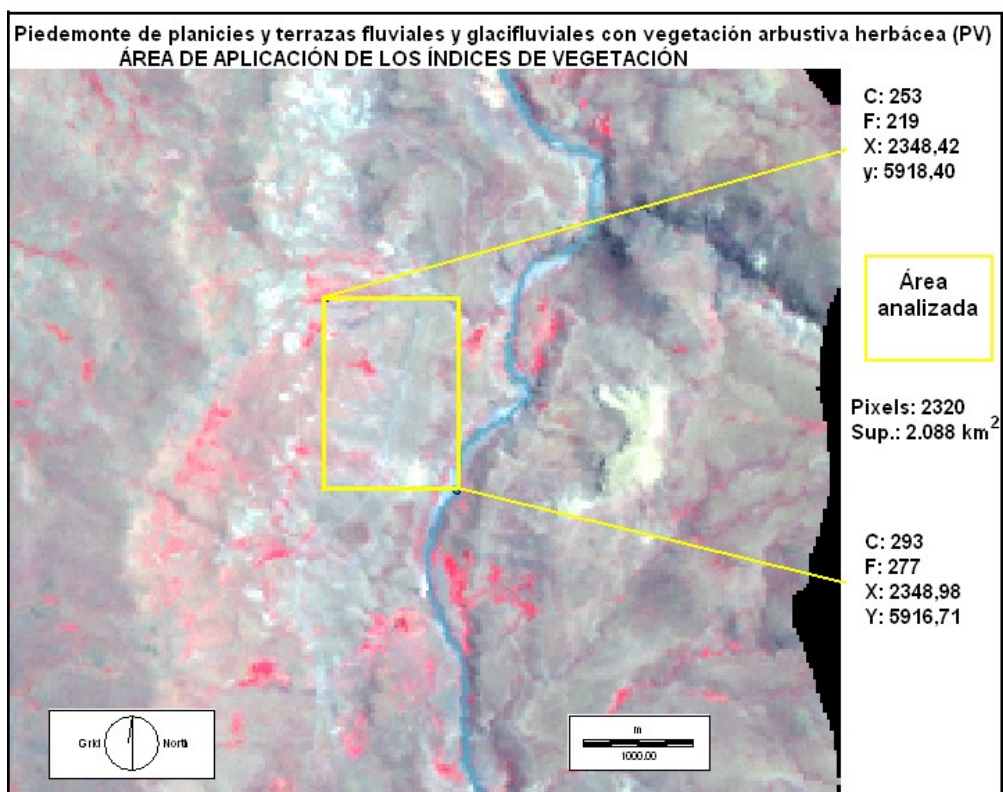


FIGURA N° 122



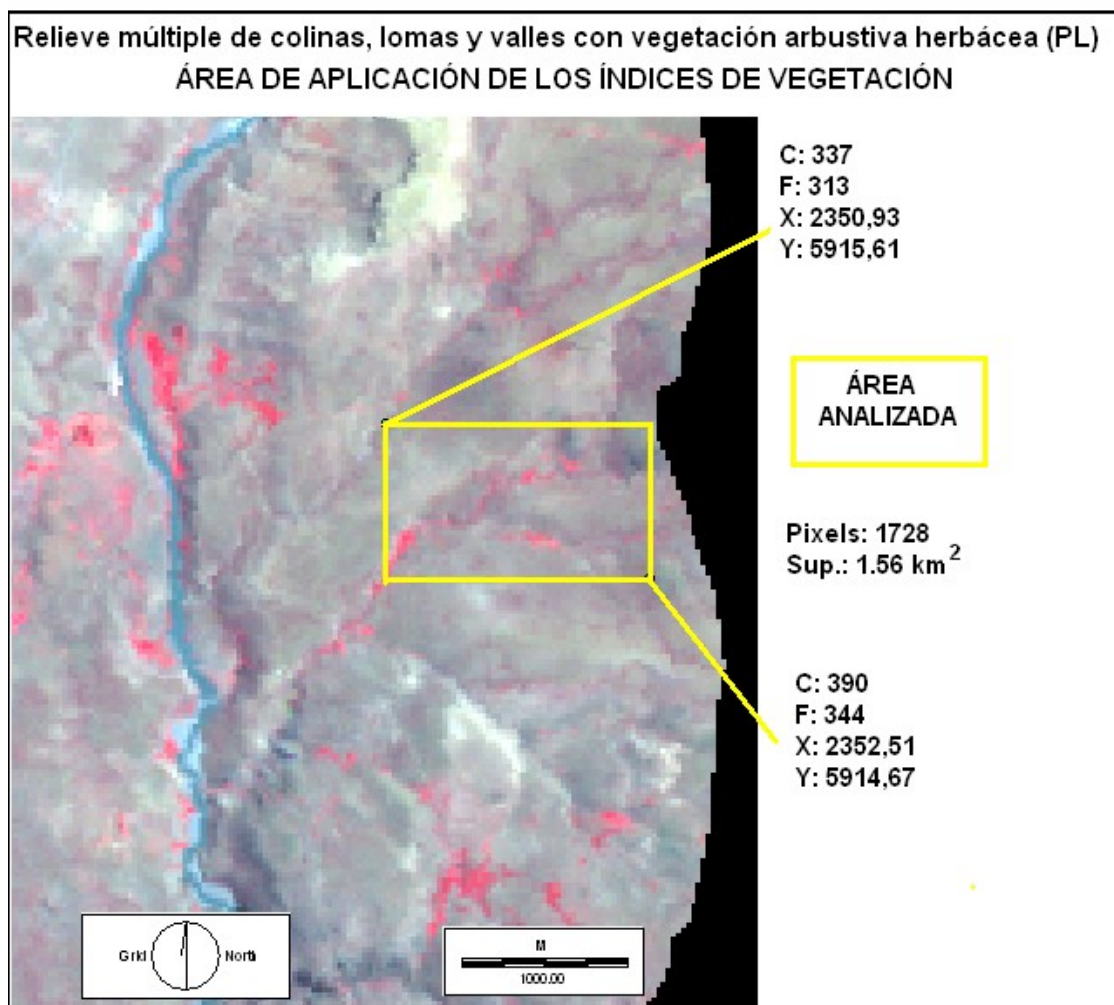
Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM procesadas con programa Idrisi.

FIGURA N° 123



Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM

FIGURA N° 124



Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM

Los máximos, mínimos, el promedio y el desvío estándar de la aplicación de los distintos índices en cada uno de los paisajes analizados (PA, PV y PL) se detallan en los cuadros siguientes:

CUADRO N° 36

**ÍNDICES DE VEGETACIÓN. VALORES OBTENIDOS PARA PAISAJE PA**

	NDVI	SAVI	PVI	Verdor
<b>Mínimo</b>	-0.3533	-0.1272	31.3568	-76.6633
<b>Máximo</b>	0.2552	0.0771	82.6387	3.0371
<b>Media</b>	-0.2382	-0.0772	41.9179	-57.1738
<b>Desvío St</b>	0.0669	0.0211	5.2062	9.0685

Fuente: elaboración propia

**CUADRO N° 37****ÍNDICES DE VEGETACIÓN. VALORES OBTENIDOS PARA PAISAJE PV**

	NDVI	SAVI	PVI	Verdor
<b>Mínimo</b>	-0.4400	-0.1336	19.8474	-94.7492
<b>Máximo</b>	0.3750	0.1126	90.3618	16.2478
<b>Media</b>	-0.2455	-0.0842	45.6403	-63.9025
<b>Desvío St</b>	0.0547	0.019	5.3888	8.4319

Fuente: elaboración propia

**CUADRO N° 38****ÍNDICES DE VEGETACIÓN. VALORES OBTENIDOS PARA PAISAJE PL**

	NDVI	SAVI	PVI	Verdor
<b>Mínimo</b>	-0.3103	-0.0977	22.2986	-66.5858
<b>Máximo</b>	0.3793	0.1153	96.3576	17.3818
<b>Media</b>	-0.2188	-0.0637	39.5142	-50.5301
<b>Desvío St</b>	0.0655	0.0205	5.8696	8.3287

Fuente: elaboración propia

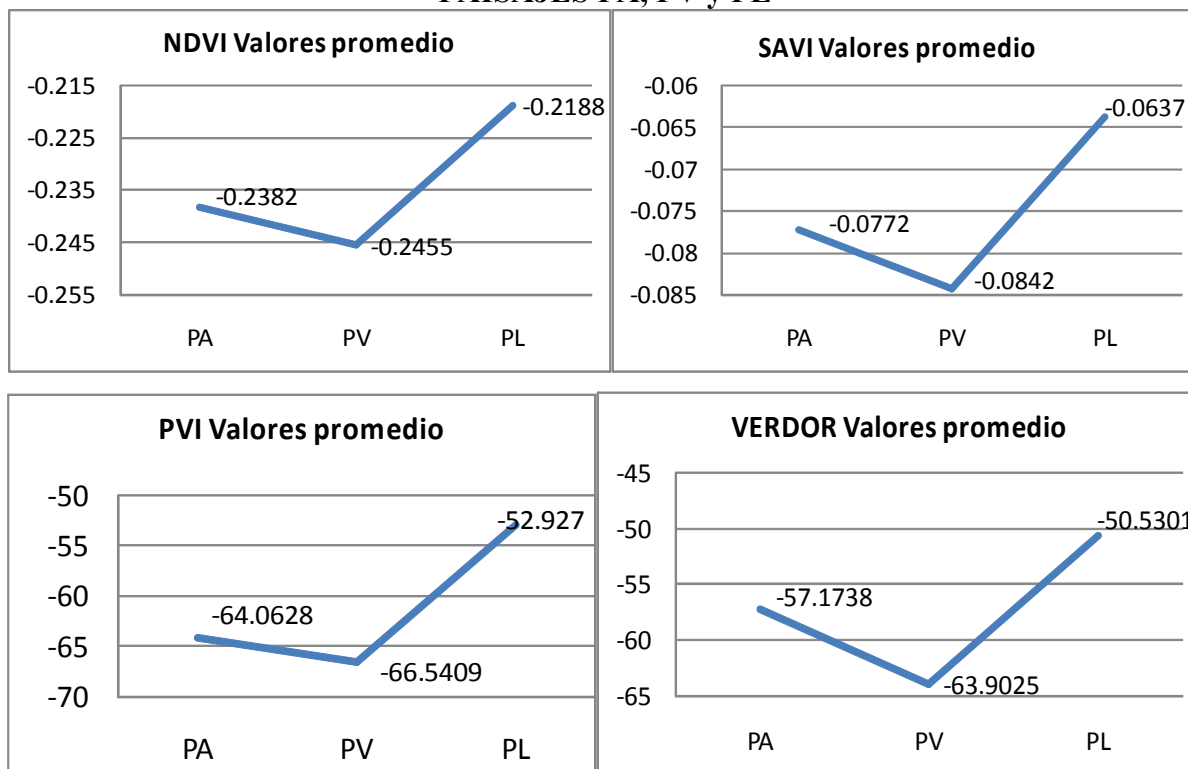
En general puede decirse que los cuatro índices utilizados han mostrado una buena adaptación a lo observado en el campo, pero con algunas particularidades referidas a cómo reflejan las condiciones que fueron observadas en el campo y de qué manera responden ante la presencia de algunos elementos del paisaje, por ejemplo las áreas con mallines, muy comunes en estos ambientes. Tomado como medida el NDVI, todos los índices han dado una muy buena correlación (ver los gráficos en el anexo final), con valores que oscilan entre 0,81 y 0.98.

Los valores de cobertura vegetal obtenidos indican como más degradado al paisaje PV, le sigue el PA y en mejores condiciones relativas el PL. Esto coincide con lo visto en el terreno donde PV y PL son los paisajes más y menos deteriorados respectivamente. En los gráficos siguientes se representa la variación promedio en cada uno de los paisajes de los índices utilizados. Todos tienen la misma tendencia, pero con diferencias en cómo se amplían esas diferencias.



**FIGURA N° 125**

**APLICACIÓN DE LOS ÍNDICES DE VEGETACIÓN EN LOS GRUPOS DE PAISAJES PA, PV y PL**



De todas maneras cabe recordar que para cada paisaje se han monitoreado áreas representativas que pueden diferir de la realidad en la que se encuentra la totalidad de la unidad de paisaje. Sin embargo dada la coincidencia de los índices con lo observado en el terreno, puede considerarse como bastante satisfactoria la respuesta para analizar la degradación de tierras a través de estos algoritmos de teledetección.

Si bien los cuatro índices han coincidido en su respuesta para evaluar los tres paisajes, llama la atención algunas diferencias entre ellos sobre cómo resaltan o minimizan algunos elementos del paisaje. Esta situación obliga a detenerse a analizar sobre la manera de evaluar las particularidades del paisaje cuando se utilizan estos (u otros) índices de vegetación. En las zonas áridas la cantidad y calidad de los mallines o humedales (con abundante vegetación) pueden incidir sobre los resultados obtenidos.

Para representar esta situación se utilizaron dos cortes de las imágenes del área de Varvarco – Invernada Vieja, uno de estepa pura (vegetación herbáceo - arbustiva degradada, **sin mallín**) y otro corte incluyendo estepa **con un sector de mallín**. Los mismos fueron tratados con los

cuatro índices utilizados a los efectos de evaluar la respuesta de éstos en dichas áreas. Se obtuvieron los resultados siguientes:

**CUADRO N° 39**

**ÍNDICES DE VEGETACIÓN. VALORES OBTENIDOS AREA ESTEPA / MALLÍN**

	NDVI	SAVI	PVI	Verdor
Mínimo	-0.2933	-0.0921	-67.8157	-64.4706
Máximo	0.2683	0.0706	-4.9462	3.4433
Media	-0.168	-0.0506	-49.1673	-46.7224
Desvío St	0.1166	0.0344	12.7035	13.4842

Fuente: elaboración propia

**CUADRO N° 40**

**ÍNDICES DE VEGETACIÓN. VALORES OBTENIDOS AREA DE ESTEPA PURA**

	NDVI	SAVI	PVI	Verdor
Mínimo	-0.3533	-0.1272	-33.4365	-82.6561
Máximo	-0.0685	-0.0208	-23.9496	-34.2853
Media	-0.2901	-0.0953	-26.9784	-66.1605
Desvío St	0.0301	0.0123	1.2538	5.7512

Fuente: elaboración propia

Posteriormente se analizaron los mínimos y máximos obtenidos en ambos casos para conocer la diferencia entre ellos en los dos ambientes estudiados. Para hacer más sencillo dicho cálculo, se llevó el mínimo de todos los índices al valor 0 (cero). De esta forma se obtienen los resultados siguientes:

**CUADRO N° 41**

**ÍNDICES DE VEGETACIÓN ESTEPA MALLÍN  
VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS**

	NDVI	SAVI	PVI	Verdor
Mínimo	0	0	0	0
Máximo	0.5616	0.1627	62.8695	67.9139

Fuente: elaboración propia

**CUADRO N° 42**

<b>ÍNDICES DE VEGETACIÓN ESTEPA PURA VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS</b>				
	<b>NDVI</b>	<b>SAVI</b>	<b>PVI</b>	<b>Verdor</b>
<b>Mínimo</b>	0	0	0	0
<b>Máximo</b>	0.2848	0.1064	9.4869	48.3708

Fuente: elaboración propia

Con estos cuadros se analizó de qué manera reflejan las diferencias entre los dos sectores estudiados. Por último se construyó el cuadro N° 43 donde se muestra cuál es el incremento de cada índice en las dos áreas testigos utilizadas.

**CUADRO N° 43**

**INCREMENTO (%) ENTRE EL MÍNIMO Y MÁXIMO DE LOS ÍNDICES  
UTILIZADOS EN DOS ÁREAS DIFERENTES (CON Y SIN MALLÍN)**

<b>NDVI</b>	<b>SAVI</b>	<b>PVI</b>	<b>Verdor</b>
97.19	52.91	662.7	40.4

Fuente: elaboración propia

En este último cuadro puede verse cómo el PVI ha registrado un incremento de más 6,5 veces cuando existen mallines, el NDVI casi lo duplica mientras que el SAVI y el Verdor tienen incrementos más moderados, en particular este último.

Este análisis indica que al utilizar estos índices es preciso tener en cuenta las particularidades de cada lugar aunque con marcadas diferencias si se incluyen mallines o no o algún otro elemento que puede comportarse de manera similar. En este sentido es muy valioso el aporte del SAVI y el PVI ya que restringen la respuesta espectral a lo estrictamente relacionado con la vegetación eliminando la influencia del suelo (aunque con llamativas diferencias si se incluyen áreas con mallines). El NDVI y el Verdor han mostrado también su eficacia para diagnosticar el estado de la vegetación pero también con respuestas espectrales bastantes diferentes según se incluyan mallines o no.

Para estimar la superficie afectada por la degradación en los distintos paisajes se tomaron los resultados de uno de los índices, el NDVI y se consideró el porcentaje de la cobertura de vegetación existente en cada uno de los tres grupos de paisajes estudiados:

- Planicies altas (PA) 50 – 60 %
- Piedemonte de planicies y terrazas fluviales (PV) 30 – 35 %
- Relieve múltiple de colinas, lomas y valles (PL) 40 %

Teniendo en cuenta estos tipos de cobertura para cada grupo de paisajes, se estableció para estos paisajes, cuál es la respuesta del NDVI en aquellos sectores donde la vegetación se encuentra en un buen estado, es decir lo más aproximado a un estado ideal de conservación. De esta forma se estableció un valor mínimo de NDVI a partir del cual puede considerarse que existe degradación y otro, inferior como muy degradado. Los valores del NDVI establecidos para cada grupo de paisaje son los siguientes:

**CUADRO Nº 44**

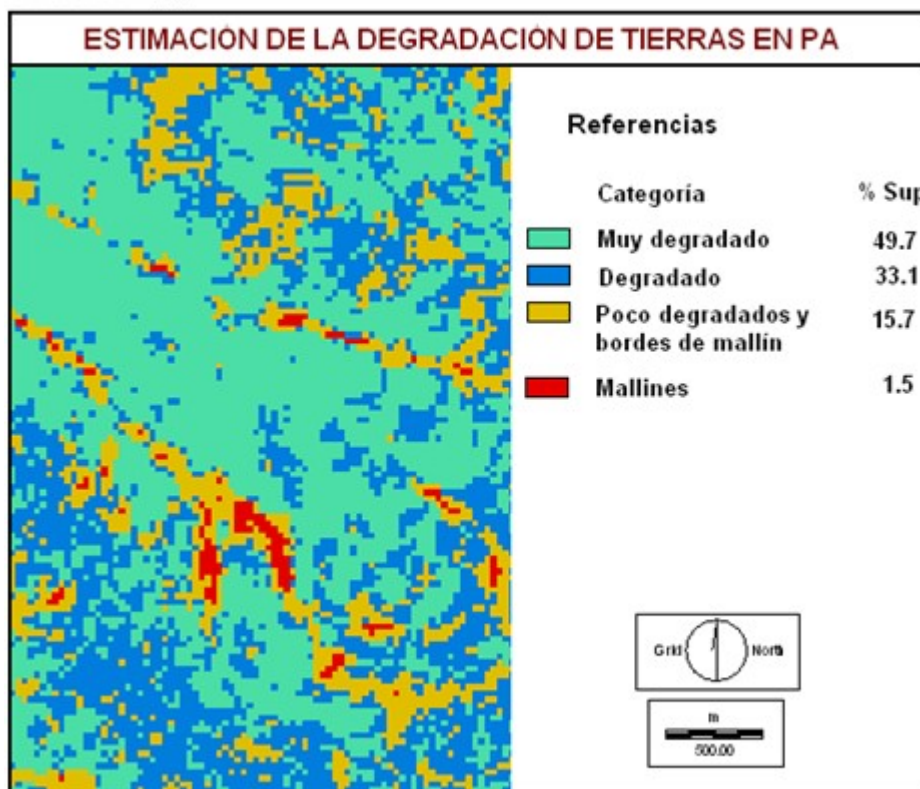
**RANGO DE VALORES DE NDVI CONSIDERADO PARA CADA GRUPO DE PAISAJE**

Clase/ Paisaje	PA	PV	PL
<b>Mallines</b>	<b>0 a 0.4</b>	<b>0 a 0.4</b>	<b>0 a 0.4</b>
<b>Poco degradado y bordes de mallín</b>	<b>-0.21 a 0</b>	<b>-0.215 a 0</b>	<b>-0.22 a 0</b>
<b>Degradado</b>	<b>-0.25 a -0.21</b>	<b>-0.255 -0.215</b>	<b>-0.26 -0.22</b>
<b>Muy degradado</b>	<b>-0.4 a -0.25</b>	<b>-0.5 a -0.255</b>	<b>-0.4 a -0.26</b>

**Fuente: elaboración propia**

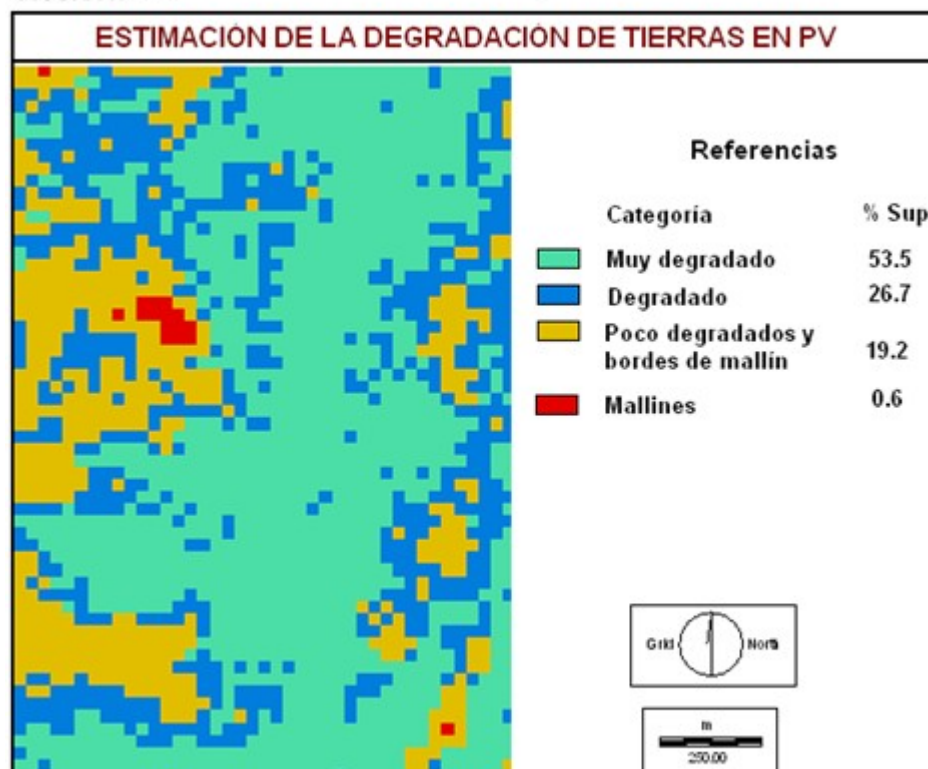
De esta forma se obtienen las siguientes imágenes donde se detalla el porcentaje de superficie asignada para cada categoría.

FIGURA N° 126



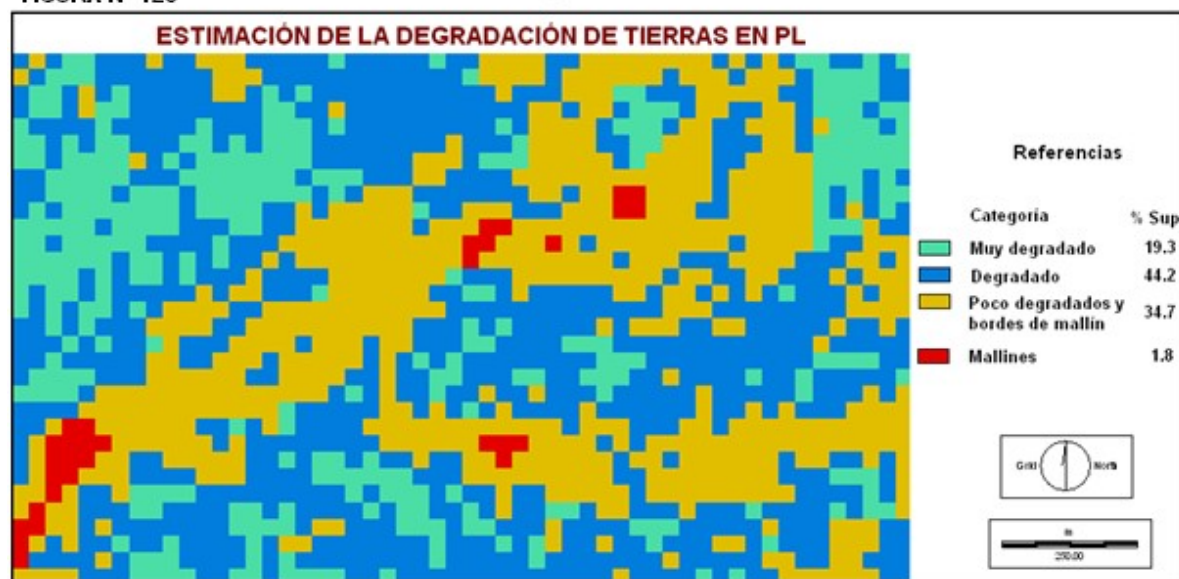
Fuente: elaboración propia con imágenes landsat procesadas con Idrisi

FIGURA N° 127



Fuente: elaboración propia con imágenes landsat procesadas con programa Idrisi

FIGURA N° 125



A partir de estos porcentajes, se extrapolaron a la totalidad de la superficie de cada paisaje obteniéndose los valores del cuadro siguiente.

CUADRO N° 45

VARVARCO - INVERNADA VIEJA. ESTIMACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE TIERRAS

Clase	PA		PV		PL	
	Sup (km <sup>2</sup> )	%	Sup (km <sup>2</sup> )	%	Sup (km <sup>2</sup> )	%
Muy degradado	33.64	49.7	13.27	53.5	7.58	19.3
Degradado	22.41	33.1	6.62	26.7	17.34	44.2
Poco degradado	10.62	15.7	4.76	19.2	13.62	34.7
Mallines	1.02	1.5	0.15	0.6	0.71	1.8
Totales	67.69	100.0	24.80	100.0	39.25	100.0

Fuente: elaboración propia

Los resultados obtenidos muestran que el paisaje PV y el PA son los que aparecen como más degradados, situación que coincide con las observaciones de campo y muestra la magnitud del problema relacionado con la degradación de las tierras. Esto además coincide con los resultados del NDVI, el SAVI y el Verdor. Sumando las categorías “muy degradado” y “degradado” de los paisajes PA y PV superan el 80% de sus tierras y más del 60% para el paisaje PL. Cabe aclarar que en la clase “muy degradado” es posible que hayan quedado



incluidos algunos afloramientos rocosos que no necesariamente deben considerarse como tales. Sin embargo la incidencia de estos es mínima.

Más allá que el límite para cada clase pueda ajustarse en más o en menos y puede ser objetado, una pequeña variación no cambiaría sustancialmente estos cálculos. Los valores obtenidos muestran la realidad que se observa en estos paisajes, donde se evidencia que la relación sistémica entre los elementos del paisaje ha sufrido una importante transformación y el paisaje está buscando un nuevo punto de equilibrio, a partir de la variación cualitativa y cuantitativa de los elementos del geosistema.

En esta sección se han incluido sólo algunas imágenes y algunos cuadros de las áreas seleccionadas para aplicar los índices de vegetación y un análisis sobre los resultados obtenidos. Las imágenes procesadas, sus respectivos histogramas de frecuencia, los índices de correlación entre imágenes y demás información estadística, se agregan en un anexo al final de la tesis.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este espacio lleva 150 años de permanentes transformaciones. Las sociedad, como integrante del geosistema “tienen la capacidad de adaptarse al mismo – al igual que los restantes seres vivos – pero también para **transformarlo** en un grado muy superior al de los restantes seres vivos con la creciente capacidad tecnológica de las últimas décadas” (Cáncer, 1999). Por lo tanto, la sociedad como motor fundamental en la dinámica de los paisajes del Norte neuquino, lo fueron transformando a lo largo de su corta historia, afectando la compleja trama de relaciones entre los componentes naturales y sociales.

“El impacto del hombre en el sistema natural resulta de la organización social adoptada, y de un esquema de valores, sintetizadas como una categoría de racionalidad ambiental” (Leff, 1994). Es obvio que la categoría “racionalidad ambiental” aludida por Leff tiene una impronta muy débil en estos paisajes tal como pudo evidenciarse en el estado de degradación de las tierras y en la falta de aprovechamiento de sus recursos.

Para poder intervenir en el sistema de manera sustentable o “racional” es necesario primero, conocer su funcionamiento y luego adoptar una postura: una posibilidad “es la adaptación del sistema social al potencial de los paisajes, a sus restricciones y limitantes, y otra a la gestión y transformación de los paisajes naturales por el sistema social en función de sus objetivos y sus capacidades científicas, técnicas y organizativas” (Mateo Rodríguez y Ortiz Pérez, 2001). Se podría agregar a esta cita que es muy importante conocer el funcionamiento del sistema pero existe un paso anterior que no se puede soslayar: primero **conocer los recursos** con que se cuenta y después entender cómo están incluidos éstos dentro de un sistema. En el proceso de construcción del conocimiento sobre el Departamento Minas esta etapa aún no ha concluido.

El Norte neuquino está a mitad de camino entre las concepciones mencionadas por estos autores: para el primer caso, como quedó evidenciado en el capítulo 4 de esta tesis, se está muy lejos de adoptar dicha concepción, el estado de los paisajes es la mejor corroboración de ello; y para la segunda, quizás la más recomendable, los intentos adolecen de una planificación de carácter integral que contemple el desarrollo de manera sustentable de sus principales actividades: la ganadería, la forestación y el turismo.

A través del análisis geoecológico del Capítulo 3, puede entenderse el gran potencial que presenta este territorio, pero la falta de coordinación o el desarrollo promovido en forma casi exclusivamente sectorial, han minado las posibilidades de este potencial. Un ejemplo de ello es la confrontación existente entre los actores que promueven la **forestación** y la **ganadería extensiva**: la actividad forestal ha desplazado de sus lugares a los crianceros que venían desarrollando sus actividades en campos fiscales e impide el paso de los arrees en su tránsito a los campos de veranada. Una planificación integral hubiese contemplado la incorporación de estos actores en lugar de quedar marginados de este proceso.

Y esta situación repercute en los paisajes: los arrees disponen de menos territorios, y los paisajes sufren la presión de mayor cantidad de arrees en su tránsito anual a la veranada o invernada. Todo esto sin los controles necesarios por parte de los organismos del Estado que deben velar por ello.

El abordaje de las relaciones entre la sociedad y la naturaleza suele ser complejo por la diversidad de miradas y cantidad de aristas que contiene y su permanente dinámica. Pero es indudable que en torno a la problemática de la degradación de tierras un aspecto muy destacado lo constituye la **modalidad de uso y manejo** de la ganadería en el Norte neuquino, y en particular en el Departamento Minas. Entre las variables que merecen considerarse se destacan algunas, que por su especial significado tienen mayor relevancia a la hora de analizar la compleja trama en torno a la degradación de las tierras:

- En primer lugar la **variable histórica**: Este Departamento, junto a los vecinos Chos Malal y Ñorquín, constituyeron hacia fines del siglo XIX una región activa económicamente. Para ese entonces la capital del territorio se localizaba en Chos Malal y todo el Noroeste neuquino constituía un área que suministraba productos primarios, entre ellos el ganado y sus productos derivados, a las ciudades chilenas. Para el censo nacional de 1895 (segundo censo nacional) esta región era la más poblada de toda la Patagonia. De ahí que la carga ganadera que han soportado los paisajes del Departamento Minas lleva casi 150 años, un tiempo mucho mayor que otros lugares de la Provincia de Neuquén y del resto de la Patagonia.

- Otro aspecto decisivo tal vez, es la **capacidad de carga** de estos campos y la **cantidad de ganado** que deben albergar. Dicha cantidad está en relación directa con el valor de mercado de estos bienes como queda demostrado con el fuerte incremento sufrido por los stocks ganaderos a partir del año 2002. Esto a su vez refleja otra situación: la fuerte **dependencia** de esta región respecto de las variables que inciden sobre las actividades económicas locales y la casi nula participación del estado para establecer un marco regulatorio que permita desarrollar esta actividad de manera sustentable.
- La falta de **delimitación de los campos** de invernada y sobre todo de veranada, provoca incertidumbre jurídico institucional lo que trae aparejado a su vez, la generación de riesgo social a través de los permanentes conflictos entre los crianceros, e impide al Estado tener una política clara al momento de planificar el uso del suelo. Debe recordarse que el 61 % de las explotaciones (cuadro N° 10) **no** tienen límites definidos.
- En el mismo sentido puede señalarse como excesiva la superficie de tierras fiscales. Más del 70 % (figura N° 17) son de carácter fiscal. Esto también impide el acceso a créditos bancarios que podrían redundar en el mejoramiento de la infraestructura utilizada en los campos. Durante mucho tiempo el Estado, por cuestiones estratégicas, sólo otorgó tenencias provisorias o permisos de pastaje a los ocupantes de estos predios.
- El carácter de **ganadería trashumante** implica una modalidad de uso del territorio que necesita una redefinición por parte del Estado. No existen controles de arreo (al menos desde hace 15 años) que permitan conocer mínimamente las condiciones de traslado y la cantidad de hacienda entre los campos de invernada y veranada. Según los informantes clave habría un importante subregistro del número de cabezas declarado por los crianceros y en otros casos, quizás los menos, directamente no se declaran los arreos.

La situación planteada en este territorio vinculada a la degradación de la tierra, requiere de la aplicación de un plan de manejo que considere el mejoramiento y complementariedad de alternativas de uso de la tierra que, como la forestación y el turismo, poseen un enorme potencial en función de los recursos existentes. Los paisajes del Departamento Minas ofrecen, junto a la ganadería, posibilidades para albergar en forma conjunta estas actividades. Para ello

es fundamental considerar al territorio como un todo, desde una perspectiva que contemple el desarrollo sostenible, a partir de la gestión ambiental del mismo. Las alternativas propuestas para las distintas clases y tipos de paisajes pueden constituir un buen punto de partida para comenzar la planificación del territorio teniendo en cuenta sus aptitudes.

En la **hipótesis** planteada se sostiene que “los paisajes han sufrido un impacto tal, que se habrían afectado las relaciones entre los elementos constituyentes del geosistema, perdiendo su estado homeostático para alcanzar otro de tipo crítico, es decir un nuevo punto de equilibrio”.

La situación analizada en el capítulo 4, corrobora esta hipótesis, al menos para el sector de invernada y en particular en el sector de las planicies, paradójicamente las tierras más aptas para albergar la actividad ganadera. Los indicadores de campo empleados (Stocking y Murnaghan, 2003), mostraron que las funciones del geosistema han sido afectadas de tal manera que es imposible volver a recuperar su estado inicial de predegradación.

La disminución de la cobertura de vegetación por sobrepastoreo desencadenó el desequilibrio existente entre los componentes del geosistema. En el grupo de paisaje PL (del sector Varvarco – Invernada Vieja) del porcentaje original de alrededor del 40 – 50 % se ha pasado a uno que oscila entre 5 y 25 %. Este cambio en la relación entre dos componentes del geosistema, vegetación – suelo, ha afectado el funcionamiento de la totalidad del sistema, que tiende a buscar un nuevo equilibrio a partir de otra relación geosistémica, más empobrecida ante la pérdida de los atributos originales de sus componentes.

La disminución de la cobertura de la vegetación deja al suelo expuesto a los vientos y a la erosión hídrica. Las evidencias observadas en las planicies muestran muy claramente esta situación que podría resumirse en los aspectos siguientes:

- Favorece la erosión por gota de lluvia.
- Aumenta la escorrentía superficial en detrimento de la infiltración, lo que combinado con pendientes moderadas a fuertes, genera regueros y cárcavas.



- Deja al suelo desprotegido del viento propiciando la voladura de la fracción fina y formando superficies pedregosas (capas acorazadas o pavimento del desierto).
- Al haber pérdida de la capacidad de infiltración en el suelo, se empobrece la vegetación tornándose más xerofítica.
- Disminuye la cantidad de materia orgánica de los suelos lo que reduce los nutrientes (menos fertilidad) y la retención de humedad.
- Aumenta de la temperatura del suelo lo que favorece la evapotranspiración.
- Disminuye la potencialidad de uso del paisaje.

Los suelos de estos paisajes están formados por una delgada capa de ceniza volcánica. La desaparición de gran parte de la misma, también contribuye a la pérdida de los atributos de estos suelos, que ahora tendrán menor retención de humedad y habrán disminuido su capacidad de intercambio catiónica (CIC), con lo que se afecta su fertilidad. Todo esto contribuye a empobrecer cualitativamente y cuantitativamente la vegetación como pudo verse en los distintos paisajes analizados.

Pero es preciso acotar que la pérdida de atributos y propiedades de los paisajes generados por la disminución de la cobertura de la vegetación, no solamente afecta la relación vegetación – suelo, sino a la **totalidad del geosistema**: la falta de recarga de los acuíferos disminuye la capacidad de los mallines y aumenta la escorrentía superficial produciendo un fuerte impacto sobre la regulación hídrica y la merma de pasturas, más allá de la disminución de la calidad estética del paisaje. La pérdida de atributos y propiedades sistémicas disminuyen el cumplimiento de las funciones socioeconómicas de los paisajes y el potencial de los mismos para su utilización por parte de la sociedad.

Los mallines constituyen verdaderos “oasis” dentro de la estepa y son fundamentales para los asentamientos de la población en áreas rurales, producción de pasturas y como reguladores del sistema hídrico en toda la cuenca alta del río Neuquén. Para su buena conservación y funcionamiento es necesario hacer un adecuado manejo de estos sitios estratégicos, por ejemplo a través de alambrados perimetrales. Durante el recorrido realizado por Varvarco – Invernada Vieja no se observó, salvo alguna excepción, la generación de áreas “enmallinadas” (generación de mallines a partir del desvío de pequeños cursos de agua) aprovechando los numerosos cursos y los desniveles existentes. Tampoco se observaron

tareas de remediación para tratar de revertir la situación de aquellos mallines degradados mediante la construcción de azudes.

En los trabajos de campo realizados en Varvarco – Invernada Vieja (puntos PA 4, PA 4 y PA 5, de PA), (GPS 834 en PV) y (GPS 844 en PL) que corresponden a distintos mallines, se analizaron las cárcavas formadas en el centro de los mismos. Éstas se producen por el constante pisoteo del ganado que compactan la superficie del mallín y van transformando el flujo laminar en concentrado. De esta forma en épocas de mayor caudal, el pequeño cauce aumenta su capacidad erosiva y lo profundiza. Sin una intervención humana, esta situación **no tiene retorno** y el cauce busca un nuevo nivel de base profundizando aún más el mallín. De esta manera se forma un canal de drenaje que comienza a secarlo lenta e **irreversiblemente**, lo que lleva a **un cambio cualitativo y cuantitativo de su vegetación** como es común en los distintos paisajes del Departamento. De esta forma la vegetación típica de ambientes húmedos sufre estrés hídrico y comienza a desaparecer dando lugar al desarrollo de vegetación propia del ambiente de estepa, más xerofítica, como se muestra en la fotografía N° 26.

Este análisis sistémico está referido al propio mallín, pero si se amplía al funcionamiento de la cuenca del río Neuquén, podrá advertirse que esto trae consecuencias mucho más allá de los límites estudiados. En su funcionamiento inicial, cuando no estaba degradado, el agua que ingresaba al mallín era mayormente retenida y su salida podría demorar semanas o meses. De esta forma estos “oasis” eran recargados durante el invierno (época de las precipitaciones) y conservaban el agua, según su tamaño, hasta avanzado el verano. Una vez degradado, entre el ingreso del agua “in put” y su egreso “out put” pueden transcurrir sólo algunos minutos u horas.

Las consecuencias de esta nueva dinámica tienen sus repercusiones en estos paisajes y más allá de ellos: es probable que los grandes picos de crecida del río Neuquén de las últimas décadas tengan que ver con esta situación con tendencia a agravarse caso que no se revierta esta problemática.

Por lo expuesto, sería recomendable: a) realizar en las nacientes de los mallines un cercamiento perimetral para regular el paso del ganado por este frágil sector; y b) construir azudes con rocas del lugar en aquellos mallines degradados a partir de la formación de un

cauce de drenaje. Con este tipo de obras de costos reducidos se estarían revirtiendo mediante acciones concretas, el deterioro progresivo de todas estas pequeñas cuencas.

En el mismo sentido, por localizarse el Departamento Minas en la cuenca superior del río Neuquén, sería muy recomendable promover la forestación para la protección de las laderas. El mapa de la Figura N° 21 nos muestra como gran parte de este Departamento tiene muy buenas aptitudes para esa finalidad. Pero se lo podría mejorar aún más cruzando la información de las distintas unidades con las exposiciones Este y Sur, que como pudo verse en el Capítulo 2 de esta tesis, resultan las convenientes para esta actividad.

Del análisis de las observaciones realizadas a los efectos de entender el estado, la composición y dinámica de los paisajes tanto en la estepa como en los mallines, se desprende que la relación sistémica entre los elementos del paisaje ha sido afectada a partir del cambio inicial de la relación suelo – vegetación. ¿Podrán los paisajes de estas planicies volver a la situación pre-alterada? Claramente puede afirmarse que **NO**. Estos paisajes están **buscando un nuevo punto de equilibrio**, más empobrecido, a partir de la modificación de las condiciones de su estado original. Es decir que se considera que el paisaje, a partir de un punto de inflexión de su esfera de estabilidad, ha perdido su capacidad homeostática lo que dio lugar a una nueva estructura que se genera como resultado de la influencia de las distintas acciones externas, tal como se muestra en la figura N° 2 del capítulo 1.

Como se había afirmado en la definición del Capítulo 1 el paisaje geográfico constituye una unidad territorial integral con un constante intercambio de energía, sustancias e información y constituida además, por la asociación dialéctica de sus elementos y formada bajo la influencia de los procesos naturales y sociales. Los paisajes estudiados, cada uno en su medida, están en constante **transformación** como resultado de permanente **modificación de sus estructuras** a raíz de los cambios producidos en las relaciones reversibles de sus elementos. Esto ha llevado a que los paisajes están tendiendo a un **nuevo patrón de organización**, cualitativamente más empobrecidos.

La degradación de tierras para la CNULD (1994) consiste en “la reducción o pérdida de la producción biológica y económica, así como de la complejidad de los ecosistemas terrestres, incluyendo suelos, vegetación...”. Los procesos de degradación analizados en Minas se

ajustan a esta definición desde el momento que se ha visto la disminución del potencial biológico de las tierras como resultado de los procesos descritos en el capítulo 4: pérdida del horizonte superficial de los suelos, reemplazo de la vegetación original con potencial forrajero por otra que no posee dicho atributo, alteración de los sistemas hídricos y otros procesos que en conjunto, han contribuido a la pérdida del **potencial económico** de los paisajes.

En relación a la situación de degradación de la tierra analizada con el **calentamiento global** puede afirmarse que los procesos de degradación estudiados están contribuyendo al cambio climático aumentando el albedo de la superficie terrestre y disminuyendo la tasa actual de de evapotranspiración, modificando el equilibrio energético en la superficie y la temperatura del aire contiguo y añadiendo polvo a la atmósfera.

Además de los aspectos cualitativos se pudo estimar la cantidad de tierras afectadas por la degradación mediante la aplicación de distintos índices de vegetación. En el cuadro N° 45 se presenta el resultado de uno de estos índices, el NDVI, donde sumando las clases “muy degradado” y “degradado” se obtuvieron porcentajes de 82.8, 80.2 y 63.5, para grupos de paisaje PA, PV y PL respectivamente del sector Varvarco – Invernada Vieja. Más allá de que pueden objetarse los límites establecidos para las clases consideradas, estos resultados se adecuan a la situación vista en el campo a través de los indicadores de degradación utilizados, coincidiendo inclusive con la percepción que se obtuvo sobre que los grupos de paisajes PA y PV estaban más degradados que el PL.

Sobre la eficacia de los distintos índices empleados, NDVI, PVI, SAVI y Verdor, cabe señalar que han mostrado una buena adaptación respecto de lo visto en el campo. Sin embargo cada uno de ellos tuvo un comportamiento diferente que quedó reflejado en el estudio en particular sobre cómo era la respuesta ante la presencia o no de mallines. Ante ellos, el PVI acentúa las diferencias entre el mínimo y el máximo, mientras que en el otro extremo, el verdor atenúa dichas diferencias. El NDVI y el SAVI se ubicaron en franjas intermedias (cuadro N° 43). Comparando los índices empleados con el NDVI (por tratarse de un índice muy conocido), todos han dado una muy buena correlación, con valores que oscilan entre 0.81 y 0.98. En el anexo final se incluye una sección con los gráficos de correlación entre los algoritmos de teledetección empleados.

Los índices de vegetación constituyen herramientas eficaces y expeditivas para evaluar el estado de la degradación de las tierras. Sin embargo deben considerarse algunas limitaciones cuando se los aplica con esa finalidad sin los debidos controles de campo. Una de ellas está relacionada con el **tipo** de vegetación que se está monitoreando: ¿es realmente la vegetación original o mucha de ésta ha sido reemplazada por invasoras a causa del sobrepastoreo? ¿Cómo es la respuesta de estos índices en aquellos lugares donde poas, festucas y neneos han sido reemplazadas por Centaurea? Esto plantea cierta incertidumbre si se analizan los resultados sin tener en cuenta este aspecto que solamente el control de campo puede garantizar.

Otro aspecto que ya fue comentado en el Capítulo 2 está referido al lugar donde se aplican estos índices. Por ejemplo, las altas cumbres naturalmente carecen de vegetación, por lo tanto índices con valores muy negativos será lo normal sin que ello implique degradación de tierras o desertificación. Las altas cumbres o los bajos salinos siempre estuvieron tan “desertificados” como en la actualidad. Asociado a estos conceptos podría extenderse la consideración a aquellos lugares que por razones naturales arrojan valores muy bajos o negativos cuando no cabe esperar otra respuesta. Valores de este tipo **no siempre** implican degradación de la cobertura de la vegetación, simplemente se trata de sectores donde la vegetación, por razones naturales, tiene baja cobertura y los índices reflejan esa condición.

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 efectuar monitoreos permanentes y realizar aproximaciones. Se trata de un método expeditivo que constituye un aporte para establecer una política de ordenamiento territorial que contemple la conservación de los recursos naturales en niveles aceptables de sustentabilidad.

El **objetivo central** planteado tesis consistió en el estudio de la degradación de los paisajes de Minas puede considerarse cumplido. Sin embargo la propuesta original contemplaba una mayor participación de los Sistemas de Información Geográfica en el entrecruzamiento y análisis de la información de las unidades de paisaje. Dichos procedimientos sólo se abordaron parcialmente, otorgándole un mayor peso al tratamiento cualitativo de los aspectos que definieron las distintas unidades de paisaje considerados en este trabajo. En cambio se

mantuvo y profundizó el tratamiento metodológico previsto a través de las técnicas de teledetección tanto en lo referido al tratamiento visual como digital de las imágenes satelitales.

Respecto a los otros **objetivos** también deben considerarse por cumplidos con la salvedad que las escalas previstas para el tratamiento (1:250.000 y 1: 100.000) se las debe considerar como mínimas, ya que el tratamiento para ambos niveles de trabajo superaron el nivel de detalle previsto originalmente.

Otros objetivos surgieron como resultado de distintas exploraciones o hallazgos del trabajo. Uno de ellos consistió en la delimitación del área de invernada y la demarcación de las rutas de trashumancia dentro del Departamento. También un análisis y cuantificación de los arcos que provienen de otros Departamentos y que se suman a las existencias ganaderas de Minas. Todo esto ha servido para poder cuantificar la sobrecarga ganadera departamental y la correspondiente al área de invernada. Otro de los aspectos que no estaba previsto originalmente y que fue abordado con bastante detalle es la comparación sobre la eficiencia de los distintos índices de vegetación de teledetección aplicados en el capítulo 4 de esta tesis. El resultado de este tramo de la tesis podrá ser utilizado para analizar la degradación de la tierra en ambientes con características similares a Minas.

Entre los resultados de esta tesis merecen destacarse:

- La caracterización geoecológica del Departamento Minas y el análisis de la variabilidad espacial de los componentes del paisaje.
- La confección del mapa de paisajes departamental a escala 1:250.000 y su análisis.
- El estudio y caracterización de la estructura y funcionamiento de los grupos de paisajes del Área Varvarco – Invernada Vieja a escala 1:100.000.
- La caracterización de la estabilidad del paisaje, su estado y vulnerabilidad, ante el impacto humano.
- Análisis de los principios de ordenamiento geoecológico para el planeamiento ambiental de los paisajes.

Cada espacio geográfico plantea condiciones particulares para su organización y funcionamiento y en su relación con su región y el mundo considerando sus potencialidades y

también sus limitaciones. Es necesario establecer una política que contemple el mejoramiento y complementariedad de las alternativas de uso de la tierra entre la ganadería, la forestación y el turismo como ejes dinamizadores de la economía departamental. Para ello es necesario que el Estado asuma el papel de promotor de este desarrollo, poniendo en valor la amplia gama de recursos naturales y culturales y dotarlos de la infraestructura necesaria para favorecer este tipo de actividades. El proyecto de asfaltar la ruta Provincial N° 43 hasta la localidad de Villa Nahueve y la habilitación del paso internacional Pichachén que vinculará el Norte neuquino con Chile, promoverán nuevas oportunidades para este espacio.

La ganadería tradicional, basada en el recurso vegetación natural, constituye un modelo agotado dado el estado actual de degradación de la tierra. Aún se está a tiempo para repensar este territorio para dotarlo de nuevas formas de desarrollo que consideren la sostenibilidad de los recursos y también la de sus pobladores.



## BIBLIOGRAFÍA

## BIBLIOGRAFÍA

ABRAHAM E.M. (2002). El agua en Iberoamérica; de la escasez a la desertificación. CYTED XVII, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo. Aprovechamiento y gestión de recursos hídricos. CYTED XVII y CETA, 27-44.

ACEVEDO, P. (1996). Análisis de los paisajes insulares del Archipiélago Sabana – Camagüey, (inédito), Tesis de doctorado, Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, 1996, 130 pp.

ANTIPOV, A. N., V.V. KRAVCHENKO, YU. M. SEMENOV, ET AL (2006). Landscape Planning: Tools and Experience in Implementation, V.B. Sochava. Institute of Geography, Irkutsk, SB RAS Publishers, 149 pp.

ARMAN, D. L. (1975). Ciencia del Paisaje (en ruso). Editorial Mysl, Moscu, 288 pp.

AUTORIDAD INTERSJURIDICCIONAL DE CUENCAS (2005). Registros climáticos de estaciones meteorológicas de la cuenca del río Neuquén. AIC. Cipolletti.

BANDIERI, S. (1988). Condicionantes históricos del asentamiento humano en Neuquén: consecuencias socioeconómicas. Informe Final. CONICET. 2 tomos. policopiado.

BASTIAN, O. and U. STEINHARDT (2002) Development and Perspectives of Landscape Ecology, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 498 pp.

BENDINI, M. et al. (1985). El trabajo trashumante en la provincia del Neuquén. Universidad Nacional del Comahue-Consejo de Planificación y Acción para el Desarrollo de la provincia del Neuquén (COPADE). Neuquén.

BERTANI, L. y O. R. PEÑA (2000). Utilización de Algoritmos para la determinación de la degradación de la tierra en mesetas basálticas de ambiente árido y semiárido. Selper Capítulo Argentina. Pto. Iguazú.

BERTANI, L., SALINAS CHÁVEZ, Ed y QUINTELA, J. (2000). “Paisajes y ordenamiento territorial: obtención del mapa de paisajes a escala media con el apoyo de los SIG. El estado de Hidalgo en México y la Provincia de Neuquén en Argentina”. En Jornadas Nacionales de Geografía Física. Santa Fe.

BERTANI L. et al. (2001). Informe final del proyecto “Ecología del Paisaje. Su aplicación a la degradación de la tierra en la Provincia de Neuquén”. Universidad Nacional del Comahue. Informe inédito.

BERTANI, L. PEÑA O. y AMBROSIO M. (2001). El estudio de la degradación de la tierra en el Norte de la Provincia de Neuquén, Argentina, a través de la evaluación geoecológica de los paisajes. *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*. Pags. 3 – 11. Santiago de Chile.

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. COMLAND - Universidad Nacional de Catamarca.

BERTANI L. (2003). Aproximaciones al debate Positivismo – Historicismo. Algunos tópicos en relación al estudio de la Geografía Física. *Boletín Geográfico Año XXV*. N° 24. Pags. 61-83.

BERTANI, L. PEÑA O. y AMBROSIO M. (2003). La degradación de la Tierra en el Departamento Minas, Provincia de Neuquén, a través de la evaluación geoecológica de los paisajes. **Luis Bertani, Oscar Peña y Miriam Ambrosio**. *Boletín Geográfico Año XXV*. N° 23. Pags. 39-50.

BERTANI L. et al. (2004). Informe final del proyecto “Evaluación Geoecológica de los Paisajes para el Estudio de la Degradación de la Tierra del Noroeste Neuquino”. Universidad Nacional del Comahue. Informe inédito.

BERTANI, L. y AMBROSIO M. (2005). “Paisaje y Ordenamiento Territorial en el Norte Neuquino”. Publicado en las actas del III Seminario Internacional. La interdisciplina en el Ordenamiento Territorial. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza.

BERTANI, L., SALCEDO A.P. y SOLORZA R. (2008). El comportamiento de los índices de vegetación para el estudio de la degradación de tierras en el Norte de Neuquén. Publicado en las actas del VII Jornadas Nacionales de Geografía Física. UCSE – DASS. Pp. 326 -336.

BERTANI, L. (2008). Planificación Física y Ordenamiento Territorial en el Norte Neuquino. Publicado en las actas del VII Jornadas Nacionales de Geografía Física. UCSE – DASS. Pp. 62 -72.

BERTANI, L. y M.I.: ANDRADE (2009). Geoecología y Degradación de Tierras del Departamento Minas, Provincia de Neuquén, Patagonia Argentina. Presentado en EGAL 2009, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, 13 pp.

BERTRAND, G. (1968). Paysage et Geographie Physique globale. Esquisse methodologique, *Reveu Geographique des Pyrenees et du Sud-Ouest* 39(3) pp.249-272.

BERTRAND, C. y BERTRAND, G. (2006). Geografía del Medio Ambiente. El Sistema GTP: Geosistema, Territorio y Paisaje. Universidad de Granada, 403 pp.

BOLÓS, M. de; et al. (1992) Manual de Ciencia del Paisaje, Teoría, Métodos y Aplicaciones. Editorial MASSON, Barcelona, 273 pp.

BOSQUE, J. (1990) Introducción a los Sistemas de Información Geográfica. Ed. RIALP, Madrid, 320 pp.

BRAVO, M., M. E. MENDOZA y L. E. MEDINA (2009) Escenarios de erosión bajo diferentes manejos agrícolas en la cuenca del lago de Zirahuén, Michoacán, México, Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, Núm. 68, pp. 73-84.

BUREL, F. y J. BAUDRY (2002). Ecología del Paisaje, Conceptos, Métodos y Aplicaciones, Ediciones Mundi- Prensa, Madrid, 353 pp.

CABRERA, A.L. (1976). Regiones Fitogeográficas Argentinas. ACME, Buenos Aires, Argentina. 85 p.

CANCER, L. (1999). La degradación y la protección del paisaje. Ed. Catedra, Madrid, 247 pp.

CAPACCI, A. (Editor) (2003). Paisaje, Ordenamiento Territorial y Turismo Sostenible, Università degli Studi di Genova, Génova, 205 pp.

CFI – COPADE (1991). Estudio Regional de Suelos de la Provincia del Neuquén. Buenos Aires.

CHUVIECO E. (2002). Teledetección Ambiental. Ed. Ariel Ciencia. Barcelona. 586 pp.

CHRISTIAN, C.S. and STEWART, G.A., (1968). Methodology of integrated survey. In: Aerial surveys and integrated studies, UNESCO, Paris, pp. 233–280.

COLECTIVO DE AUTORES, (2000). Estudio de los procesos de degradación ambiental de los Andes para la conservación de las áreas de montañas de Perú, Bolivia y Argentina. Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio, Universidad de Cantabria, 135 pp.

COLECTIVO DE AUTORES (2008) La Convención Europea del Paisaje. Desarrollos Prácticos, Cuadernos Geográficos, Universidad de Granada, Numero 43 (2008-2) Monográfico, 388 pp.

COPADE – UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE (1982). Atlas de la Provincia del Neuquén. Consejo de Planificación para el Desarrollo (COPADE). Neuquén.

CNULD (2003). La convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación y su dimensión política. CNULD. Bonn.

DEL VALLE, H.F., ELIZALDE N., GAGLIARDINI D. y MILOVICH, J. (1996) Distribución y cartografía de la desertificación en la región patagónica. Lab. De Teledetección y SIG. INTA EEA Chubut. 1997. Centro Regional Patagonia Sur: 19 pp.  
En: RIA. v. 28, no. 1. p. 1-24

DEL VALLE, H.F., MEHL, H.y MILLAR, H., (2000). Survey of land degradation in northeastern Central Patagonia, Argentina. IX Simposio Latinoamericano de Percepción Remota ("IX Latin-American Symposium on Remote Sensing"). Misiones.

DEMEK, J (ed.). (1976). Guide to Medium-Scale Geomorphological Mapping. Academia, Praga. 339 pp.

DOMÍNGUEZ, A. (2003) Análisis y Diagnóstico Geoecológico de los Paisajes Naturales en la provincia Sancti Spíritus. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Geográficas, Universidad de La Habana (inédito).

**ESPINOZA, G., P. GROSS and E.R. HAJEK. (1994). Percepción de los problemas ambientales en las regiones de Chile. CONAMA. Alfabet Impresores. 647 pp.**

ETTER, A. (1991). Introducción a la Ecología del Paisaje (Un marco de integración para los levantamientos rurales). Unidad de Levantamientos Rurales. Subdirección de Docencia e Investigación. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Colombia: 83 pp.

FAO. (1984). Metodología Provisional para la Evaluación y la Representación Cartográfica de la Desertización. Roma.

FARINA, A. (1998) Principles and Methods in Landscape Ecology, Chapman and Hall, 345 pp.

FERRER, J. (1982). Recopilación geológica de la Provincia del Neuquén. C.F.I. Inédito.

FORMAN R. T. T. and M. GORDON (1986). Landscape Ecology. John Wiley and Sons, New York, 619 pp.

FRUGONI C., PEÑA O., DE JONG G., BERTANI L., AMBROSIO M. (1999). Aptitud de las tierras para el crecimiento de plantaciones del género *Pinus* en la cuenca del río Neuquén. AIC – UNCo. Policopiado.

GÓMEZ OREA D., (1992).Planificación y gestión de la restauración de espacios degradados en EQUIP, Ponencias II Congreso de Ciencias del Paisajes. Paisaje y medio ambiente, Barcelona, 29 pp.

GOMEZ OREA, D. (1994). Ordenación del Territorio. Ed. I.T.G.E. – Agrícola Española S.A. Madrid. 238 pp.

GÓMEZ OREA. D. (2002). Ordenación Territorial Editorial Agrícola Española y Mundi-Prensa, Madrid. España, 704 pp.

GONZÁLEZ-BERNALDEZ, F. (1981). Ecología y Paisaje. Ed. H. Blume; Madrid; 250 pp.

GONZÁLEZ DÍAZ E., (1998). Mapa geomorfológico de la Hoja Geológica “Las Ovejas” 3772 – II. Dirección de Geología Ambiental y Aplicada, SEGEMAR. Inédito.

GONZÁLEZ DÍAZ E., FOLGUERA A. y HERMANNNS R. (2005). La avalancha de rocas del Cerro Los Cardos (37°10'S, 70°53'O) en la región norte de la Provincia del Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina. Vol. 60 N° 1. Buenos Aires.

GONZÁLEZ DÍAZ E., FOLGUERA A. , COSTA C.H., WRIGHT E. y ELLISONDO M. (2006). Los grandes deslizamientos de la región septentrional neuquina entre los 36° - 38°: una propuesta de inducción sísmica. Revista de la Asociación Geológica Argentina. Vol. 61 N° 2. Buenos Aires.

GRUPO DE ESTUDIOS SOCIALES AGRARIOS (1993). Campesinado y Ganadería Trashumante en Neuquén. Editorial La Colmena. Buenos Aires.

HAASE G. y otros (1986). Landscape Ecology (Abstract of Lectures) Int. Train. Course, Instituto de Geografía y Geoecología, Leipzig, 134 pp.

HUETE, A. R. (1988). A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). Remote Sensing of the Environment, 25. Pp. 295-309.

INE/SEMARNAT (2006) Manual del Proceso de Ordenamiento Ecológico, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, 335 pp.

INTA (2002). Sistema de Soporte de Decisiones SSD. Glosario de términos. EEA Bariloche.

INTA (2004). Desertificación del Neuquén. Sistema de Soporte de Decisiones SSD. Glosario de términos. EEA Bariloche.

INTA. (1996). Estado de la Desertización en el Departamento Minas, Provincia de Neuquén.

IRIGOYEN M. (1979). Cordillera Principal. En Geología Regional Argentina. Vol I. pp. 651-694. Ed. Academia Nacional de Ciencias. Córdoba.

IRISARRI. J et al. (1979). Los suelos del Departamento Minas. Facultad de Ciencias Agrarias. Informe Inédito. Unco. Cinco Saltos.

IRISARRI. J, APCARIAN A., SCHMID P. et al. (1986). Estudio de suelos en áreas preseleccionadas. Cuenca del Limay. Convenio CFI-FCA. Universidad Nacional del Comahue. Cinco Saltos. Río Negro.

LAL, R., and B. A STEWARD, (Eds.) (1990). Soil degradation. Springer-Verlag. 345 pp.

LANG, S. and T. BLASCHKE. (2008) Analise da Paisagem com SIG, Oficina de Textos, Sao Paulo, 424 pp.

LAVAUDEN, L. (1927). Les forets du Sahara. *Revue des Eaux et Forets*. 7:329±341.

LECHNIV, J., S KULCZYK, E. MALINOWSKA and I. SZUMACHER (2008). The Problems of Landscape Ecology, Vol. XX Landscape classification. Theory and Practice, Polish. Assoc. for Landscape Ecology, 391 pp.

LEFF E. (1994). Ecología y Capital. Racionalidad ambiental, democracia participativa y desarrollo sustentable. Siglo XXI Editores. México. 437 pp.

LE HOUÉROU, H. N. (1993). Land degradation in Mediterranean Europe: can agroforestry be a part de solution? *A prospective review*. *Agrof. Syst.* 21, 43 – 61.

MALINOW, G. et al. (1987). Inventario preliminar de los recursos hídricos provinciales de las cuencas sin información de caudales. Primera etapa: cuenca activa del río Neuquén. APA. Pcia. del Neuquén.

MATA, R. y A. TARROJA (2006) El paisaje y la Gestión del Territorio. Criterios Paisajísticos en la Ordenación del Territorio y el Urbanismo, Diputación de Barcelona, 716 pp.

MATEO, J. (1984). *Apuntes de Geografía de los Paisajes*. Imprenta Andre Voisin, Cuba, 470 pp.

MATEO, J. (1991). *Geoecología de los Paisajes*. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela.

MATEO, J., *et al.* (1994). Análise da paisagem como base para uma estrategia de organizacao geoambiental: Corumbatai (SP), UNESP, Río Claro, 29 pp.

MATEO, J. (2000). *Geografía de los Paisajes (3 partes)*. Universidad de La Habana (inédito) 436 pp.

MATEO, J. y M. A. ORTIZ (2001). La degradación de los paisajes como concepción teórico-metodológica, Serie Varia, Nueva Época 1, Instituto de Geografía de la UNAM, México, D.F., 40 pp.

MATEO, J., E. V. da SILVA y A. P. BRITO (2004). *Geoecologia das Paisagens. Uma visão geossistemica da analise ambiental*, Editora UFC, Fortaleza, 222 pp.

MATEO, J. (2008) *Geografía de los Paisajes, Primera Parte. Paisajes naturales*, Editorial Universitaria, La Habana, 190 pp.



MAXIMIANO, L. A.(2002). Classificação de paisagens no norte de Campo Largo, Paraná, segundo sua condição socioambiental. Curitiba. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

MAZZONI E. y VÁZQUEZ M. (2004). Ecosistemas de mallines y paisajes de la Patagonia Austral (Provincia de Santa Cruz). INTA. 63 pp.

MOVIA C. OWER G. y PÉREZ C. (1982). Estudio de la Vegetación natural de la Provincia de Neuquén. Subsecretaría de Recursos Naturales. Provincia de Neuquén. Inédito.

NAVEH, Z.y A. S. LIEBERMAN (2001). Ecología de Paisajes. Teoría y Aplicación, Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, 571 pp.

NC 93-06-101 (1987). Paisaje. Términos y Definiciones, Sistema de Normas para la Protección del Medio Ambiente, Comité Estatal de Normalización, La Habana, 15 pp.

NEEF, E. (1984). Applied Landscape Research, Applied Geography and Development, Vol. 24 pp 38-59.

PEÑA, O. y OSTERTAG G. (2006). Los estados del tiempo y sus efectos sobre la capacidad forrajera de un mallín. VI Jornadas Patagónicas de Geografía. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Trelew.

PINILLA C. (1995). Elementos de Teledetección. Ed. Ra-ma. Madrid, 313 pp.

PNUMA (1991). Estado de desertificación y aplicación del Plan de Acción de las Naciones Unidas para combatir la desertificación. Informe del Director Ejecutivo. Nairobi, UNEP. GCSS., III-3, 94 págs.

PREOBRAZHENSKII, V. S. (1966). Estudios del Paisaje (en ruso) Editorial Nauka, Moscú, 127 pp.

PREOBRAZHENSKII, V. S. y T.D. ALEKSANDROVA (1989). Fundamentos Geocológicos de la Proyección y Planificación Territorial (en ruso), Academia de Ciencias de la URSS, Moscú, 144 pp.

PRESTON, J. (1934). The terminology of regional description, Annals, Association of American Geographers 24, pp. 78-86.

PROVINCIA DEL NEUQUÉN. (1997). Diagnóstico expeditivo para la gestión ambiental en la Provincia del Neuquén. Dirección General de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Neuquén. Neuquén.

PUYOL, A. (1986).Diccionario de Geografía, Madrid, Anaya, 478 pp.

QUINTANILLA, V. (2002). “Degradación de los paisajes forestales de la isla grande de Chiloe en Chile austral”.Chile. Trabajo presentado en Evento Internacional Paisajes y Turismo, Facultad de Geografía, La Habana, 67 pp

QUINTELA, J. (1996) El Inventario, el Análisis y el Diagnóstico Geoecológico de los Paisajes mediante el uso de los SIG, Tesis de doctorado, Universidad de La Habana, 105 pp. (inédito).

REMOND, R. (2003). Degradación de los paisajes de Cuba, Tesis de Doctorado, Universidad de La Habana, 105 pp. (inédito).

REYNOLDS, J. F. y STAFFORD SMITH, D. M. (eds). (2002). Global Desertification: Do Humans Cause Deserts? Dahlem University Press, Berlin, Alemania.

ROUGERIE, G. and N. BEROUTCHACHVILI (1991) Geosystemes et Paisages. Bilan et Methodes, Collection Geographie; Editorial Armand Colin, París, 302 pp.

ROVERE, E. (2000). Hoja geológica "Andacollo" (3772-IV). Carta geológica de la Republica Argentina, escala 1:250.000. SEGEMAR.

ROVERE, E. I., LEANZA, H. A., HUGO, C. A., CASELLI, A. y TOURN, S., (2000). Hoja Geológica "Las Ovejas" (3772-II). Carta geológica de la Republica Argentina, escala 1:250.000. SEGEMAR.

RUŽICKA, M. y L. MIKLÓS. (1982). Landscape-Ecological Planning (LANDEP) in the Process of Territorial Planning. *Ecology* (CSSR) 1 (3):297-312.

SALAS, E. (2002). Planificación Ecológica del Territorio, Guía Metodológica, Universidad de Chile y GTZ, 93 pp.

SALINAS, E. (1991). Análisis y Evaluación de los Paisajes en la Planificación Regional en Cuba. Tesis de doctorado, Universidad de la Habana, 187 pp. (inédito).

SALINAS, E. and J. MIDDLETON (Editores) (1998) Landscape Ecology as a Tool for Sustainable Development in Latin America, libro electrónico, [www.brocku.ca/epi/lebk/lebk.html/](http://www.brocku.ca/epi/lebk/lebk.html/)

SALINAS, E.; y J. QUINTELA (2000). Paisajes y Ordenamiento Territorial: Obtención del mapa de paisajes del Estado de Hidalgo en México a escala media con el apoyo de los SIG, Alquibla, Revista de Investigaciones del Bajo Segura, Alicante, No. 7 pp.517-527.

SALINAS, E. (2005). La Geografía y el Ordenamiento Territorial en Cuba, La Gaceta Ecológica 76: 35-51 Instituto Nacional de Ecología, México.

SALINAS, E. (2007) Métodos de Evaluación de los Paisajes, Material para el curso impartido en la Universidad de La Habana (inédito) 141 pp.

SANCHEZ RODRIGUEZ E. et al. (2000). Comparación del NDVI con el PVI y el SAVI como indicadores para la asignación de modelos de combustible para la estimación del riesgo

de incendios en Andalucía. En tecnologías geográficas para el desarrollo sostenible. Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá. Pp. 164 – 174.

SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA NACIÓN (PAN) (2002). Informe preparado para ser considerado en la primera sesión del comité para la revisión de la implementación (CRIC) de la Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación (CLD). Buenos Aires.

SEMARNAT -Colegio de Postgraduados (2001 – 2002). Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana. Escala 1:250 000. Memoria Nacional. México.

SOCHAVA, V. B. (1978). Introducción al estudio de los geosistemas (en ruso) Editorial Nauka, Novosibirsk, 318 pp.

STOCKING M. y MURNAGHAN N. (2003). Manual para la evaluación de Campo de la Degradación de la Tierra. Ed. Mundi – Prensa. Madrid, 171 pp.

TRICART, J. y J. KILIAN. (1982). La eco-geografía y la ordenación del medio natural. Anagrama, Barcelona, España, 287 pp.

TROLL, C. (1939). Lufbildplan and ökologische Bodenforschung, z Ges. Erdkunde, Berlin, Vol. 241 Numero 98.

TROLL, C. (1971). Landscape ecology (geo-ecology) and biogeocenology: a terminological study. Geoforum 8: 43-46.

TURNER M.G. and R. H. GARDNER (Eds.) (1991). Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity. Springer-Verlag, New York, 536 pp.

UN (Naciones Unidas). (1994). UN Earth Summit Convention on Desertification. UN Conf. On Environment and Development, Rio de Janeiro, Brazil, June 3—14, 1992. DPI/SD/1576. New York: United Nations.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE. (1984). Metodología Regional del Proceso de Desertificación. Varios Autores, Fac. de Ciencias Agrarias y Fac. de Humanidades, UNC, Neuquén.

VERSTAPPEN H. Th. y R. A. VAN ZUIDAM. (1991). El sistema ITC para levantamientos geomorfológicos. Una base para la evaluación de recursos y riesgos naturales, ITC, public. No. 10, Enschede, Holanda, 89 pp.

ZEE, D. van der and I. S. ZONNEVELD (Eds.) (2001) Landscape Ecology. Applied in Land Evaluation, Development and Conservation. Some worldwide selectes examples, Enschede, ITC publication 81, 412 pp.

ZOIDO F. y C. VENEGAS (2002). Paisaje y Ordenación del Territorio, Consejería de Obras Publicas y Transporte/ Fundación Duques de Soria, Junta de Andalucía, Sevilla, 353 pp.

ZOLLNER, W. y AMOS, A. (1973). Descripción geológica de la hoja 32-b, Chos Malal, Provincia de Neuquén. Boletín Servicio Nacional de Minería y Geología, 143. Bs. As.

ZONNEVELD, I.S. (1969). Evaluación de tierras y ciencias del paisaje. Ed. Ministerio de Agricultura y Ganadería del Uruguay. Montevideo.

ZONNEVELD, I.S. (1979). Land evaluation and land (scape) science, ITC, Textbook of Photointerpretation, Vol VII, 4 Enschede, The Netherlands, 134 pp.

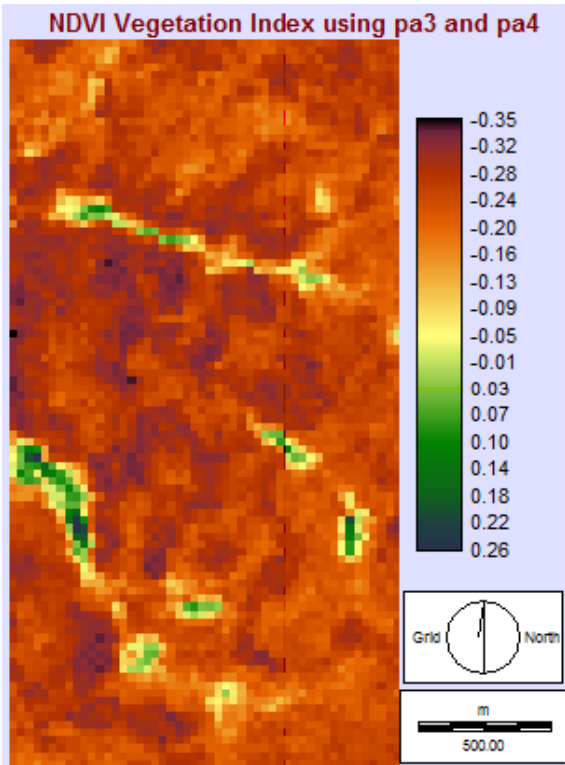
ZONNEVELD, I. S. (1995). Land Ecology. SPB Academic Publ. Amsterdam, 199 pp.

## ANEXO

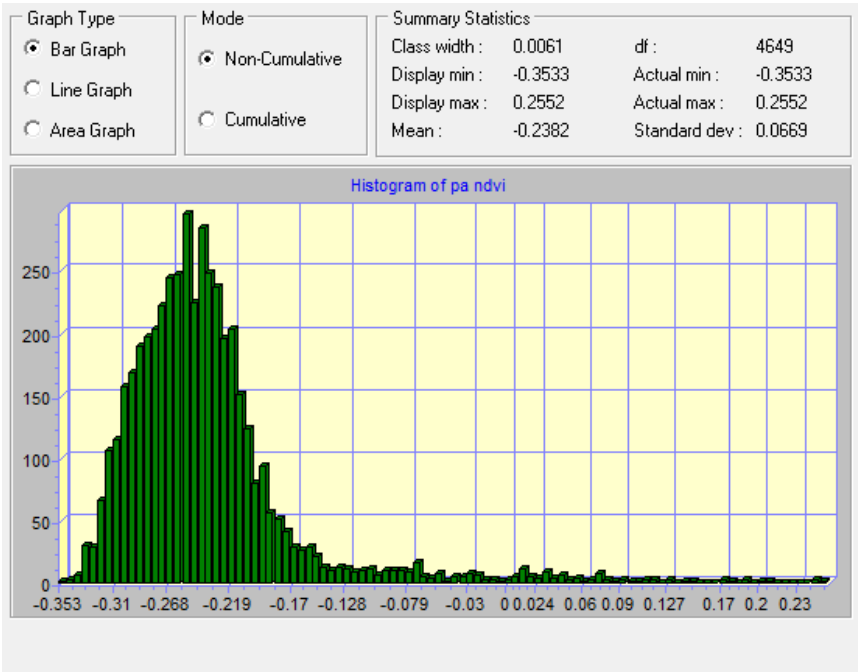
ÍNDICES DE VEGETACIÓN APLICADOS EN LOS  
PAISAJES DE VARVARCO – INVERNADA VIEJA

1. Planicies altas de origen volcánico con vegetación herbácea (PA)

1.1 NDVI (Normalizad Difference Vegetation Index)

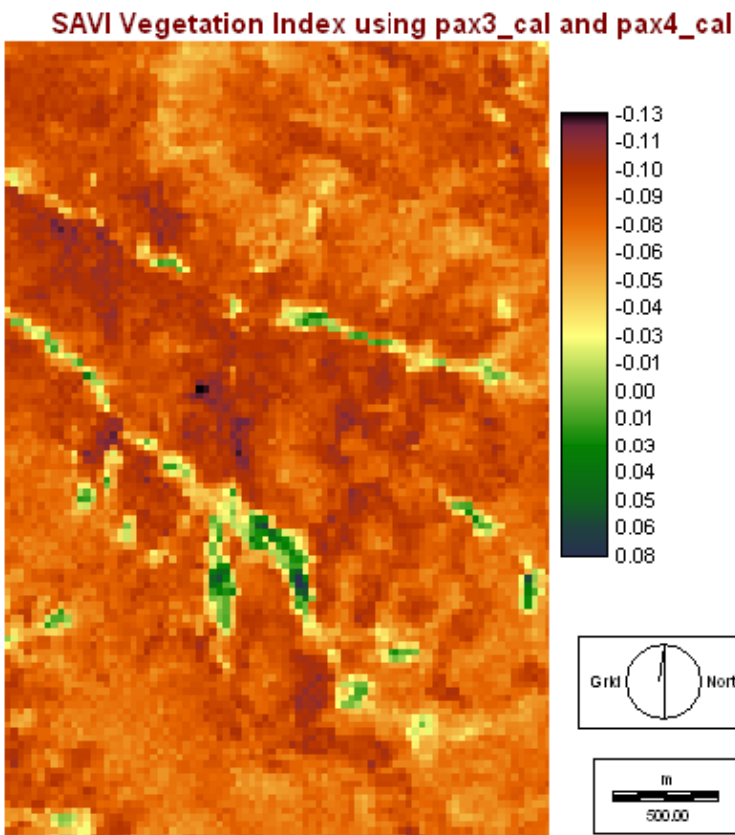


Fuente: elaboración propia utilizando imágenes landsat TM (B 3 rojo y B 4 IRC) procesadas con el programa Idrisi

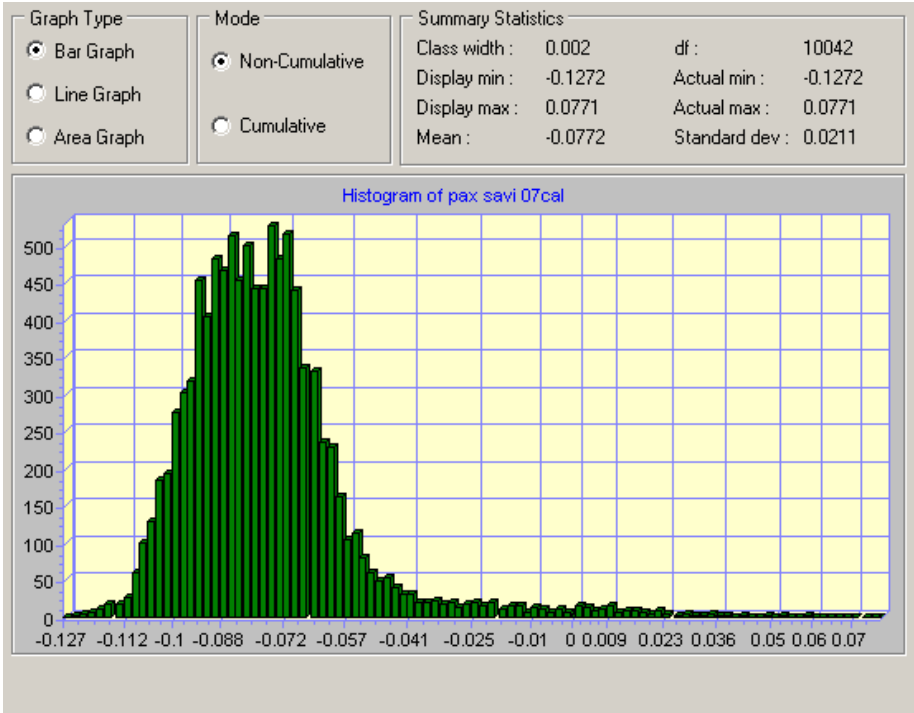




1.2 SAVI (Soiladjustedvegetationindex)

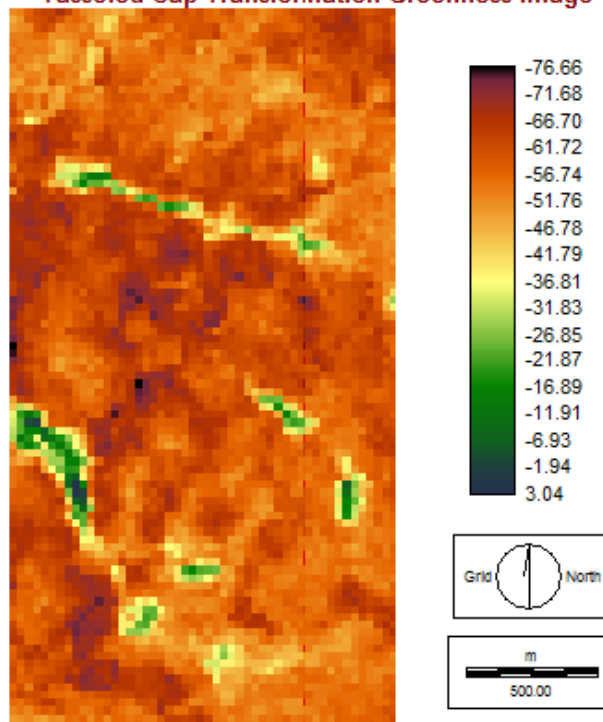


Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM  
(B 3 Rojo y B 4 IRC) procesadas con programa Idrisi

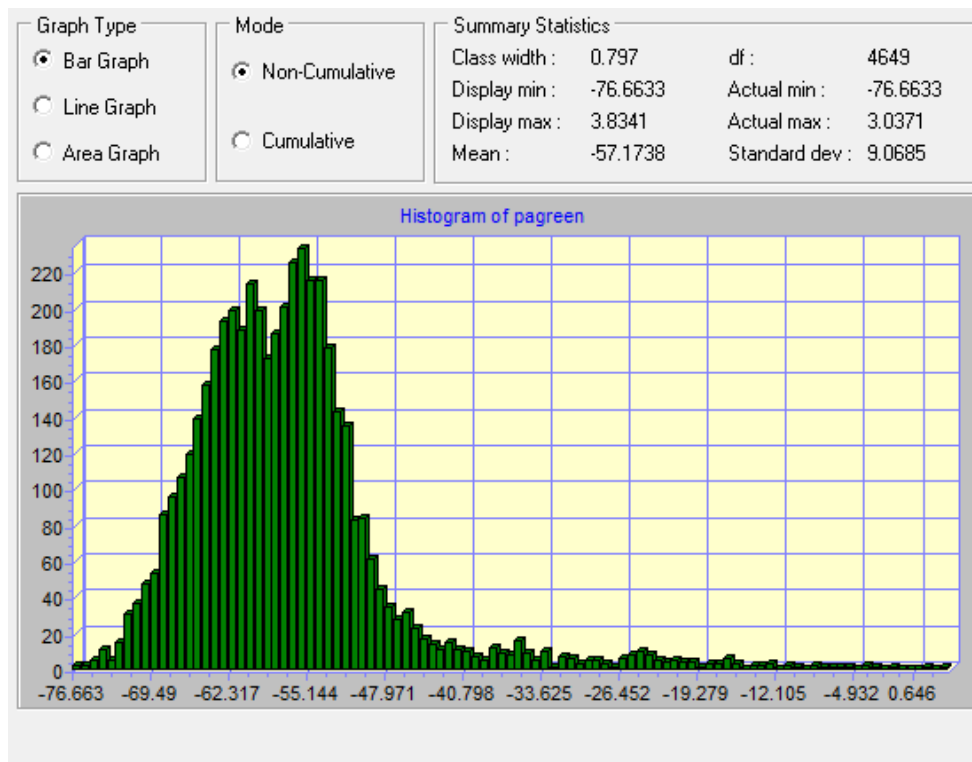


### 1.3 TASSCAP VERDOR

**Tasseled Cap Transformation Greenness Image**

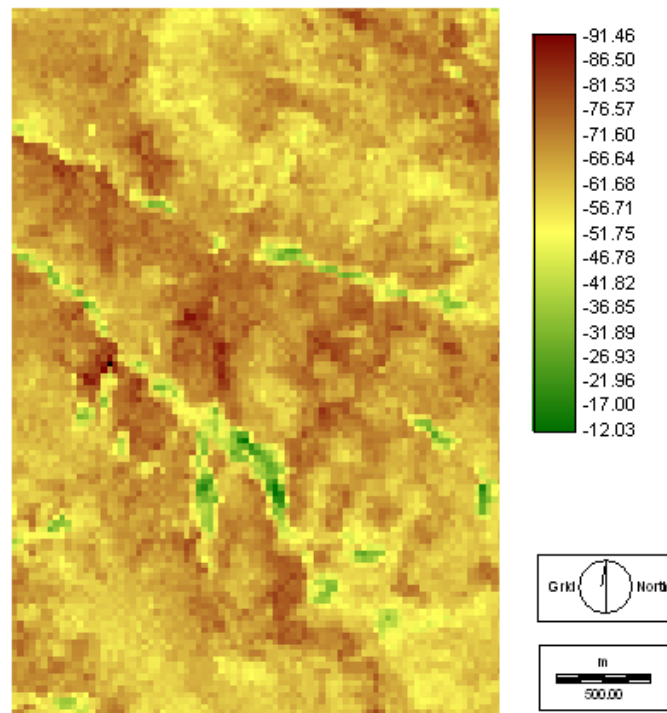


Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM (B 1, B 2, B 3, B 4, B 5 y B 7) procesadas con programa Idrisi.

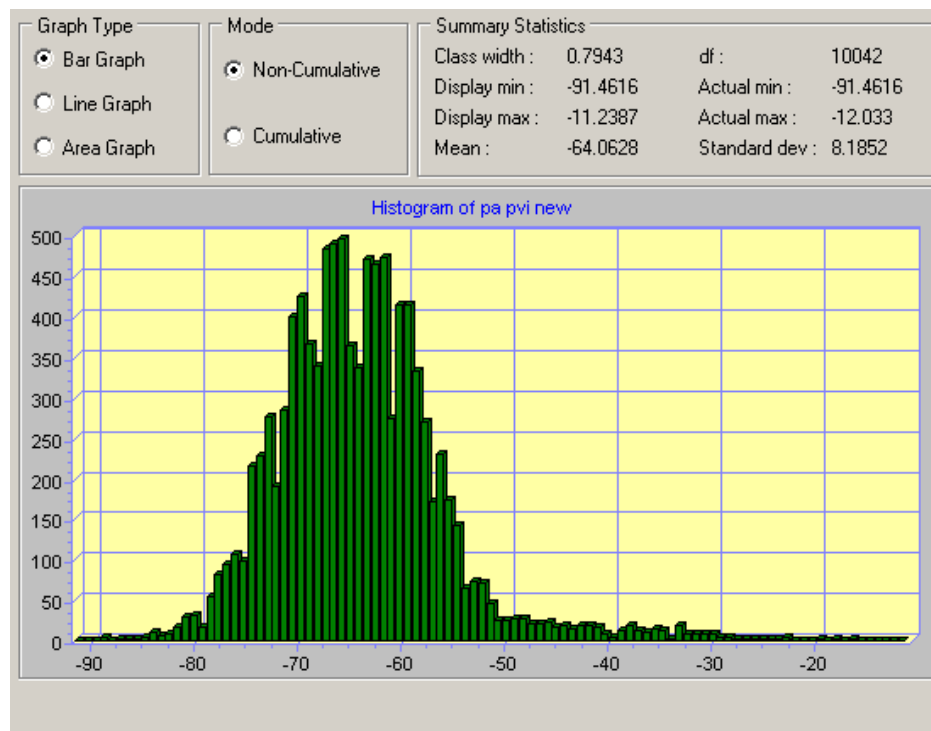


#### 1.4 PVI (Perpendicular vegetation index)

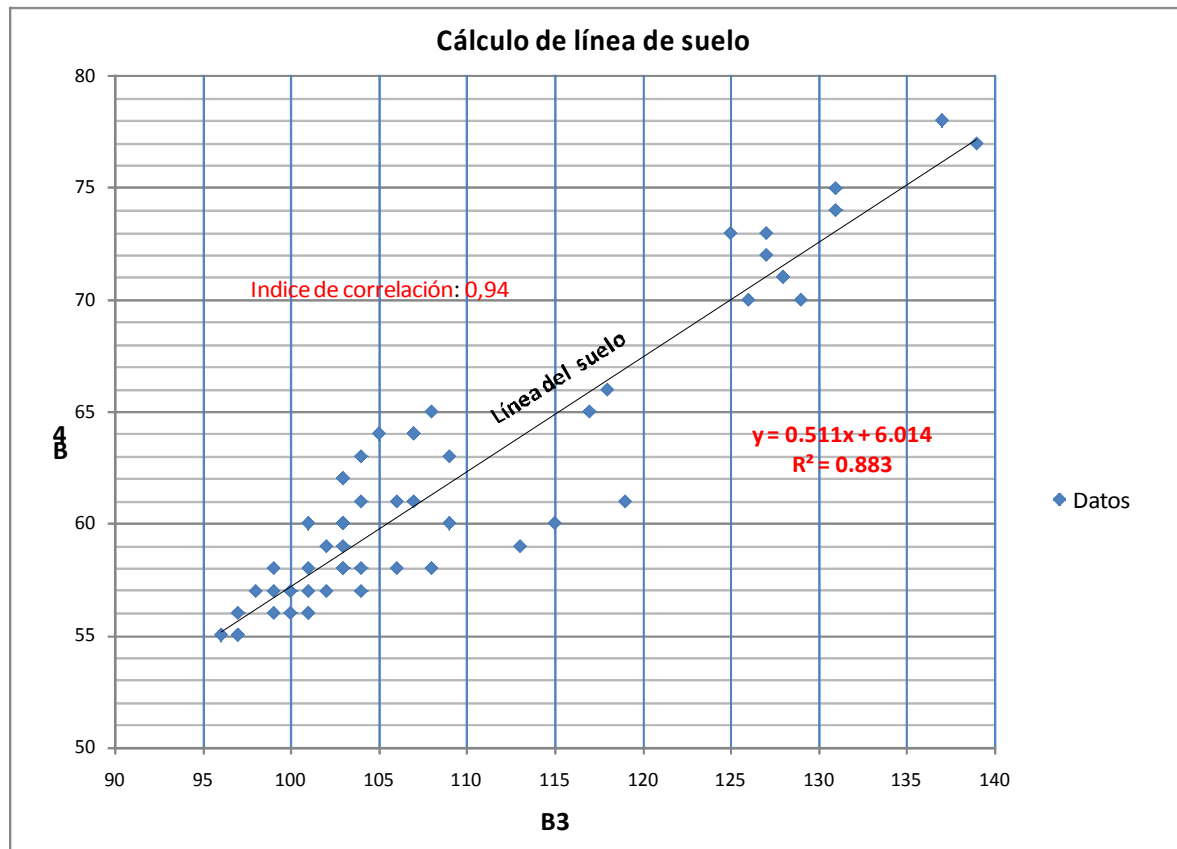
##### PVI Vegetation index using pa 3 and pa 4



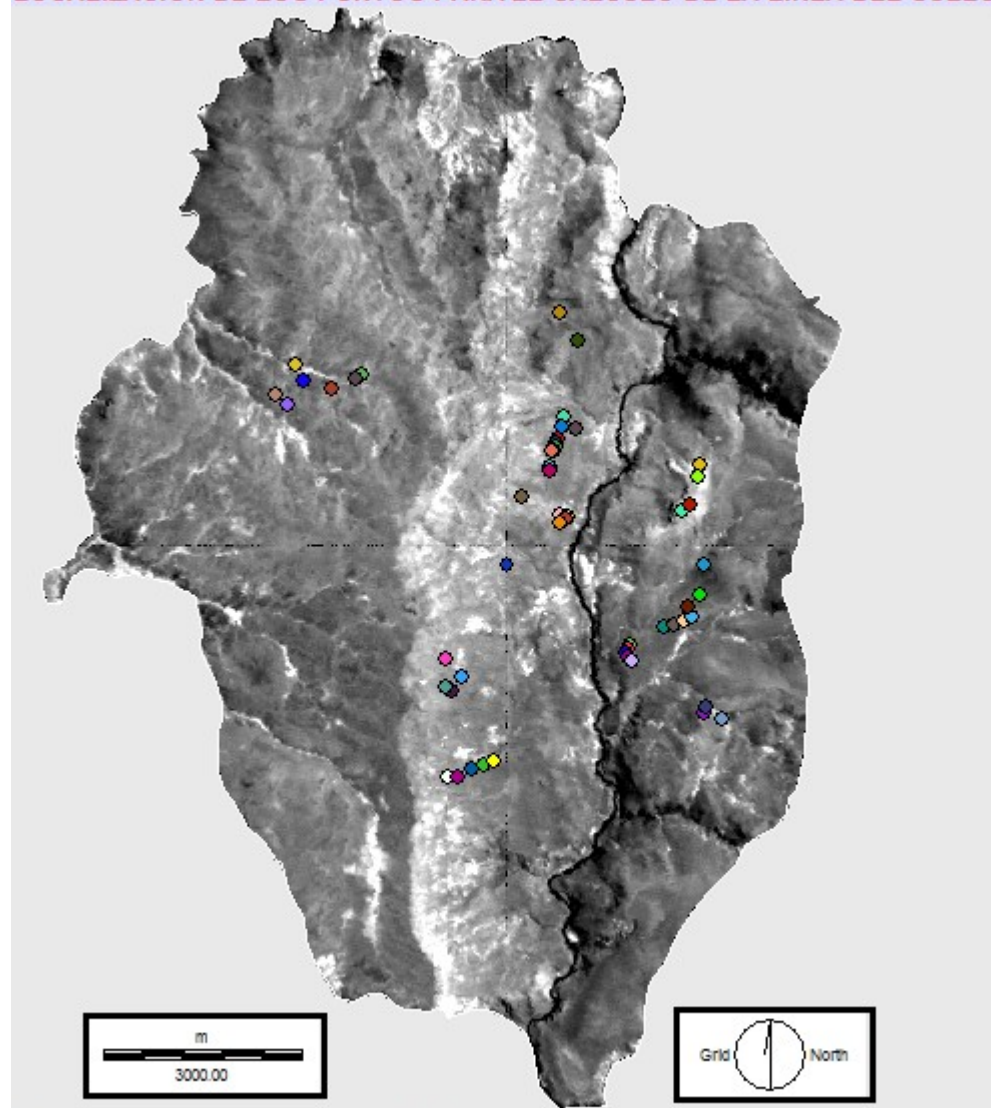
Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM (B 3 R y B 4 IRC) procesadas con programa Idrisi



**Línea del suelo:** para el cálculo de la línea del suelo se utilizaron 51 puntos con nula o escasa cobertura de vegetación distribuidos en la totalidad del área Varvarco – Invernada Vieja. Por lo tanto la ecuación resultante  $0.511x + 6.014$  fue utilizada para atenuar la influencia del suelo en el cálculo del PVI de los tres grupos de paisajes (PA, PV y PL).



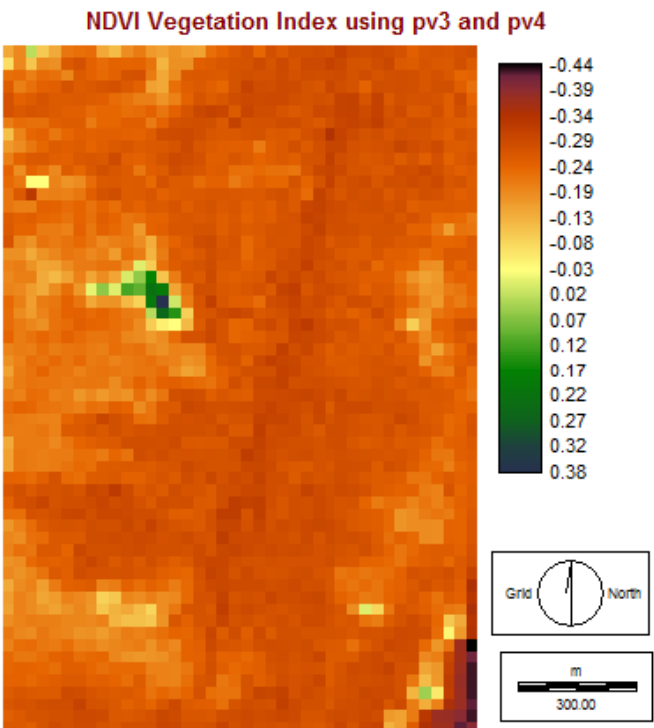
# LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS PARA EL CÁLCULO DE LA LÍNEA DEL SUELO



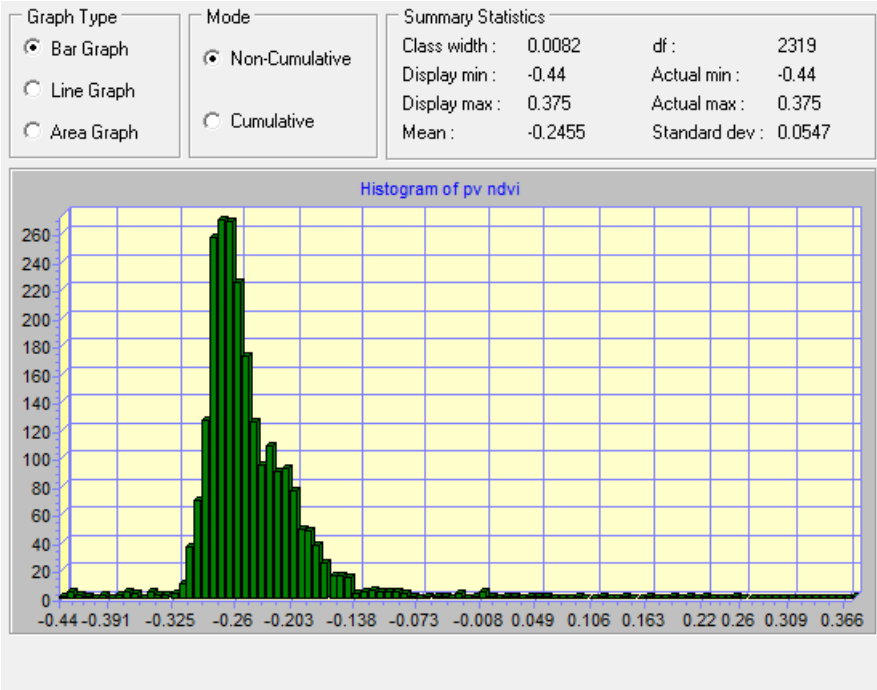
Elaboración propia con imagen landsat banda 4 con stretching

2. Piedemonte de planicies y terrazas fluviales y glacifluviales con vegetación arbustiva herbácea (PV)

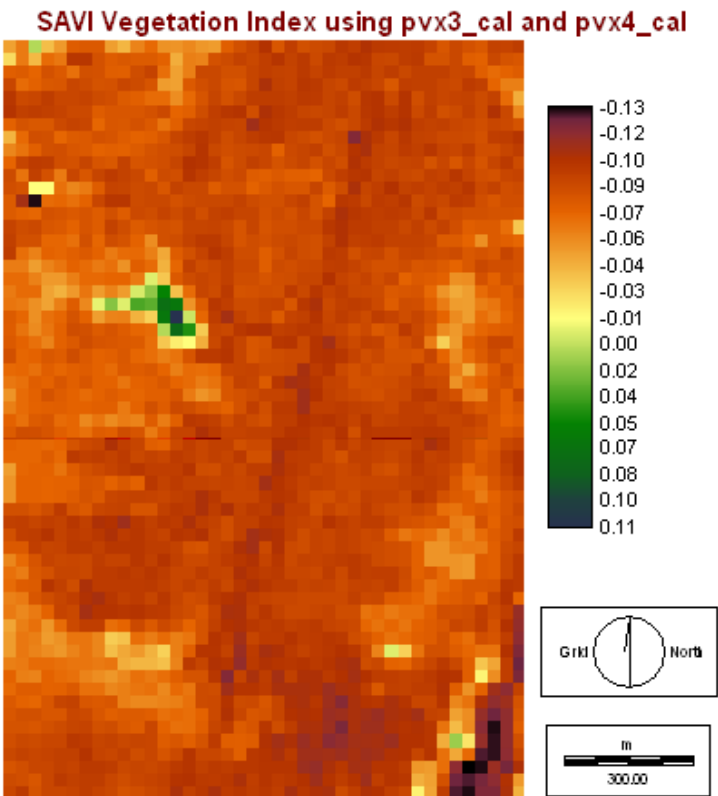
2.1 NDVI (NormalizedDifferenceVegetationIndex)



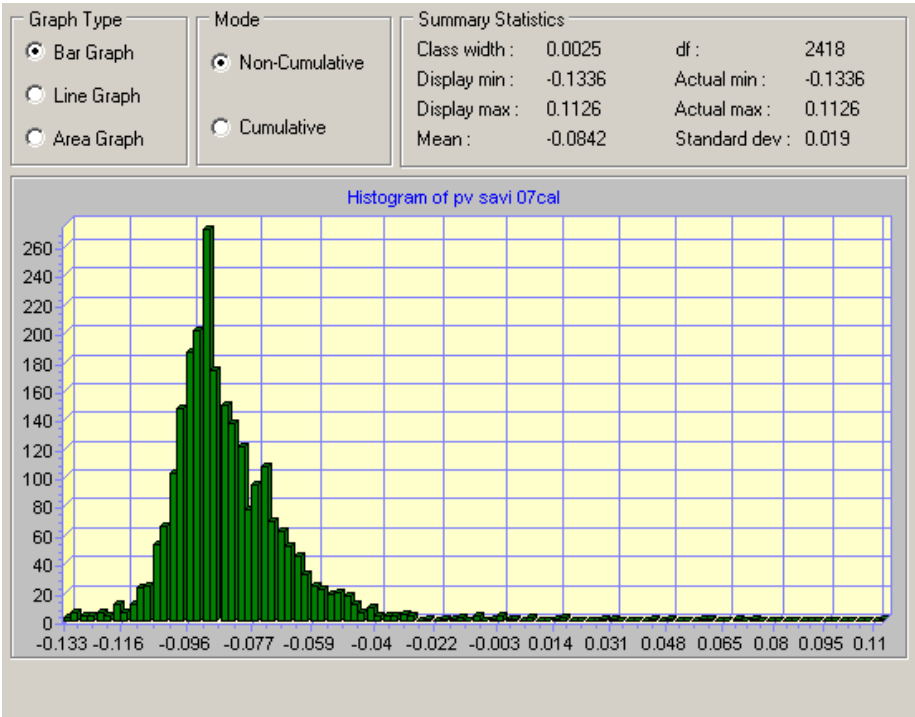
Fuente: elaboración propia utilizando imágenes landsat TM (B 3 rojo y B 4 IRC) procesadas con el programa Idrisi



2.2 SAVI (Soiladjustedvegetationindex)

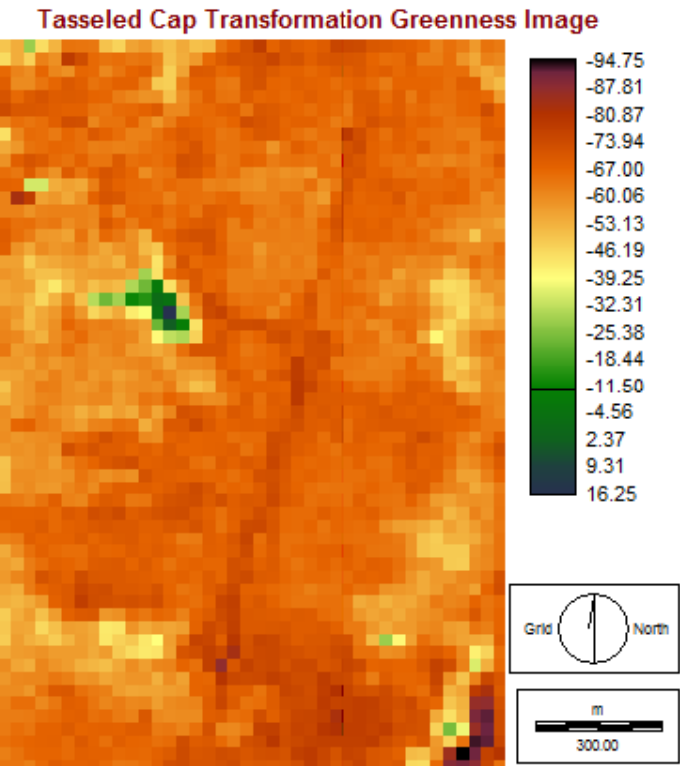


Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM (B 3 Rojo y B 4 IRC) procesadas con programa Idrisi.

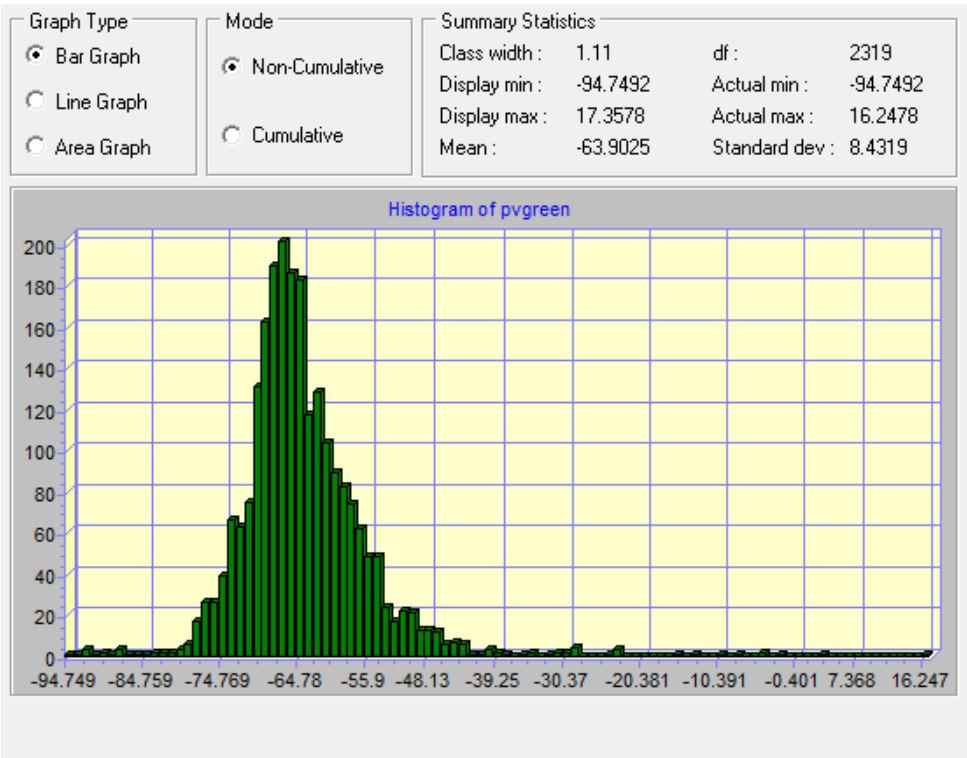




2.3 TASSCAP VERDOR

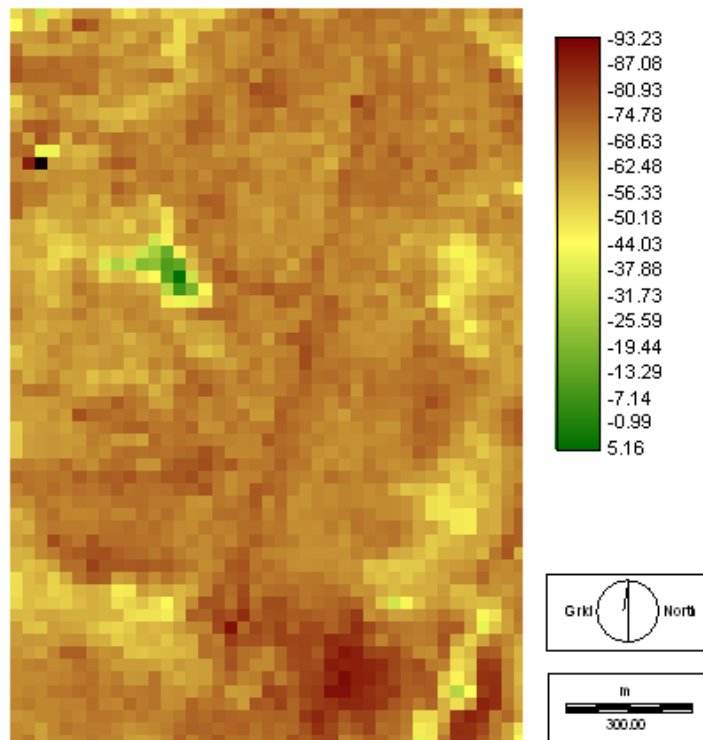


Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM (B 1, B 2, B 3, B 4, B 5 y B 7) procesadas con programa Idrisi.

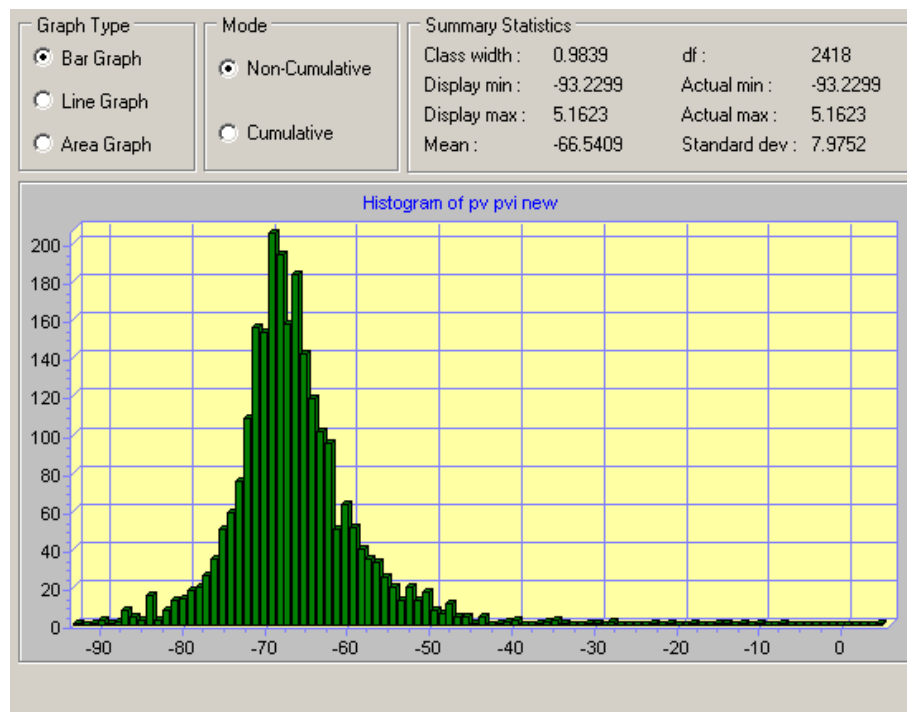


2.4 PVI (Perpendicularvegetationindex)

### PVI Vegetation Index using pv3 and pv4



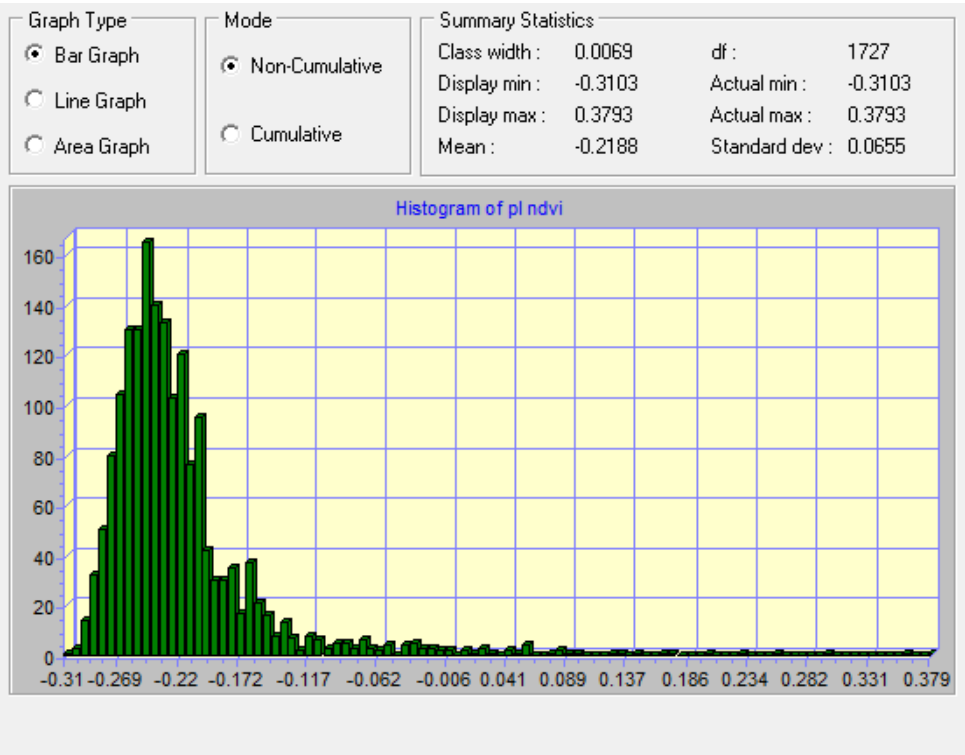
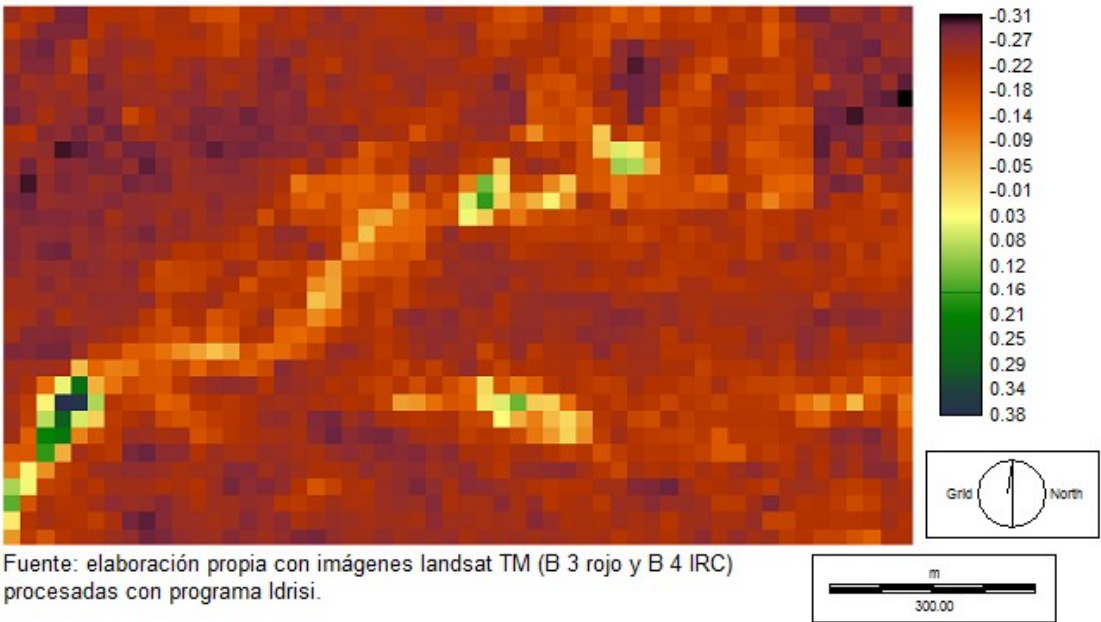
Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM (B 3 Rojo y B 4 IRC) procesadas con programa Idrisi



### 3. Relieve múltiple de colinas, lomas y valles con vegetación arbustiva herbácea (PL)

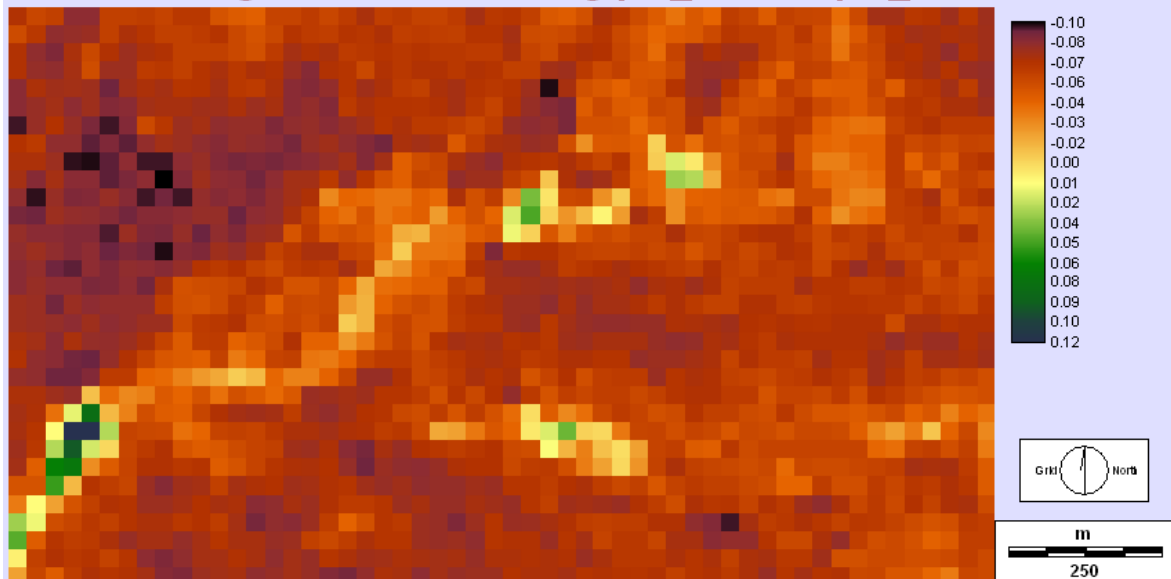
### 3.1 NDVI (Normalizad Difference Vegetation Index)

#### NDVI Vegetation Index using pl 3 and pl 4

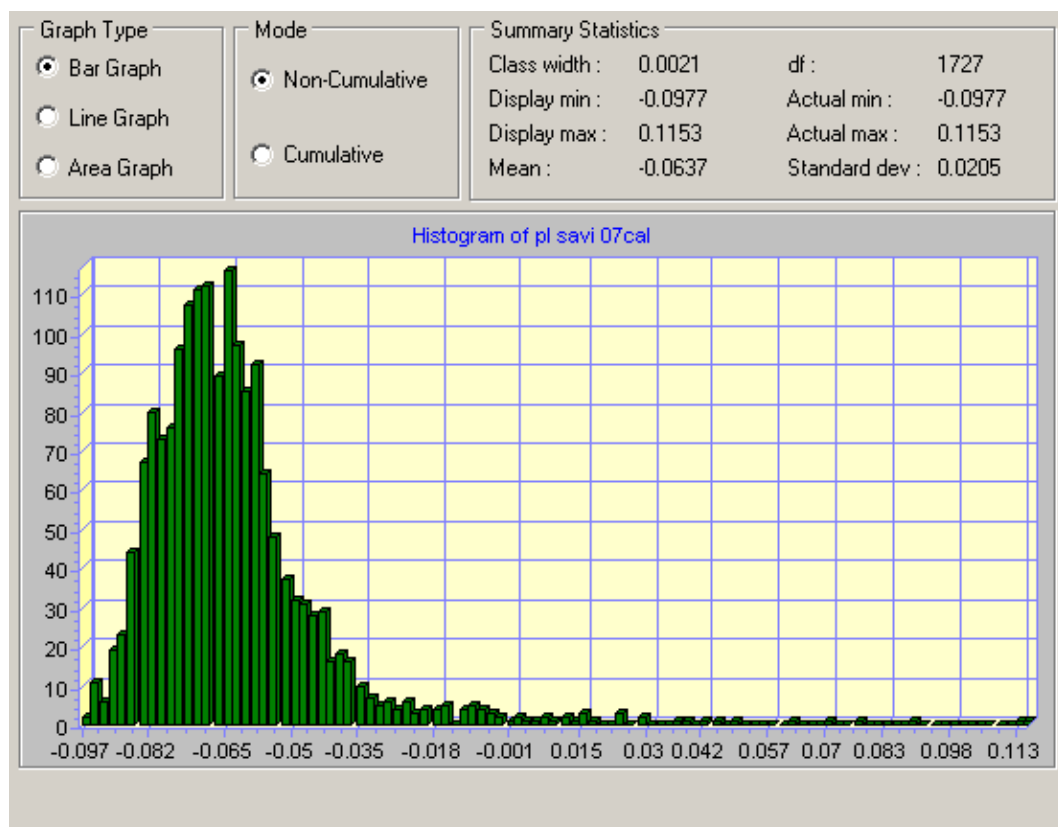


### 3.2 SAVI (Soil adjusted vegetation index)

## SAVI Vegetation Index using pl3\_cal and pl4\_cal

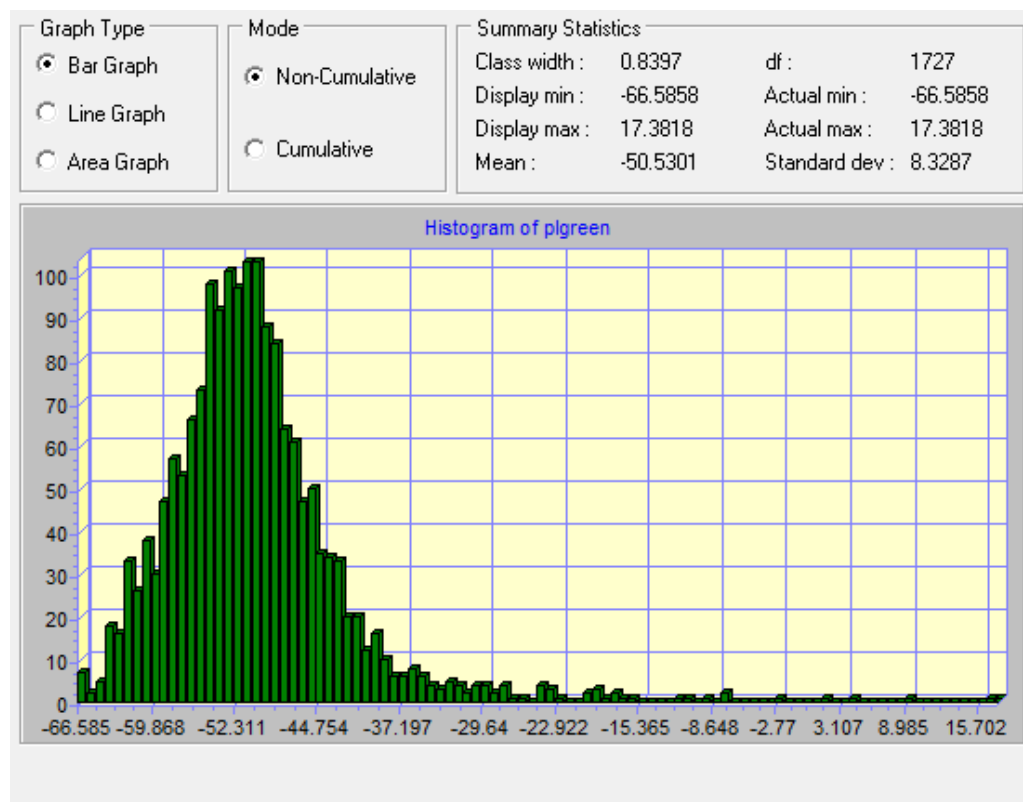
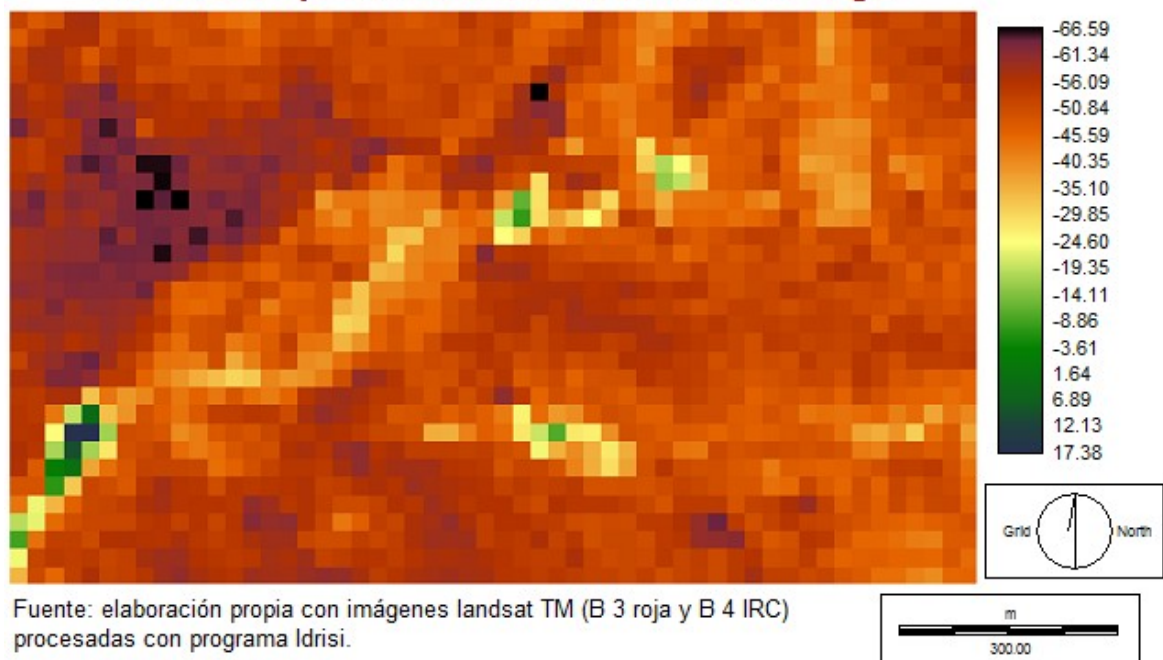


Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM (B 3 Rojo y B 4 IRC) procesadas con programa Idrisi



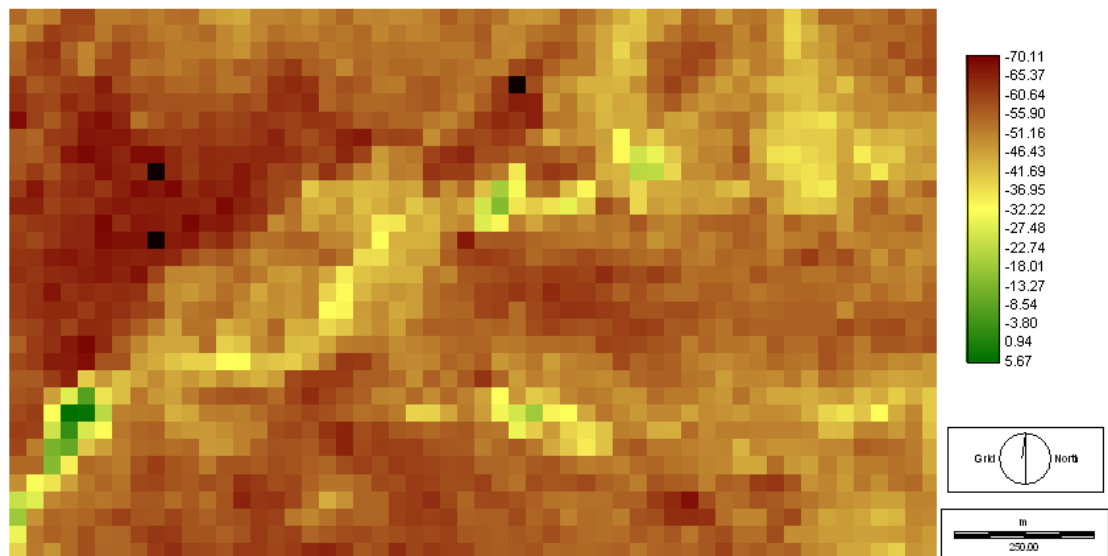
### 3.3 TASSCAP VERDOR

### Tasseled Cap Transformation Greenness Image

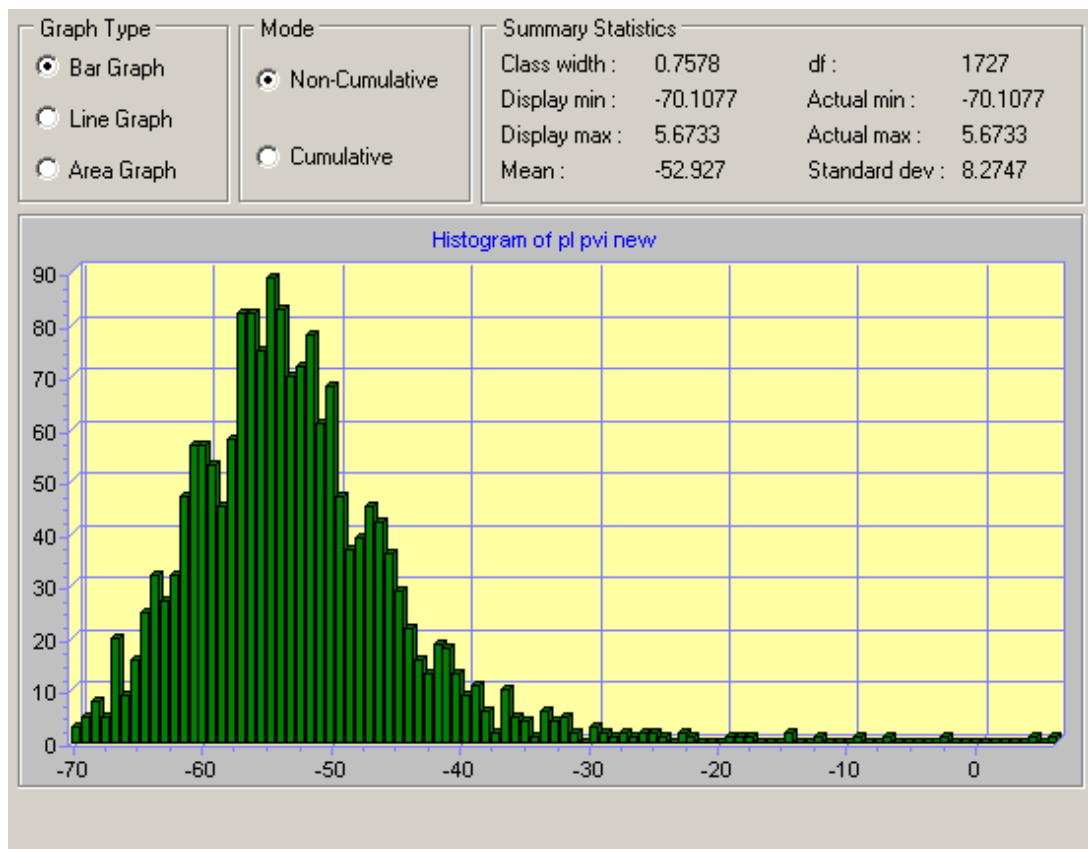


### 3.4 PVI (Perpendicular vegetation index)

### PVI Vegetation Index usign pv3 and pv4



Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM (B 3 Rojo y B 4 IRC) procesadas con programa Idrisi

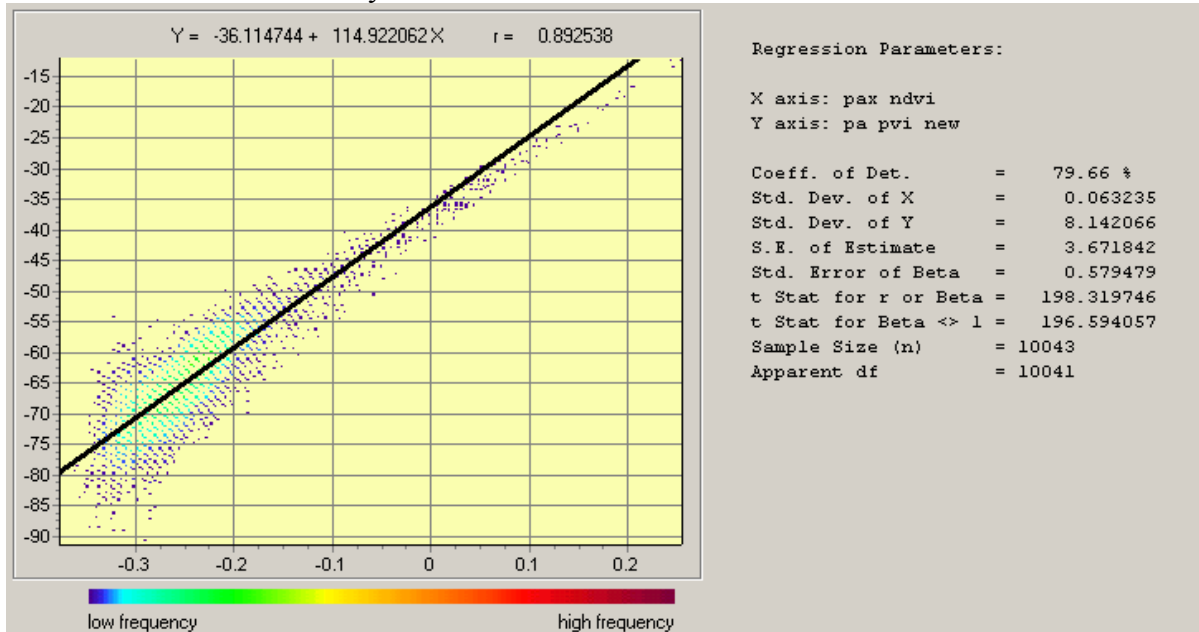


### REGRESIÓN ENTRE ÍNDICES DE VEGETACIÓN

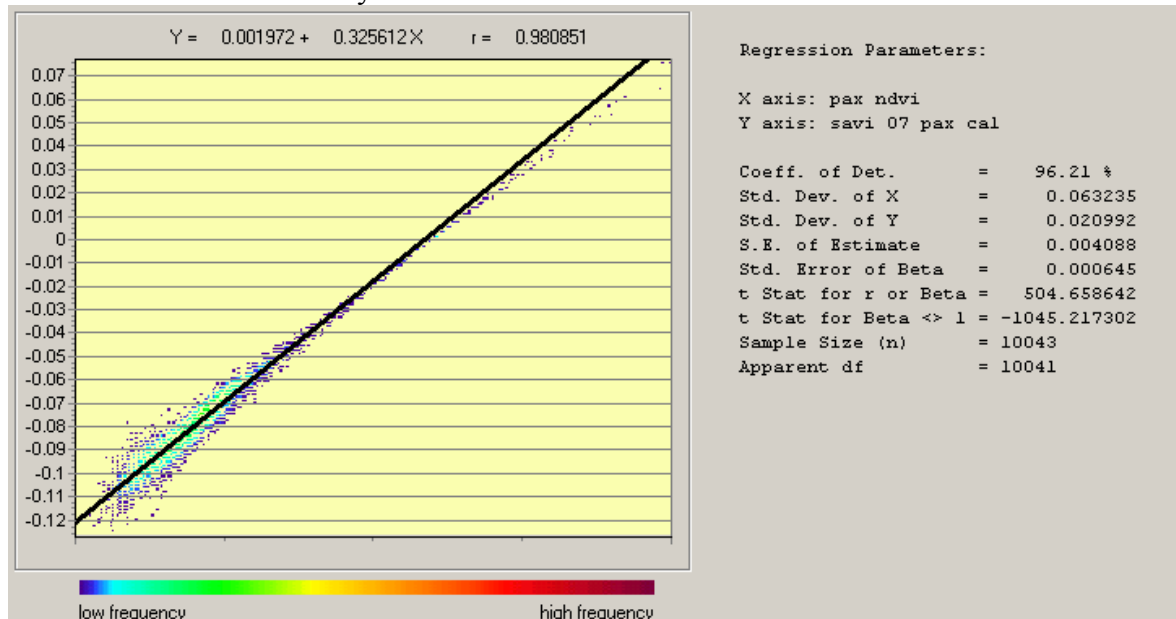
Para conocer cómo se relacionan los índices de vegetación aplicados en los distintos grupos de paisajes de Varvarco – Invernada Vieja se aplicó el módulo “Regresión” (GIS Analysis / Statistics / REGRESS) del programa idrisi. Dicho módulo permite confrontar dos imágenes o en como en este caso dos índices de vegetación, para conocer si hay una buena correlación (r) entre los mismos.

#### 1) PaisajePA

Correlación entre PA NDVI y PA PVI.  $R = 0.892538$

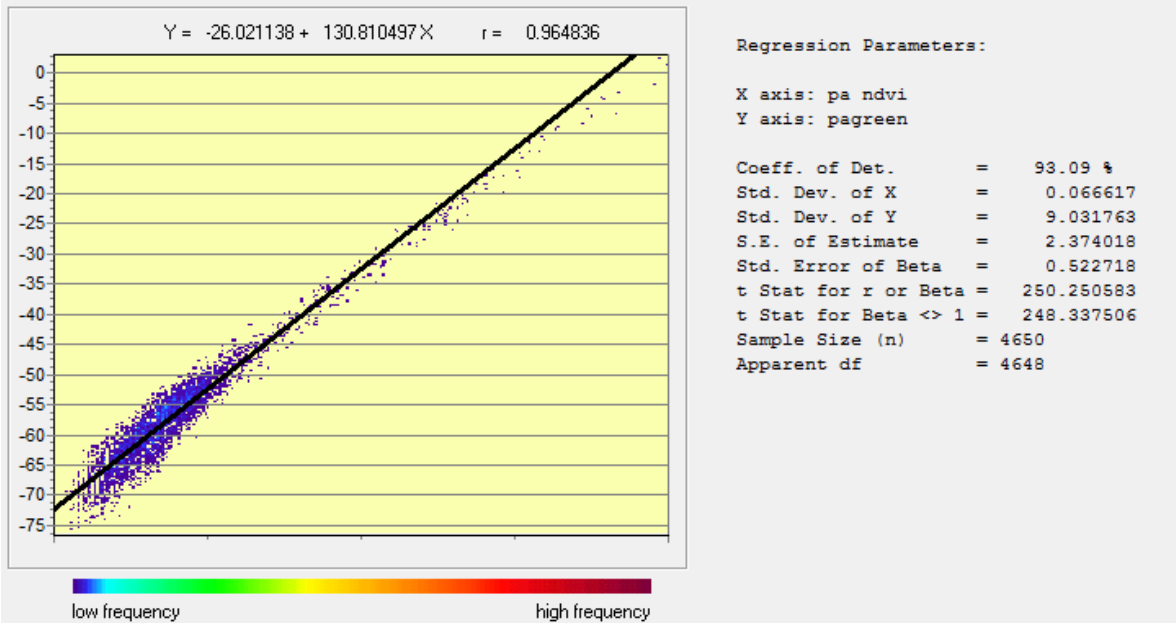


Correlación entre PA NDVI y PA SAVI.  $R = 0.980851$



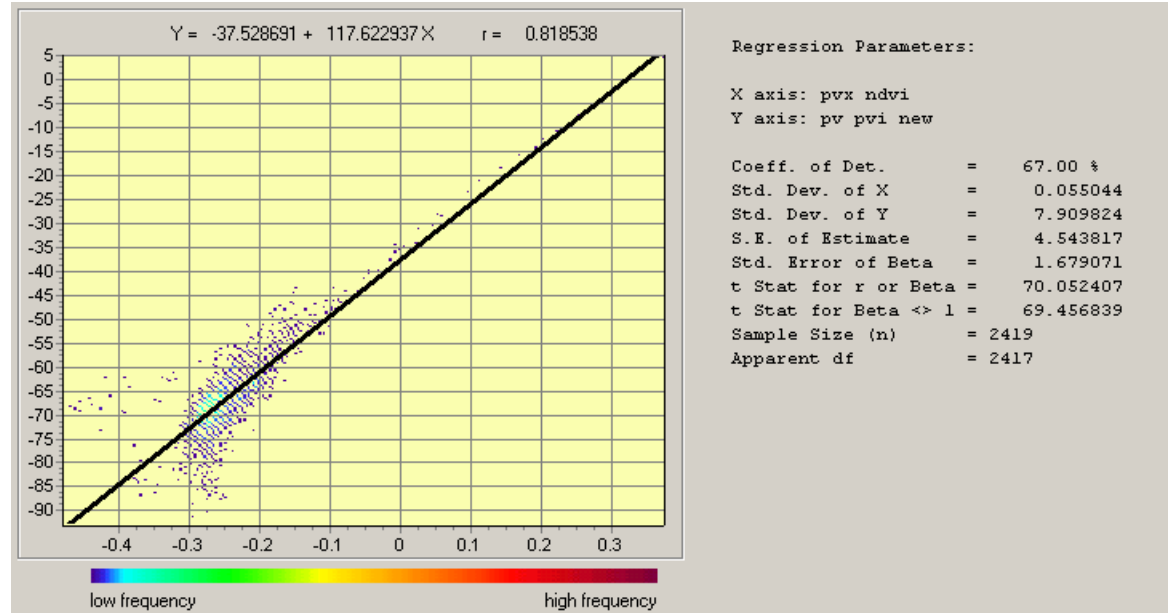


Correlación entre PA NDVI y PA TASSCAP VERDOR. R = 0.964836



2) PaisajePV

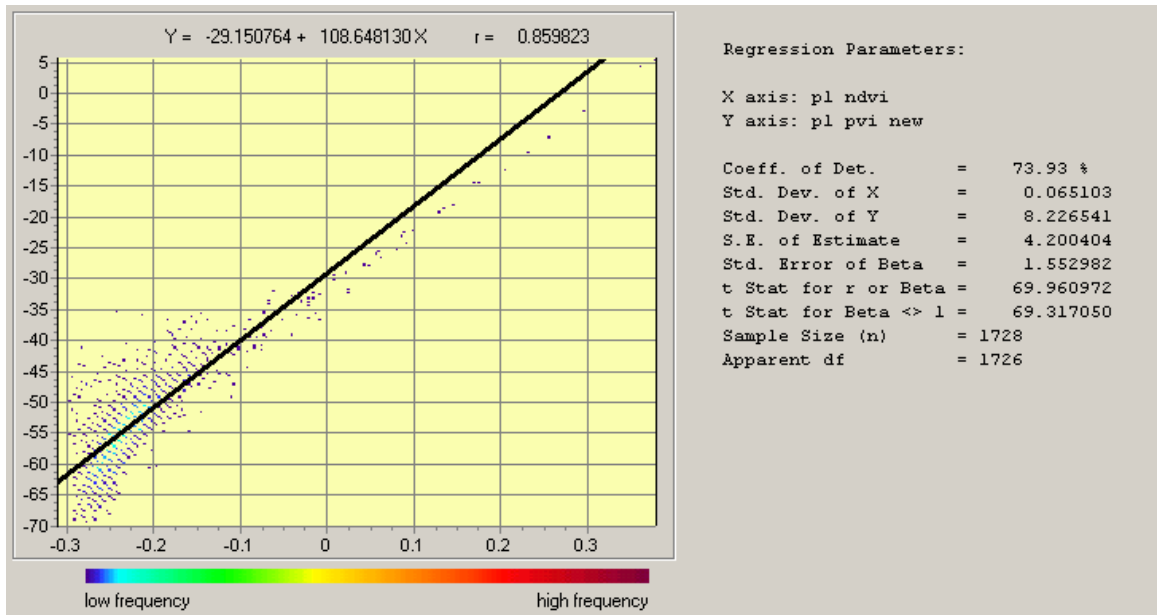
Correlación entre PV NDVI y PV PVI. R = 0.818538



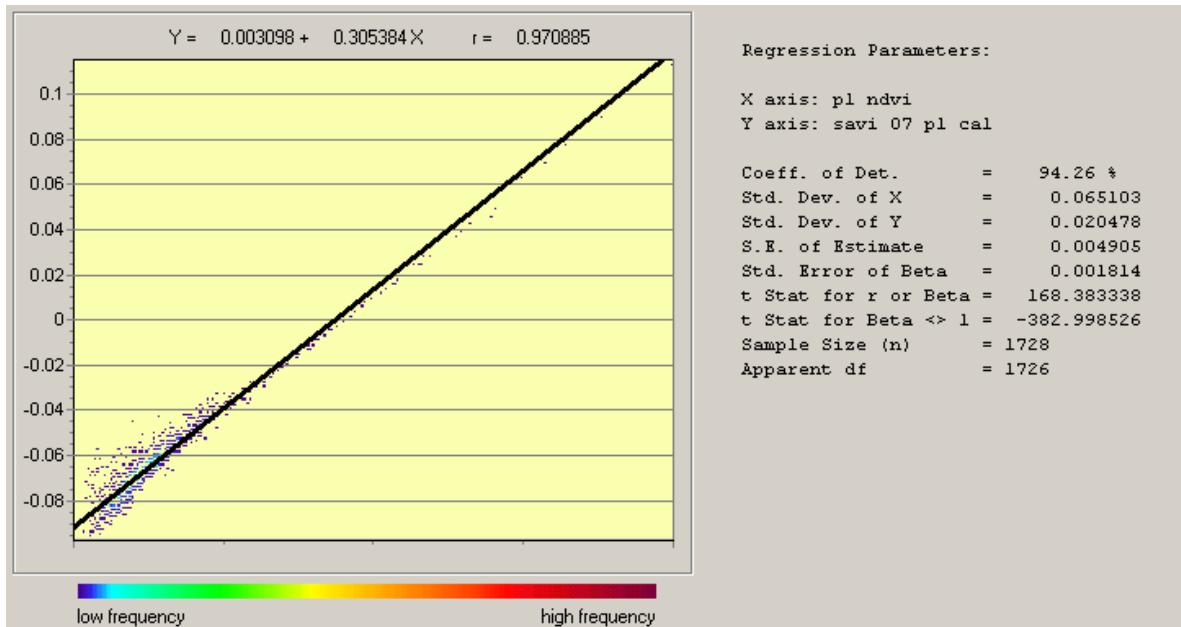
Correlación entre PV NDVI y PV SAVI. R = 0.959199



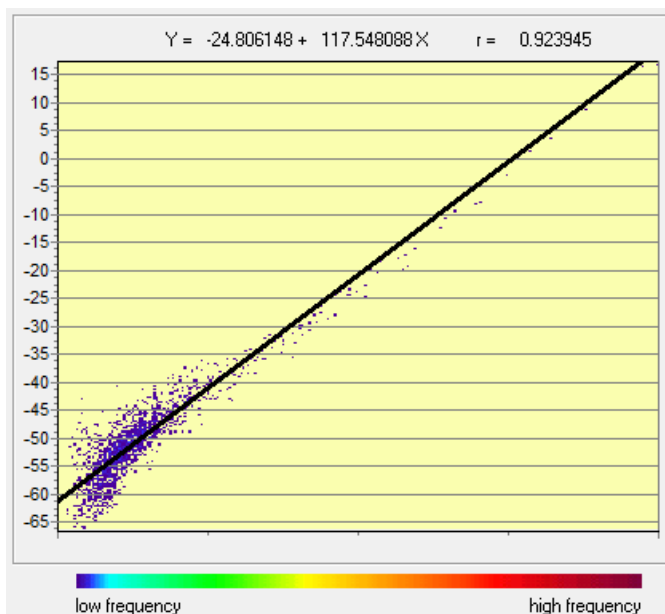
Correlación entre PL NDVI y PL PVI. R = 0.859823



Correlación entre PL NDVI y PL SAVI. R = 0.970885



Correlación entre PL NDVI y PL TASSCAP VERDOR. R = 0.923945



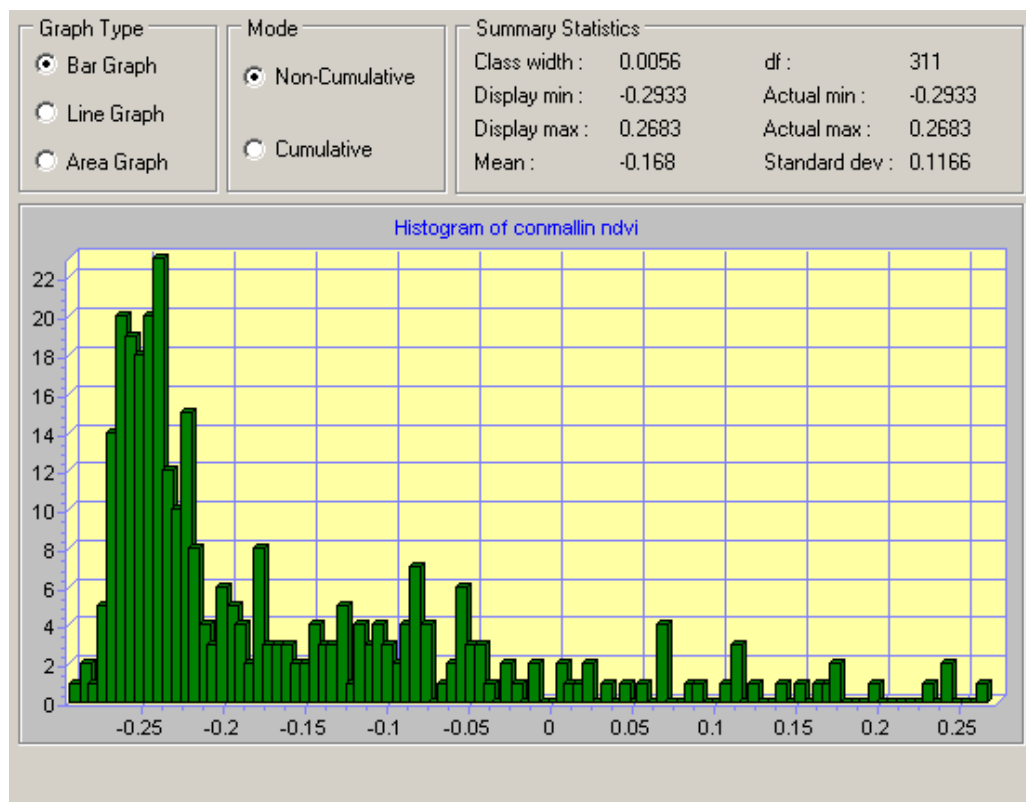
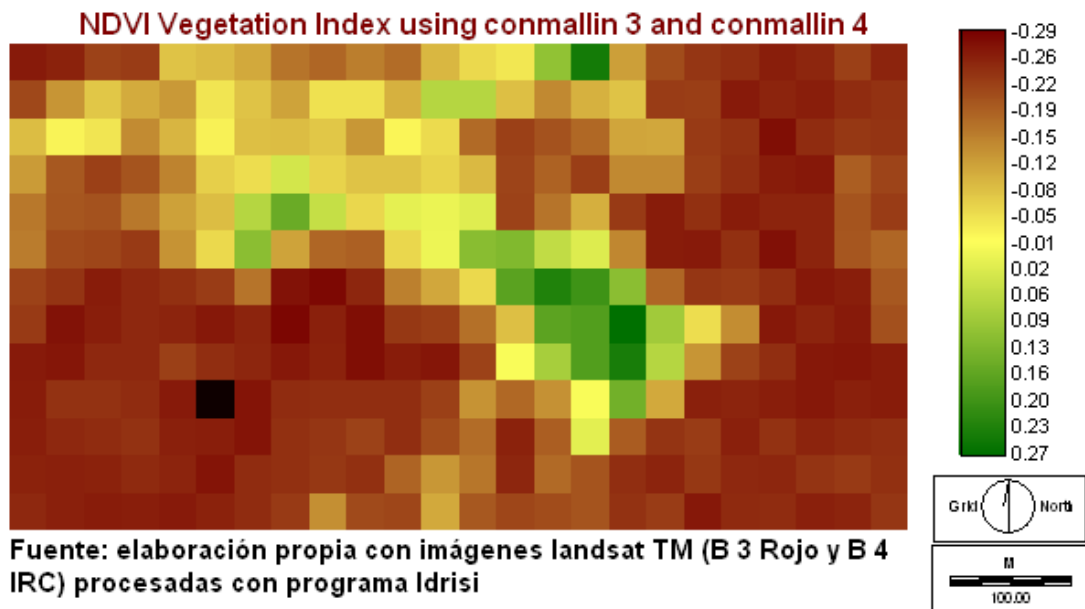
#### Regression Parameters:

X axis: pl ndvi  
Y axis: plgreen

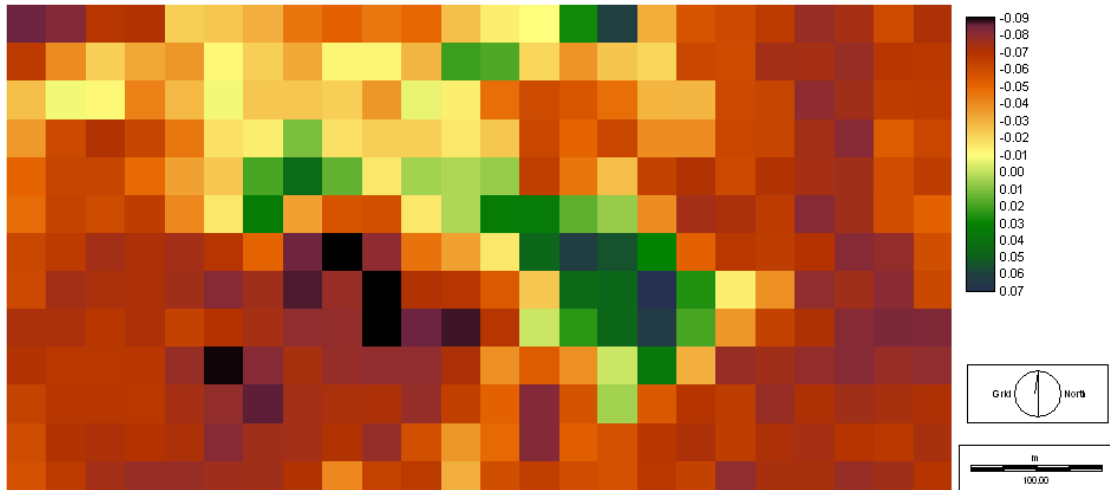
Coeff. of Det.	=	85.37 %
Std. Dev. of X	=	0.065103
Std. Dev. of Y	=	8.282735
S.E. of Estimate	=	3.168361
Std. Error of Beta	=	1.171413
t Stat for r or Beta	=	100.347262
t Stat for Beta <> 1	=	99.493592
Sample Size (n)	=	1728
Apparent df	=	1726

## IMÁGENES UTILIZADAS PARA ESTUDIAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS ÍNDICES DE VEGETACIÓN.

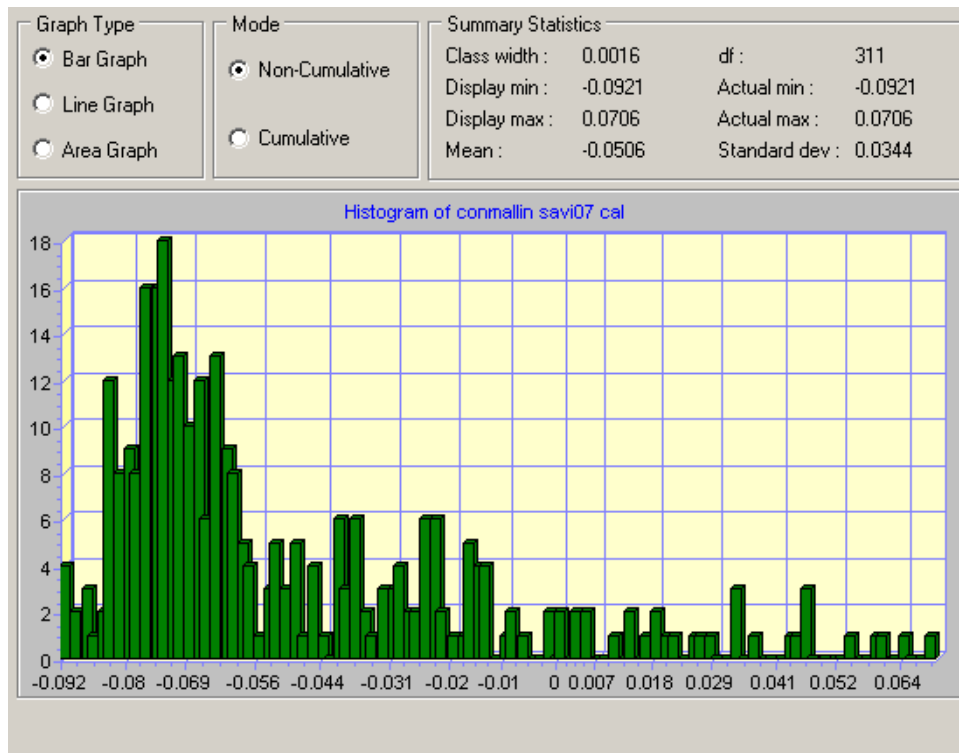
A) Estepa y mallín



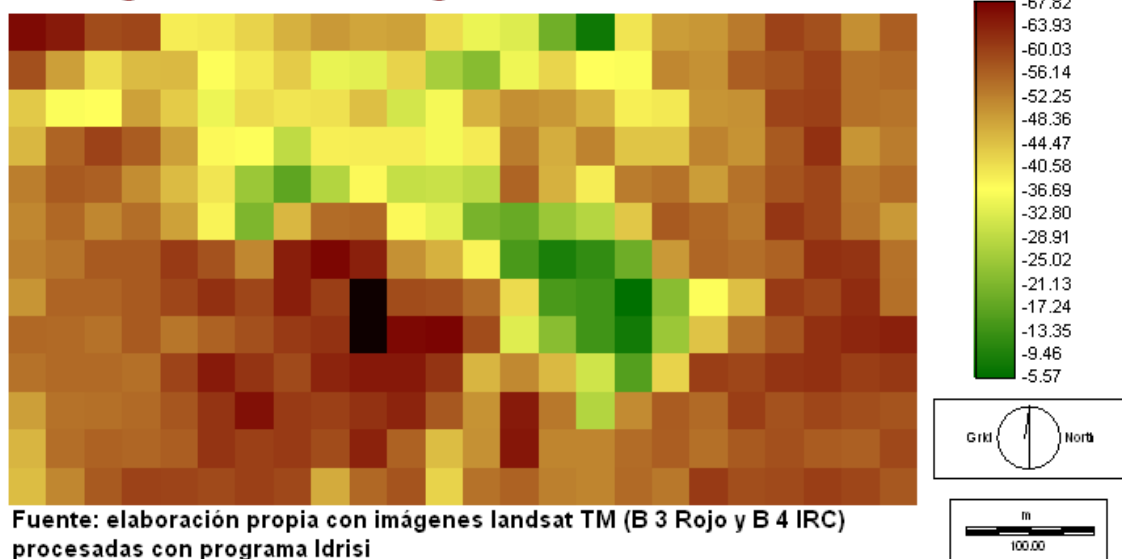
## SAVI Vegetation Index using conmallin3cal and conmallin4cal



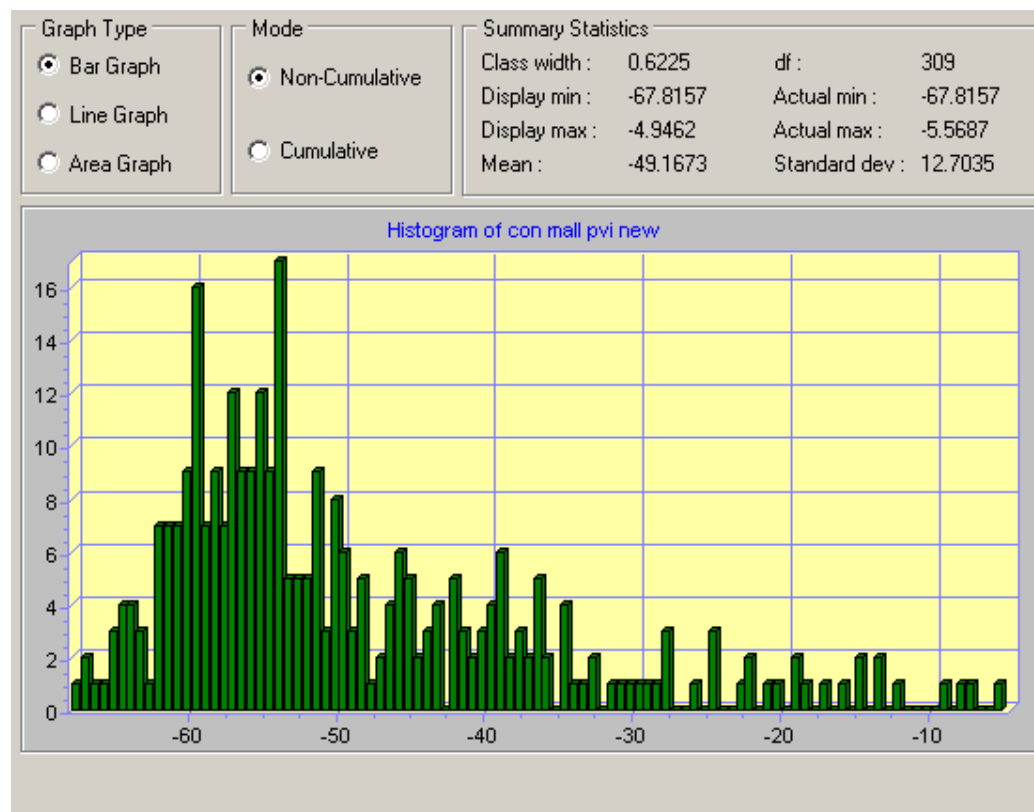
Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM (B 3 Rojo y B 4 IRC) procesadas con programa Idrisi



## PVI Vegetation Index using con mallin 3 and con mallin 4

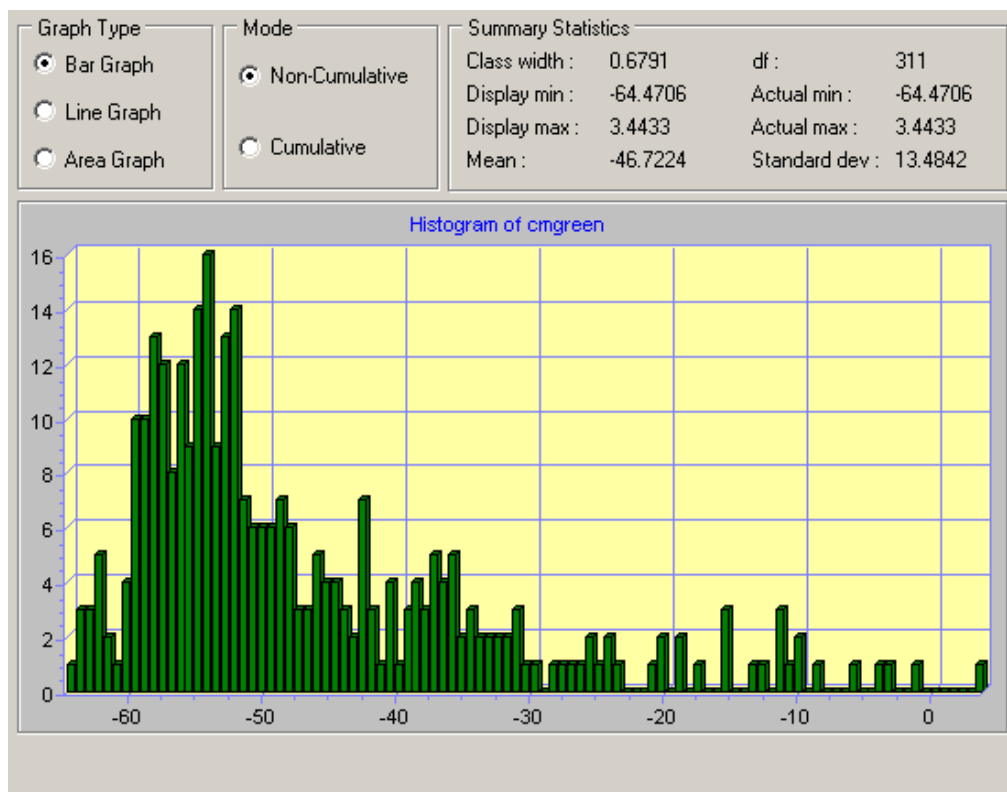
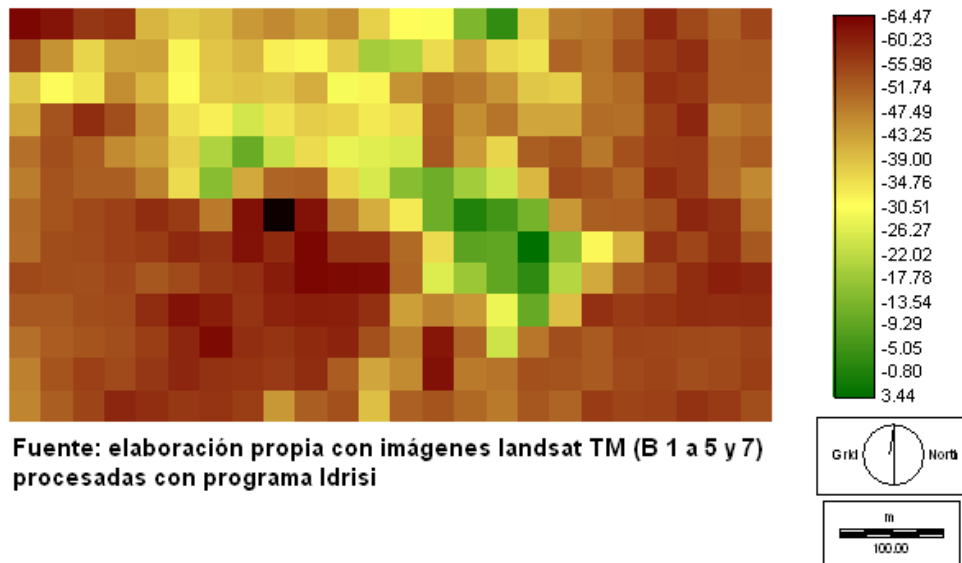


Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM (B 3 Rojo y B 4 IRC) procesadas con programa Idrisi



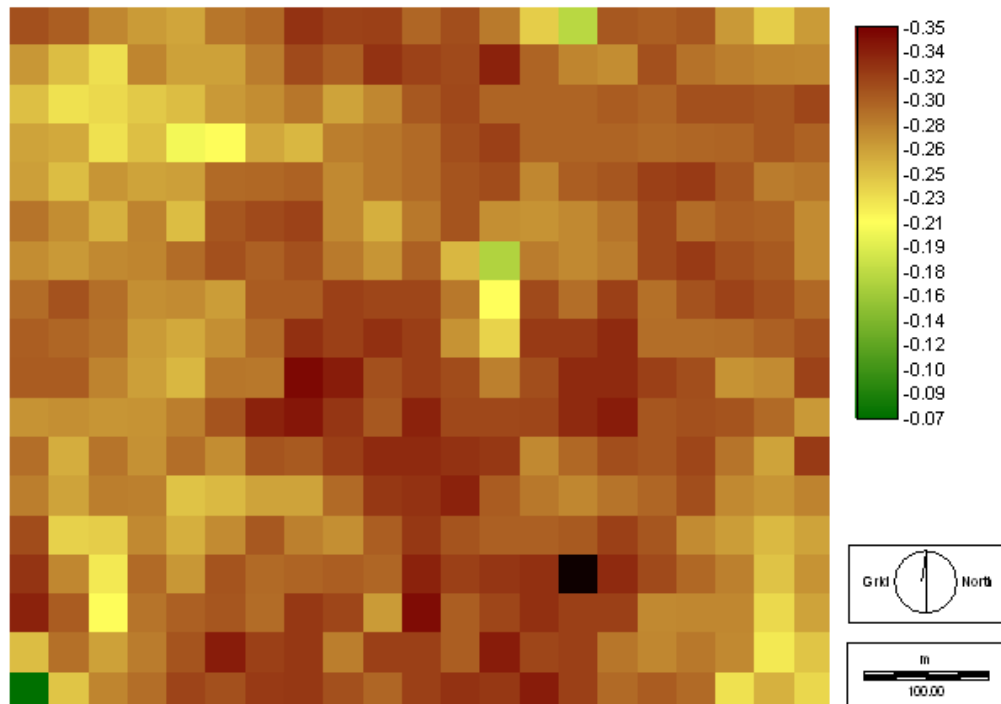


## Tasseled Cap Transformation Greenness Image con mallin

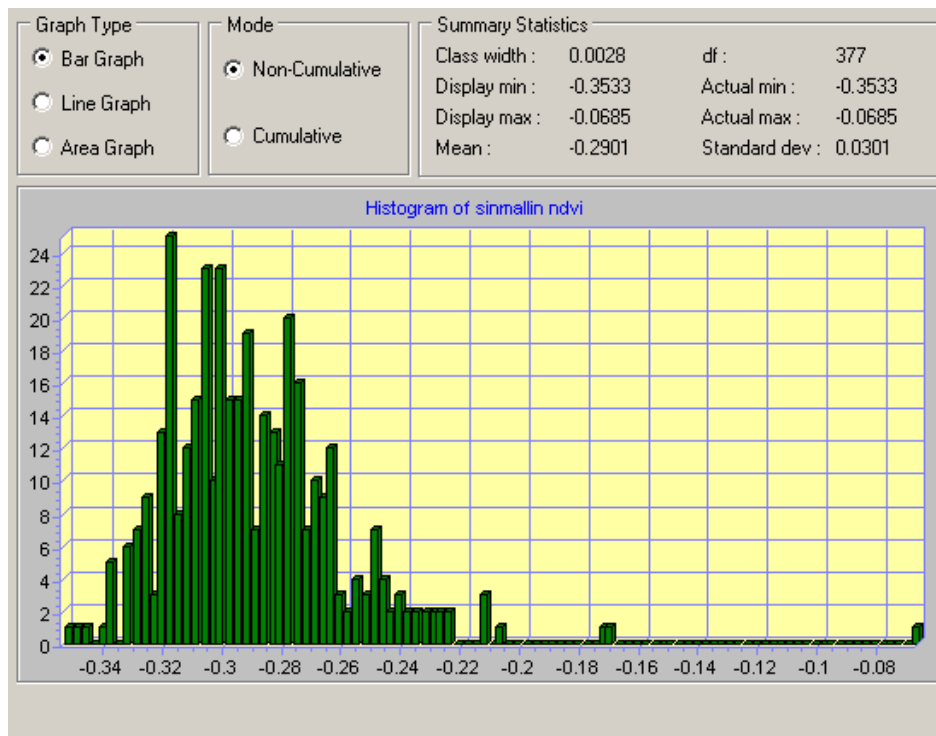


B) Sólo estepa

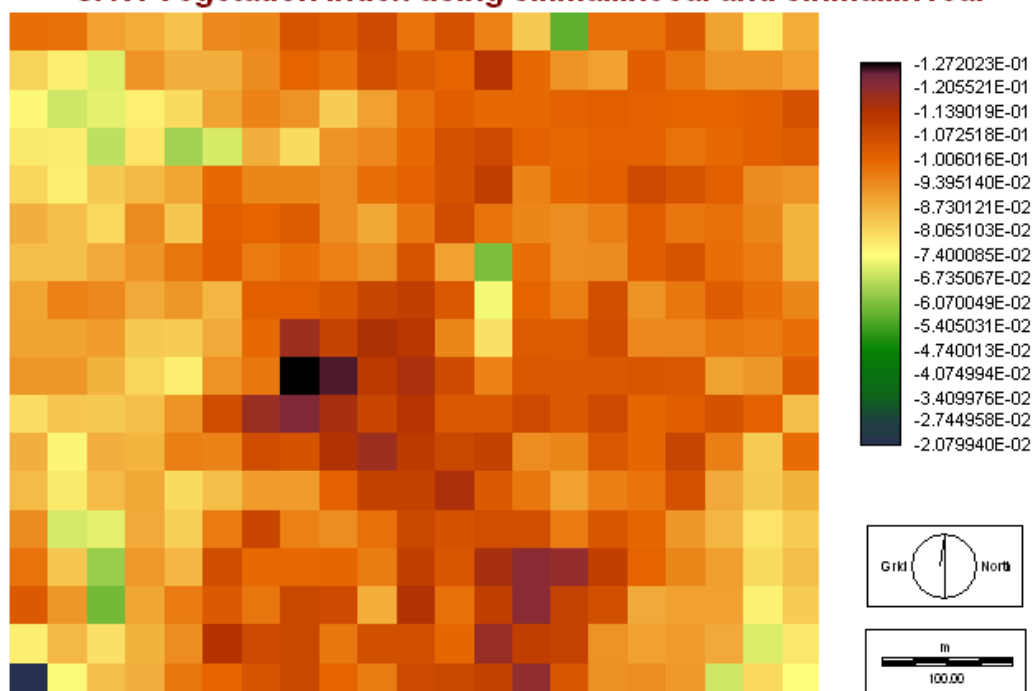
### NDVI Vegetation Index using sinmallin3 and sinmallin4



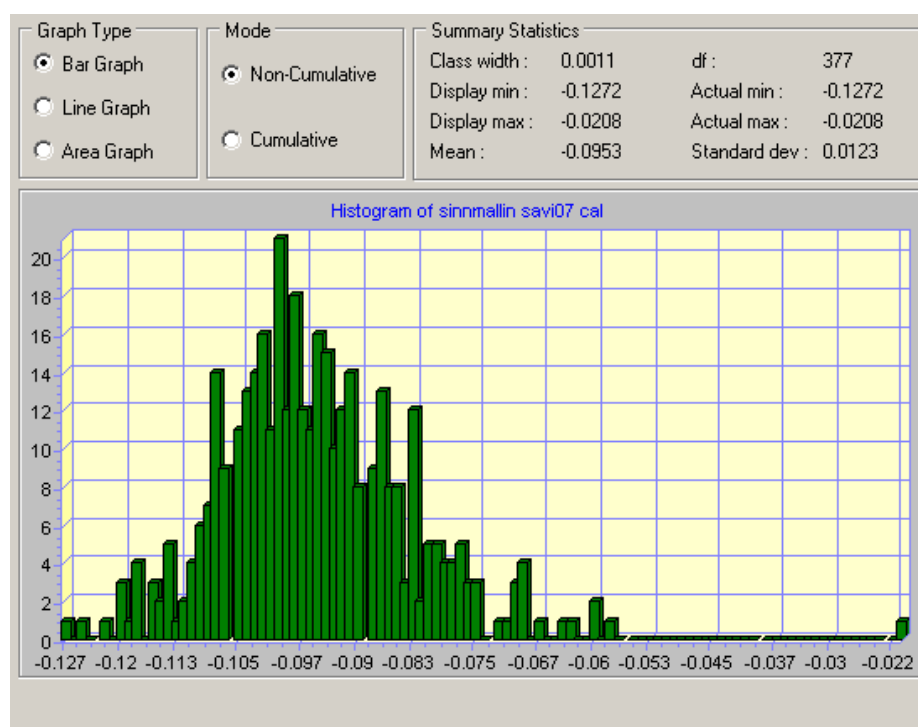
Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM (B 3 Rojo y B 4 IRC) procesadas con programa Idrisi



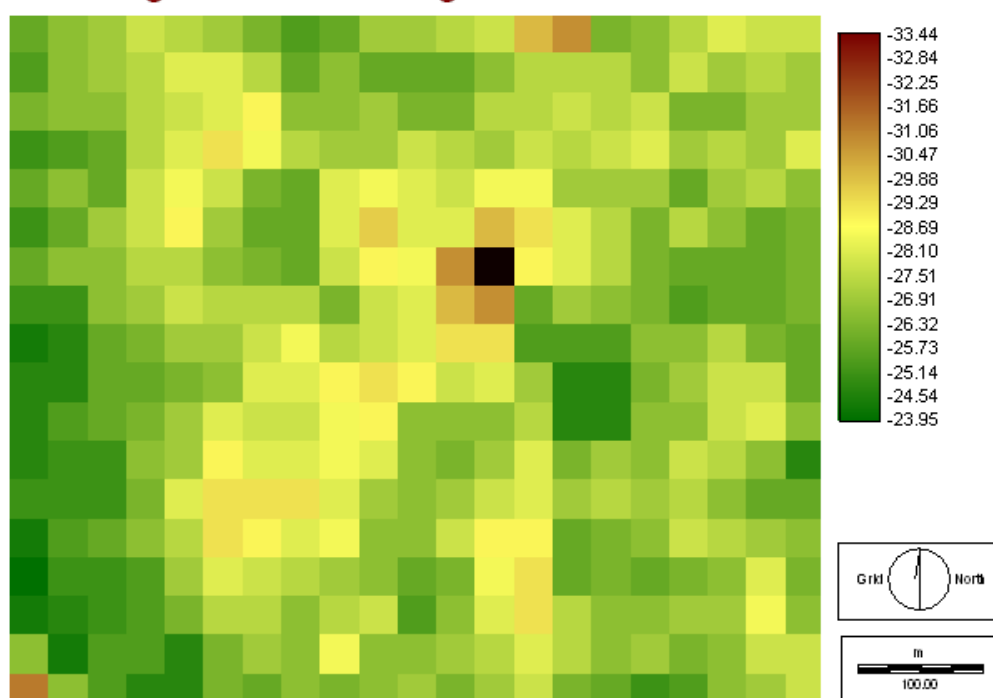
## SAVI Vegetation Index using sinmallin3cal and sinmallin4cal



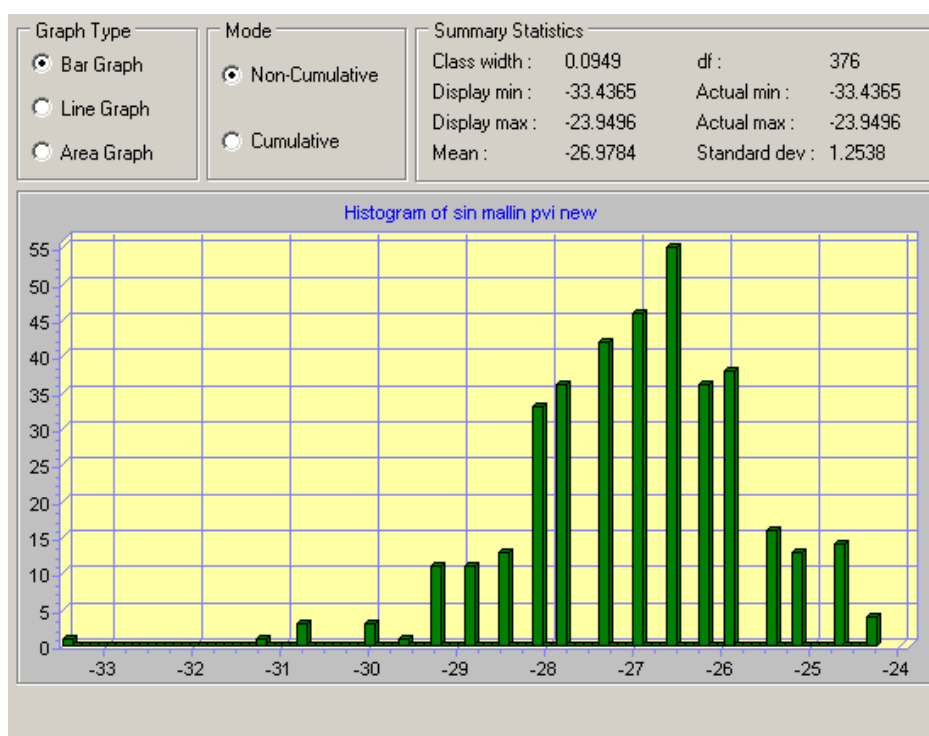
Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM (B 3 rojo y B 4 IRC) procesadas con programa Idrisi.



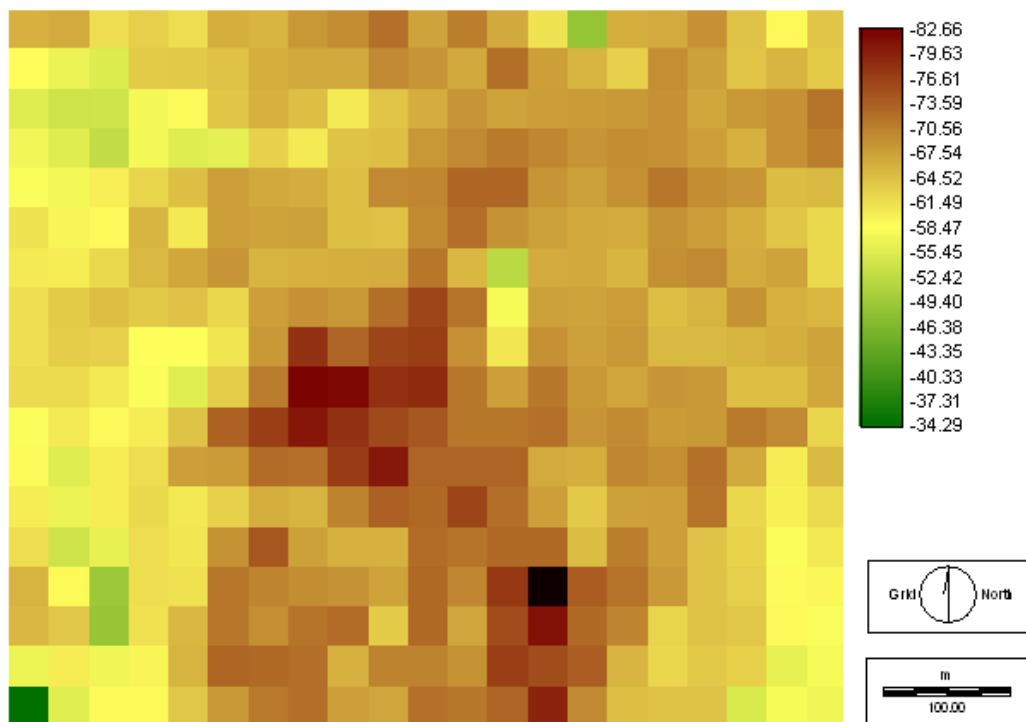
## PVI Vegetation Index using sin mallin 3 and sin mallin 4



Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM (B 3 Rojo y B 4 IRC) procesadas con programa Idrisi



## Sin mallin Tasseled Cap Transformation Greenness Image



Fuente: elaboración propia con imágenes landsat TM (Bandas 1 a 5 y 7)  
procesadas con programa Idrisi

